



**CRNA GORA
AGENCIJA ZA ELEKTRONSKE KOMUNIKACIJE I
POŠTANSKU DJELATNOST**



**STUDIJA O MOGUĆNOSTIMA KORIŠĆENJA
DIGITALNE DIVIDENDE
U CRNOJ GORI**

Izjava o ograničenju odgovornosti

Ova publikacija je izrađena uz finansijsku pomoć Evropske Unije. Sadržaj publikacije je isključivo odgovornost Agencije za elektronske komunikacije i poštansku djelatnost Crne Gore i ni na koji način ne odražava stavove Evropske Unije.

Disclaimer

This publication has been produced with the financial assistance of the European Union. The contents of this publication are the sole responsibility of Agency for Electronic Communications and Postal Services of Montenegro and can in no way be taken to reflect the views of the European Union.

UNIVERZITET CRNE GORE
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET U PODGORICI

Broj: 02/1-311

Datum, 08.03.2013.

Crna Gora
AGENCIJA ZA ELEKTRONSKE
KOMUNIKACIJE I POŠTANSKU DJELATNOST
PODGORICA

| | | | |
|-----------------------------|--------|--------|------------|
| Primijeno: <u>8.3.2013.</u> | | | |
| Org. jed. | Broj | Prilog | Vrijednost |
| 0102 | 263/12 | | |

**STUDIJA O MOGUĆNOSTIMA
KORIŠĆENJA DIGITALNE DIVIDENDE**

Podgorica, mart 2013. god.

UNIVERZITET CRNE GORE
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET U PODGORICI

**STUDIJA O MOGUĆNOSTIMA
KORIŠĆENJA DIGITALNE DIVIDENDE**

Investitor: Agencija za elektronske komunikacije i poštansku djelatnost

Ugovor broj: 03/1-54 od 25.01.2013. god. (0102-263/4 od 28.01.2013. god.)

Projektni tim:

- 1. Prof. dr Zoran Veljović, dipl.el.ing.**
- 2. dr Enis Kočan, dipl.el.ing.**
- 3. mr Maja Ilić-Delibašić, dipl.el.ing.**
- 4. mr Uglješa Urošević, dipl.el.ing.**



DEKAN,

Prof. dr Srđan Stanković

UVOD

Shodno Zakonu o digitalnoj radio-difuziji, proces prelaska sa analognog na digitalno emitovanje televizijskih programa u Crnoj Gori treba da bude okončan najkasnije do 17. 06. 2015. godine.

Okončanjem procesa digitalizacije TV radio-difuzije u Crnoj Gori, u radio-frekvencijskim opsezima 174-230 MHz (VHF III) i 470-862 MHz (UHF IV/V) će se osloboditi značajan dio RF spektra. Cjelokupan slobodni spektar, nastao nakon prelaska s analognog na digitalno emitovanje TV programa, predstavlja digitalnu dividendu. Dakle, digitalna dividenda je posljedica tehnološkog napretka koji je omogućio efikasnije korišćenje radio-frekvencijskog spektra emitovanjem televizijskog signala u digitalnom obliku.

Ova Studija treba da definiše preporuke koje se odnose na korišćenje spektra digitalne dividende u Crnoj Gori. U tom cilju se u okviru Studije najprije daje osvrt na tržište audiovizuelnih i mobilnih elektronskih komunikacionih usluga u Crnoj Gori. Potom se vrši analiza namjene i trenutne zauzetosti RF spektra koji se trenutno koristi za analognu TV radio-difuziju i vrši procjena širine RF spektra koji se može smatrati digitalnom dividendom.

U nastavku Studije daje se pregled usluga i tehnologija koje je moguće implementirati u spektru digitalne dividende. Nakon toga, analiziraju se spektralni zahtjevi za uvođenje pojedinih novih usluga u spektru digitalne dividende. Sa posebnom pažnjom se analiziraju interesi i potrebe korisnika i pružalaca audiovizuelnih i mobilnih elektronskih komunikacionih usluga u vezi korišćenja spektra digitalne dividende. Daje se pregled iskustava i pristup pojedinih karakterističnih zemalja u korišćenju oslobođenih RF resursa za implementaciju novih servisa.

Mogući scenariji korišćenja pojedinih djelova spektra digitalne dividende su analizirani primjenom SWOT modela, koji za svaki mogući scenario daje listu prednosti, slabosti, mogućnosti i opasnosti. Pored toga, dat je i osvrt na pitanje konvergencije radio-difuznih i elektronskih komunikacionih mreža i servisa.

Na osnovu svega izloženog, na kraju Studije se izvode odgovarajuće preporuke za korišćenje spektra digitalne dividende u Crnoj Gori.

1. PREGLED TRŽIŠTA AVM I MOBILNIH EC USLUGA U CRNOJ GORI

1.1. Pregled tržišta AVM usluga

Audiovizuelne medijske (AVM) usluge u Crnoj Gori pružaju se od strane nacionalnog javnog, lokalnih javnih i komercijalnih radio i televizijskih (TV) emitera, posredstvom zemaljskih radio-difuznih sistema, uz upotrebu radio-difuznih frekvencija. AVM usluge se takođe pružaju i od strane nekih operatora elektronskih komunikacionih (EC) mreža, putem kojih se vrši distribucija radio i televizijskih programa do krajnjih korisnika, bez korišćenja radio-difuznih frekvencija.

Radio programe u analognoj FM tehnologiji u opsegu 87,5-108 MHz u Crnoj Gori emituju nacionalni javni radio-difuzni servis RTCG (Radio Crne Gore i Radio 98) i 14 lokalnih javnih radio emitera. Prema registru Agencije za elektronske medije, pored javnih emitera, radio programe u analognoj FM tehnologiji emituje i ukupno 39 komercijalnih radio emitera, od kojih dva posredstvom distributivnih sistema, bez upotrebe radio-difuznih frekvencija (Romski radio i Radio Homer). Lista radio emitera koji svoje programe emituju u analognoj FM tehnologiji, uz korišćenje radio-difuznih frekvencija iz opsega 87,5-108 MHz, data je u Tabeli 1.1.

Pored dva radio programa, nacionalni javni radio-difuzni servis RTCG emituje i dva televizijska programa sa nacionalnim pokrivanjem. Prema registru Agencije za elektronske medije, u Crnoj Gori televizijski program emituju i tri lokalna javna TV emitera: TV Budva, TV Nikšić i TV Pljevlja. Od ukupno 20 komercijalnih TV emitera, njih 17 programe emituje posredstvom sistema zemaljske analogne televizije, dok tri komercijalne TV stanice emituju program isključivo putem EC mreža, bez korišćenja radio-difuznih frekvencija (TV Atlas, TV Srpska i TV 777). Ukupno 6 komercijalnih TV emitera ima nacionalnu pokrivenost¹ (TV In, TV MBC, TV Pink M, TV Prva, TV Vijesti i TV Elmag). Lista TV emitera koji svoje programe emituju putem sistema analogne zemaljske televizije, uz upotrebu radio-difuznih frekvencija, data je u Tabeli 1.2.

Tabela 1.1. Lista radio emitera koji programe emituju u analognoj FM tehnologiji

| | Radio emiter | Opština | Vrsta emitera |
|---|---------------------|----------------|-------------------------|
| 1 | Radio Crne Gore | sve opštine | nacionalni javni servis |
| 2 | Radio 98 | sve opštine | nacionalni javni servis |
| 3 | Radio Andrijevisa | Andrijevisa | javni lokalni emiter |
| 4 | Radio Bar | Bar | javni lokalni emiter |
| 5 | Radio Berane | Berane | javni lokalni emiter |
| 6 | Radio Bijelo Polje | Bijelo Polje | javni lokalni emiter |

¹ Shodno Zakonu o elektronskim medijima nacionalna pokrivenost podrazumijeva pokrivenost najmanje 75% stanovništva u više od 10 jedinica lokalne samouprave.

| | | | |
|----|-------------------|--|----------------------|
| 7 | Radio Budva | Budva | javni lokalni emiter |
| 8 | Radio Cetinje | Cetinje | javni lokalni emiter |
| 9 | Radio Danilovgrad | Danilovgrad | javni lokalni emiter |
| 10 | Radio Herceg Novi | Herceg Novi | javni lokalni emiter |
| 11 | Radio Kotor | Kotor | javni lokalni emiter |
| 12 | Radio Nikšić | Nikšić | javni lokalni emiter |
| 13 | Radio Pljevlja | Pljevlja | javni lokalni emiter |
| 14 | Radio Rožaje | Rožaje | javni lokalni emiter |
| 15 | Radio Tivat | Tivat | javni lokalni emiter |
| 16 | Radio Ulcinj | Ulcinj | javni lokalni emiter |
| 17 | Radio Adriatic | Bijelo Polje | komercijalni emiter |
| 18 | Radio Antena M | Bar, Bijelo Polje, Budva, Danilovgrad, Herceg Novi, Nikšić, Pljevlja, Podgorica, Rožaje, Berane | komercijalni emiter |
| 19 | Radio Atlas | Bar, Bijelo Polje, Budva, Cetinje, Danilovgrad, Herceg Novi, Kolašin, Kotor, Mojkovac, Nikšić, Plav, Pljevlja, Podgorica, Rožaje, Šavnik, Tivat, Ulcinj, Žabljak | komercijalni emiter |
| 20 | Radio Boom | Podgorica | komercijalni emiter |
| 21 | Radio Star FM | Podgorica, Cetinje | komercijalni emiter |
| 22 | Radio City | Podgorica | komercijalni emiter |
| 23 | Radio Cool | Podgorica | komercijalni emiter |
| 24 | Radio Corona | Bar, Budva, Danilovgrad, Podgorica, Ulcinj | komercijalni emiter |
| 25 | Radio D | Bar, Cetinje, Danilovgrad, Herceg Novi, Nikšić, Podgorica, Kolašin | komercijalni emiter |
| 26 | Radio Delfin | Bar, Budva, Cetinje, Danilovgrad, Herceg Novi, Kotor, Nikšić, Podgorica, Tivat, Ulcinj, Šavnik | komercijalni emiter |
| 27 | Radio D plus | Bar, Berane, Bijelo Polje, Danilovgrad, Herceg Novi, Nikšić, Pljevlja, Podgorica, Kolašin | komercijalni emiter |
| 28 | Radio DRS | Bar, Budva, Danilovgrad, Herceg Novi, Nikšić, Podgorica, Tivat | komercijalni emiter |
| 29 | Radio Dux | Kotor | komercijalni emiter |
| 30 | Radio Elita | Ulcinj | komercijalni emiter |
| 31 | Radio F | Bar, Bijelo Polje, Ulcinj | komercijalni emiter |
| 32 | Radio Glas Plava | Plav | komercijalni emiter |
| 33 | Radio Gusinje | Plav | komercijalni emiter |
| 34 | Radio Jadran | Budva, Herceg Novi | komercijalni emiter |
| 35 | Radio Jupok | Berane, Rožaje | komercijalni emiter |
| 36 | Radio Luna | Plav | komercijalni emiter |
| 37 | Radio Mojkovac | Mojkovac | komercijalni emiter |
| 38 | Radio Montena | Bar, Budva, Nikšić, Danilovgrad, Herceg Novi, Podgorica, Tivat | komercijalni emiter |
| 39 | Radio Russkoe | Bar, Budva, Herceg Novi, Kotor, Nikšić, Podgorica, Tivat | komercijalni emiter |
| 40 | Radio Ozon | Kolašin | komercijalni emiter |
| 41 | Radio Panorama | Pljevlja | komercijalni emiter |
| 42 | Radio Plus | Bijelo Polje | komercijalni emiter |
| 43 | Radio Ponta | Budva | komercijalni emiter |

| | | | |
|----|-------------------|---|---------------------|
| 44 | Radio Pro FM | Andrijevića, Bar, Bijelo Polje, Budva, Cetinje, Danilovgrad, Herceg Novi, Kolašin, Kotor, Mojkovac, Nikšić, Plav, Pljevlja, Podgorica, Rožaje, Šavnik, Tivat, Ulcinj, Žabljak | komercijalni emiter |
| 45 | Radio Skadar Lake | Danilovgrad, Podgorica | komercijalni emiter |
| 46 | Radio Skala | Herceg Novi, Kotor, Tivat | komercijalni emiter |
| 47 | Radio Svetigora | Bar, Cetinje, Danilovgrad, Herceg Novi, Nikšić, Podgorica, Tivat | komercijalni emiter |
| 48 | Radio Vijesti | Berane, Bijelo Polje, Budva, Cetinje, Danilovgrad, Nikšić, Plav, Plužine, Podgorica, Rožaje, Ulcinj, Žabljak | komercijalni emiter |
| 49 | Radio Z | Nikšić | komercijalni emiter |
| 50 | Radio 083 | Nikšić, Podgorica | komercijalni emiter |
| 51 | Radio Elmag | Bar, Berane, Bijelo Polje, Budva, Cetinje, Herceg Novi, Kotor, Mojkovac, Nikšić, Pljevlja, Podgorica, Rožaje, Tivat, Ulcinj | komercijalni emiter |
| 52 | Radio Krš | Podgorica | komercijalni emiter |

Tabela 1.2. Lista TV emitera koji programe emituju putem sistema analogne zemaljske televizije

| | TV emiter | Opština | Vrsta emitera |
|---|------------------|---|---|
| 1 | TV CG1 | sve opštine | nacionalni javni servis |
| 2 | TV CG2 | sve opštine | nacionalni javni servis |
| 3 | TV In | Andrijevića, Bar, Berane, Bijelo Polje, Budva, Cetinje, Danilovgrad, Herceg Novi, Kolašin, Kotor, Mojkovac, Nikšić, Plav, Pljevlja, Podgorica, Rožaje, Šavnik, Tivat, Ulcinj, Žabljak | komercijalni emiter sa nacionalnom pokrivenošću |
| 4 | TV MBC | Bar, Berane, Bijelo Polje, Budva, Cetinje, Danilovgrad, Herceg Novi, Kotor, Mojkovac, Nikšić, Pljevlja, Podgorica, Tivat, Ulcinj | komercijalni emiter sa nacionalnom pokrivenošću |
| 5 | TV Pink | Bar, Berane, Bijelo Polje, Budva, Cetinje, Danilovgrad, Herceg Novi, Kolašin, Kotor, Mojkovac, Nikšić, Plav, Plužine, Pljevlja, Podgorica, Rožaje, Šavnik, Tivat, Ulcinj, Žabljak | komercijalni emiter sa nacionalnom pokrivenošću |
| 6 | TV Prva | Bar, Bijelo Polje, Cetinje, Herceg Novi, Kolašin, Kotor, Nikšić, Plav, Plužine, Podgorica, Rožaje, Tivat, Ulcinj | komercijalni emiter sa nacionalnom pokrivenošću |
| 7 | TV Vijesti | Andrijevića, Bar, Berane, Bijelo Polje, Budva, Cetinje, Danilovgrad, Herceg Novi, Kolašin, Kotor, Mojkovac, Nikšić, Plav, Pljevlja, Podgorica, Rožaje, Tivat, Ulcinj, Žabljak | komercijalni emiter sa nacionalnom pokrivenošću |

| | | | |
|----|---------------|---|---|
| 8 | TV Elmag | Bar, Berane, Cetinje, Danilovgrad, Herceg Novi, Kotor, Nikšić, Pljevlja, Podgorica, Tivat, Ulcinj | komercijalni emiter sa nacionalnom pokrivenošću |
| 9 | TV Budva | Budva | javni lokalni emiter |
| 10 | TV Nikšić | Nikšić, pluzine | javni lokalni emiter |
| 11 | TV Pljevlja | Pljevlja | javni lokalni emiter |
| 12 | TV APR | Rožaje | komercijalni emiter |
| 13 | TV Boin | Podgorica, Ulcinj | komercijalni emiter |
| 14 | TV Corona | Bar | komercijalni emiter |
| 15 | TV Ehoo | Berane | komercijalni emiter |
| 16 | TV Glas Plava | Plav | komercijalni emiter |
| 17 | TV Mojkovac | Mojkovac | komercijalni emiter |
| 18 | NTV Montena | Bar, Berane, Bijelo Polje, Danilovgrad, Herceg Novi, Nikšić, Podgorica, Tivat | komercijalni emiter |
| 19 | NTV Orion | Kolašin | komercijalni emiter |
| 20 | TV Panorama | Pljevlja | komercijalni emiter |
| 21 | TV Sun | Bijelo Polje | komercijalni emiter |
| 22 | TV Teuta | Bar, Ulcinj | komercijalni emiter |

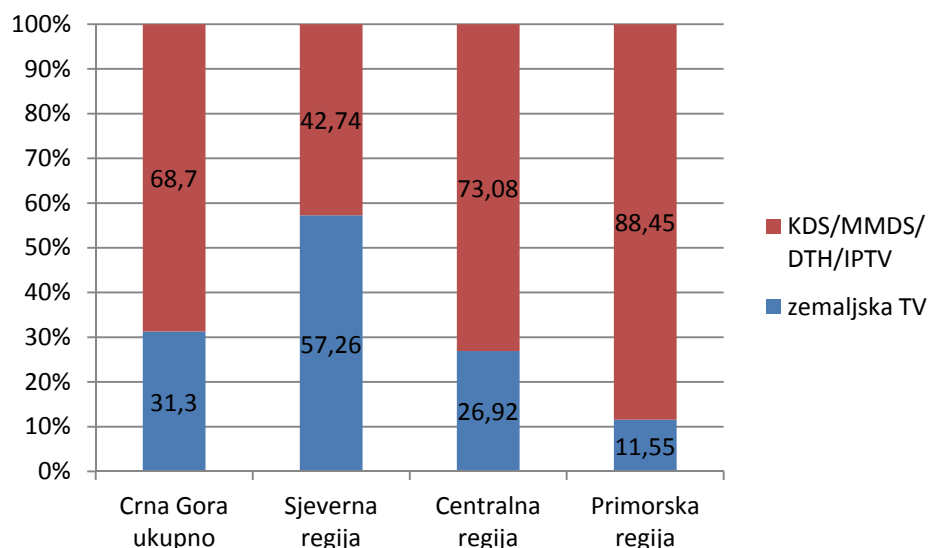
Pravo da distribuira radio i televizijske programe do krajnjih korisnika, u odobrenoj zoni servisa, posjeduje ukupno 7 operatora elektronskih komunikacionih mreža, od čega 4 posredstvom kablovskih distributivnih sistema (KDS), a po jedan putem bežične distributivne mreže na bazi MMDS (*Multichannel Multipoint Distribution Service*) tehnologije, satelitskog distributivnog sistema na bazi DTH (*Direct-To-Home*) tehnologije i javne fiksne elektronske komunikacione mreže na bazi IPTV (*Internet Protocol Television*) tehnologije. Svi operatori distribuiraju programe nacionalnog javnog servisa, nacionalnih komercijalnih emitera i izvjesnog broja komercijalnih emitera, kao i odredjeni broj programa regionalnih i inostranih TV stanica. Lista operatora EC mreža koji pružaju AVM usluge, sa zonom servisa i tehnološkom platformom data je u Tabeli 1.3.

Tabela 1.3. Lista operatora EC mreža koji pružaju AVM usluge

| | Naziv operatora | Zona servisa | Tehnološka platforma |
|---|------------------------|--|-----------------------------|
| 1 | Cabling | Budva, Podgorica | KDS |
| 2 | Eltamont | Bar, Berane, Bijelo Polje, Cetinje, Kotor, Nikšić, Pljevlja, Podgorica | KDS |
| 3 | M-Kabl | Bar, Bijelo Polje, Herceg Novi, Kotor, Pljevlja, Podgorica, Tivat | KDS |
| 4 | Media Net | Berane, Cetinje, Rožaje | KDS |
| 5 | Broadband Montenegro | sve opštine | MMDS |
| 6 | Total TV Montenegro | sve opštine | DTH |
| 7 | Crnogorski Telekom | sve opštine | IPTV |

Shodno Izvještaju o stanju tržišta usluga distribucije radio i televizijskih programa do krajnjih korisnika Agencije za elektronske medije iz decembra

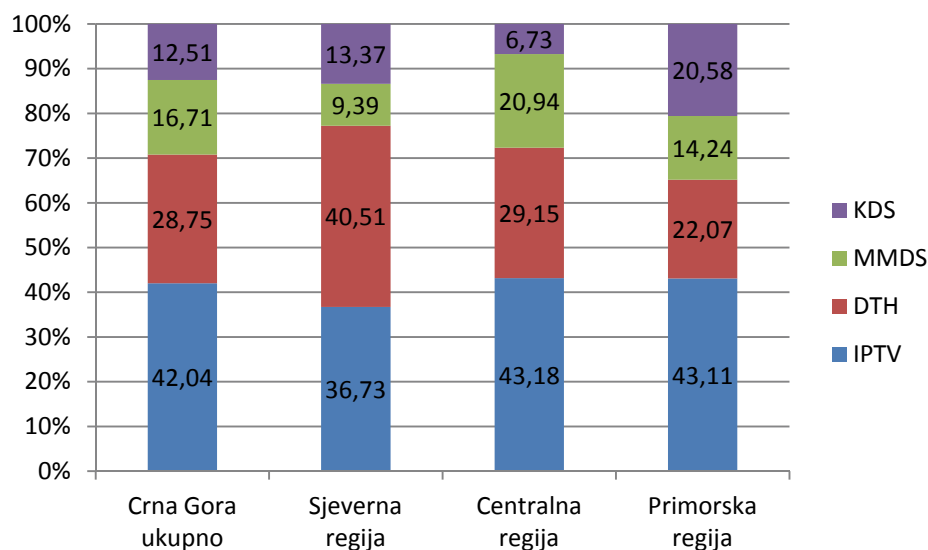
2012. godine, na kraju te godine broj aktivnih priključaka na EC mreže za distribuciju radio i TV programa do krajnjih korisnika (KDS/MMDS/DTH/IPTV) iznosio je 133.831 i u odnosu na kraj 2011. godine porastao je za preko 9%. Ako se pretpostavi da se svi ili najveći dio ovih priključaka odnose na korisnike iz kategorije domaćinstva, a uzimajući u obzir broj domaćinstava u Crnoj Gori, dolazi se do podatka da 31,3% domaćinstava kao jedini način pristupa AVM uslugama koristi slobodan (*free-to-air*) zemaljski prijem radio i TV programa, dok 68,7% domaćinstava AVM usluge dobija putem distributivnih sistema. Pri tome, usljed stalnog širenja zone servisa distributivnih sistema, značajno bogatije ponude TV programa i dodatnih funkcionalnosti (TV vodič, interaktivnost, snimanje sadržaja...), broj priključaka na te sisteme konstantno raste, što vodi daljem smanjenju procenta stanovništva koji kao jedini način pristupa AVM uslugama koristi slobodan zemaljski prijem. Na Slici 1.1 prikazana je zastupljenost pojedinih načina pružanja AVM usluga domaćinstvima na kraju 2012. godine na nivou čitave države i po regijama.



Slika 1.1. Grafički prikaz zastupljenosti pojedinih načina pružanja AVM usluga domaćinstvima na kraju 2012. godine

Prema podacima Agencije za elektronske medije, tražnja za uslugama distribucije radio i TV programa razlikuje se u zavisnosti od toga da li je riječ o sjevernoj (Andrijevica, Berane, Bijelo Polje, Kolašin, Mojkovac, Plav, Pljevlja, Plužine, Rožaje, Šavnik i Žabljak), centralnoj (Cetinje, Danilovgrad, Nikšić i Podgorica) ili primorskoj (Bar, Budva, Herceg Novi, Kotor, Tivat i Ulcinj) regiji. Posmatrano u odnosu na broj domaćinstava, zastupljenost pružanja AVM usluga posredstvom EC mreža je najveća u primorskoj regiji, čak 88,45%. Slijedi centralna regija sa 73,08%, dok u sjevernoj regiji 42,74% domaćinstava ima priključak na distributivne sisteme. Iz navedenih podataka može se zaključiti da je samo u sjevernoj regiji slobodan zemaljski prijem radio i TV programa još uvijek dominantan.

Kad je u pitanju distribucija radio i TV programa do krajnjih korisnika, struktura tržišta prema vrsti EC mreže, odnosno tehnološke platforme je takva da najveći tržišni udio ima IPTV sa 42,04% na nivou čitave države. Slijede DTH sa tržišnim učešćem od 28,75% i MMDS sa 16,71%, dok je na tržištu najmanje zastupljena KDS platforma. Mali udio kablovskih priključaka je posljedica relativno slabe razvijenosti KDS sistema u Crnoj Gori, posebno u sjevernoj regiji. Struktura tržišta usluge distribucije radio i TV programa do krajnjih korisnika prema tehnološkoj platformi na nivou čitave države i po regijama na kraju 2012. godine data je na Slici 1.2.



Slika 1.2. Struktura tržišta usluge distribucije radio i TV programa do krajnjih korisnika prema tehnološkoj platformi na kraju 2012. godine

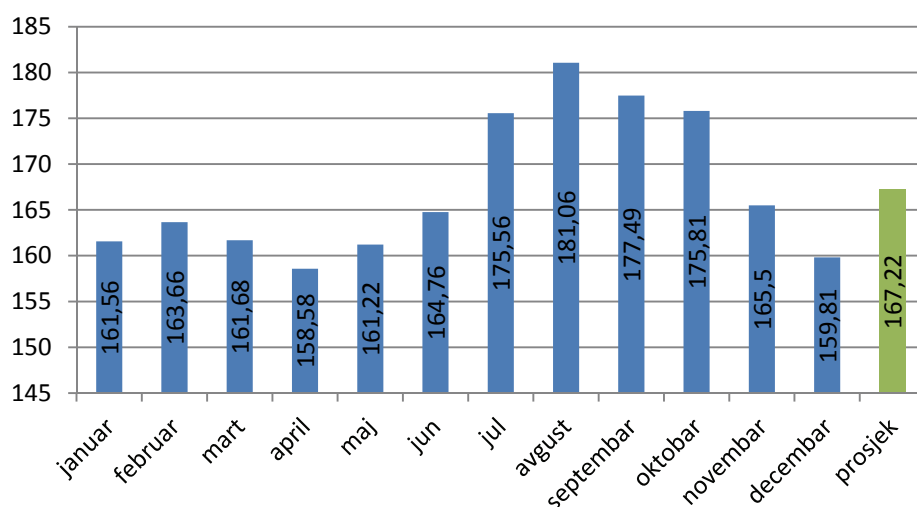
1.2. Pregled tržišta mobilnih EC usluga

Mobilne elektronske komunikacione (EC) usluge u Crnoj Gori pružaju se posredstvom tri zemaljske mobilne mreže, od strane tri mobilna elektronska komunikaciona operatora: Telenor, Crnogorski Telekom (T-Mobile) i Mtel. Sve tri mobilne komunikacione mreže su zasnovane na harmonizovanim standardima druge generacije (GSM/DCS1800, uključujući i paketski segment GPRS, odnosno EDGE) u opsezima 900 MHz i 1800 MHz i treće generacije (IMT-2000/UMTS, uključujući HSDPA i HSPA+) u opsegu 2100 MHz. Kod sva tri operatora, 2G i 3G mreže funkcionišu sa integrisanim jezgrom mreže i zajedničkom prenosnom mrežom.

Prema tvrdnjama sva tri operatora, pokrivenost stanovništva GSM signalom je preko 98%, dok pokrivenost teritorije Crne Gore GSM signalom iznosi preko 85% i obuhvata sve naseljene oblasti, glavne saobraćajnice (uključujući i tunele) i turističke centre. Signal mreža treće generacije omogućen je u svim opštinama, ali uglavnom u urbanim djelovima.

Stepen tehnološkog razvoja savremenih mobilnih komunikacionih sistema ogleda se u mogućnosti mreže da podrži, prije svega, širokopojasne *data servise*. Kada je riječ o *data servisima*, GPRS je implementiran na svim GSM/DCS1800 radio baznim stanicama svih operatora, EDGE je dostupan u svim većim naseljenim mjestima, dok je IMT-2000/UMTS implementiran u urbanim gradskim područjima. Podsjećanja radi, GPRS omogućava protok od 53 kb/s prema korisniku, a EDGE od oko 230 kb/s prema korisniku (teorijski maksimum od 115 kb/s za GPRS, odnosno 384 kb/s za EDGE ograničen je brzinom procesiranja terminala). Teorijski u IMT-2000/UMTS mrežama moguće je ostvariti maksimalni protok od 384 kb/s, dok je u mrežama crnogorskih operatora implementirano HSDPA unapređenje (3GPP Release 5), kojim je omogućen maksimalni protok do 14,4 Mb/s prema korisniku (*downlink*). Kako je već napomenuto, mobilni operatori su u svojim mrežama, u urbanom dijelu većih gradova, implementirali HSPA+ (3GPP Release 7), koji omogućava maksimalni protok od 21,1 Mb/s prema korisniku (*downlink*), odnosno 11 Mb/s od korisnika (*uplink*). Osim toga, Telenor je krajem 2012. godine implementirao LTE mrežu u užim gradskim jezgrama Podgorice, Nikšića, Bara i Cetinja. LTE mreža je realizovana u opsegu 1800 MHz, u dijelu resursa dodijeljenih za DCS1800 (*refarming*), i omogućava maksimalni protok od 75 Mb/s ka korisniku. U mrežama sva tri operatora omogućen je tzv. vertikalni *handover*, tj. automatsko prebacivanje konekcije sa jedne na drugu tehnologiju.

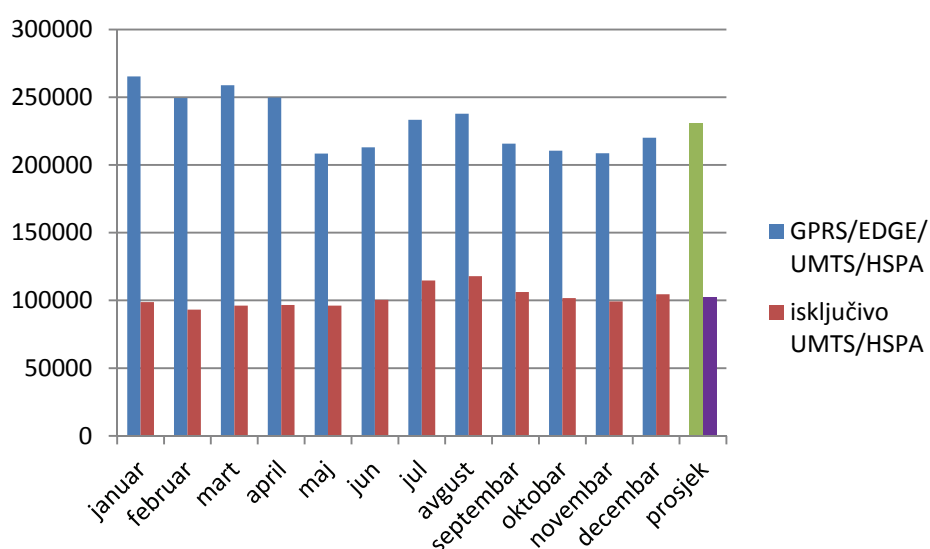
Prema izvještajima Agencije za elektronske komunikacije i poštansku djelatnost, na kraju 2012. godine broj korisnika mobilnih EC usluga u Crnoj Gori iznosio je 990.869, što odgovara penetraciji od 159,81%. Prosječna penetracija korisnika mobilnih usluga u 2012. godini bila je 167,22%, a najveći broj korisnika zabilježen je tokom avgusta, kada je iznosio 1.122.610, što odgovara penetraciji od 181,06%. Na Slici 1.3 prikazano je kretanje penetracije korisnika mobilnih usluga tokom 2012. godine.



Slika 1.3. Penetracija korisnika mobilnih usluga tokom 2012. godine u [%]

Od ukupnog broja mobilnih korisnika na kraju 2012. godine 31,9% su bili *postpaid* korisnici, a 68,1% *prepaid*. Tržišni lider prema broju korisnika je Telenor sa učešćem od 40,01%, slijedi T-Mobile sa 34,32%, dok je tržišno učešće Mtel-a na kraju 2012. godine bilo 25,67%.

Prema podacima Agencije za elektronske komunikacije i poštansku djelatnost tokom 2012. godine prosječno 230.930 korisnika mobilnih usluga je koristilo mobilne *data* usluge, nezavisno od pristupne tehnologije (GPRS/EDGE/UMTS/HSPA). Od tog broja prosječno 102.130 mobilnih korisnika je koristilo mobilne širokopojasne *data* usluge pristupajući mreži isključivo posredstvom UMTS/HSPA mreže. Na Slici 1.4 prikazano je kretanje broja korisnika mobilnih *data* usluga tokom 2012. godine.

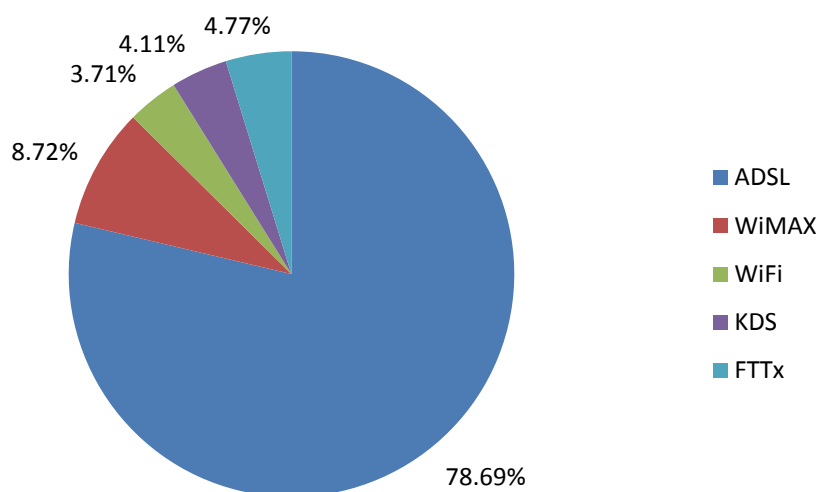


Slika 1.4. Broj korisnika mobilnih *data* usluga tokom 2012. godine

Za potrebe ove Studije, osim pregleda tržišta mobilnih EC usluga značajno je dati osvrt i na tržište fiksnih Internet usluga, uključujući i tržište fiksnih širokopojasnih *data* usluga. Fiksne Internet usluge, uključujući i fiksne širokopojasne *data* usluge se u Crnoj Gori pružaju korišćenjem više različitih tehnologija i više fiksnih i bežičnih mreža. Brzina prenosa podataka ka korisniku u pristupnom dijelu varira od simboličnih nekoliko desetina kb/s do nekoliko stotina kb/s za korisnike koji kao jedinu mogućnost koriste *dial-up* pristup ili osnovni WiMAX servis, od 1 do 2 Mb/s kod naprednijih WiMAX i osnovnih ADSL paketa, 2-5 Mb/s za napredne ADSL i KDS korisnike, pa sve do 20 Mb/s i više za korisnike koji ostvaruju pristup putem optičkih vlakana.

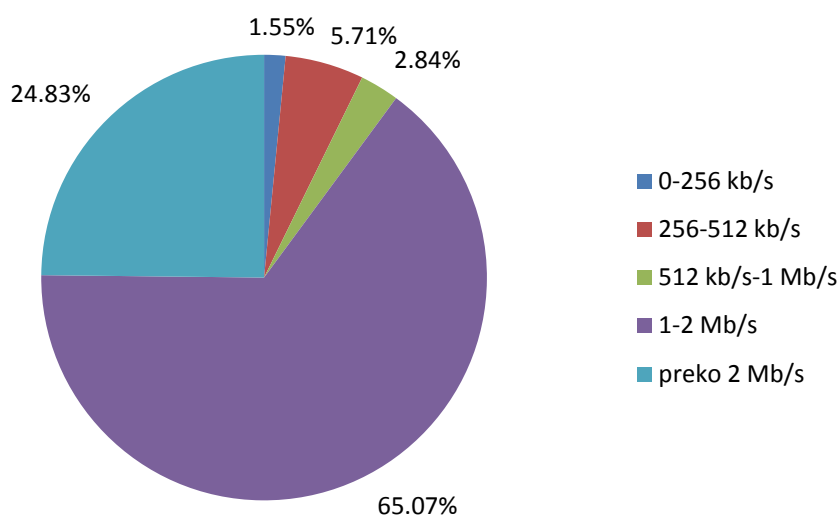
Na kraju 2012. godine u Crnoj Gori bilo je ukupno 330 korisnika koji su pristupali Internetu putem *dial-up*-a, pa se može reći da je ova vrsta pristupa u nestajanju. Sa druge strane ukupan broj korisnika širokopojasnih *data* servisa, nezavisno od tehnologije fiksnog pristupa (ADSL, WiMAX, WiFi, KDS, FTTx), na kraju 2012. godine iznosio je 88.449. Na Slici 1.5 dato je

učestalosti pojedinih tehnologija fiksnog pristupa na tržištu *data* usluga u Crnoj Gori na kraju 2012. godine.



Slika 1.5. Učešće pojedinih tehnologija fiksnog pristupa na tržištu *data* usluga u Crnoj Gori na kraju 2012. godine

Na Slici 1.6 data je struktura korisnika fiksnih *data* usluga u odnosu na brzinu pristupa na kraju 2012. godine. Sa slike se vidi da 24,83% korisnika fiksnih *data* usluga ostvaruje pristup brzinama većim od 2 Mb/s. To su uglavnom korisnici ADSL i KDS usluga sa naprednijim korisničkim paketima, kao i korisnici pristupa po optičkom vlaknu. Najveći broj korisnika (65,07%) ostvaruje fiksni *data* pristup brzinama od 1-2 Mb/s, a čak 10,1% korisnika ostvaruje brzine manje od 1 Mb/s.



Slika 1.6. Struktura korisnika fiksnih *data* usluga u odnosu na brzinu pristupa na kraju 2012. godine

2. NAMJENA I TRENUTNA ZAUZETOST RADIO-FREKVENCIJSKIH OPSEGA 174-230 MHz, 470-790 MHz I 790-862 MHz

2.1. Namjena radio-frekvencijskih opsega 174-230 MHz, 470-790 MHz i 790-862 MHz

Namjena radio-frekvencijskih opsega 174-230 MHz, 470-790 MHz i 790-862 MHz po radiokomunikacionim službama, kao i njihovo korišćenje od strane radiokomunikacionih sistema, elektronskih komunikacionih mreža, odnosno uređaja i opreme utvrđena je trenutno važećim Planom namjene radio-frekvencijskog spektra, koji je donijela Vlada Crne Gore 2010. godine.

Planom namjene radio-frekvencijskog spektra opseg 174-230 MHz (opseg VHF III) namijenjen je na primarnoj osnovi radio-difuznoj službi za analognu² i digitalnu televiziju (TV/DTV) i zemaljski digitalni radio (T-DAB), u skladu sa međunarodnim sporazumom postignutim na Regionalnoj radiokomunikacionoj konferenciji održanoj u Ženevi 2006. godine (GE06). Pri tome, podopseg 174-216 MHz može se koristiti i od strane radio mikrofona i uređaja kratkog dometa (SRD) koji služe kao pomagala osobama sa oštećenim sluhom, na principu podešavanja, u skladu sa Preporukom ERC/REC/70-03. Takođe, Planom namjene podopseg 223-230 MHz je na sekundarnoj osnovi opredijeljen i za fiksnu i za mobilnu službu, ali nije utvrđeno njegovo korišćenje za konkretne sisteme koji pripadaju tim službama.

Za opseg 470-790 MHz (TV UHF opseg IV (470-582 MHz) i dio TV UHF opsega V (582-862 MHz)) Planom namjene radio-frekvencijskog spektra utvrđena je namjena ovog opsega radio-difuznoj službi na primarnoj osnovi, za analognu¹ i digitalnu televiziju (TV/DTV) u skladu sa sporazumom GE06, kao i za radio mikrofone na principu podešavanja, u skladu sa Preporukom ERC/REC/70-03. Takođe, ovaj opseg je namijenjen na sekundarnoj osnovi i mobilnoj službi za mobilne SAP/SAB aplikacije, kao pomoćne aplikacije radio-difuznoj službi. Osim toga, za podopseg 608-614 MHz utvrđena je sekundarna namjena radio-astronomskoj službi za radio-astronomske aplikacije.

Ovdje je važno istaći da je na Svjetskoj radiokomunikacionoj konferenciji održanoj 2012. godine u Ženevi (WRC-12) utvrđena namjena podopsega 694-790 MHz u ITU Regionu 1 (kome pripada i Evropa) za mobilnu službu (izuzev vazduhoplovne mobilne službe) na primarnoj osnovi, zajedno sa ostalim primarnim službama, uključujući i radio-difuznu. Međutim, ova namjena se neće primjenjivati do sljedeće WRC konferencije koja će biti održana 2015. godine i na kojoj će se definisati tehnički i regulatorni uslovi

² Korišćenje opsega 174-230 MHz i 470-862 MHz za zemaljsku analognu televiziju je shodno Zakonu o digitalnoj radio-difuziji moguće do 17. 06. 2015. godine.

za uvođenje mobilne službe u podopseg 694-790 MHz. Od WRC-12 ovaj podopseg se popularno označava kao opseg "digitalne dividende 2".

Opseg 790-862 MHz (dio TV UHF opsega V) se smatra izvornim opsegom digitalne dividende za koji je na WRC konferenciji, održanoj 2007. godine u Ženevi (WRC-07), uvedena primarna namjena i za mobilnu službu (izuzev vazduhoplovne mobilne službe) i to za korišćenje od strane IMT sistema. Planom namjene radio-frekvencijskog spektra opseg 790-862 MHz je u Crnoj Gori namijenjen radio-difuznoj, fiksnoj i mobilnoj (izuzev vazduhoplovne mobilne) službi na primarnoj osnovi. U okviru radio-difuzne službe predviđeno je korišćenje ovog opsega za analognu¹ i digitalnu televiziju (TV/DTV), u skladu sa sporazumom GE06, kao i za radio mikrofone na principu podešavanja u skladu sa Preporukom ERC/REC/70-03. Za fiksnu službu namjena ovog opsega predviđena je u sistemima odbrane. U okviru mobilne službe, ovaj opseg se može koristiti za SAP/SAB aplikacije i shodno važećem Planu namjene radio-frekvencijskog spektra "razmatra se za buduće mobilne aplikacije", u skladu sa Odlukom ECC/DEC/(09)03. Pomenuta odluka predviđa korišćenje opsega za mobilne/fiksne komunikacione mreže (MFCN). Ovdje treba naglasiti da je u Tabeli evropske zajedničke namjene (ECA tabela), opseg 790-862 MHz opredijeljen za korišćenje od strane zemaljskih radiokomunikacionih aplikacija putem kojih se mogu pružati elektronske komunikacione usluge (TRA-ECS), uz napomenu da se IMT može smatrati TRA-ECS-om, što je pristup koji promoviše princip tehnološke i servisne neutralnosti.

U Tabeli 2.1 dat je pregled namjene razmatranih opsega.

2.2. Trenutna zauzetost radio-frekvencija iz opsega 174-230 MHz, 470-790 MHz i 790-862 MHz

Radio-frekvencijski opsezi 174-230 MHz, 470-790 MHz i 790-862 MHz se trenutno u Crnoj Gori koriste od strane radio-difuzne službe za zamaljsku analognu televiziju. Djelovi ovih opsega se koriste i za radio mikrofone, SRD slušne aparate i SAP/SAB aplikacije na bazi podešavanja, povremeno i na ograničenom prostoru. Zbog toga se može smatrati da je upotreba razmatranih opsega ograničena na analognu TV radio-difuziju. Veoma povoljnu okolnost za valorizaciju spektra digitalne dividende predstavlja činjenica da se opseg 790-862 MHz u Crnoj Gori ne koristi od strane komunikacionih sistema za potrebe sistema odbrane.

Obzirom da je digitalna dividenda upravo posljedica digitalizacije radio-difuzije, čijim okončanjem će analogna televizija biti u potpunosti stavljena van funkcije, to ova Studija neće obuhvatiti analizu trenutne upotrebe razmatranih radio-frekvencijskih opsega od strane analognih TV sistema. Imajući u vidu postavljeni projektni zadatak, ova Studija se bavi analizom frekvencijskog plana za digitalnu radio-difuziju u Crnoj Gori u predmetnim opsezima.

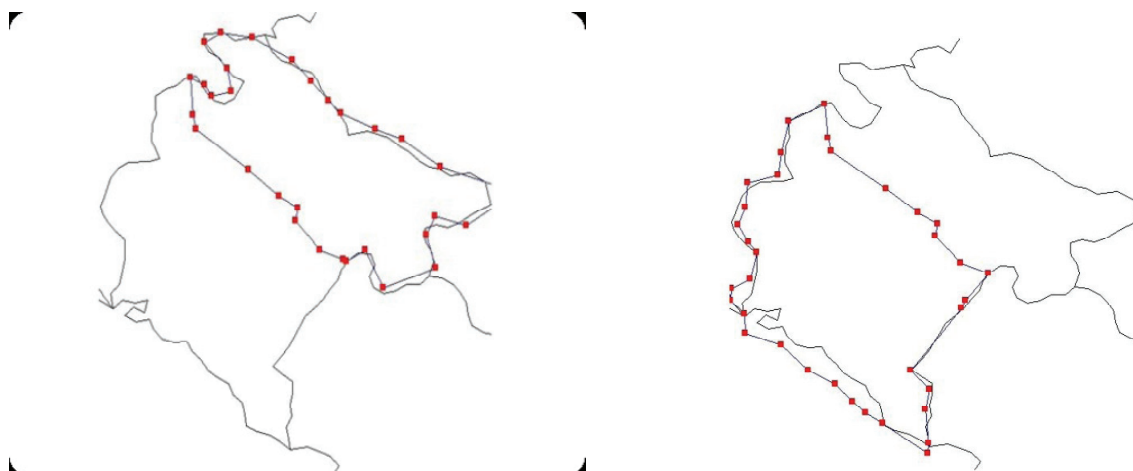
Tabela 2.1 Pregled namjene opsega 174-230 MHz, 470-790 MHz i 790-862 MHz

| Radio-frekvencijski opseg | Radio-komunikaciona služba | Korišćenje | Propis |
|---------------------------|---------------------------------------|---|--|
| 174-216 MHz | RADIO-DIFUZNA | TV/DTV T-DAB Radio mikrofoni SRD slušni aparati | GE06 GE06 ERC/REC/70-03 ERC/REC/70-03 |
| 216-230 MHz | RADIO-DIFUZNA | TV/DTV T-DAB | GE06 GE06 |
| | Fiksna Mobilna | | |
| 470-608 MHz | RADIO-DIFUZNA | TV/DTV Radio mikrofoni | GE06 ERC/REC/70-03 |
| | Mobilna | SAP/SAB | |
| 608-614 MHz | RADIO-DIFUZNA | TV/DTV Radio mikrofoni | GE06 ERC/REC/70-03 |
| | Radio-astronomska | Radio-astronomija | |
| | Mobilna | SAP/SAB | |
| 614-790 MHz | RADIO-DIFUZNA | TV/DTV Radio mikrofoni | GE06 ERC/REC/70-03 |
| | Mobilna | SAP/SAB | |
| 790-862 MHz | RADIO-DIFUZNA | TV/DTV Radio mikrofoni | GE06 ERC/REC/70-03 |
| | FIKSNA | Sistemi odbrane | |
| | MOBILNA, izuzev vazduhoplovne mobilne | SAP/SAB buduće mobilne aplikacije (IMT, MFCN, TRA-ECS) | ECC/DEC/(09)03 |

Osnovni uslovi korišćenja i raspodjela radio-frekvencija namijenjenih za digitalne zemaljske radio-difuzne sisteme utvrđeni su međunarodnim sporazumom GE06, koji predstavlja finalni dokument Regionalne radiokomunikacione konferencije za planiranje digitalnih zemaljskih sistema radio-difuzne službe u frekvencijskim opsezima 174-230 MHz i 470-862 MHz u ITU Regionu 1 i 3, održane 2006. godine u Ženevi (RRC-06). Frekvencijski plan za digitalnu zemaljsku radio-difuziju u Crnoj Gori definisan je Planom raspodjele radio-frekvencija za digitalnu zemaljsku radio-difuziju, na temelju sporazuma GE06. Ovaj Plan raspodjele je 2011. godine donijela Agencija za elektronske komunikacije i poštansku djelatnost.

Planom raspodjele radio-frekvencija za digitalnu zemaljsku radio-difuziju definisana je raspodjela radio-frekvencija na bazi allotment zona³. U opsegu 174-230 MHz (kanali 5-12 širine 7 MHz) definisane su dvije allotment zone za DVB-T/DVB-T2 i za T-DAB, i to allotment zona BJELASICA i allotment zona LOVČEN. Geografski prikaz allotment zona u opsegu 174-230 MHz dat je na Slici 2.1. Plan raspodjele radio-frekvencija za DVB-T/DVB-T2 i za T-DAB u opsegu 174-230 MHz dat je u Tabelama 2.2 i 2.3.

³ Allotment zona je geografsko područje za čije pokrivanje je dodijeljena određena frekvencija, odnosno kanal.



Slika 2.1 Alotment zone u opsegu 174-230 MHz:
BJELASICA (lijevo) i LOVĆEN (desno)

Tabela 2.2 Raspodjela radio-frekvencija za DVB-T/DVB-T2 u opsegu 174-230 MHz

| Alotment zona | Opredijeljeni kanali |
|---------------|----------------------|
| BJELASICA | 6 |
| LOVĆEN | 8 |

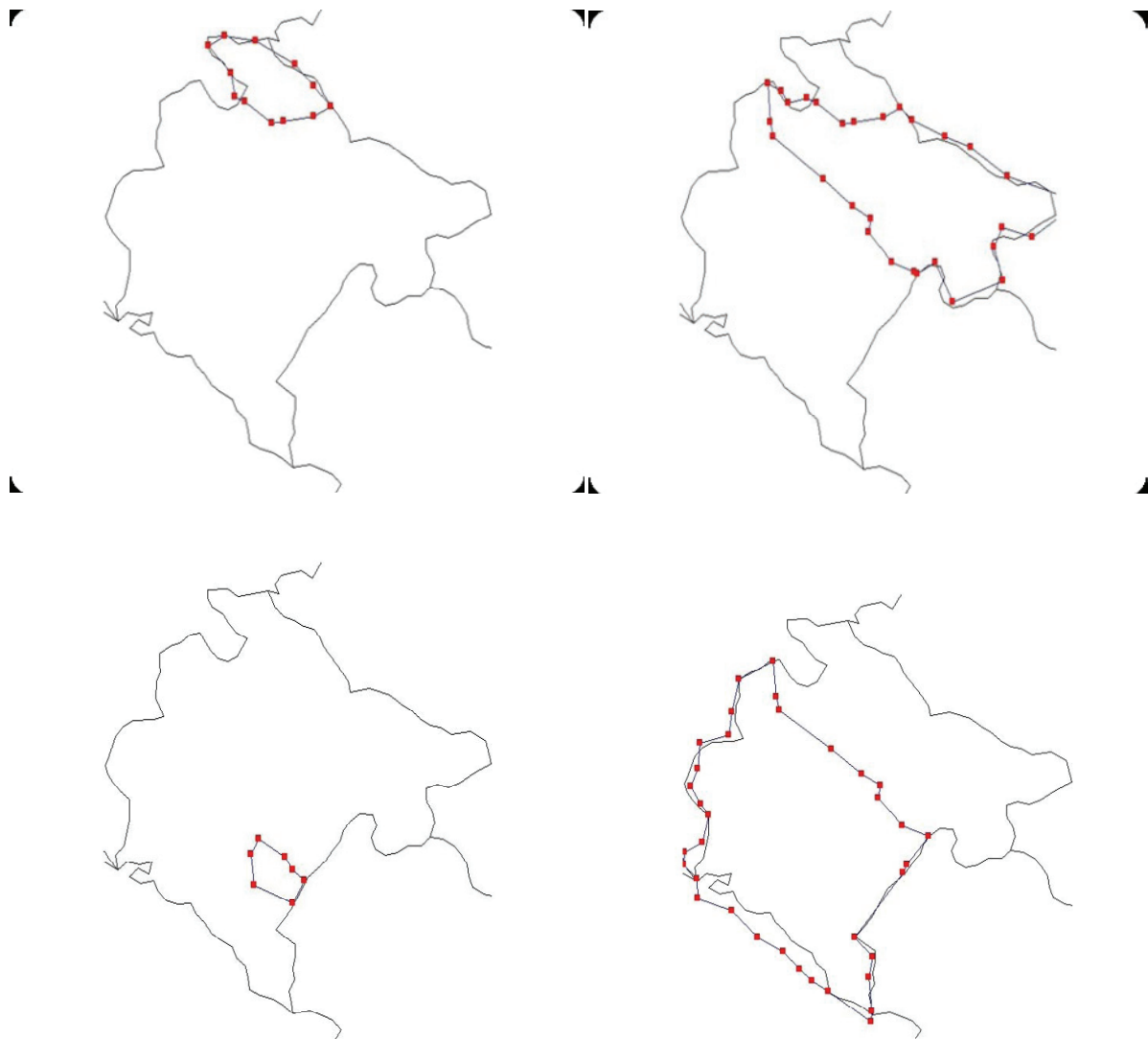
Tabela 2.3 Raspodjela radio-frekvencija za T-DAB u opsegu 174-230 MHz

| Alotment zona | Opredijeljeni kanali |
|---------------|----------------------|
| BJELASICA | 10A, 11A, 12A |
| LOVĆEN | 10B, 11C, 12C |

U opsegu 470-862 MHz (kanali 21-69 širine 8 MHz) definisane su četiri alotment zone za DVB-T/DVB-T2 i to: TVRDAŠ, BJELASICA, PODGORICA i LOVĆEN. Geografski prikaz alotment zona u opsegu 470-862 MHz dat je na Slici 2.2. Plan raspodjele radio-frekvencija za DVB-T/DVB-T2 u opsegu 470-862 MHz (podijeljen u podopsege 470-694 MHz, 694-790 MHz i 790-862 MHz) dat je u Tabeli 2.4.

Tabela 2.4 Raspodjela radio-frekvencija za DVB-T/DVB-T2 u opsegu 470-862 MHz

| Alotment zona | Opredijeljeni kanali | | |
|---------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | opseg 470-694 MHz (kanali 21-48) | opseg 694-790 MHz (kanali 49-60) | opseg 790-862 MHz (kanali 61-69) |
| TVRDAŠ | 22, 26, 32, 46 | 49, 53, 55 | |
| BJELASICA | 25, 29, 37, 43 | 60 | 62, 68 |
| PODGORICA | 21, 24, 30, 33, 38, 39, 44 | 53 | 69 |
| LOVĆEN | 27, 31, 35 | 57 | 61, 64, 67 |



*Slika 2.2 Alotment zone u opsegu 470-862 MHz:
TVRDAŠ (gore lijevo), BJELASICA (gore desno),
PODGORICA (dolje lijevo) i LOVĆEN (dolje desno)*

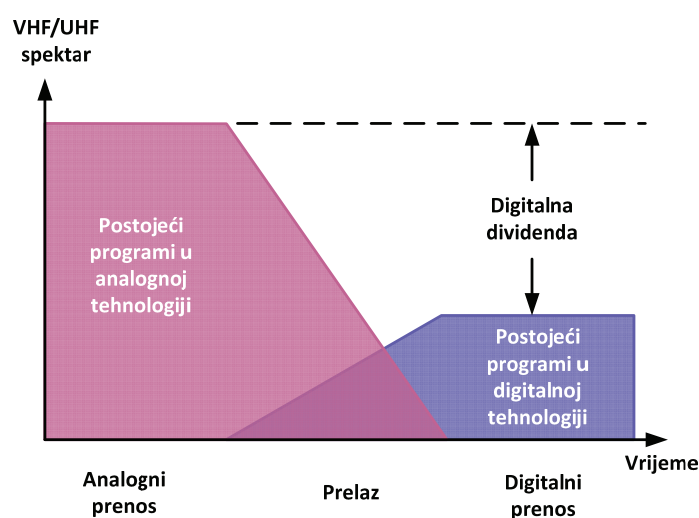
Zakonom o digitalnoj radiodifuziji, propisano je da će se prelazak sa analognog na digitalno emitovanje televizijskih programa u Crnoj Gori izvršiti najkasnije do 17. 06. 2015. godine. Istim zakonom "Radio-difuzni centar" d.o.o. Podgorica je određen za operatora prvog multipleksa i operatora prve mreže predajnika digitalne televizije u Crnoj Gori. Radio-difuzni centar je obavezan da do isteka navedenog roka posredstvom prve mreže obezbijedi pokrivenost najmanje 85% stanovništva Crne Gore. Shodno Planu raspodjele radio-frekvencija za digitalnu zemaljsku radio-difuziju, Agencija za elektronske komunikacije i poštansku djelatnost je za realizaciju prve mreže predajnika digitalne televizije Radio-difuznom centru izdala odobrenje za korišćenje radio-frekvencija u UHF opsegu po utvrđenim alotment zonama, koje su date u tabeli 2.5.

Tabela 2.5 Radio frekvencije dodijeljene RDC-u

| Alotment zona | Dodijeljeni kanal |
|----------------------|--------------------------|
| TVRDAŠ | 49 |
| BJELASICA | 43 |
| PODGORICA | 24 |
| LOVČEN | 35 |

3. PROCJENA ŠIRINE RF SPEKTRA KOJI SE MOŽE SMATRATI DIGITALNOM DIVIDENDOM U CRNOJ GORI

Posljednjih nekoliko godina pitanje digitalne dividende je predmet intenzivne diskusije kako u stručnim krugovima, tako i u široj javnosti. Generalno, pod digitalnom dividendom se podrazumijeva dio RF spektra u VHF i UHF opsezima koji će se osloboditi nakon prelaska s analognog na digitalno emitovanje postojećih televizijskih programa. Drugim riječima, digitalna dividenda predstavlja razliku između širine RF spektra potrebnog za prenos postojećih TV programa u analognoj tehnologiji i širine RF spektra potrebnog za prenos istih programa sa istim (ili približno istim) kvalitetom u digitalnoj tehnologiji. Ovaj pristup je ilustriran na Slici 3.1.



Slika 3.1. Spektar digitalne dividende

Digitalna dividenda je posljedica tehnološkog napretka koji se ogleda u većoj spektralnoj efikasnosti digitalnih tehnologija emitovanja u poređenju sa analognim. Primjenom efikasnih tehnika digitalne kompresije video signala, jednim TV kanalom, koji se koristio za emitovanje jednog televizijskog programa u analognoj tehnologiji, danas je moguće emitovati čak i više od 20 televizijskih programa sa prihvatljivim kvalitetom. RF spektar koji se na nacionalnom nivou može smatrati digitalnom dividendom zavisi od niza opštih parametara, kao što su geografske i topografske karakteristike države, udio distributivnih sistema na tržištu AVM usluga, zahtjevi za obavezanim emitovanjem programa nacionalnih i lokalnih javnih servisa, kao i programa manjinskih zajednica. Veličina digitalne dividende takođe zavisi i od primijenjene digitalne tehnologije i tehnike kompresije digitalnog video signala. Stoga se može zaključiti da pri procjeni veličine digitalne dividende ne postoji univerzalni pristup, već je potrebno sagledati niz specifičnih faktora koji se razlikuju od države do države.

Kako bi se procijenila veličina digitalne dividende neophodno je prije svega odrediti broj i kvalitet programa koji se emituju posredstvom sistema

analogne televizije u RF opsezima 174-230 MHz (VHF III) i 470-862 MHz (UHF IV i V). Kako je navedeno u prvom poglavlju ove Studije, u Crnoj Gori se u analognoj tehnologiji emituju ukupno 22 televizijska programa. Od tog broja 8 programa ima nacionalnu pokrivenost (dva programa javnog servisa i 6 programa komercijalnih emitera), a ostalih 14 su programi lokalnih emitera (tri javna i 11 komercijalnih). Signali lokalnih TV emitera se emituju uglavnom na teritoriji jedne ili dvije opštine, osim programa jednog lokalnog komercijalnog TV emitera, koji je dostupan u više od dvije opštine. Na teritoriji jedne opštine se emituje signal jednog ili dva lokalna emitera, osim opštine Bar u kojoj se trenutno emituju programi tri lokalna emitera. U Tabeli 3.1 dat je pregled broja lokalnih TV emitera čiji su programi dostupni u pojedinim opštinama.

Tabela 3.1. Pregled broja lokalnih TV emitera po opštinama

| Opština | Broj TV emitera |
|----------------|------------------------|
| Andrijevića | 0 |
| Bar | 3 |
| Berane | 2 |
| Bijelo Polje | 2 |
| Budva | 1 |
| Cetinje | 0 |
| Danilovgrad | 1 |
| Herceg Novi | 1 |
| Kolašin | 1 |
| Kotor | 0 |
| Mojkovac | 1 |
| Nikšić | 2 |
| Plav | 1 |
| Pljevlja | 2 |
| Plužine | 1 |
| Podgorica | 2 |
| Rožaje | 1 |
| Šavnik | 0 |
| Tivat | 1 |
| Ulcinj | 2 |
| Žabljak | 0 |

Kvalitet televizijskih programa koji se emituju u analognoj tehnologiji odgovara kvalitetu digitalne televizije standardne definicije (SD).

Kada je u pitanju implementacija digitalne tehnologije emitovanja, sa tehnološkog aspekta potrebno je prije svega definisati tehnologiju zemaljskog digitalnog emitovanja televizijskih signala i tehniku kompresije video signala. Vezano za tehnologiju emitovanja koriste se dva harmonizovana standarda: DVB-T i spektralno efikasnija verzija DVB-T2. Za kodiranje i kompresiju video signala takođe su definisana dva standarda: MPEG-2 i MPEG-4, od kojih je MPEG-4 dva puta efikasniji u pogledu korišćenja raspoloživog propusnog opsega. Zavisno od toga koja

kombinacija navedenih standarda je odabrana i sa kojim parametrima, jednim frekvencijskim kanalom širine 7 MHz ili 8 MHz moguće je emitovati multipleksni signal od 4 do 20 televizijskih programa u standardnoj definiciji, odnosno 1 do 4 programa u visokoj definiciji (HD). Pregled maksimalnog broja TV programa koje je moguće prenijeti jednim multipleksom u zavisnosti od tehnologije digitalnog emitovanja i tehnike kompresije video signala dat je u Tabeli 3.2.

Tabela 3.2. Maksimalni broj TV programa po multipleksu

| | DVB-T | | DVB-T2 | |
|--------|-------|----|--------|----|
| | SD | HD | SD | HD |
| MPEG-2 | 7 | 3 | 13 | 5 |
| MPEG-4 | 16 | 8 | 27 | 14 |

U Crnoj Gori je od strane Radio-difuznog centra, koji je Zakonom o digitalnoj radio-difuziji određen za operatora prve mreže predajnika digitalne televizije, za realizaciju te mreže odabran DVB-T2 standard. Istim zakonom je propisano da digitalni radijski i televizijski signali prije pristupa kapacitetu multipleksa moraju biti kodirani u skladu sa standardom ITU-T H.264/AVC (MPEG-4 part 10). Na ovaj način se, u zavisnosti od odabira parametara DVB-T2 sistema (nivo modulacije, kodni odnos, broj OFDM podnosilaca, trajanje zaštitnog intervala) prvim multipleksom sa nacionalnim pokrivanjem može prenijeti najmanje 13 TV programa u standardnoj definiciji.

Dakle, prvim DVB-T2 multipleksom (UHF opseg) biće moguće emitovanje u standardnoj definiciji svih televizijskih programa koji imaju nacionalno pokrivanje u analognoj tehnologiji. Preostali kapacitet u prvom multipleksu se može iskoristiti za prenos najmanje pet novih programa, ili čak za emitovanje programa postojećih lokalnih javnih i komercijalnih TV emitera, pod uslovom da se multipleks realizuje kao više lokalnih ili regionalnih pokrivanja koja čine nacionalnu pokrivenost. Alternativno, za digitalno emitovanje programa lokalnih TV emitera dovoljno je 10-15% kapaciteta drugog DVB-T2 multipleksa, koji bi se realizovao kao više lokalnih ili regionalnih pokrivanja. Dakle, za kompletnu digitalizaciju postojeće TV radio-difuzije u opsezima 174-230 MHz i 470-862 MHz u Crnoj Gori potreban je jedan DVB-T2 multipleks (jedan TV kanal) i eventualno 10-15% kapaciteta drugog DVB-T2 multipleksa.

Analizirajući radio-frekvencijske resurse potrebne za digitalno emitovanje svih postojećih televizijskih programa koji se emituju analogno može se zaključiti da digitalna dividenda u Crnoj Gori obuhvata:

- cjelokupan opseg 174-230 MHz (svi kanali po allotment zonama predijeljeni za DVB-T/DVB-T2 i T-DAB);
- po tri kanala u allotment zonama TVRDAŠ i BJELASICA, 6 kanala u allotment zoni PODGORICA i dva kanala u allotment zoni LOVČEN u opsegu 470-694 MHz predijeljeni za DVB-T/DVB-T2,

- cjelokupan opseg 694-790 MHz (svi kanali po alotment zonama opredijeljeni za DVB-T/DVB-T2);
- cjelokupan opseg 790-862 MHz na teritoriji čitave države.

Prikaz procijenjene veličine digitalne dividende u Crnoj Gori dat je u Tabeli 3.3.

Tabela 3.3 Procjena veličine digitalne dividende u Crnoj Gori

| Opseg | Količina RF spektra |
|--------------|--|
| 174-230 MHz | cjelokupan opseg (svi kanali po alotment zonama opredijeljeni za DVB-T/DVB-T2 i T-DAB) |
| 470-694 MHz | alotment zona TVRDAŠ: 3 kanala opredijeljena za DVB-T/DVB-T2 |
| | alotment zona BJELASICA: 3 kanala opredijeljena za DVB-T/DVB-T2 |
| | alotment zona PODGORICA: 6 kanala opredijeljenih za DVB-T/DVB-T2 |
| | alotment zona LOVČEN: 2 kanala opredijeljena za DVB-T/DVB-T2 |
| 694-790 MHz | cjelokupan opseg (svi kanali po alotment zonama opredijeljeni za DVB-T/DVB-T2) |
| 790-862 MHz | cjelokupan opseg na teritoriji čitave države |

U posljednjih nekoliko godina intenzivno se istražuje mogućnost korišćenja dijelova radio-frekvencijskih opsega koji su namjenjeni radio-difuziji, ali se na određenim geografskim područjima ne koriste u tu svrhu ("spektar bijelih polja"). Pod uslovom da ne uzrokuju štetne smetnje radio-difuznim sistemima, pomenuti opsezi se mogu koristiti za implementaciju novih usluga u tom području, primjenom tehnika kognitivnog radija. Obzirom da je prelaskom sa analognog na digitalno emitovanje TV programa otvorena tehnička mogućnost iskorišćenja i "spektra bijelih polja", to se ovaj spektar takođe može smatrati digitalnom dividendom.

Koji i koliki dio spektra digitalne dividende će biti iskorišćen i za koje radiokomunikacione službe, usluge i tehnologije zavisi od trenutnog nivoa razvijenosti pojedinih servisa, stepena potražnje za postojećim i novim uslugama i njihovog značaja za društvo i državu u cjelini.

4. PREGLED MOGUĆIH USLUGA I TEHNOLOGIJA U SPEKTRU DIGITALNE DIVIDENDE

Uvođenje novih usluga u spektru digitalne dividende donijeće mnoge prednosti korisnicima, ekonomiji i društvu u cjelini. Identifikovano je više AVM i EC usluga i tehnologija kao potencijalnih korisnika spektra digitalne dividende. Tu spadaju dodatni zemaljski radio-difuzni servisi, mobilne multimedijalne aplikacije i mobilni komunikacioni sistemi, uključujući i širokopojasne. Samom digitalizacijom TV radio-difuzije ostvarene su značajne prednosti u odnosu na analogno emitovanje koje se ogledaju u poboljšanom kvalitetu slike i zvuka, uvođenju naprednih informativnih usluga kao što su elektronski programski vodič i napredni teletekst, veća fleksibilnost za mobilni prijem, mogućnost uvođenja sistema sa uslovnim pristupom. Radio-difuzni operatori vide digitalnu dividendu kao šansu za proširenje spektra svojih usluga, od povećanja broja radio i televizijskih programa do uvođenja interaktivne televizije i televizije visoke definicije. Takođe, mobilna televizija, kao dobar primjer konvergentne usluge, je potencijalni korisnik spektra digitalne dividende. Novi potencijalni korisnici oslobođenog spektra, prije svih mobilni operatori, digitalnu dividendu vide kao mogućnost za odgovor na rastuće zahtjeve za novim mobilnim servisima, kao i za obezbjeđivanje širokopojasnih *data* usluga u oblastima gdje nije razvijena žičana infrastruktura, doprinoseći na taj način prevazilaženju "digitalnog jaza".

4.1. Pregled mogućih usluga u spektru digitalne dividende

Usluge koje je moguće pružiti u spektru digitalne dividende možemo klasifikovati u sljedeće grupe:

- usluge digitalne televizije,
- usluge digitalnog radija,
- mobilne komunikacione usluge,
- ostale usluge.

4.1.1. Usluge digitalne televizije

Digitalna dividenda, ili jedan njen dio, može se koristiti za usluge digitalne radio-difuzije televizijskih programa na bazi već uspostavljenog frekvencijskog plana na nacionalnom i međunarodnom nivou (prema sporazumu GE06). Usluge koje je moguće ponuditi ukoliko se digitalna dividenda, ili jedan njen dio, rezerviše za potrebe TV radio-difuzije su:

- dodatni TV programi,
- televizija visoke definicije (HDTV),
- trodimenzionalna televizija (3DTV),
- mobilna televizija.

4.1.1.1. Dodatni TV programi

Spektar digitalne dividende može se koristiti za emitovanje dodatnih TV programa na lokalnom, regionalnom ili nacionalnom nivou. Obzirom da je u Crnoj Gori odabran DVB-T2 standard digitalnog emitovanja televizijskih programa i MPEG-4 (prema ITU H.264/AVC standardu) tehnika kompresije video signala, samo implementacijom druge DVB-T2 mreže, odnosno drugog multipleksa omogućilo bi se uvođenje 10-14 novih TV programa u standardnoj definiciji ili 5-7 programa u visokoj difiniciji. Pri tome, za prijem novih programa mogli bi se koristiti isti digitalni prijemnici kao i za osnovne programe, što korisnicima ne bi uzrokovalo nikakve dodatne troškove. Uvođenjem dodatnih TV kanala korisnicima se pruža mogućnost većeg izbora televizijskih programa, ali se otvara i prilika za uvođenje usluga koje se naplaćuju.

Uz digitalizaju televizije i digitalnu dividendu vezuje se i interaktivnost, tj. osobina koja omogućava da pri isporuci multimedijalnog sadržaja korisnik uzme učešće u odabiru samog sadržaja i načina njegove isporuke. Interaktivnošću se AVM usluzi daje dodatna vrijednost. U interaktivne usluge spadaju slušanje alternativnog zvuka, praćenje alternativne kamere, dodatne informacije o TV sadržaju, TV igrice, kao i usluge elektronskog programskog vodiča i personalnog video rekordera. Interaktivna televizija zahtijeva set softverskih komponenti (nazvanih API (*Applications Programme Interface*) ili *middleware*) koje se dodaju standardnom digitalnom prijemniku.

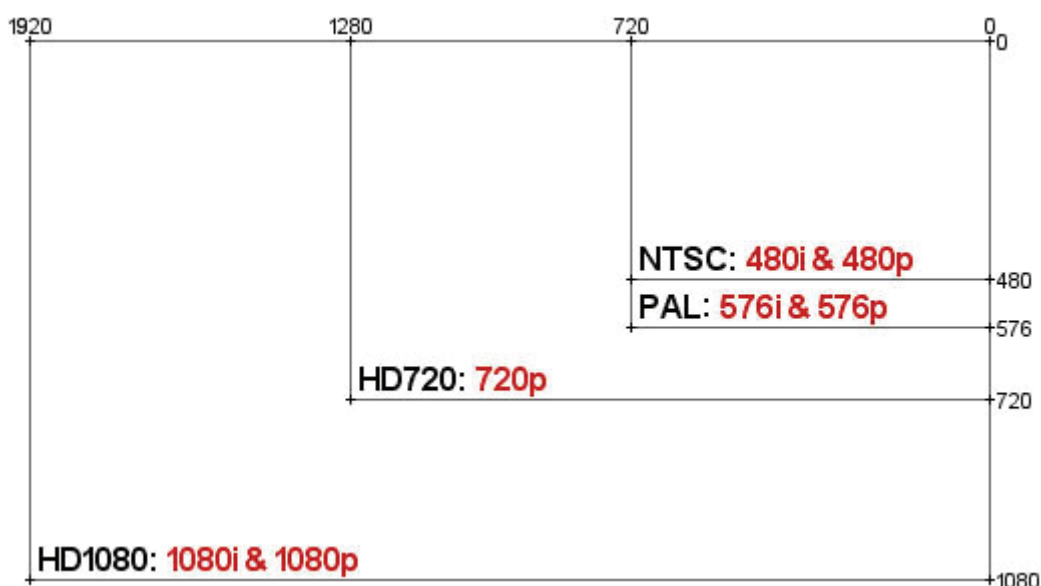
4.1.1.2. Televizija visoke definicije (HDTV)

Televizija visoke definicije (HDTV) je tehnologija za emitovanje televizijskih signala u rezoluciji slike višoj od televizije standardne definicije (SDTV). Neke od ključnih karakteristika HDTV sistema u odnosu na SDTV su:

- povećani broj analizatorskih linija,
- mogućnost progresivnog analiziranja slike,
- mogućnost povećanja frekvencije osvježavanja slike,
- povećanje brzine prenosa podataka,
- proširenje slike,
- poboljšane kolorimetrijskih karakteristika slike,
- mogućnost višekanalnog zvuka.

Televizijska slika se sastoji od nizova tačaka (ili piksela). Rezolucija (ili prostorna rezolucija) slike se definiše kao ukupan broj piksela koji slika sadrži. Što je veći broj piksela veća je i definicija slike. SDTV ima rezoluciju 720x576 piksela (za PAL standard koji se primjenjuje u Evropi) ili 720x480 piksela (za NTSC standard koji se primjenjuje u SAD-u), dok HDTV ima rezoluciju 1280x720 piksela ili 1920x1080 piksela, što ovim sistemima omogućava dva ili tri puta veću definiciju. Paralelno s povećanjem rezolucije, povećan je i odnos širine i visine ekrana sa 4:3 kod televizije

standardne definicije na 16:9 kod HDTV sistema. Pored toga, umjesto 576 aktivnih analizatorskih linija kod PAL SDTV sistema ili 480 kod NTSC SDTV sistema, HDTV sadrži 720 ili 1080 aktivnih analizatorskih linija slike. Odnos rezolucije slike kod SDTV i HDTV sistema ilustrovan je na Slici 4.1.



Slika 4.1. Odnos rezolucije slike kod SDTV i HDTV sistema

HDTV sistemi podržavaju progresivno analiziranje slike (*progressive scanning*), gdje se sve linije analiziraju u istom koraku, za razliku od isprepletanog analiziranja (*interlaced scanning*), kod koga se linije analiziraju u dva koraka: prvo neparne linije, a onda parne linije. Progresivnim analiziranjem povećava se frekvencija osvježavanja slike sa 25 na 50 puta u sekundi. Poređene parametara SDTV i HDTV sistema dato je u Tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Poređenje parametara SDTV i HDTV sistema

| TV format | Rezolucija [piksela] | Odnos širine i visine slike | Broj analizatorskih linija | Frekvencija osvježavanja [puta u sec] |
|------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| SDTV (PAL) | 720x576 | 4:3 | 576 | 25 |
| HDTV 1080x720p ⁴ | 1080x720 | 16:9 | 720 | 50 |
| HDTV 1920x1080i ⁵ | 1920x1080 | 16:9 | 1080 | 25 |
| HDTV 1920x1080p | 1920x1080 | 16:9 | 1080 | 50 |

Zbog prenosa povećane količine podataka neophodne za adekvatan prikaz detalja slike HDTV sistemi zahtijevaju veći prenosni kapacitet (10-15 Mb/s) nego SDTV sistemi. Takođe su poboljšane i kolorimetrijske karakteristike slike, a koje su vezane za primjenu novog načina definisanja primarnih boja

⁴ HDTV sistem naznačene rezolucije sa progresivnim analiziranjem slike.

⁵ HDTV sistem naznačene rezolucije sa isprepletanim analiziranjem slike.

crvene, zelene i plave u CIE dijagramu hromatičnosti, luminantnog signala i komponenti hrominantnog signala.

S korisničkog gledišta, HDTV donosi poboljšanje kvaliteta zvuka i slike s prirodnijim i bogatijim bojama i glatkim pokretima, te daje mogućnost kvalitetnog prikaza i na ekranima velikih dimenzija. Većina LCD, LD i plazma televizora trenutno dostupnih na tržištu ima mogućnost prikaza HDTV signala. Međutim, tehnologija prikaza 2D slike ide dalje. Krajem 2011. godine ITU je predstavio tehničke specifikacije za televiziju ultra visoke definicije (UHDTV). Budući UHDTV sistemi će imati rezoluciju od oko 33 miliona piksela (7690 x 4320), što je 16 puta veća rezolucija od aktuelnih HDTV sistema.

4.1.1.3. Trodimenzionalna televizija (3DTV)

Trodimenzionalna televizija (3DTV) je usluga koja omogućava prikaz televizijskog sadržaja uz stvaranje osjećaja dubine. Postoji više tehnologija koje omogućavaju prikaz 3DTV signala, ali u osnovi svih je princip podjele sadržaja za lijevo i desno oko. Postoje dva osnovna pristupa koja omogućavaju takav prikaz signala:

- korišćenje posebnih naočara koje dijele sliku za desno i lijevo oko,
- korišćenje autostereoskopskih ekrana koji sadrže poseban mehanizam za razdvajanje slike za desno i lijevo oko.

Postoje tri vrste naočara za gledanje 3DTV sadržaja:

- stereoskopske naočare (pasivni filtri za boje koji propuštaju određenu boju za svako oko),
- polarizacione naočare (pasivni polarizacioni filtri),
- aktivne zatvarajuće naočare (sinhronizovane sa televizorom kako bi u odgovarajućem trenutku propustile sliku odgovarajućem oku).

S korisničkog gledišta, 3DTV donosi poseban doživljaj gledanja televizijskog sadržaja, ali uz potrebu za ulaganjem u odgovarajuću opremu za prikaz takvog sadržaja.

4.1.1.4. Mobilna televizija

Mobilna televizija je namijenjena prenosnim uređajima malog ekrana, tzv. *hand-held* terminalima, poput tableta ili mobilnih terminala. Korisnicima omogućava pregled više TV kanala, a obično uključuje TV sadržaje koji se isporučuju na mobilne uređaje uz naplatu ili TV usluge koje se besplatno emituju posredstvom zemaljske mreže. Mobilna zemaljska televizija često se pruža u kombinaciji sa uslugama preuzimanja TV sadržaja preko Interneta ili skladištenja sadržaja za kasniji pregled.

Postoji više standarda za emitovanje signala mobilne televizije, od kojih su najrasprostranjeniji DVB-H za zemaljsko emitovanje i DVB-SH za hibridno satelitsko-zemaljsko emitovanje. Za emitovanje mobilne televizije operatori

obično koriste frekvencije iz donjeg dijela opsega 470-862 MHz. Na taj način se postiže veća pokrivenost, ali se zahtijeva antena većih dimenzija u mobilnom uređaju, pa je potrebno naći odgovarajući kompromis.

4.1.2. Usluge digitalnog radija

Kako bi se izborili sa sve većom konkurencijom na tržištu AVM usluga, tradicionalni emiteri radio programa su primorani da uvode više programa, nove kanale, nove oblike emitovanja informacija, interaktivne programske sadržaje i slično. Uvođenjem digitalne tehnologije emitovanja radio programa ostvaruje se mogućnost proizvodnje više programa u okvirima raspoloživih sredstava. Važnim se pokazuje i pružanje raznolikih sadržaja prilagođenih ciljanom tržištu kao i dodatnih pratećih usluga. Osim toga, korišćenjem dijela kapaciteta mreže za digitalno emitovanje radija stvaraju se poslovne mogućnosti za treće pružaoce raznih usluga, koje ne moraju biti iz domena radija.

Mrežom za digitalno emitovanje radija mogu se pružiti tri vrste usluga:

- usluge ekvivalentne onima pri emitovanju radija u analognoj tehnologiji,
- napredne radio-difuzine usluge koje omogućavaju emitovanje programa s dodatnom vrijednošću ili interaktivnih programa,
- *data* usluge koje mogu biti povezane s radijskim programom, ali i sasvim nezavisne od radija.

Najšešće korišćene tehnologije za zemaljsko digitalno emitovanje radija su DRM i T-DAB, koje se javljaju u nekoliko varijacija. Uspješnost migracije slušateljstva ka digitalnim tehnologijama u velikoj mjeri zavisi od ponude kvalitetnih prijemnika na tržištu. S obzirom na neizvjesnu situaciju oko upotrebe pojedinih tehnologija, izlaz je u prijemnicima koji podržavaju više tehnologija. Sa druge strane, mogućnosti pružanja raznih *data* usluga posredstvom mreže digitalnog radija ograničene su mogućnostima prijemnika, koji trebaju biti dizajnirani tako da podržavaju memorisanje i prikazivanje primljenih podataka.

4.1.3. Mobilne komunikacione usluge

Jedna od bitnih primjena spektra digitalne dividende je za dalji razvoj mobilnih komunikacionih mreža. U posljednje vrijeme zabilježen je veliki rast obima *data* saobraćaja u mobilnim mrežama, koji je prije svega posljedica sve masovnije upotrebe pametnih telefona od strane korisnika. Ova revolucija u načinu konzumiranja usluga zahtijeva brzu alokaciju dodatnog spektra za mobilne komunikacione usluge, a digitalna dividenda je dobra šansa za to. Osim toga, spektar digitalne dividende, zbog svojih propagacionih karakteristika, se smatra veoma pogodnim za obezbjeđivanje širokopojsnog pristupa fiksnim i mobilnim korisnicima u ruralnim i slabo naseljenim područjima. Kako bi se izbjegla interferencija sa radio-difuznim

sistemima neophodan je harmonizovan pristup upotrebi spektra digitalne dividende za mobilne usluge, najmanje na regionalnom nivou.

Za pružanje mobilnih komunikacionih usluga, uključujući i mobilne širokopojasne usluge, u spektru digitalne dividende u Evropi je prihvaćena IMT-2000/LTE tehnologija. LTE (3GPP *Release 8*) standard, iako pripada familiji standarda mobilnih mreža treće generacije (3G), uvodi potpuno novu tehnologiju radio interfejsa i arhitekturu mreže i predstavlja završni korak ka mobilnim komunikacionim mrežama četvrte generacije (4G). Pri tome, LTE-*Advanced* (3GPP *Release 10*) standard je od ITU-R-a prihvaćen kao standard za mobilne komunikacione mreže četvrte generacije (4G). LTE mobilni komunikacioni sistemi, obezbjeđujući protok od preko 100 Mb/s prema korisniku. Osim za širok spektar mobilnih širokopojasnih usluga (FTP *download/upload* podataka velikom brzinom, WEB *Browsing*, *Online Gaming*), mogu se koristiti i za pružanje niza AVM usluga (mobile IPTV, mobile IP radio) i konvergentnih AVM i EC usluga (mobilna televizija, HD *video streaming*, video na zahtjev).

4.1.4. Ostale usluge

Spektar digitalne dividende može se koristiti i za PPDR usluge, kojima se obezbjeđuju kanali za komunikaciju za potrebe policije, vatrogasaca, hitne pomoći i slično. Postojeće PPDR usluge bazirane su na TETRA i TETRAPOL standardima, koji koriste radio-frekvencije iz opsega 380-400 MHz. Usljed zahtjeva za prenosom većih količina podataka, sve više se javlja potreba za upotrebom širokopojasnih tehnologija (uključujući i LTE) za PPDR usluge.

Osim navedenih namjena, digitalnu dividendu moguće je koristiti i za druge usluge i aplikacije, prije svega za uređaje kratkog dometa kao što su radio mikrofoni i WLAN mreže (npr. WiFi). Ove aplikacije se uglavnom vezuju za "spektar bijelih polja" i planiraju se u okviru postojećih raspodjela frekvencija za digitalnu radio-difuziju i pod pretpostavkom da ne uzrokuju štetne smetnje radio-difuznim sistemima.

4.2. Pregled mogućih tehnologija u spektru digitalne dividende

Tehnologije koje je moguće primijeniti u spektru digitalne dividende možemo grupisati na sljedeći način:

- tehnologije digitalne televizije (DVB-T, DVB-T2, DVB-H),
- tehnologije digitalnog radija (T-DAB, DAB+, DMB),
- tehnologije mobilnih komunikacionih mreža (LTE/LTE *Advanced*).

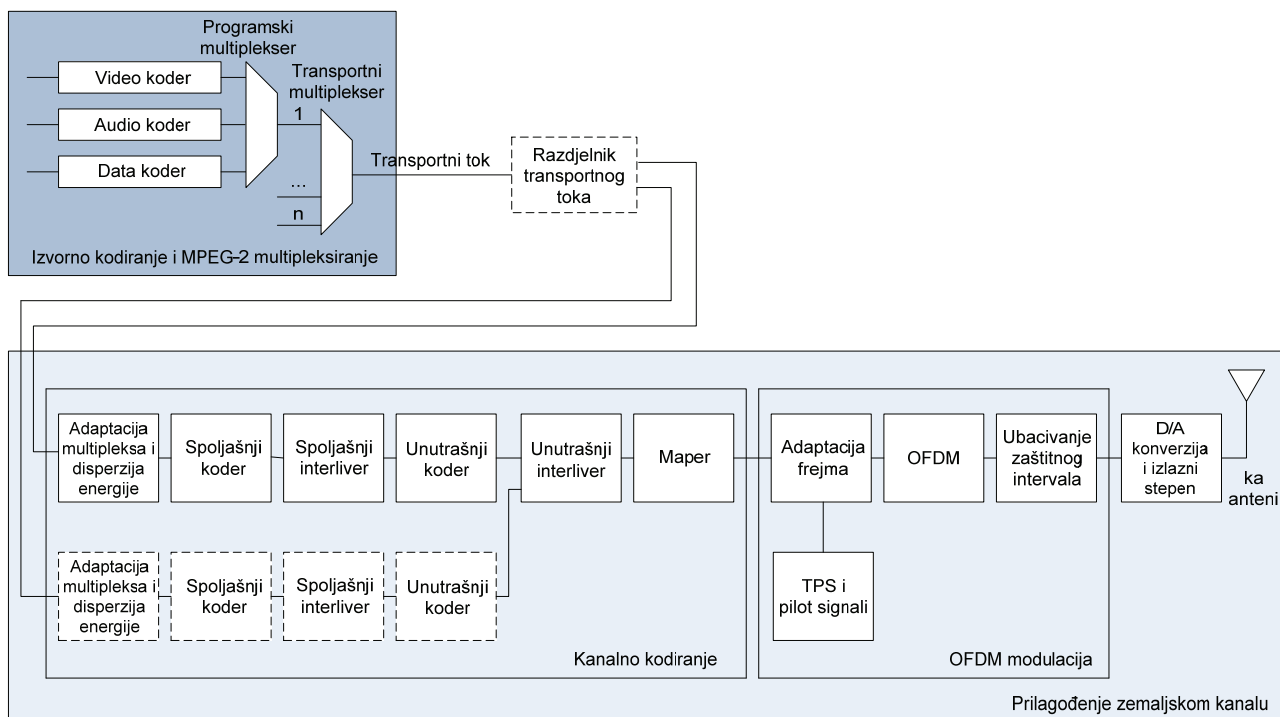
4.2.1. Tehnologije digitalne televizije

4.2.1.1. DVB-T

Prvi standard za zemaljsku radio-difuziju digitalnog video signala (DVB-T) objavljen je 1997. godine od strane Evropskog instituta za

telekomunikacione standarde (ETSI) pod oznakom ETSI EN 300 744 "*Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*". Navedeni standard sadrži opis sistema za zemaljsku digitalnu televiziju, definicije karakteristika sistema u cilju postizanja željenog kvaliteta usluge i detaljan opis digitalne obrade signala na predajnoj strani radi postizanja kompatibilnosti opreme različitih proizvođača. DVB-T standard je namijenjen jedno-frekvencijskim mrežama (SFN) u kojima predajnici emituju iste programe na istoj frekvenciji, što zahtijeva sinhronizaciju predajnika i prenos potpuno istih podataka u isto vrijeme.

Arhitektura DVB-T sistema može se opisati kao funkcionalan blok koji obavlja prilagođenje TV signala u osnovnom opsegu karakteristikama radio kanala za zemaljsku radio-difuziju. Blok dijagram DVB-T sistema prikazan je na Slici 4.2. Obrada signala počinje izvornim kodiranjem slike, zvuka i ostalih podataka i multipleksiranjem u cilju formiranja transportnog toka (TS). Prilagođavanje radio kanalu obuhvata postupke kanalnog kodiranja, OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) modulacije i izlazne obrade RF signala (D/A konverzija, translacija u RF opseg i pojačanje).



Slika 4.2. Blok dijagram DVB-T sistema

Izvorno kodiranje je postupak smanjenja brzine prenosa podataka njihovom kompresijom, zasnovanom na uklanjanju statističke (prostorne i vremenske) i subjektivne redundanse. Redundantnost u video signalu posljedica je korelacije između susjednih slika i unutar samih slika, kao i karakteristike ljudskog vizuelnog sistema (HVS) da ne registruje sve prostorne i vremenske informacije. Postupci izvornog kodiranja i multipleksiranja nijesu specificirani DVB-T standardom, već je DVB-T sistem

originalno dizajniran da bude kompatibilan sa MPEG-2 standardom kodiranja (ISO/IEC IS 13818: *Information Technology-Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio*). MPEG-2 standard podržava različite formate, rezolucije i kvalitet slike, te različite brzine prenosa i namjene.

Kompresija video signala u MPEG-2 standardu postiže se primjenom hibridnog kodiranja video signala kroz tri postupka:

- diskretnom kosinusnom transformacijom (DCT) i kvantizacijom uklanja se prostorna i subjektivna redundansa između elemenata slike unutar pojedine slike,
- kodiranjem s predviđanjem pokreta uklanja se vremenska redundansa između uzastopnih slika,
- entropijskim kodiranjem uklanja se statistička redundansa u nizu kodnih znakova.

Kodiranje u MPEG-2 standardu obavlja se podjelom slike u blokove veličine 8x8 elemenata nad kojima se obavlja DCT transformacija. Osnovnu jedinicu za kodiranje s predviđanjem pokreta čini makro blok veličine 16x16 elemenata slike, koji se sastoji od četiri osnovna bloka veličine 8x8 elemenata. Horizontalni niz makro blokova čini isječak slike (*slice*), a više isječaka čini sliku, osnovnu jedinicu MPEG kodiranja. Niz od jedne ili više slika čini grupu slika, a niz od određenog broja grupa slika čini sekvencu video signala. U MPEG standardu postoje tri vrste slika:

- Unutar kodirane slike (I-slike),
- Prediktivno kodirane slike (P-slike), kod kojih se kao polazne slike u postupku predikcije koriste prethodne I-slike i P-slike,
- Bidirekciono kodirane slike (B-slike), kod kojih se kao polazne slike u postupku predikcije koriste prethodne i buduće I-slike i P-slike.

I-slike nastaju smanjenjem prostorne redundanse iz nepokretnih slika postupkom kodiranja unutar slike. Nakon podjele slike na blokove veličine 8x8 elemenata slike, primjenjuje se 2D diskretna kosinusna transformacija. Ovim postupkom se dobijaju 64 koeficijenta koji prikazuju frekvencijski sadržaj određenog elementa slike. Prvi koeficijent transformacije je jednosmjerni ili DC koeficijent, dok su ostali naizmjenični ili AC koeficijenti. Dobijeni koeficijenti koriste se nadalje u postupku kvantizacije, gdje se odbacuju svi detalji (visoko-frekvencijske komponente slike) koje ljudski vizuelni sistem (HVS) ne zapaža. Kvantizacija predstavlja cjelobrojno dijeljenje DCT koeficijenata sa vrijednostima iz kvantizacione tabele, određenih u skladu sa karakteristikama ljudskog vizuelnog sistema. Vrijednosti iz kvantizacione tabele mogu biti između 1 i 255 i rastu s rastom frekvencije AC koeficijenata. Nakon kvantizacije, veliki broj visoko-frekvencijskih koeficijenata je jednak nuli. Cik-cak analiziranjem se prvo očitavaju nisko-frekvencijski, a zatim visoko-frekvencijski koeficijenti te nastaje jednodimenzioni niz podataka koji predstavlja kodiranu I-sliku. Dugački nizovi koeficijenata jednakih nuli predstavljaju statističku redundansu, koja se može efektno entropijski kodirati primjenom RLC (*Run*

Length Code) koda. Kombinacija broja uzastopnih identičnih koeficijenata (dužina niza) i veličine tih koeficijenata (nivo) kodira se primjenom VLC (*Variable Length Code*) koda. Kombinacije koje se najčešće pojavljuju kodiraju se kratkim kodnim riječima, a one koje se rijetko pojavljuju kodiraju se dužim kodnim riječima.

Uklanjanje vremenske redundanse obavlja se kodiranjem razlike između dviju susjednih slika, pa se do dekodera prenosi prethodna slika i razlika između trenutne i prethodne slike. Trenutna slika rekonstruiše se kao zbir prethodne slike i razlike tih dviju uzastopnih slika. Razlika između uzastopnih slika smanjuje se MCP (*Motion Compensated Prediction*) postupkom koji se koristi za dobijanje P-slika. Upoređivanjem trenutne i prethodne slike određuje se smjer i udaljenost pomaka objekata između slika na nivou makro bloka u obliku vektora pomjeraja. Za dobijanje P-slika koristi se jednosmjerna predikcija pokreta. To znači da se za makro blokove koji postoje u prethodnoj slici određuje vektor pomjeraja, a za makro blokove koji se ne pojavljuju u prethodnoj slici kodira se razlika.

Za dobijanje B-slika primjenjuje se dvosmjerna predikcija pokreta. To znači da se trenutna slika upoređuje s prethodnom i budućom slikom, što daje dvosmjerne vektore pomjeraja. Buduća slika koristi se pri kodiranju djelova trenutne slike kojih nema u prethodnoj slici, te se na taj način uklanja prostorna i vremenska redundansa.

Multipleksiranje izvorno kodiranih video signala, audio signala i pratećih podataka omogućava njihov zajednički prenos, ispravno dekodiranje i prikazivanje. Multipleksiranjem tokova video podataka, audio podataka i ostalih podataka nastaje programski tok podataka (program), a multipleksiranjem podataka koji pripadaju različitim programima u MPEG-2 transportnom multiplekseru nastaje transportni tok (TS) podataka. U DVB-T sistemu moguć je prenos dva različita MPEG transportna toka u isto vrijeme upotrebom tehnike hijerarhijskog prenosa. Npr. moguće je transportni tok podijeliti u dva toka i istim nosiocem prenositi SDTV i HDTV signal istog sadržaja, a ukoliko nije moguć kvalitetan prijem željenog HDTV signala, prijemnik će biti u mogućnosti da primi i dekodira SDTV signal.

Za detekciju i korekciju grešaka u prenosu MPEG-2 signala u DVB-T sistemu se koristi FEC (*Forward Error Correction*) postupak. Tim postupkom se, u koderu, u osnovni tok podataka dodaju redundantni biti koji omogućavaju detekciju i korekciju grešaka u dekeru u realnom vremenu. Kod DVB-T sistema zahtijeva se QEF (*Quasi Error Free*) kvalitet prenosa, koji podrazumijeva postojanje manje od jedne nekorigovane greške u satu prenosa, što približno odgovara vjerovatnoći greške po bitu 10^{-11} na ulazu u MPEG-2 demultiplekser. U DVB-T sistemu FEC postupak podrazumijeva sljedeće operacije:

- disperziju energije,
- spoljašnje kodiranje (*Reed-Solomon* kod),
- spoljašnji interliving,
- unutrašnje kodiranje (*Viterbi* kod) i

- unutrašnji interliving.

Pseudo-slučajnom disperzijom energije se iz MPEG transportnog toka podataka uklanjaju dugi nizovi jedinica i nula kako bi se eliminisala jednosmjerna komponenta i postigla ravnomjerna raspodjela energije. Spoljašnje kodiranje obavlja se primjenom *Reed-Solomon* (RS) koda (204, 188), tako što se svakom bloku podataka dodaju redundantni biti. Kod se primjenjuje i na sinhronizacijske bite, a broj i tip grešaka koje je moguće ispraviti zavisi od upotrijebljenog koda. Obzirom da je RS kodom moguće otkloniti najviše 8 bajtova uzastopnih grešaka, u slučaju grešaka u dugim nizovima bita (*burst error*), zaštita spoljašnjim kodiranjem nije dovoljna. Zbog toga se za zaštitu paketa koristi i spoljašnji interliving, kojim se nizovi pogrešnih bita pretvaraju u slučajne greške. Nakon interlivinga, najveća greška koja se može otkloniti na prijemnoj strani je 96 bajta. Unutrašnje kodiranje služi za ispravljanje slučajnih bitskih grešaka koje mogu kodnu riječ učiniti neupotrebljivom, u slučajevima u kojima je spoljašnji kod dostigao maksimum svojih mogućnosti. Unutrašnje kodiranje se obavlja u dva koraka: konvolucionim (*Viterbi*) kodiranjem i odbacivanjem određenog broja bita (*puncturing*). Unutrašnji konvolucionni koder daje n izlaznih tokova podataka iz k ulaznih tokova, pri čemu se kodni odnos definiše kao k/n . U DVB-T standardu specificirani su sljedeći kodni odnosi konvolucionog koda: $1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$, $7/8$. Unutrašnji interliving se sprovodi nad podacima unutar jednog OFDM simbola i to ispreplitanjem na nivou bita i simbola. Kodirani binarni podaci se zatim mapiraju u sekvence kompleksnih simbola u osnovnom opsegu. U DVB-T sistemu koriste se tri modulaciona formata: QPSK, 16QAM ili 64QAM.

Fizički sloj DVB-T sistema zasniva se na kodiranom OFDM postupku (COFDM). OFDM je modulacioni postupak kod koga se jedan tok podataka prenosi po više ortogonalnih podnosilaca. Primjenom OFDM modulacije u DVB-T sistemu postiže se:

- poboljšanje kvaliteta pokrivanja korišćenjem mreže predajnika koji rade na istom kanalu,
- dobitak usljed višestruke propagacije zbog koga se može smanjiti emitovana snaga pojedinih predajnika u SFN mreži,
- velika spektralna efikasnost,
- otpornost na interferenciju između korisnog signala i ometajućih signala od susjednih predajnika koji rade na istom kanalu ili susjednim kanalima,
- otpornost na frekvencijski selektivni fading i intermodulacioni šum.

Nosioci kod OFDM postupka se preklapaju u frekvencijskom domenu, a generišu se primjenom inverzne brze *Fourier*-ove transformacije. Ortogonalnost se postiže pod uslovom da frekvencije podnosilaca moraju biti cjelobrojni umnošci iste osnovne frekvencije. Minimalni razmak između dva susjedna ortogonalna podnosioca iznosi: $\Delta f = 1/T_s$, pri čemu je T_s efektivno trajanje OFDM simbola. Svaki od podnosilaca se moduliše QPSK ili QAM modulacionim postupcima. Jedan od glavnih nedostataka OFDM

postupka je visoka osjetljivost na pomjeraj frekvencije nosioca zbog čega dolazi do gubitka ortogonalnosti nosilaca, što povećava interferenciju između njih.

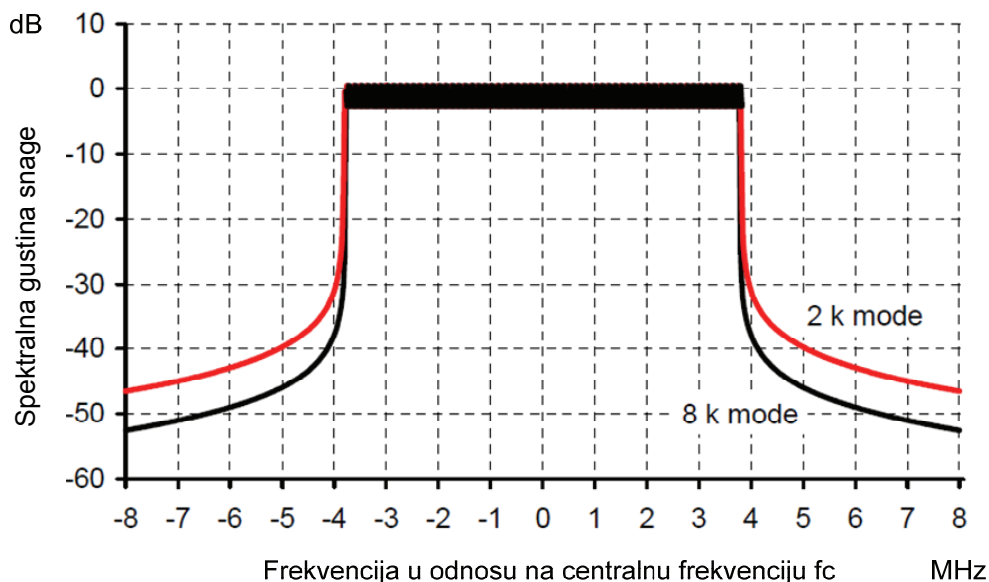
U DVB-T standardu specificirana su dva OFDM prenosna moda: 2k mod sa 1705 podnosilaca i 8k mod sa 6817. Svaki OFDM simbol trajanja T_u sastoji se od korisnog dijela trajanja T_s i zaštitnog intervala trajanja Δ . Zaštitni interval je realizovan u formi cikličnog prefiksa. Specificirane su četiri vrijednosti odnosa trajanja zaštitnog intervala i efektivnog dijela OFDM simbola (Δ/T_s): 1/4, 1/8, 1/16, 1/32.

DVB-T signal je organizovan u okvire podataka. Svaki okvir se sastoji od 68 OFDM simbola, a četiri okvira čine superokvir. Osim podataka OFDM okvir sadrži:

- ćelije raspršenih pilota;
- nosioce kontinualnih pilota,
- nosioce za signaliziranje parametara prenosa (TPS).

Piloti se koriste za sinhronizaciju okvira, frekvencijsku i vremensku sinhronizaciju, estimaciju kanala, identifikaciju prenosnog moda, a mogu se koristiti i za praćenje faznog šuma.

DVB-T standard podržava širine kanala od 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz i 8 MHz. Jednom formirani OFDM signal se D/A konvertuje, translira u RF opseg (VHF ili UHF) i pojačava. Na Slici 4.3 prikazan je spektar DVB-T signala za kanal širine 8 MHz i relativno trajanje zaštitnog intervala $\Delta/T_s=1/4$.



Slika 4.3. Spektar DVB-T signala (širina kanala 8 MHz i zaštitni interval $\Delta/T_s=1/4$)

Parametri i kapacitet DVB-T sistema za kanal širine 8 MHz dati su Tabeli 4.2 i Tabeli 4.3, respektivno.

Tabela 4.2. Parametri DVB-T sistema (za širinu kanala 8 MHz)

| Parametar | 2k mod | 8k mod |
|---|-------------------------|----------------------|
| Broj podnosilaca (K) | 1705 | 6817 |
| Efektivno trajanje OFDM simbola (T_s) [μ s] | 224 | 896 |
| Trajanje zaštitnog intervala (Δ/T_s) | 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 | 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 |
| Ukupno trajanje simbola ($T_u=T_s+\Delta$) [μ s] | 280, 252, 238, 231 | 1120, 1008, 952, 924 |
| Razmak između podnosilaca ($1/T_s$) [Hz] | 4464 | 1116 |
| Razmak između prvog i zadnjeg podnosioca ($(K-1)(1/T_s)$) [MHz] | 7,61 | 7,61 |
| Modulacioni postupak | QPSK, 16QAM, 64QAM | |
| Kodni odnos za unutrašnje kodiranje | 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 | |
| Širina kanala [MHz] | 5, 6, 7, 8 | |

Tabela 4.3. Kapacitet DVB-T sistema (brzina prenosa poslije Reed-Solomon kodera za kanal širine 8 MHz)

| Modulacija | Kodni odnos | Brzina prenosa [Mb/s] | | | |
|------------|-------------|---|-------|-------|-------|
| | | Trajanje zaštitnog intervala (Δ/T_s) | | | |
| | | 1/4 | 1/8 | 1/16 | 1/32 |
| QPSK | 1/2 | 4,98 | 5,53 | 5,86 | 6,03 |
| | 2/3 | 6,64 | 7,37 | 7,81 | 8,04 |
| | 3/4 | 7,46 | 8,29 | 8,78 | 9,05 |
| | 5/6 | 8,29 | 9,22 | 9,76 | 10,05 |
| | 7/8 | 8,71 | 9,68 | 10,25 | 10,56 |
| 16QAM | 1/2 | 9,95 | 11,06 | 11,71 | 12,06 |
| | 2/3 | 13,27 | 14,75 | 15,61 | 16,09 |
| | 3/4 | 14,93 | 16,59 | 17,56 | 18,10 |
| | 5/6 | 16,59 | 18,43 | 19,52 | 20,11 |
| | 7/8 | 17,42 | 19,35 | 20,49 | 21,11 |
| 64QAM | 1/2 | 14,93 | 16,59 | 17,56 | 18,10 |
| | 2/3 | 19,91 | 22,12 | 23,42 | 24,13 |
| | 3/4 | 22,39 | 24,88 | 26,35 | 27,14 |
| | 5/6 | 24,88 | 27,65 | 29,27 | 30,16 |
| | 7/8 | 26,13 | 29,03 | 30,74 | 31,67 |

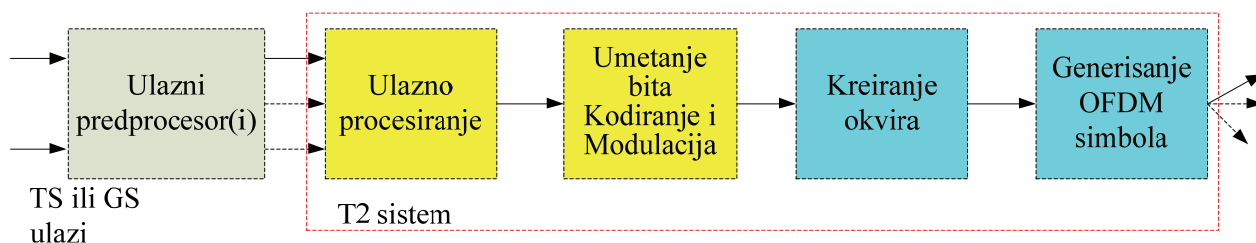
4.2.1.2. DVB-T2

Tehnologija druge generacije digitalne zemaljske televizije (DVB-T2) definsana je standardom ETSI EN 302 755 "Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)". Standard je nastao kao rezultat težnje za povećanjem efikasnosti upotrebe spektra nakon prelaska na digitalno emitovanje TV signala. Osnovna prednost DVB-T2 sistema u odnosu na prvobitni DVB-T standard je mogućnost povećanja kapaciteta u istim uslovima prijema. Iako je u osnovi dizajniran za fiksni prijem, DVB-T2 standard je moguće koristiti i za prijem u pokretu, ukoliko se primijeni odgovarajući skup parametara. Prilikom izrade

DVB-T2 standarda postavljeno je nekoliko komercijalnih zahtjeva kojima tehnologija mora odgovoriti:

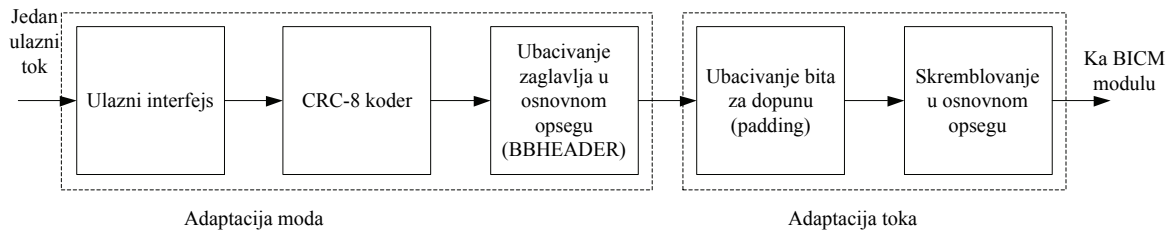
- emitovanje se mora odvijati putem postojeće infrastrukture,
- omogućiti usluge na fiksnim i prenosivim prijemnicima,
- omogućiti povećanje prenosnog kapaciteta od minimalno 30% u odnosu na DVB-T sistem u istim uslovima prenosa,
- poboljšati karakteristike SFN mreža u odnosu na DVB-T sistem,
- obezbijediti mehanizme koji pružaju zaštitu od grešaka u prenosu za različite vrste usluga,
- omogućiti veću fleksibilnost u pogledu izbora frekvencije emitovanja i širine kanala unutar VHF i UHF opsega, uz mogućnost upotrebe i viših frekvencijskih opsega,
- smanjiti odnos između vršne i srednje snage (PAPR) emitovanog signala, kako bi se smanjili troškovi prenosa.

Osnovni model DVB-T2 sistema je prikazan na Slici 4.4. Ulaz u sistem mogu biti jedan ili više MPEG-2 transportnih tokova (TS) i/ili jedan ili više generičkih tokova (GS). Ulazni predprocesor, koji nije dio DVB-T2 sistema, može uključiti servisni splitter ili demultiplikser za transportne tokove kako bi razdvojio servise na ulaz DVB-T2 sistema. Ulaz predstavlja jedan ili više logičkih tokova podataka koji se prenose pojedinačnim kanalima fizičkog nivoa (PLP – *Physical Layer Pipe*). Izlaz iz sistema je obično jedan signal koji se prenosi preko jednog RF kanala. Opciono, sistem može da generiše drugi set izlaznih signala, koji se prenosi do drugog seta antena. Ovaj način prenosa je označen kao MISO (*Multiple Input Single Output*).

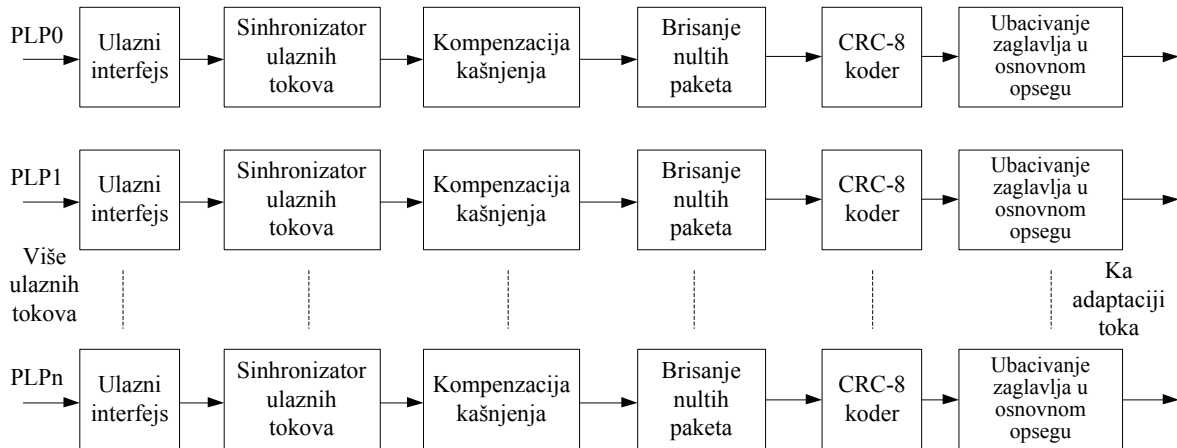


Slika 4.4 Osnovni model DVB-T2 sistema

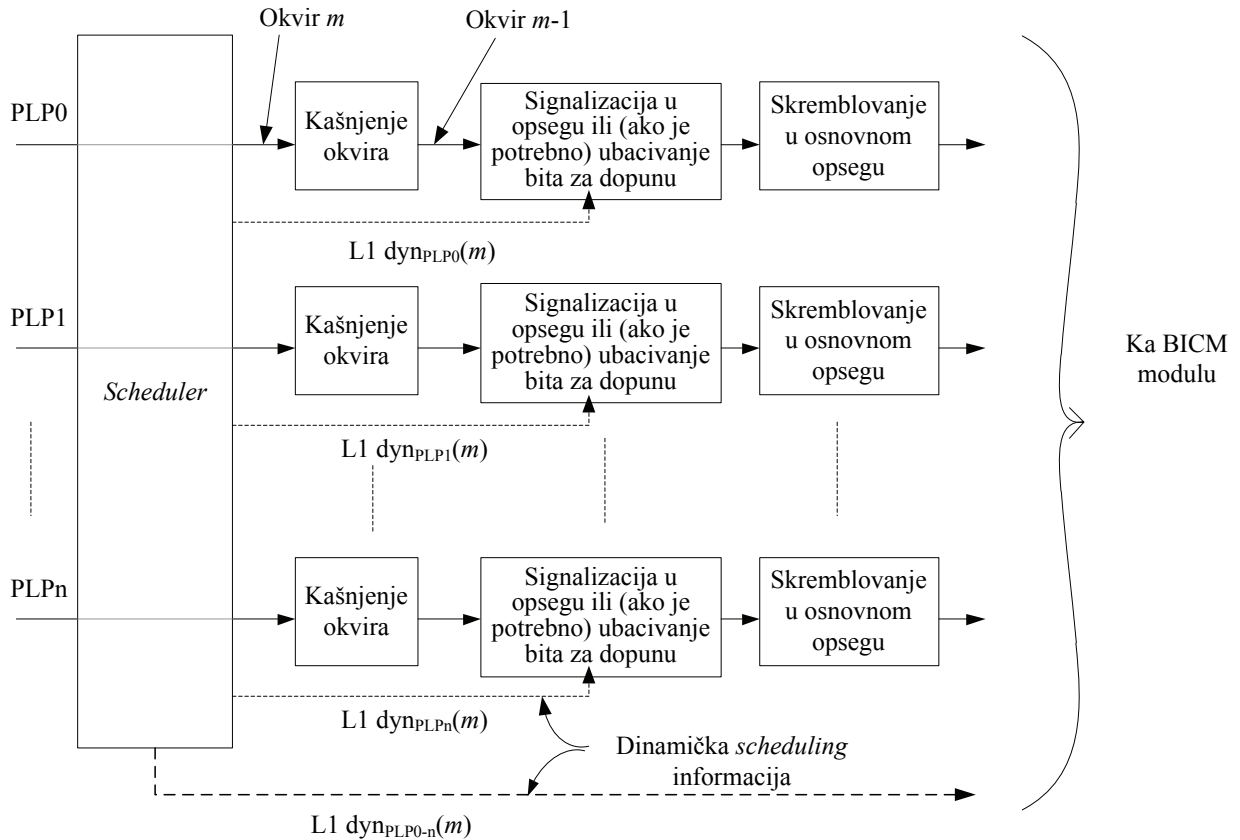
Korištenje više odvojenih PLP kanala s posebno odabranim parametrima (individualni dijagram stanja, kodni odnos i dubina vremenskog interlivinga) omogućava da se dodijeljeni kapacitet prilagodi zahtjevima prenosa usluge/sadržaja, zavisno do tipa prijemnika i okruženja. Blok dijagram DVB-T2 sistema je prikazan na Slici 4.5, koja je podijeljena na nekoliko djelova: ulazno procesiranje za slučaj jednog PLP kanala (a), ulazno procesiranje za slučaj više PLP kanala (b i c), modul za kodiranje i modulaciju sa interlivingom bita (BICM) (d), modul za formiranje okvira (e) i modul za generisanje OFDM signala (f).



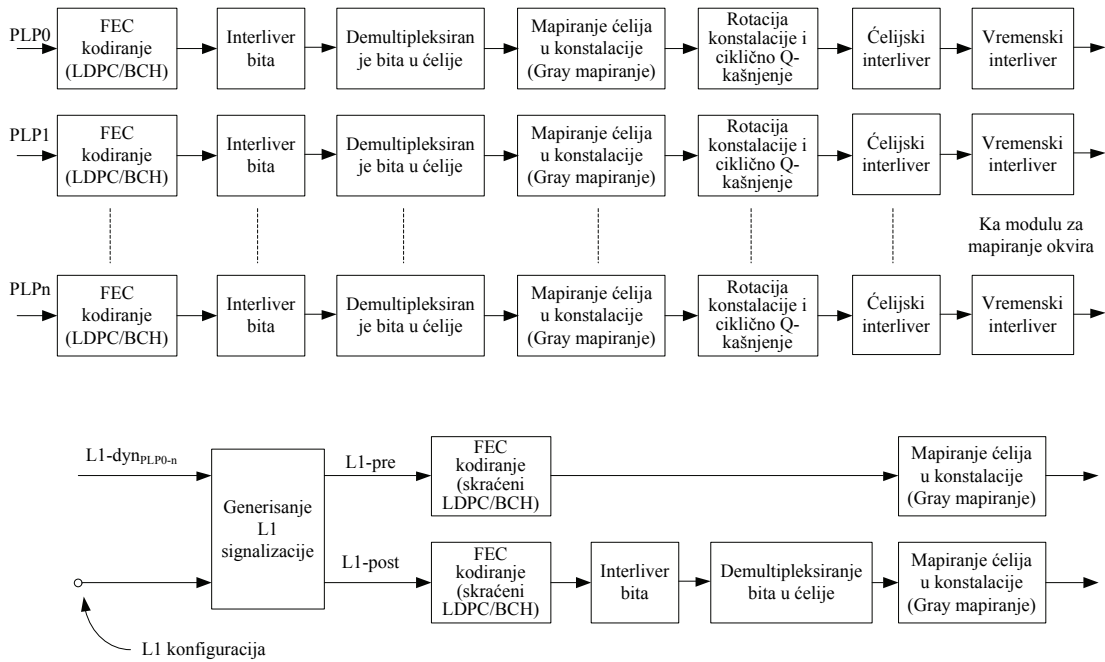
a) modul za ulazno procesiranje (jedan PLP kanal)



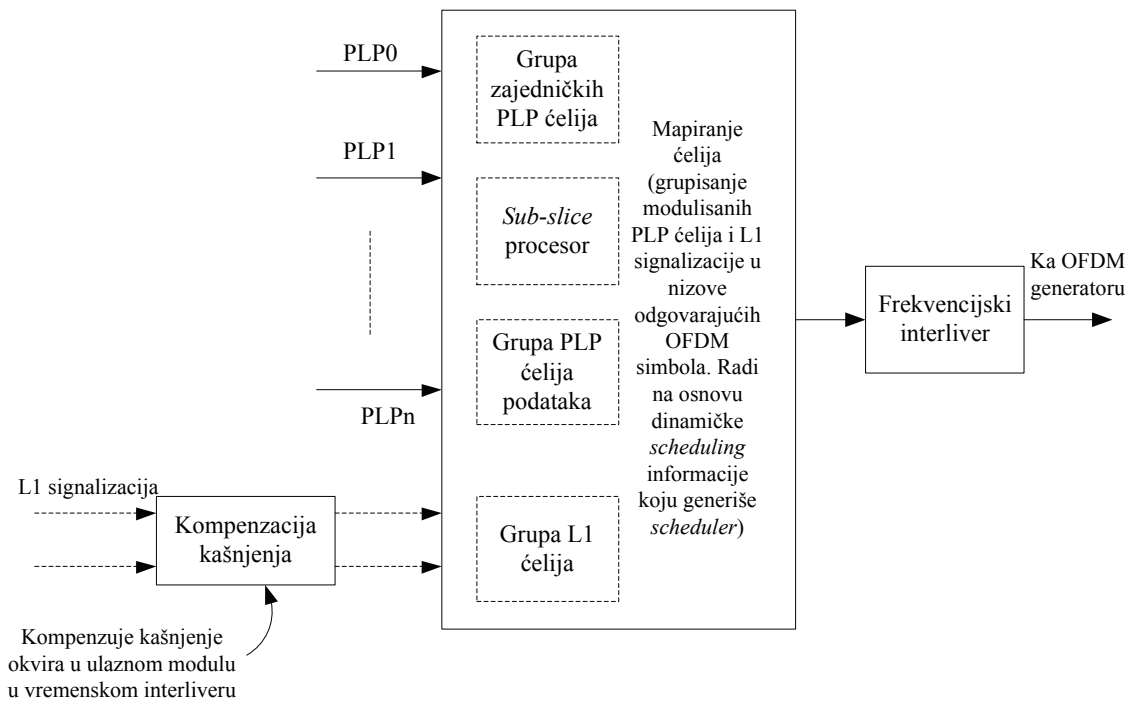
b) adaptacija moda (više PLP kanala)



c) adaptacija toka (više PLP kanala)



d) kodiranje i modulacija sa interlivingom bita (BICM)



e) generator okvira



(f) generator OFDM signala

Slika 4.5. Blok dijagram DVB-T2 sistema

Ulazno procesiranje obuhvata adaptaciju načina rada (moda) i adaptaciju toka podataka. Ulaz u DVB-T2 sistem treba da se sastoji iz jednog ili više logičkih tokova podataka. Jedan logički tok podataka nosi jedan PLP kanal. Moduli za adaptaciju moda, koji odvojeno rade sa sadržajem svakog PLP kanala, dijele ulazni tok podataka na polja podataka koji će, nakon adaptacije toka, formirati okvire u osnovnom opsegu (BBFRAME). Modul za adaptaciju moda obuhvata ulazni interfejs, nakon koga slijede tri opciona podsistema (sinhronizator ulaznog toka, brisanje nultih paketa i CRC-8 koder) i na kraju vrši segmentaciju ulaznog toka podataka na polja podataka i dodaje zaglavlje u osnovnom opsegu (BBHEADER) na početku svakog polja podataka. Adaptacija toka obuhvata tri postupka: *scheduling* (za ulazni mod sa više PLP kanala), kojim se odlučuje koja tačno ćelija finalnog DVB-T2 signala će da nosi podatke koji pripadaju određenom PLP kanalu, umetanje bita (*padding*), kako bi se popunila konstantna dužina BBFRAME i/ili da se prenese signalizacija unutar opsega i *scrambling* u osnovnom opsegu, kojim se vrši disperzija energije.

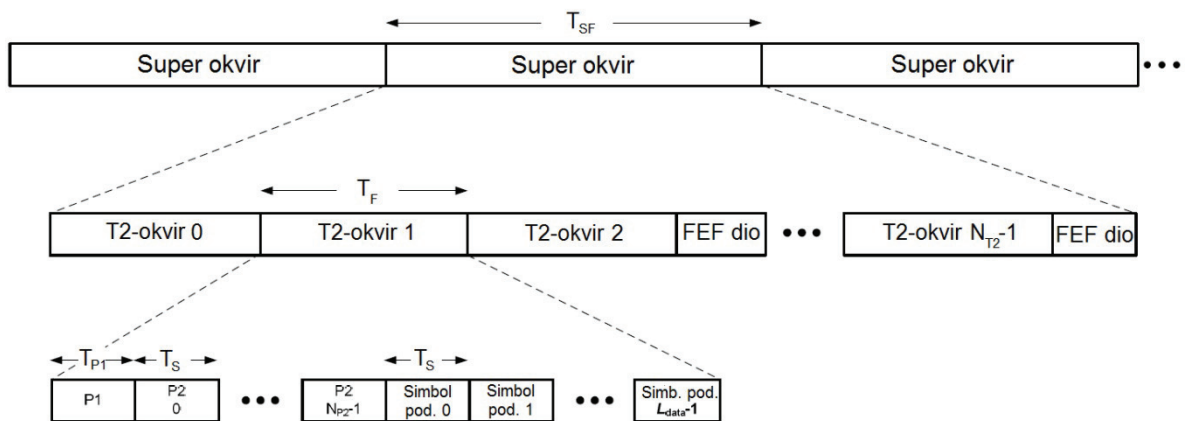
Definicija QEF (*Quasi Error Free*) prenosa koja je usvojena za DVB-T2 glasi: "manje od jedne nekorigovane greške u satu prenosa, pri brzini od 5 Mb/s jednog dekodera TV servisa", što približno odgovara vjerovatnoći greške po paketu (PER – *Packet Error Rate*) transportnog toka od $PER < 10^{-7}$ prije demultipleksiranja.

Podsistem za kodiranje i modulaciju sa interlivingom bita (BICM) treba da izvršava spoljašnje kodiranje, unutrašnje kodiranje i bit-interliving. Ulazni tok treba da se sastoji od BBFRAME-ova, a izlazni tok od FECFRAME-ova. Kod DVB-T2 sistema za spoljašnje kodiranje koristi se BCH (*Bose-Chaudhuri-Hocquengham*) kod, a za unutrašnje LDPC kod (*Low Density Parity Code*). Primjenom LDPC kodiranja se značajno smanjuje vjerovatnoća gubitka podataka, ali se ne mogu uvijek garantovati željene performanse sistema. Da bi se uklonile greške preostale nakon LDPC dekodiranja, podaci se štite kratkim BCH kodom, koji služi za korekciju višestrukih grešaka. Rezultat takve kombinacije je odličan prijem u raznim uslovima. Jedan od važnih noviteta u DVB-T2 u odnosu na DVB-T standard je upotreba tri vrste interlivinga (vremenski, frekvencijski i interliving bita).

DVB-T2 sistem odlikuje izuzetno fleksibilna struktura okvira podataka. Podaci mogu biti ravnomjerno raspoređeni kroz cijeli okvir radi postizanja višestrukog prenosa u vremenskom domenu (*time diversity*) ili koncentrisani u vremenski ograničene snopove podataka (*bursts*), kako bi se omogućila upotreba tehnika za smanjenje potrošnje energije u prijemu. Struktura okvira uključuje efikasan mehanizam signaliziranja na fizičkom nivou, poznat kao L1 signaliziranje (*Layer 1 signaling*), koji emituje (tj. signalizira) sve parametre radio-difuznog sistema prijemu. Funkcija kreiranja okvira se ogleda u nadovezivanju ćelije iz vremenskog interlivera za svaki PLP i ćelije moduliranih podataka L1 signalizacije u nizove aktivnih OFDM ćelija koje odgovaraju svakom OFDM simbolu, koji čini cijelu strukturu okvira.

Strukturu DVB-T2 okvira čine super-okviri, koji se dijele na T2-okvire, a mogu sadržati i FEF (*Future Extension Frame*) okvire za buduću nadogradnju tehnologije. T2 okvir dijeli se na OFDM simbole, a na početku svakog okvira je preambula za signalizaciju. Početak T2 okvira označava P1 simbol, a L1 signalizaciju nose P2 simboli. Iza preambule slijedi podesivi broj simbola podataka koji služe za prenos odvojenih logičkih kanala. Struktura DVB-T2 okvira prikazana je na Slici 4.6.

Najvažnija novina u DVB-T2, u odnosu na DVB-T sistem, je mogućnost emitovanja određenih okvira podataka sa različitim kodno-modulacionim šemama i dubinama vremenskog interlivinga, odnosno različitim nivoima robusnosti prenosa ili različitim višestrukim odvojenim logičkim kanalima. Osim fizičkih okvira podataka u DVB-T2 sistemu postoje i tzv. logički okviri podataka. Osnovna jedinica logičkih okvira je BBFRAME u koji se ugrađuju ulazni paketi podataka, a sastoji se od zaglavlja, polja s podacima i signalizacije unutar opsega. Cijeli BBFRAME se zaštitno kodira (LDPC i BCH), te se kao rezultat dobije FECFRAME. TI (*Time Interleave*) blok je skup OFDM ćelija unutar kojih je izvršen vremenski interliving. Cijeli broj FECFRAME-ova sačinjava interliving okvir.



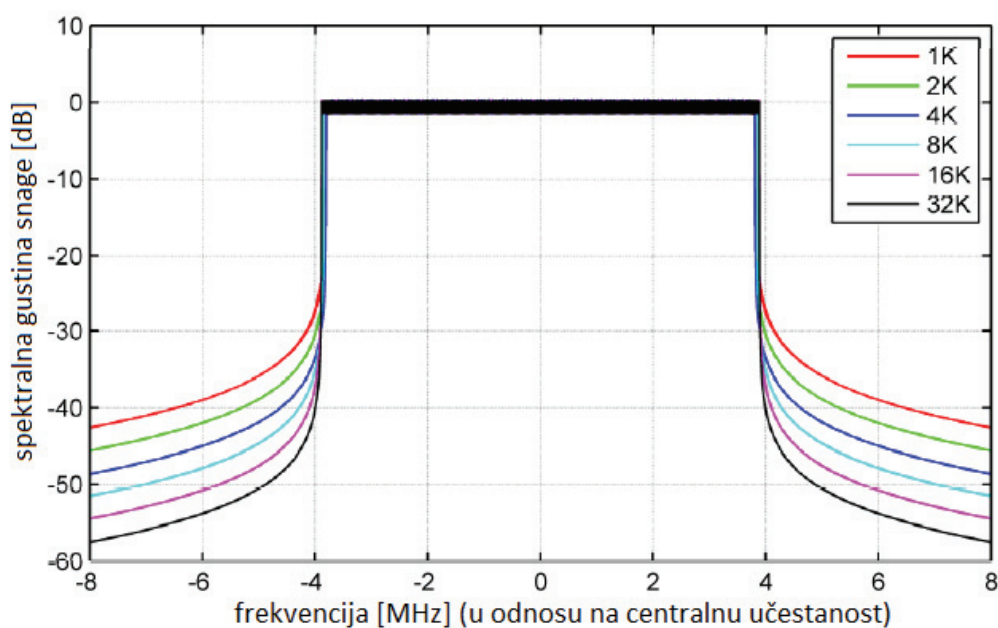
Slika 4.6. Struktura DVB-T2 okvira

Slično kao i DVB-T i DVB-T2 sistem koristi COFDM postupak. Dodatno, kod DVB-T2 sistema je specificirana još jedna tehnika modulacije (256-QAM) i novi prenosni modovi u smislu veličine FFT-a (1k, 2k, 4k, 8k, 16k i 32k). Mogućnost upotrebe 16k i 32k modova omogućava povećanje dužine zaštitnog intervala bez smanjenja spektralne efikasnosti sistema. U DVB-T sistemu, primjenom najvećeg nivoa modulacije (64QAM) omogućen je prenos 6 bita po simbolu po jednom nosiocu, odnosno 6 bita po OFDM ćeliji, dok je upotrebom 256QAM modulacionog formata u DVB-T2 sistemu moguć prenos 8 bita po OFDM ćeliji, što je povećanje od 33% u spektralnoj efikasnosti i kapacitetu kanala. Osim toga, kod 8k, 16k i 32k modova omogućeno je proširenje broja podnosilaca u okviru istog kanala, čime se dodatno povećava kapacitet sistema. Poređenje normalnog i proširenog moda nosilaca dato je u Tabeli 4.4. Na Slici 4.7 prikazan je spektar DVB-T2

signala za kanal širine 8 MHz i relativno trajanje zaštitnog intervala $\Delta/T_s=1/8$.

Tabela 4.4. Poređenje normalnog i proširenog moda nosilaca

| Veličina FFT-a | Broj podnosilaca | | Povećanje kapaciteta [%] |
|----------------|------------------|---------------|--------------------------|
| | Normalni mod | Prošireni mod | |
| 1k | 853 | --- | 0 |
| 2k | 1705 | --- | 0 |
| 4k | 3409 | --- | 0 |
| 8k | 6817 | 6913 | 1,41 |
| 16k | 13633 | 13921 | 2,11 |
| 32k | 27265 | 27841 | 2,11 |



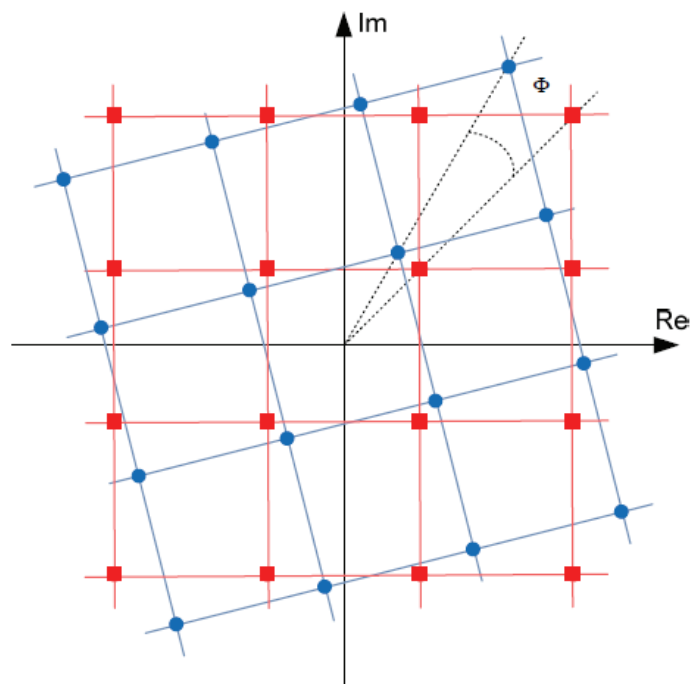
Slika 4.7. Spektar DVB-T2 signala (širina kanala 8 MHz i zaštitni interval $\Delta/T_s=1/8$)

Poslije FEC kodiranja i interlivinga bita rezultatna sekvenca bita se primjenom *Gray* koda mapira u kompleksne simbole. Svaki kompleksni simbol se sastoji od dvije komponente I (*in phase*) i Q (*quadrature*) koje se mogu predstaviti na konstalacionom dijagramu. Obzirom da *Gray*-ovo mapiranje sa sobom povlači međusobnu nezavisnost I i Q komponente simbola, za svaku tačku konstalacionog dijagrama potrebno je odrediti vrijednost obje komponente. U cilju izbjegavanja ove nezavisnosti u DVB-T2 sistemu primjenjuje se tehnika rotiranja konstalacionog dijagrama, kojom se postiže da svaki pojedinačni bit ima svoju I i Q komponentu. Ugao rotiranja iznosi 29° (QPSK), $16,8^\circ$ (16QAM), $8,6^\circ$ (64QAM) i $3,6^\circ$ (256QAM). Na Slici 4.8 prikazan je rotirani 16QAM konstalacioni dijagram.

Vrijednosti I i Q komponenti dobijene iz rotiranog dijagrama, dodatno se razdvajaju cikličkim kašnjenjem Q komponente, gdje se Q komponenta ne prenosi istom ćelijom kao i komponenta, već je pomjerena u drugu ćeliju.

Na taj način se postiže da konstalacioni dijagrami koji se prenose nakon interlivinga sadrže nepovezane I i Q vrijednosti. Ova tehnika je posebno bitna za postizanje dobrih performansi u složenim scenarijima propagacije, jer omogućava obnovu podataka izgubljenih u jednoj ćeliji iz druge ćelije.

U odnosu na DVB-T sistem, u DVB-T2 standardu je uveden i mehanizam višestrukog prenosa na bazi MISO tehnike, sa šemom emitovanja zasnovanom na *Alamouti* kodu. Na ovaj način se poboljšava prijem u područjima gdje se preklapa zona servisa dva predajnika.



Slika 4.8. Rotirani 16QAM konstalacioni dijagram

Kapacitet DVB-T2 sistema za kanal širine 8 MHz, 32k mod nosilaca, trajanje zaštitnog intervala $\Delta/T_s=1/128$ i PP7 (*Pilot Patern 7*) dat je u Tabeli 4.5. Pregled parametara DVB-T i DVB-T2 sistema dat je u Tabeli 4.6.

U DVB-H sistemu za signaliziranje prenosnih parametara uvedeni su dodatni TPS biti. Ovaj specifičan način signalizacije služi za unaprjeđenje i ubrzanje pronalaženja usluge u transportnom toku. TPS biti nose i identifikator ćelije radi podrške bržem skeniranju signala i podešavanju prijemnika na DVB-H kanal, omogućavajući neprimjetan frekvencijski *handover* u mobilnim prijemnicima.

4.2.1.3. DVB-H

Standard za radio-difuziju digitalnog video signala za *hand-held* terminale (DVB-H) objavljen je 2004. godine pod oznakom ETSI EN 302 304: "*Digital*

Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)". DVB-H standard je zasnovan na DVB-T standardu uz uvažavanje posebnih zahtjeva vezanih za prirodu uređaja kojima je namijenjen. Sistem omogućava brzine prenosa podataka od nekoliko Mb/s, te se može koristiti za prenos audio i video sadržaja, preuzimanje fajlova i mnoge druge usluge. U cilju podrške korišćenju *hand-held* terminala (definisani kao aparati koji se napajaju iz baterije relativno malog kapaciteta) u DVB-H standardu su implementirane sljedeće specifične karakteristike:

Tabela 4.5. Kapacitet DVB-T2 sistema (brzina prenosa za kanal širine 8 MHz, 32k mod nosilaca, trajanje zaštitnog intervala $\Delta/T_s=1/128$ i PP7)

| Modulacija | Kodni odnos | Maksimalna konfiguracija | | | Predložena konfiguracija | | |
|------------|-------------|--------------------------|---------------|-----------------------|--------------------------|---------------|-----------------------|
| | | Brzina prenosa [Mb/s] | Dužina okvira | FEC blokova po okviru | Brzina prenosa [Mb/s] | Dužina okvira | FEC blokova po okviru |
| QPSK | 1/2 | 7,49255 | 62 | 52 | 7,4442731 | 60 | 50 |
| | 3/5 | 9,003747 | | | 8,9457325 | | |
| | 2/3 | 10,01867 | | | 9,9541201 | | |
| | 3/4 | 11,27054 | | | 11,197922 | | |
| | 4/5 | 12,02614 | | | 11,948651 | | |
| | 5/6 | 12,53733 | | | 12,456553 | | |
| 16QAM | 1/2 | 15,03743 | 60 | 101 | 15,037432 | 60 | 101 |
| | 3/5 | 18,07038 | | | 18,07038 | | |
| | 2/3 | 20,10732 | | | 20,107323 | | |
| | 3/4 | 22,6198 | | | 22,619802 | | |
| | 4/5 | 24,13628 | | | 24,136276 | | |
| | 5/6 | 25,16224 | | | 25,162236 | | |
| 64QAM | 1/2 | 22,51994 | 46 | 116 | 22,481705 | 60 | 151 |
| | 3/5 | 27,06206 | | | 27,016112 | | |
| | 2/3 | 30,11257 | | | 30,061443 | | |
| | 3/4 | 33,87524 | | | 33,817724 | | |
| | 4/5 | 36,1463 | | | 36,084927 | | |
| | 5/6 | 37,68277 | | | 37,618789 | | |
| 256QAM | 1/2 | 30,08728 | 68 | 229 | 30,074863 | 60 | 202 |
| | 3/5 | 36,15568 | | | 36,140759 | | |
| | 2/3 | 40,23124 | | | 40,214645 | | |
| | 3/4 | 45,25828 | | | 45,239604 | | |
| | 4/5 | 48,29248 | | | 48,272552 | | |
| | 5/6 | 50,34524 | | | 50,324472 | | |

Tabela 4.6. Parametri DVB-T i DVB-T2 sistema

| Parametar | DVB-T | DVB-T2 |
|---|---|--|
| FEC | Konvolucionni (Viterbi)+ Reed Solomon kod | LDPC+BCH kod |
| Kodni odnos | 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 | 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 |
| Modulacija | QPSK, 16QAM, 64QAM | QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM |
| Trajanje zaštitnog intervala (Δ/T_s) | 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 | 1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128 |
| Veličina FFT/a | 2k, 8k | 1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k, prošireni 8k, 16k, 32k |
| Raspršeni piloti | 8% od ukupnog broja podnosilaca | 1%, 2%, 4%, 8% od ukupnog broja podnosilaca |
| Kontinuirani piloti | 2,6% od ukupnog broja podnosilaca | 0,35% od ukupnog broja podnosilaca |
| Širina kanala [MHz] | 5; 6; 7; 8 | 1,7; 5; 6; 7; 8; 10 |
| Maksimalna brzina prenosa | 31,67 Mb/s | 50,34 Mb/s |

- obzirom da se terminali napajaju iz baterije relativno malog kapaciteta, sistem ima mogućnost da periodično isključuje sa napajanja pojedine svoje djelove kako bi se produžilo vrijeme trajanja baterije,
- kako su terminali namijenjeni nomadskim korisnicima, sistem omogućava jednostavan pristup DVB-H uslugama u slučaju kada prijemnik prelazi iz jedne zone servisa u drugu,
- obzirom na očekivane scenarije korišćenja terminala (*indoor* ili *outdoor*, tokom hoda ili u vozilima), sistem pruža fleksibilnost/skalabilnost u cilju omogućavanja usluga pri različitim brzinama kretanja uz optimizaciju pokrivanja,
- obzirom da se pretpostavlja korišćenje servisa u okruženju koje podrazumijeva visok nivo "šuma koji stvara čovjek" (*man-made noise*), DVB-H tehnologija uključuje tehnike smanjenja uticaja te vrste šuma na karakteristike prijema,
- kako se DVB-H vidi kao tehnologija namijenjena za korišćenje od strane *hand-held* terminala u svim djelovima svijeta, omogućena je fleksibilnost u korišćenju različitih opsega i širine kanala.

U odnosu na DVB-T standard u DVB-H standardu su specificirani novi elementi na fizičkom nivou i nivou linka sistema, kao i potpuno novi nivo servisnih informacija. DVB-H sistem koristi sljedeće specifične elemente u odnosu na DVB-T sistem:

- Na fizičkom nivou
 - DVB-H signaliziranje u TPS (*Transmission Parameter Signalling*) bitima,
 - 4k mod nosilaca i dubinski interliving simbola kod 2k i 4k moda nosilaca.

- Na nivou linka
 - vremensko odsijecanje (*time-slicing*),
 - FEC postupak nad MPE (*Multi Protocol Encapsulated*) podacima (MPE-FEC).

Pored 2k i 8k moda nosilaca koje koristi DVB-T sistem, DVB-H standardom je specificiran i 4k mod nosilaca u cilju postizanja kompromisa između mobilnosti i veličine SFN ćelije i omogućavanja prijema preko jedne antene u SFN mrežama srednje veličine, pri veoma velikim brzinama kretanja prijemnika. Za dodatno povećanje robusnosti sistema u mobilnom okruženju i uslovima impulsnog šuma uveden je i dubinski interliving simbola kod 2k i 4k moda nosilaca.

Uvođenjem 4k moda dodatno je unaprijeđena fleksibilnost u planiranju mreže, koja se ogleda u sljedećem:

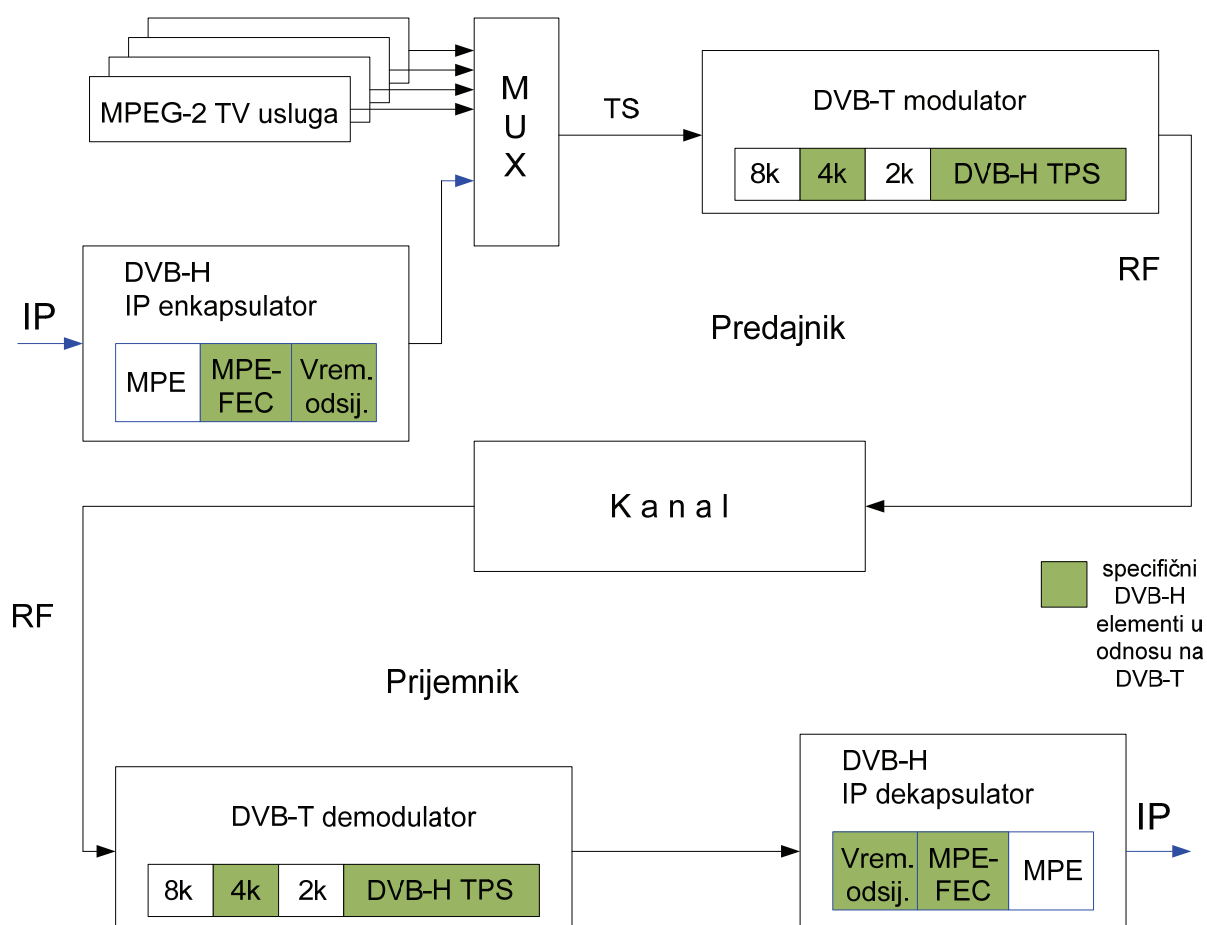
- DVB-T 8k mod nosilaca može se koristiti za pojedinačne predajnike i za male, srednje i velike SFN mreže i zbog tolerancije na *Doppler*-ov pomjeraj omogućava prijem pri velikim brzinama kretanja prijemnika;
- DVB-T 4k mod nosilaca može se koristiti za pojedinačne predajnike i za male i srednje SFN mreže i zbog dobre tolerancije na *Doppler*-ov pomjeraj omogućava prijem pri veoma velikim brzinama kretanja prijemnika;
- DVB-T 2k mod nosilaca može se koristiti za pojedinačne predajnike i za male SFN mreže i zbog odlične tolerancije na *Doppler*-ov pomjeraj omogućava prijem pri ekstremno velikim brzinama kretanja prijemnika.

Vremensko odsijecanje (*time-slicing*) se koristi za smanjenje srednje potrošnje energije u terminalu i omogućavanje postepenog i neprimjetnog frekvenciskog *handover*-a. Postupak vremenskog odsijecanja zasniva se na slanju podataka u snopovima (*burst*), korišćenjem znatno veće trenutne brzine prenosa u poređenju sa brzinom potrebnom za prenos primjenom tradicionalnih mehanizama *streaming*-a. Između sukcesivnih snopova ne šalju se podaci osnovnog niza, već podaci drugih nizova koji se prenose istim sistemom. Na taj način se omogućava prijemniku da bude aktivan samo u dijelu vremena, tj. samo dok prima snopove zahtijevane usluge. Vremensko odsijecanje takođe podržava mogućnost prijemnika da vrši monitoring susjednih ćelija tokom neaktivnog perioda (između snopova). Prebacivanjem prijema sa jednog transportnog toka na drugi tokom neaktivnog perioda postiže se neprimjetni frekvenciski *handover*.

Primjenom FEC postupka nad MPE podacima (MPE-FEC postupak) u DVB-H sistemu postiže se unaprijeđenje C/N (*Carrier to Noise*) performansi sistema i povećanje tolerancije na *Doppler*-ov pomjeraj i impulsne smetnje. Dodavanjem paritetnih informacija izračunatih na osnovu datagrama i slanjem tih podataka u odvojenim MPE-FEC sekcijama, postiže se da datagrami na izlazu poslije MPE-FEC dekodiranja budu bez grešaka, čak i pri izrazito lošim uslovima prijema. Smanjenje korisnog kapaciteta zbog

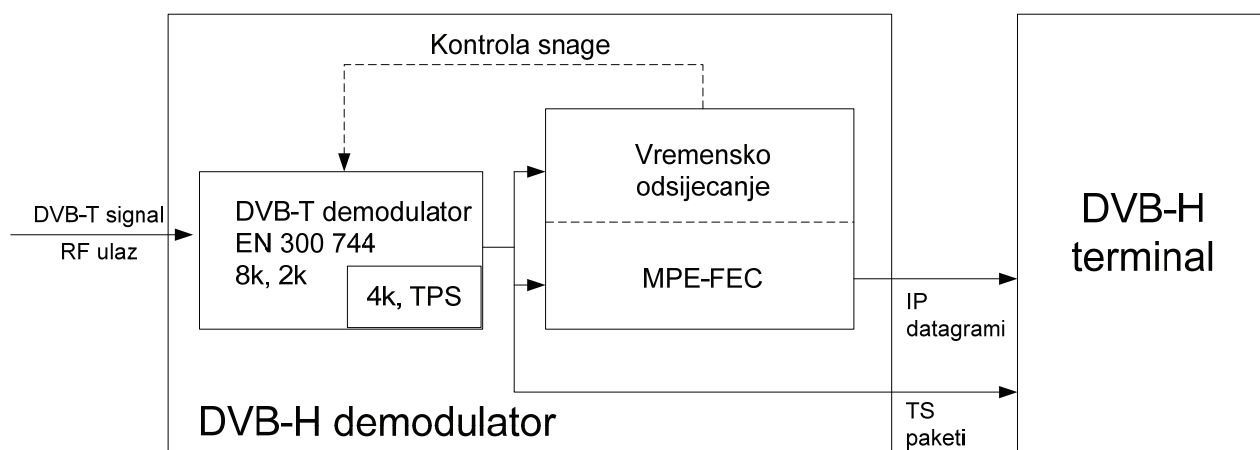
uvođenja MPE-FEC zaglavlja može se kompenzovati odabirom neznatno manje efikasnog kodnog odnosa. Primjenom MPE-FEC postupka, čak i sa slabijim stepenom zaštite od grešaka (većim kodnim odnosom) postižu se daleko bolje performanse prenosa nego u DVB-T sistemu (bez MPE-FEC postupka) za istu brzinu prenosa. MPE-FEC postupak omogućava prijem signala velike brzine preko jedne DVB-T antene upotrebom 8k/16QAM ili čak 8k/64QAM konfiguracije sistema. Osim toga, MPE-FEC pruža i dobru otpornost na impulsne smetnje.

Na Slici 4.9 prikazana je konceptijska šema prenosa IP servisa upotrebom DVB-H sistema. U ovom primjeru tradicionalni MPEG-2 servisi i IP DVB-H servisi sa vremenskim odsijecanjem prenose se istim multipleksom. Pri tome, *hand-held* terminal dekodira/koristi samo IP servis.



Slika 4.9. Konceptijska šema prenosa IP servisa upotrebom DVB-H sistema

Konceptijska struktura DVB-H prijemnika prikazana je na Slici 4.10. Struktura obuhvata DVB-H demodulator i DVB-H terminal. DVB-H demodulator uključuje DVB-T demodulator, modul za vremensko odsijecanje i MPE-FEC modul.



Slika 4.10. Konceptijska struktura DVB-H prijemnika

U Tabeli 4.7 dat je pregled karakteristika DVB-H sistema za slučaj $PER=10^{-4}$ u "tipično urbanom" radio kanalu i za prijemnik sa jednom antenom.

Tabela 4.7. Karakteristike DVB-H sistema (za $PER=10^{-4}$ u "tipično urbanom" radio kanalu i za prijemnik sa jednom antenom, trajanje zaštitnog intervala 1/4)

| Mod. | Kodni odnos | Brzina prenosa [Mb/s] | 2k mod | | 4k mod | | 8k mod | |
|-------|-------------|-----------------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| | | | Fd max [Hz] | Brzina [km/h] | Fd max [Hz] | Brzina [km/h] | Fd max [Hz] | Brzina [km/h] |
| QPSK | 1/2 | 4,98 | 201 | 365 | 133 | 242 | 65 | 119 |
| QPSK | 2/3 | 6,64 | 167 | 291 | 111 | 194 | 55 | 97 |
| 16QAM | 1/2 | 9,95 | 142 | 246 | 96 | 166 | 50 | 86 |
| 16QAM | 2/3 | 13,27 | 113 | 207 | 74 | 136 | 35 | 65 |
| 64QAM | 1/2 | 14,93 | 90 | 162 | 60 | 108 | 30 | 54 |
| 64QAM | 2/3 | 19,91 | 52 | 84 | 36 | 58 | 20 | 32 |

4.2.2. Tehnologije digitalnog radija

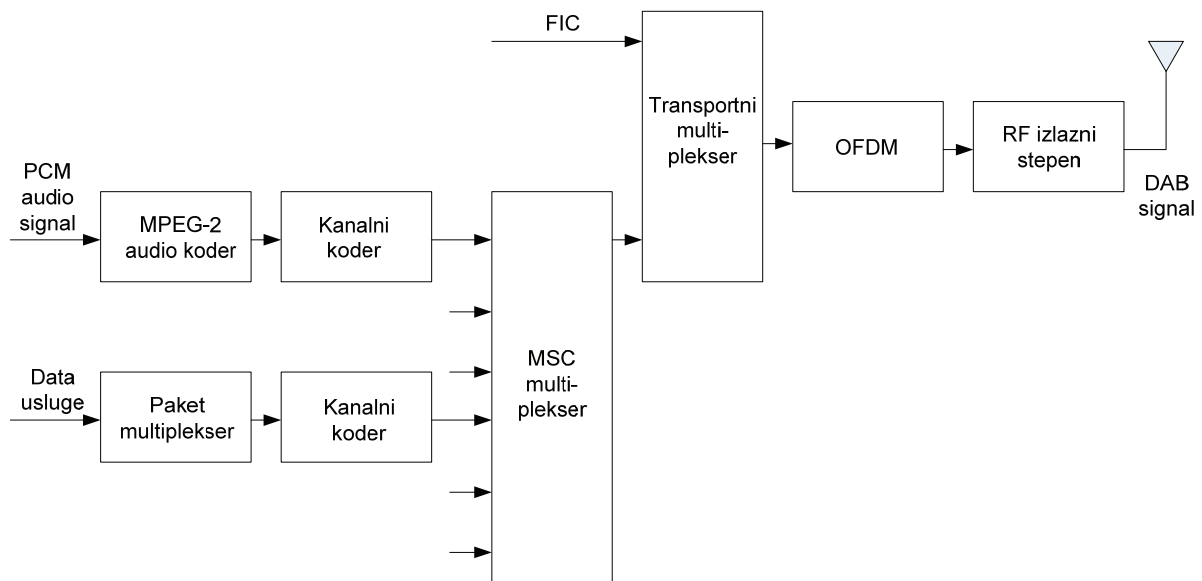
Za digitalno emitovanje radija razvijeno je više tehnologija koje su namijenjene pružanju različitih audio usluga u različitim frekvencijskim opsezima. U spektru digitalne dividende, prema trenutno specificiranim standardima, moguće je primijeniti DAB tehnologiju, uključujući i njene varijacije DAB+ i DMB. Obzirom da je izvorno namijenjena za digitalnu radio-difuziju zvuka u frekvencijskim opsezima ispod 174 MHz, u spektru digitalne dividende se ne može primijeniti DRM (*Digital Radio Mondiale*) tehnologija.

4.2.2.1. DAB

DAB (*Digital Audio Broadcasting*) je tehnologija digitalnog emitovanja zvuka, razvijena u okviru EUREKA 147 projekta sa ciljem da omogući prenos audio programa CD kvaliteta (mono, dva kanala i višekanalni stereo), zajedno sa pomoćnim informacijama ka fiksnim, prenosnim i mobilnim prijemnicima. Od 1995. godine DAB je prihvaćen od strane ETSI-ja kao jedinstveni evropski standard za digitalni radio. DAB tehnologija je namijenjena emitovanju posterdstvom zemaljskih, satelitskih, hibridnih (zemaljskih i satelitskih) i kablovskih sistema u frekvencijskim opsezima od 30 MHz do 3000 MHz, a koristi se u opsegu VHF III (174-230 MHz) i u dijelu L opsega od 1452-1492 MHz. DAB standard podržava rad u SFN mrežama. Tehnologija omogućava prenos više audio programskih sadržaja primjenom postupaka kompresije i multipleksiranja, a upotreba OFDM tehnike u kombinaciji s kanalnim kodiranjem omogućava prenos signala i u otežanim uslovima.

Blok dijagram DAB sistema prikazan je na Slici 4.11. Ulazni PCM audio signal se najprije kodira u MPEG-2 koderu, a zatim se vrši disperzija energije prije kanalnog kodiranja. Za izvorno kodiranje se koristi MUSICAM audio kodiranje koje koristi princip psiho akustičnog maskiranja specificiranog za MPEG-2 audio kodiranje sloja II. Kod MUSICAM postupka kodiraju se samo komponente zvuka koje ljudsko uho čuje, dok se komponente koje uho ne percipira odbacuju. Na taj način se postiže kompresija zvučnog signala sa 768 kb/s na oko 100 kb/s po mono kanalu, uz zadržavanje kvaliteta zvuka.

Kanalno kodiranje u DAB sistemu se zasniva FEC postupku, koji omogućava jednak (EEP – *Equal Error Protection*) ili nejednak stepen zaštite od grešaka (UEP – *Unequal Error Protection*), u zavisnosti od osjetljivosti usluge na nivo bitskih grešaka. Nad FEC kodiranim nizovima bita primjenjuje se vremenski interliving. Pojedinačni program, koji uključuje audio i *data* sadržaj, se poslije izvornog i kanalnog kodiranja multipleksira sa drugim programima u glavni servisni kanal (MSC – *Main Service Channel*), koji se dalje kombinuje sa servisnim informacijama sadržanim u brzom informacionom kanalu (FIC – *Fast Information Channel*), formirajući na taj način DAB transportni okvir. Poslije mapiranja u QPSK simbole i frekvencijskog interlivinga nad svim podnosiocima obavlja se $\pi/4$ pomjerena D-QPSK modulacija. Ovako modulirani simboli se prosleđuju u generator OFDM signala, koji se zatim translira na RF opseg i pojačava. Širina spektra DAB signala je 1,536 MHz.



Slika 4.11. Blok dijagram DAB sistema

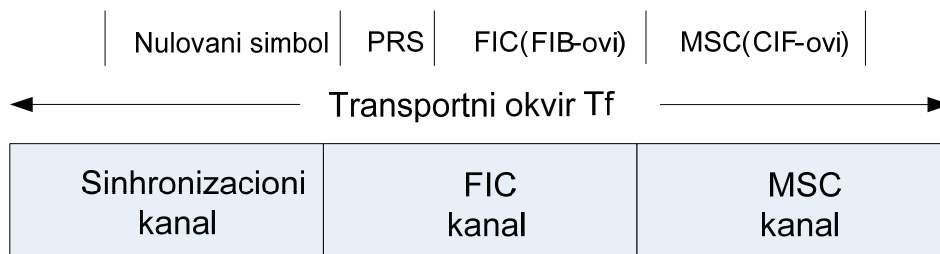
Struktura okvira DAB transportnog signala prikazana je na Slici 4.12. Trajanje DAB transportnog okvira T_f je cjelobrojni umnožak perioda od 24 ms. Prvi simbol u okviru je sinhronizacioni kanal. On se sastoji od nulovanog simbola, koji služi za estimaciju grubog trajanja okvira, i PRS (*Phase Reference Symbol*) simbola, koji predstavlja pilot simbol sa predefinisanom modulacijom namjenjen za finu vremensku sinhronizaciju. Sljedeći simbol u okviru je FIC kanal, koji se sastoji od brzih informacionih blokova (FIB – *Fast Information Block*) dužine 256 bita. FIC kanal čine vremenski neisprepletani biti sa fiksnom EEF zaštitom od grešaka kodnog odnosa 1/3. Zadnji simbol u DAB okviru je MSC kanal koji nosi audio i *data* servisne komponente. MSC kanal čine vremenski isprepletani biti podijeljeni u više konvoluciono kodiranih podkanala sa EEF ili UEF. MSC kanal se sastoji od zajedničkih isprepletanih okvira (CIF – *Common Interlived Frame*) dužine 55296 bita. Najmanja jedinica u MSC kanalu je jedinica kapaciteta (CU – *Capacity Unit*) dužine 64 bita, što znači da jedan CIF sadrži 864 CU jedinice.

Ukupan kapacitet MSC kanala u DAB sistemu iznosi 2304 kb/s u kanalu širine 1,536 MHz. Uzme li se u obzir željeni stepen zaštite od grešaka, odnosno ekvivalentni kodni odnos za njegovo obezbjeđivanje (koji se kreće u rasponu od 0,25 za najviši nivo zaštite do 0,75 Za najniži nivo zaštite) dozali se do korisnog kapaciteta DAB sistema između 0,6 Mb/s i 1,7 Mb/s.

Za prenos audio signala prema DAB standardu postoje 4 moda emitovanja, zavisno od konfiguracije mreže i upotrijebljenog radio-frekvencijskog opsega. Za pojedine modove emitovanja definisani su različiti parametri (broj OFDM podnosilaca, trajanje okvira, trajanje simbola...). Pregled parametara DAB sistema po modovima dat je u Tabeli 4.8.

Namjena modova emitovanja je sljedeća:

- Mod I - jedno-frekvencijske mreže u opsezima VHF I, II i III,
- Mod II - lokalne usluge u opsezima VHF I, II i III, UHF IV i V i L opsegu,
- Mod III - frekvencije ispod 3 GHz i u kablovskim sistemima,
- Mod IV - lokalne usluge u opsezima I, II, III, IV i V, te za najveću jedno-frekvencijsku mrežu u L opsegu.



Slika 4.12. Struktura okvira DAB transportnog signala

Tabela 4.8. Parametri DAB sistema

| Parametar | Mod I | Mod II | Mod III | Mod IV |
|--------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| Broj podnosilaca | 1536 | 384 | 192 | 768 |
| Separacija izmjeđu podnosilaca | 1 kHz | 4 kHz | 8 kHz | 2 kHz |
| Trajanje okvira (T_f) | 96 ms | 24 ms | 24 ms | 48 ms |
| Trajanje nulovanog simbola | ~1297 μ s | ~324 μ s | ~168 μ s | ~648 μ s |
| Trajanje zaštitnog intervala | ~246 μ s | ~62 μ s | ~31 μ s | ~123 μ s |
| Trajanje korisnog simbola | 1 ms | 250 ms | 125 ms | 500 ms |
| Ukupno trajanje simbola | ~1246 μ s | ~312 μ s | ~156 μ s | ~623 μ s |

4.2.2.2. DAB+

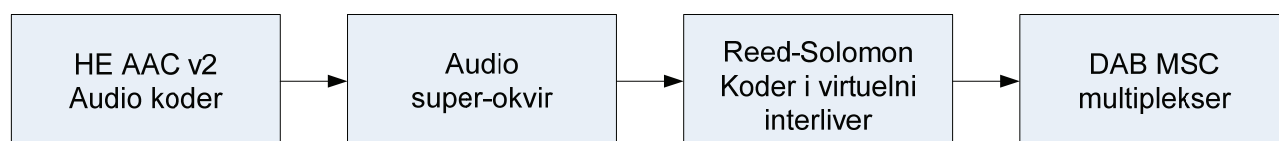
DAB+ predstavlja nadogradnju DAB standarda, a specificiran je ETSI dokumentom TS 102 563 "Digital Audio Broadcasting (DAB); Transport of Advanced Audio Coding (AAC) audio" 2007. godine. Najveća promjena, u odnosu na DAB sistem, odnosi se na audio kodiranje, jer se umjesto norme MPEG-1 Layer II za audio kodiranje koristi norma MPEG-4 HE-AAC v2 (aacPlus v2). MPEG-4 HE-AAC v2 audio koder je kombinacija AAC (**Advanced Audio Coding**), SBR (**Spectral Band Replication**) i PS koder a i omogućava znatno veći stepen kompresije zvuka.

MPEG-4 HE AAC v2 kodiranje, koje se koristi u DAB+ tehnologiji ima sljedeća svojstva:

- frekvencije uzoraka 32 kHz ili 48 kHz uz isključenu opciju SBR ,
- frekvencije uzoraka 16 kHz ili 24 kHz kada je uključena opcija SBR,
- audio super okvir traje 120 ms i prenosi se u 5 DAB logičkih okvira (pri čemu su brzine audio bitova su ograničene tako da podaci mogu stati u podkanal),

- najveća brzina podataka u podkanalu iznosi 192 kbit/s (najviše 175 kbit/s za audio podatke uz pretpostavku da se ne koristi PAD (*Program Associated Data*)),
- brzine u podkanalima su umnošci od 8 kb/s.

FEC postupak kod DAB+ sistema uključuje spoljašnje kodiranje na bazi *Reed-Solomon* koda i unutrašnje konvoluciono kodiranje, koje se primjenjuje i u DAB sistemu. Konvolucijsko kodiranje u DAB+ sistemu koristi samo EEP zaštitu. Na Slici 4.13 dat je pojednostavljeni blok dijagram DAB+ sistema.



Slika 4.13. Pojednostavljeni blok dijagram DAB+ sistema

U Tabeli 4.9 dat je pregled raspoloživog kapaciteta (brzine prenosa) u DAB+ sistemu za prenos audio sadržaja (ujključujući PAD).

Tabela 4.9. Brzina prenosa raspoloživa za prenos audio sadržaja u DAB+ sistemu

| Brzina prenosa u podkanalu [kb/s] | Brzina prenosa [kb/s] | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|---------|---------|---------|
| | AAC frekvencija uzoraka | | | |
| | 16 kHz | 24 kHz | 32 kHz | 48 kHz |
| 8 | 6,733 | 6,533 | 6,267 | 5,800 |
| 16 | 14,067 | 13,867 | 13,600 | 13,133 |
| 24 | 21,400 | 21,200 | 20,933 | 20,467 |
| 32 | 28,733 | 28,533 | 28,267 | 27,800 |
| 40 | 36,067 | 35,867 | 35,600 | 35,133 |
| 48 | 43,400 | 43,200 | 42,933 | 42,467 |
| 56 | 50,733 | 50,533 | 50,267 | 49,800 |
| 64 | 58,067 | 57,867 | 57,600 | 57,133 |
| 72 | 65,400 | 65,200 | 64,933 | 64,467 |
| 80 | 72,733 | 72,533 | 72,267 | 71,800 |
| 88 | 80,067 | 79,867 | 79,600 | 79,133 |
| 96 | 87,400 | 87,200 | 86,933 | 86,467 |
| 104 | 94,733 | 94,533 | 94,267 | 93,800 |
| 112 | 102,067 | 101,867 | 101,600 | 101,133 |
| 120 | 109,400 | 109,200 | 108,933 | 108,467 |
| 128 | 116,733 | 116,533 | 116,267 | 115,800 |
| 136 | 124,067 | 123,867 | 123,600 | 123,133 |
| 144 | 131,400 | 131,200 | 130,933 | 130,467 |
| 152 | 138,733 | 138,533 | 138,267 | 137,800 |
| 160 | 146,067 | 145,867 | 145,600 | 145,133 |
| 168 | 153,400 | 153,200 | 152,933 | 152,467 |
| 176 | 160,733 | 160,533 | 160,267 | 159,800 |
| 184 | 168,067 | 167,867 | 167,600 | 167,133 |
| 192 | 175,400 | 175,200 | 174,933 | 174,467 |

4.2.2.3. DMB

DMB (*Digital Multimedia Broadcasting*) ili T-DMB (*Terrestrial DMB*) je digitalna tehnologija za emitovanje audio i video podataka koja je razvijena u Južnoj Koreji (konkurencija je tehnologiji DVB-H). Koristi se u frekvencijskim opsezima VHF III i UHF L uz MPEG-4 Part 10 (H.264) kodiranje za prenos video sadržaja, odnosno MPEG-4 Part 3 BSAC (*Bit Sliced Arithmetic Coding*) ili HE-AAC v2 kodiranje za prenos audio sadržaja. U DMB sistemu audio i video tokovi podataka objedinjuju se u MPEG transportni tok podataka (MPEG-TS). Nad tim tokom podataka se obavlja FEC postupak upotrebom *Reed-Solomon* kodiranja i konvolucioni interliving. Dobijeni podaci se dalje obrađuju i prenose MSC kanalom na isti način kao u DAB tehnologiji.

4.2.3. LTE tehnologija mobilnih komunikacionih mreža

Stalna potreba korisnika za sve većim brzinama prenosa podataka i kvalitetom servisa uslovljava mobilne operatore da drže korak sa tehnološkim razvojem mobilnih komunikacionih sistema. Mobilne komunikacione mreže treće generacije (3G), zasnovane na IMT-2000/UMTS standardu i WCDMA tehnici višestrukog pristupa, prošle su razvojni put od WCDMA (3GPP Release 99), preko HSPA (3GPP Release 5 i 6) do HSPA+ (3GPP Release 7) i *Dual-Cell* HSDPA (3GPP Release 8) verzije, omogućavajući brzine prenosa podataka ka korisniku do 21,1 Mb/s u kanalu širine 5 MHz, odnosno do 42,2 Mb/s u kanalu širine 10 MHz. Za dalji razvoj mobilnih komunikacionih mreža, sa znatno većim zahtjevima, bilo je neophodno razviti sasvim novu tehnologiju radio interfejsa. ITU-R je na 2007. godine u IMT-2000 familiju standarda uvrstio novu tehnologiju radio interfejsa zasnovanu na OFDMA (*Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) tehnici pristupa, a 3GPP grupa je 2008. godine završila rad na standardizaciji LTE (*Long Term Evolution*) tehnologije, koja je razvijena kao poboljšanje postojeće pristupne 3G radio mreže. LTE predstavlja novi standard mobilnih komunikacija ne samo za radio mrežu, već uvodi i novu arhitekturu jezgra, SAE (*System Architecture Evolution*). Nastanak LTE tehnologije doveo je do jasne evolucije mobilnih sistema, a njen razvoj doprinosi značajnom napretku mobilnih širokopojasnih mreža sljedeće generacije. Za LTE se kaže da predstavlja završni korak ka mrežama četvrte generacije (4G) i popularno se označava kao 3,9G mreža.

Osnovni ciljevi koje LTE treba da ispuni, a u odnosu na WCDMA/HSPA, su:

- poboljšana spektralna efikasnost i korišćenje novih RF resursa,
- veća propusnost tj. veće brzine prenosa podataka,
- veća brzina odziva mreže za zahtijevane servise,
- smanjenje troškova (CAPEX/OPEX) koje je moguće da se ostvari ako se: izbjegne izgradnja kompleksne mrežne arhitekture i nepotrebnih interfejsa, upotrijebe postojeće lokacije baznih stanica i antenskih

- sistema, pojednostave terminalni uređaji, optimizuju mrežni protokoli i ako se omogući potpuno multi-vendorsko okruženje,
- poboljšanje i povećanje broja servisa i njihova implementacija po principu *plug & play*,
 - bolja integracija sa postojećim standardima, pri čemu se podrazumijeva transparentna povezanost sa 3GPP (GSM, (W)CDMA), ali i sa ne-3GPP tehnologijama (WLAN i WiMAX).

Sažetak tehničkih zahtjeva koje LTE tehnologija treba da ispuni dat je u Tabeli 4.10.

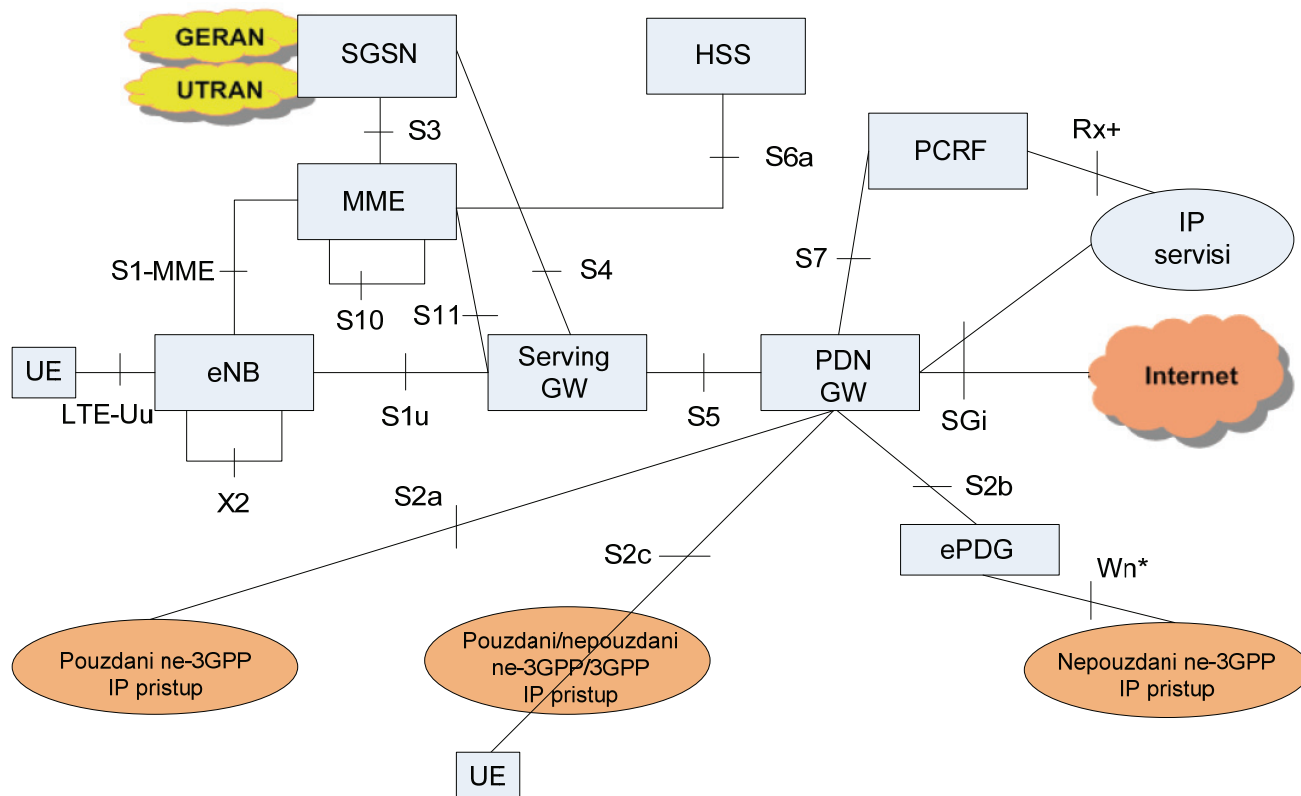
Tabela 4.10. Tehnički zahtjevi za LTE

| Karakteristika | Zahtjev |
|--|---|
| Vršna brzina prenosa podataka | DL: 100 Mb/s UL: 50 Mb/s (za spekter širine 20 MHz) |
| Podrška za mobilnost | do 500 km/h, ali optimizirano za niske brzine od 0 do 15 km/h |
| Kašnjenje u kontrolnoj ravni (Prelazno vrijeme do aktivnog stanja) | < 100 ms (od stanja bez emitovanja u aktivno stanje) |
| Kašnjenje u korisničkoj ravni | < 5 ms |
| Kapacitet u kontrolnoj ravni | > 200 korisnika po ćeliji (za spekter širine 5 MHz) |
| Pokrivenost (veličina ćelije) | 5-100 km sa neznatnom degradacijom poslije 30 km |
| Fleksibilnost spektra | 1,25; 2,5; 5; 10; 15 i 20 MHz |

LTE 3GPP Release 8 standard obezbeđuje brzine prenosa podataka od najmanje 100 Mb/s prema korisniku (*downlink*), odnosno 50 Mb/s od korisnika (*uplink*), sa kašnjenjem u sistemu manjim od 10 ms. LTE pruža mogućnost skalabilnog izbora potrebne širine kanala od 1,4 MHz do 20 MHz (zavisno od potreba korisnika za propusnim opsegom), podržava FDD i TDD način razdvajanja direktnog i povratnog kanala. Efikasno korišćenje spektra postignuto je upotrebom MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) tehnike. LTE/SAE arhitektura je *flat all-IP* i podržava IPv4 i IPv6 protokole. Radio pristup na *downlink*-u je OFDMA, dok se na *uplink*-u upotrebljava SC-FDMA (*Single Carrier-Frequency Division Multiple Access*). Prenos govora u LTE ostvaruje se na bazi VoIP-a uz kvalitet koji je najmanje jednak onome u UMTS CS (*Circuit Switched*) prenosu govora.

LTE/SAE arhitektura predstavlja evoluciju postojećeg GSM/WCDMA paketskog jezgra mreže, sa pojednostavljenim operacijama i razvojem zasnovanim na potrebi eliminacije nepotrebnih troškova. Ovakvo jezgro mreže uključuje IMS (*IP Multimedia Subsystem*) što omogućava veze sa 2G, 3G, WLAN (*Wireless Local Area Network*), WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) i drugim 3GPP i ne-3GPP mrežama. Predviđeno je da *all-IP* mreža bude bazirana na IPv6 protokolu. IPv6 će

omogućiti optimalno rutiranje saobraćaja, pojednostavljenu mrežu, kao i transparentnu mobilnost. U pristupnom dijelu LTE mreže definisan je eUTRA (*evolved UMTS Terrestrial Radio Access*) sa eNodeB (*evolved NodeB*) arhitekturom. Jezgro mreže definiše se kao EPC (*Evolved Packet Core*). Predviđena je interoperabilnost sa UTRAN (*Universal Terrestrial Radio Access Network*) i GERAN (*GSM EDGE Radio Access Network*) sistemima, kao i sa ne-3GPP sistemima, dok multimodni terminali treba da podrže *handover* sa i na UTRAN i GERAN. Predviđena je podrška za QoS (*Quality of Service*) s kraja na kraj. Arhitektura LTE sistema prikazana je na Slici 4.14.



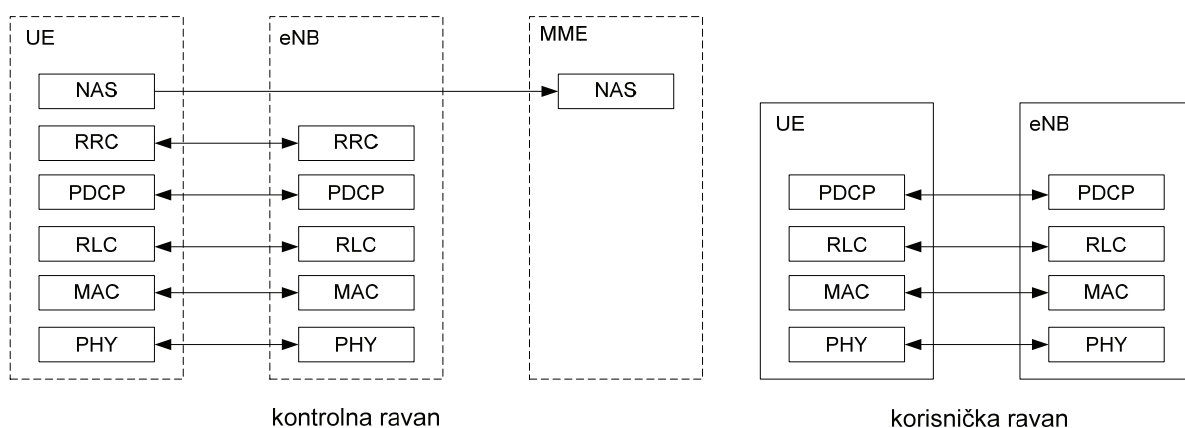
Slika 4.14. Arhitektura LTE sistema

Pristupna mreža (E-UTRAN) sastoji se od baznih stanica (eNodeB), koje su povezane na korisničku opremu (UE). Čvor eNodeB obavlja klasične funkcije fizičkog nivoa (kodovanje, dekodovanje, modulaciju, demodulaciju, interliving, deinterliving...) i dodatno brine o radio resursima u ćelijama, odlučuje o *handover*-u i donosi odgovarajuće odluke o upravljanju prenosom na *downlink*-u i *uplink*-u. Pored veze sa jezgrom mreže preko S1 interfejsa, čvorovi eNodeB međusobno komuniciraju preko X2 interfejsa. Ovo je veoma važno zbog uspešnog raspoređivanja resursa u cilju izbjegavanja interferencije.

Jezgro mreže u LTE sistemu definiše se kao EPC (*Evolved Packet Core*), što je zapravo sinonim za SAE. Osnovni elementi EPC-a su:

- MME (*Mobility Management Entity*), koji upravlja signalizacionim saobraćajem, autentifikacijom i autorizacijom,
- HSS (*Home Subscriber Server*), koji sadrži korisničke podatke poput nivoa kvaliteta usluge, podatke za komunikaciju u stranoj mreži (*roaming*), informaciju o MME s kojim je korisnik povezan i podatke za autentifikaciju (opciono),
- S-GW (*Serving Gateway*), koji služi za prenos IP paketa što olakšava mobilnost korisnika među eNodeB čvorovima, sadrži informacije o stanju terminala kad nema emisije (*idle*), sakuplja podatke za naplatu u posjećenoj mreži i olakšava povezivanje sa ne-3GPP mrežama,
- PDN GW (*PDN Gateway*), koji je odgovoran za dodjelu IP adresa korisničkim terminalima i garanciju kvaliteta usluga i služi za lakše povezivanje s ne-3GPP mrežama,
- PCRF (*Policy Control and Charging Rules Function*), koji upravlja procedurama za naplatu i kvalitetom servisa (QoS) u skladu sa zahtjevima korisnika.

Protokolarna arhitektura E-UTRAN podijeljena je u dvije ravni: korisničku i kontrolnu. Protokol stek u obje ravni prikazan je na Slici 4.15.

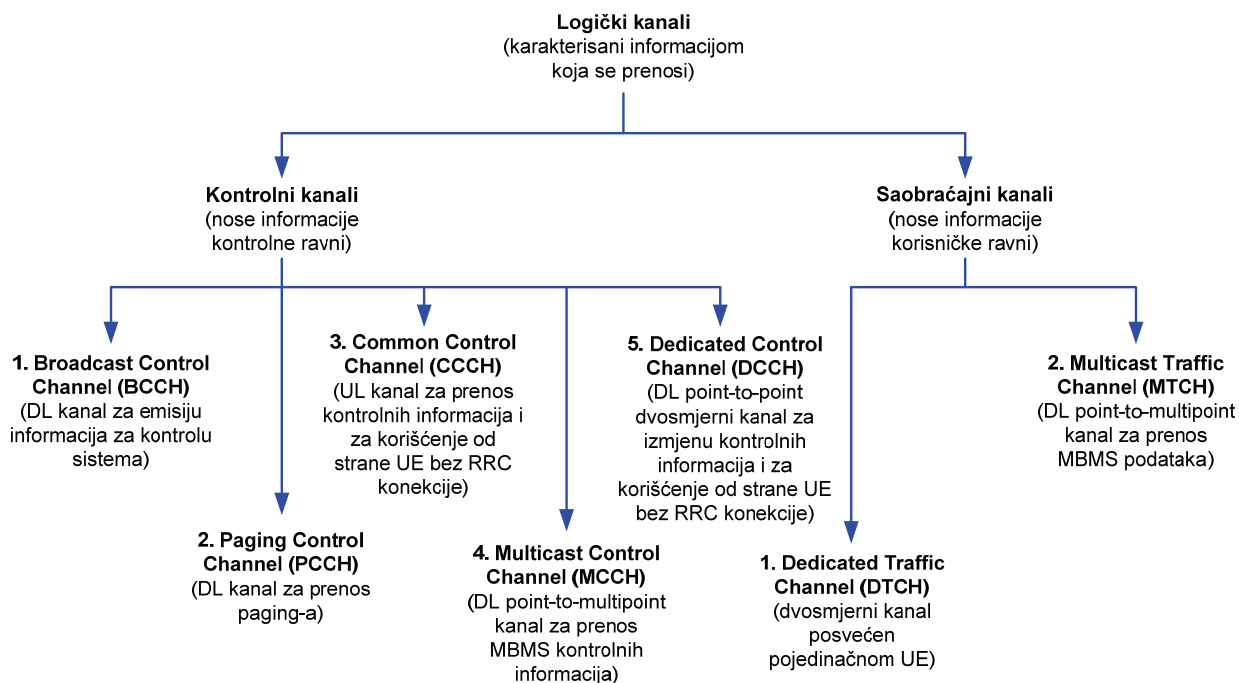


Slika 4.15. E-UTRAN protokol stek u kontrolnoj i korisničkoj ravni

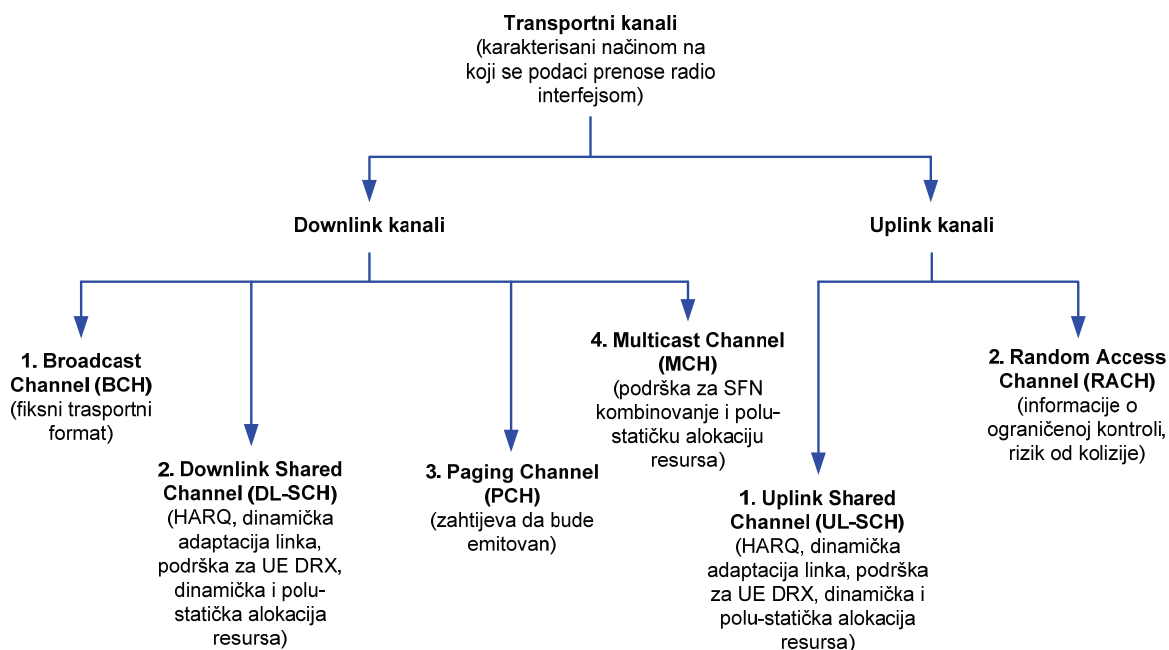
Neki od najbitnijih E-UTRAN protokola su:

- NAS (*Non Access Stratum*), koji omogućava komunikaciju korisničkog terminala s MME jedinicom,
- RRC (*Radio Resource Control*), koji obavlja osnovne kontrolne funkcije, uspostavu radio veze i konfigurisanje između eNodeB i UE,
- PDCP (*Packet Data Convergence Protocol*), koji sprovodi kompresiju i dekompresiju IP zaglavlja i prenos korisničkih podataka,
- RLC (*Radio Link Control*) - upravlja prenosom podataka i omogućava retransmisiju izgubljenih podataka,
- MAC (*Medium Access Control*), koji sprovodi adresiranje i kontrolu pristupa medijumu za prenos.

U LTE standardu su specificirani logički i transportni kanali, koji se mapiraju u MAC sloju. Logički kanali su karakterisani informacijom koja se prenosi, dok su transportni kanali određeni karakteristikama prenosa (npr. adaptivna modulacija i kodiranje). Struktura logičkih i transportnih kanala u LTE/SAE sistemu data je na Slici 4.16 i Slici 4.17, respektivno.



Slika 4.16. Struktura logičkih kanala u LTE/SAE sistemu



Slika 4.17. Struktura transportnih kanala u LTE/SAE sistemu

U LTE sistemu *uplink* i *downlink* prenos su organizovani u radio okvirima trajanja 10 ms. Definisane su dvije strukture radio okvira:

- Struktura okvira tipa 1, koja se koristi za FDD dupleks (okvir traje 10 ms i sastoji se od 20 slotova trajanja 0,5 ms; dva slota čine jedan pod-okvir; po 10 pod-okvira se koriste za *uplink* i *downlink* prenos, koji su razdvojeni u frekvencijskom domenu),
- Struktura okvira tipa 2, koja se koristi za TDD dupleks (okvir traje 10 ms i podijeljen na dva polu-okvira trajanja 5 ms; dva slota čine jedan pod-okvir; svaki polu-okvir se sastoji od 4 pod-okvira i tri specijalna polja: DwPTS, GP i UpPTS; GP polje se koristi za *downlink-uplink* tranziciju, a ostali pod-okviri/polja se opredjeljuju ili za *downlink* ili za *uplink* prenos, koji su razdvojeni u vremenskom domenu).

Na Slici 4.18 prikazane su strukture radio okvira u LTE sistemu.

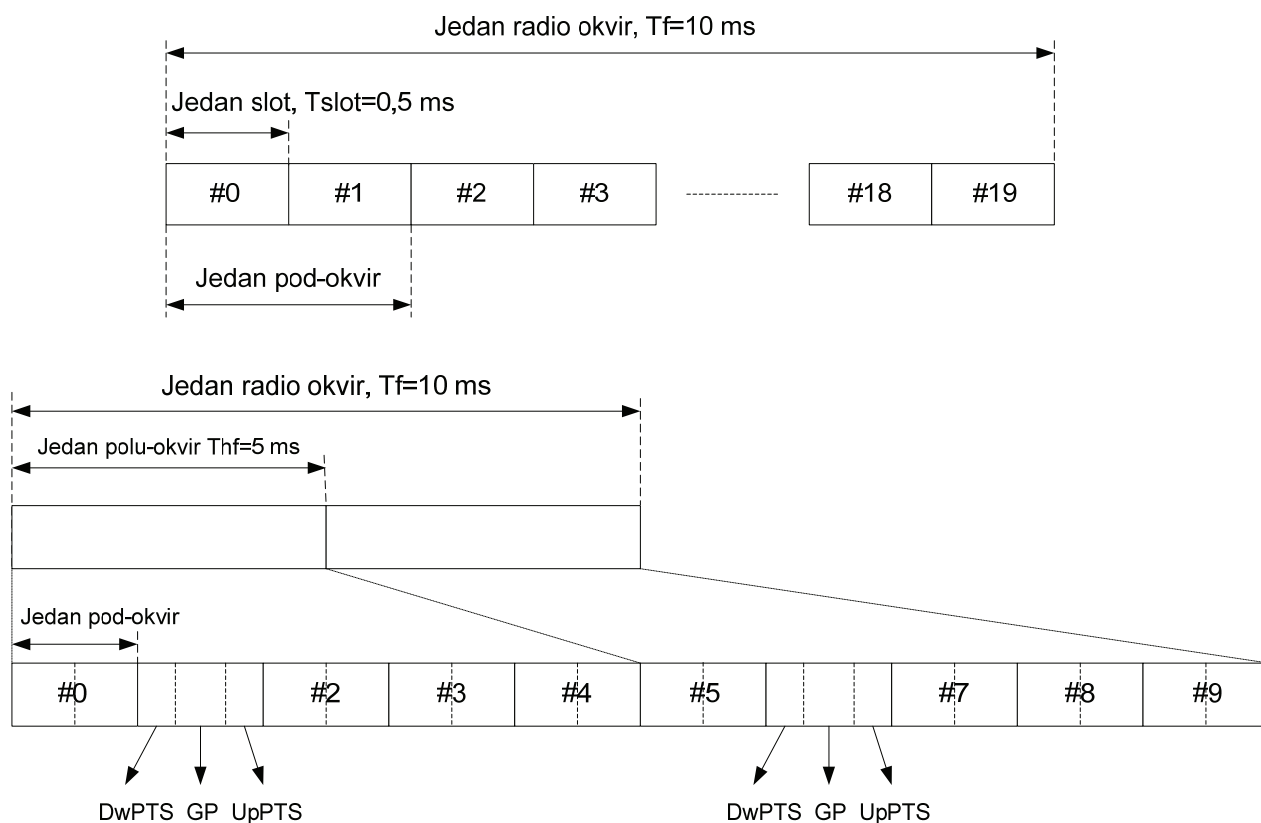
Fizički sloj LTE sistema čine eNodeB-ovi, koji obezbjeđuju zaštitu podataka od grešaka izazvanih djelovanjem kanala, koristeći tehnike adaptivne modulacije i kodiranja. eNodeB-ovi takođe održavaju frekvencijsku i vremensku sinhronizaciju i obavljaju RF obradu signala, uključujući modulaciju i demodulaciju. U E-UTRA su na *downlink*-u i *uplink*-u podržani sljedeći modulacioni formati: QPSK, 16QAM i 64QAM. U korisničkim uređajima kao osnovna konfiguracija primjenjuje se 2x1 MISO (dvije prijemne i jedna predajna antena), dok u eNodeB-ovima MIMO konfiguracija podrazumijeva dvije predajne antene. Za *downlink* prenos u fizičkom sloju koristi se OFDMA, a za *uplink* prenos SC-FDMA. Koncept realizacije prenosa primjenom OFDMA i SC-FDMA na primjeru QPSK modulacije prikazan je na Slici 4.19.

Posebna pažnja u LTE standardu je posvećena upravljanju resursima mreže. Svi OFDM simboli su grupisani u resursne blokove (*Resource Block*) veličine 180 kHz (12 podnosilaca) u frekvencijskom i 0,5 ms (7 OFDM simbola normalne dužine zaštitnog intervala) u vremenskom domenu. Broj resursnih blokova zavisi od širine kanala i kreće se od 6 do 110. Svaki podnosilac nosi jedan simbol, a u vremenskom domenu predstavlja resursni element (*Resource Element*), najmanju jedinicu za prenos podataka. Svakom korisniku se u zavisnosti od njegovih zahtjeva dodjeljuje nekoliko resursnih blokova u vrijeme-frekvencija ravni. Više dodijeljenih resursnih blokova i viši nivo modulacije, znače veću brzinu prenosa ka korisniku.

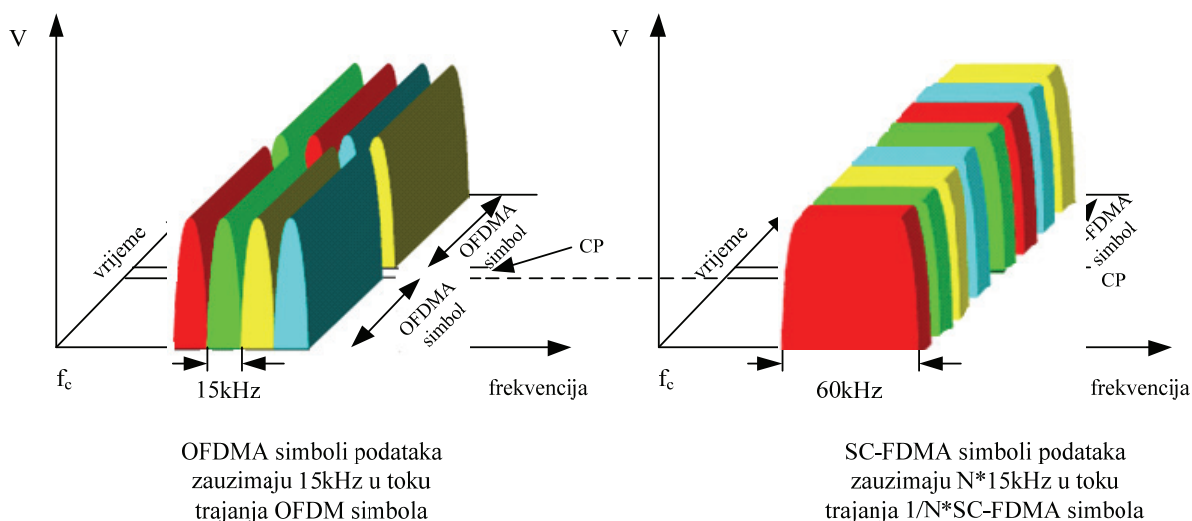
Parametri LTE *downlink* prenosa za različite širine kanala dati su u Tabeli 4.11.

3GPP *Release 8* standardom za E-UTRA su predviđeni radio-frekvencijski opsezi dati u Tabeli 4.12. Alokacijom novih radio-frekvencijskih opsega za mobilnu službu i njihovim opredjeljivanjem za IMT, odnosno TRA-ECS sisteme, proširen je skup opsega koji se mogu koristiti za LTE. Na taj način

je omogućena podrška implementaciji LTE tehnologije u opsegu 790-862 MHz, kao i u opsegu 3410-3600 MHz.



Slika 4.18. Strukture radio okvira u LTE sistemu: Tip 1 (gore), Tip 2 (dolje)



Slika 4.19. Koncept OFDMA i SC-FDMA

Tabela 4.11. Parametri downlink prenosa za različite širine kanala

| Širina kanala [MHz] | 1,25 | 2,5 | 5 | 10 | 15 | 20 |
|--|--------------------|------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Trajanje pod-okvira | 0,5 ms | | | | | |
| Rastojanje između podosilaca | 15 kHz | | | | | |
| Frekvencija odabiranja [MHz] | 1,92 (1/2x3,84) | 3,84 | 7,68 (2x3,84) | 15,36 (4x3,84) | 23,04 (6x3,84) | 30,72 (8x3,84) |
| Veličina FFT | 128 | 256 | 512 | 1024 | 1536 | 2048 |
| Broj angažovanih podnosilaca | 76 | 151 | 301 | 601 | 901 | 1201 |
| Broj OFDM simbola po pod-okviru (normalni/ produženi GI) | 7/6 | | | | | |

LTE strategija mobilnih operatora u Evropi uglavnom se oslanja na korišćenje opsega 790-862 MHz i 2500-2690 MHz, kao i na *refarming* GSM/DCS1800/UMTS opsega 880-915/925-960 MHz, 1710-1785/1805-1880 MHz i 1920-1980/2110-2170 MHz.

Tabela 4.12. Pregled E-UTRA opsega specificiranih u 3GPP Release 8

| E-UTRA opseg | uplink / downlink opseg | Tip dupleksa |
|--------------|---------------------------------------|--------------|
| 1 | 1920-1980 MHz / 2110-2170 MHz | FDD |
| 2 | 1850-1910 MHz / 1930-1990 MHz | FDD |
| 3 | 1710-1785 MHz / 1805-1880 MHz | FDD |
| 4 | 1710-1755 MHz / 2110-2155 MHz | FDD |
| 5 | 824-849 MHz / 869-894MHz | FDD |
| 6 | 830-840 MHz / 875-885 MHz | FDD |
| 7 | 2500-2570 MHz / 2620-2690 MHz | FDD |
| 8 | 880-915 MHz / 925-960 MHz | FDD |
| 9 | 1749,9-1784,9 MHz / 1844,9-1879,9 MHz | FDD |
| 10 | 1710-1770 MHz / 2110-2170 MHz | FDD |
| 11 | 1427,9-1452,9 MHz / 1475,9-1500,9 MHz | FDD |
| 12 | 698-716 MHz / 728-746 MHz | FDD |
| 13 | 777-787 MHz / 746-756 MHz | FDD |
| 14 | 788-798 MHz / 758-768 MHz | FDD |
| --- | | |
| 17 | 704-716 MHz / 734-746 MHz | FDD |
| --- | | |
| 33 | 1900-1920 MHz / 1900-1920 MHz | TDD |
| 34 | 2010-2025 MHz / 2010-2025 MHz | TDD |
| 35 | 1850-1910 MHz / 1850-1910 MHz | TDD |
| 36 | 1930-1990 MHz / 1930-1990 MHz | TDD |
| 37 | 1910-1930 MHz / 1910-1930 MHz | TDD |
| 38 | 2570-2620 MHz / 2570-2620 MHz | TDD |
| 39 | 1880-1920 MHz / 1880-1920 MHz | TDD |
| 40 | 2300-2400 MHz / 2300-2400 MHz | TDD |

Brzine prenosa podataka ka i od korisnika u LTE sistemu zavise od širine raspoloživog spektra i uslova u mobilnom radio kanalu, tj. od izbora parametara prenosa. U Tabeli 4.13 i Tabeli 4.14 date su dostupne brzine prenosa u LTE *downlink*-u i *uplink*-u, respektivno.

Tabela 4.13. Dostupne brzine prenosa podataka u LTE *downlink*-u

| Mod. i kodni odnos | Biti po simb. | MIMO | Dostupna brzina prenosa [Mb/s] | | | | | |
|--------------------|---------------|----------|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | | | 1,4 MHz | 3 MHz | 5 MHz | 10 MHz | 15 MHz | 20 MHz |
| QPSK 1/2 | 1 | SISO | 0,8 | 2,2 | 3,7 | 7,4 | 11,2 | 14,9 |
| 16QAM 1/2 | 2 | SISO | 1,5 | 4,4 | 7,4 | 14,9 | 22,4 | 29,9 |
| 16QAM 3/4 | 3 | SISO | 2,3 | 6,6 | 11,1 | 22,3 | 33,6 | 44,8 |
| 64QAM 3/4 | 4,5 | SISO | 3,5 | 9,9 | 16,6 | 33,5 | 50,4 | 67,2 |
| 64QAM 1/1 | 6 | SISO | 4,6 | 13,2 | 22,2 | 44,7 | 67,2 | 89,7 |
| 64QAM 3/4 | 9 | 2X2 MIMO | 6,6 | 18,9 | 31,9 | 64,3 | 96,7 | 129,1 |
| 64QAM 1/1 | 12 | 2X2 MIMO | 8,8 | 25,3 | 42,5 | 85,7 | 128,9 | 172,1 |
| 64QAM 1/1 | 24 | 4X4 MIMO | 16,6 | 47,7 | 80,3 | 161,9 | 243,5 | 325,1 |

Tabela 4.14. Dostupne brzine prenosa podataka u LTE *uplink*-u

| Mod. i kodni odnos | Biti po simb. | MIMO | Dostupna brzina prenosa [Mb/s] | | | | | |
|--------------------|---------------|------|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | | | 1,4 MHz | 3 MHz | 5 MHz | 10 MHz | 15 MHz | 20 MHz |
| QPSK 1/2 | 1 | SISO | 0,9 | 2,2 | 3,6 | 7,2 | 10,8 | 14,4 |
| 16QAM 1/2 | 2 | SISO | 1,7 | 4,3 | 7,2 | 14,4 | 21,6 | 28,8 |
| 16QAM 3/4 | 3 | SISO | 2,6 | 6,5 | 10,8 | 21,6 | 32,4 | 43,2 |
| 16QAM 1/1 | 4 | SISO | 3,5 | 8,6 | 14,4 | 28,8 | 43,2 | 57,6 |
| 64QAM 3/4 | 4,5 | SISO | 3,9 | 9,7 | 16,2 | 32,4 | 48,6 | 64,8 |
| 64QAM 1/1 | 6 | SISO | 5,2 | 13,0 | 21,6 | 43,2 | 64,8 | 86,4 |

5. ZAHTJEVI U POGLEDU NEOPHODNIH RF RESURSA POTREBNIH ZA UVOĐENJE POJEDINIH NOVIH USLUGA U SPEKTU DIGITALNE DIVIDENDE

Širina RF spektra potrebna za uvođenje novih usluga u spektru digitalne dividende zavisi od niza parametara, kao što su:

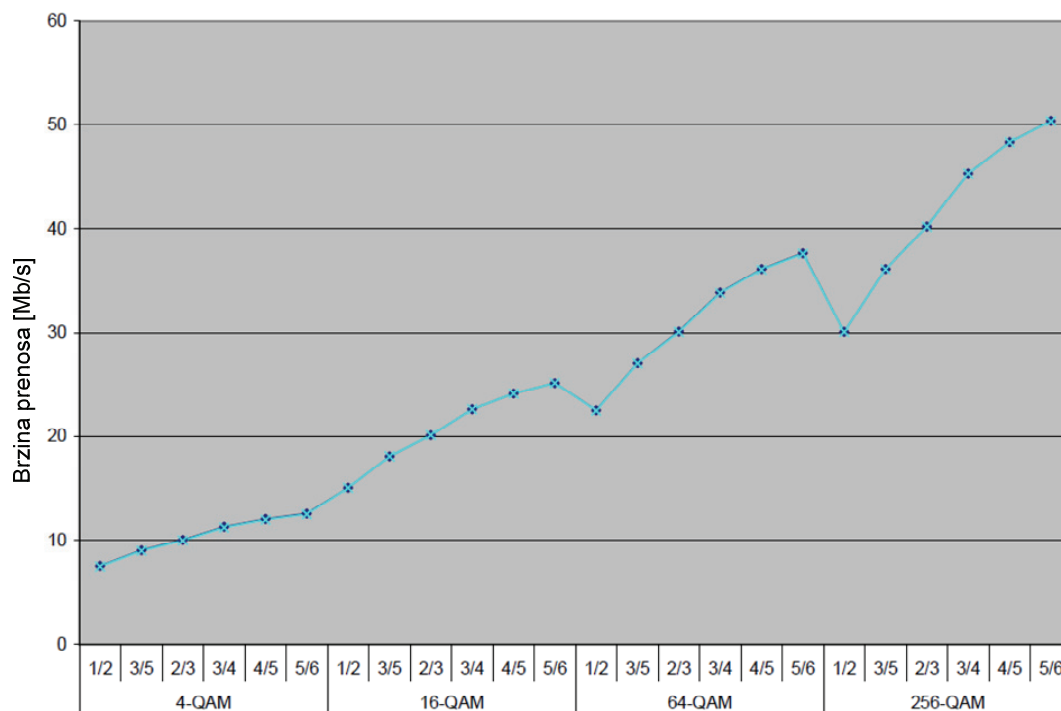
- stepen razvoja postojećih radio-difuznih i EC mreža i usluga,
- potražnja za novim uslugama,
- karakteristika tehnologije koja se želi implementirati.

Stoga, pri procjeni spektralnih zahtjeva treba uzeti u obzir cjelinu navedenih parametara za svaku vrstu usluge pojedinačno.

5.1. Spektralni zahtjevi za usluge digitalne televizije

Kako je navedeno u trećoj glavi ove Studije, u Crnoj Gori je za digitalno emitovanje TV programa usvojen DVB-T2 standard u kombinaciji sa ITU-T H.264/AVC (MPEG-4 part 10) standardom kompresije video signala. Pri tome, kapacitet DVB-T2 sistema je i do 80% veći od kapaciteta DVB-T sistema pri istom kvalitetu prenosa, a MPEG-4 tehnika kompresije je dvostruko efikasnija od MPEG-2 tehnike.

U zavisnosti od izbora parametara prenosa (modulacija, broj podnosilaca, trajanje zaštitnog intervala, kodni odnos) kapacitet DVB-T2 sistema za kanal širine 8 MHz se kreće od nekoliko Mb/s do 50,34 Mb/s. Na Slici 5.1 prikazan je kapacitet DVB-T2 sistema za maksimalnu konfiguraciju (kanal širine 8 MHz, 32k prošireni mod nosilaca, trajanje zaštitnog intervala 1/128 i PP7).



Slika 5.1 Kapacitet DVB-T2 sistema za maksimalnu konfiguraciju

Kapacitet sistema za tipičan set parametara: 256QAM modulacija, 32k prošireni mod podnosilaca, trajanje zaštitnog intervala 1/16 i kodne odnose 1/2, 3/5, 2/3, 3/4 i 4/5, u kanalu širine 8 MHz dat je u Tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Kapacitet DVB-T2 sistema (8 MHz, 256QAM, 32ke, 1/16, PP4)

| Kodni odnos | Brzina prenosa [Mb/s] |
|-------------|-----------------------|
| 1/2 | 27,73 |
| 3/5 | 33,27 |
| 2/3 | 36,97 |
| 3/4 | 41,59 |
| 4/5 | 44,36 |

Broj televizijskih programa (SD ili HD) koji je moguće prenijeti jednim DVB-T2 multipleksom zavisi od primijenjenog algoritma kompresije video signala i načina njihovog multipleksiranja u MPEG multipleksu. Naime, multipleksiranje više programskih tokova može se obaviti na dva načina:

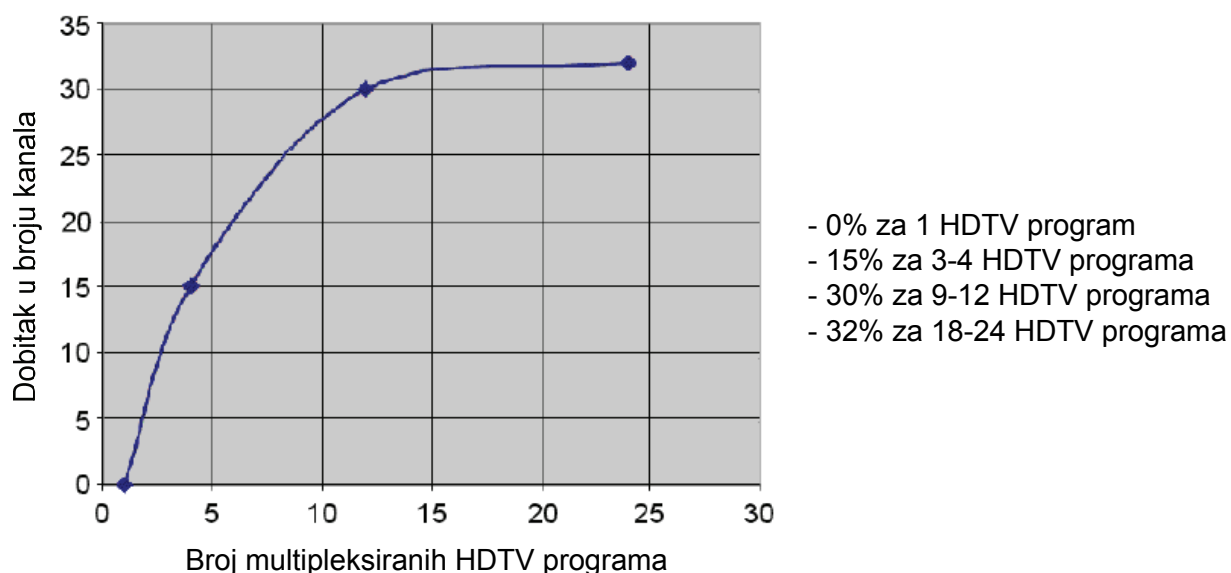
- sa konstantnom brzinom prenosa svakog programskog toka,
- sa promjenljivom brzinom prenosa svakog programskog toka.

Kod multipleksiranja sa konstantnom brzinom prenosa (CBR – *Constant Bit Rate*) svakom programskom toku je unaprijed dodijeljena brzina prenosa, dok se kod multipleksiranja sa promjenljivom brzinom prenosa (VBR – *Variable Bit Rate*) trenutna brzina prenosa određenog programskog toka u multipleksu određuje u zavisnosti od programskog sadržaja u tom trenutku. Za određivanje promjenljive brzine prenosa koristi se statistički multiplekser. Na osnovu male vjerovatnoće da će svi programi u multipleksu u istom trenutku imati najsloženije sadržaje i zahtijevati najveću brzinu prenosa, statistički multiplekser ostvaruje dodatnu efikasnost. Na ovaj način mogu se ostvariti dodatne uštede u kapacitetu, odnosno omogućiti prenos do 30% većeg broja programa u multipleksu. Dobitak ostvaren primjenom statističkog MPEG-4 AVC multipleksa u broju prenošenih HDTV signala prikazan je na Slici 5.2.

Broj SDTV i HDTV programa koji je moguće prenijeti jednim DVB-T2 multipleksom sa tipičnim setom parametara i primjenom MPEG-4 AVC tehnike kompresije dat je u Tabeli 5.2.

Tabela 5.2. Broj TV programa u jednom DVB-T2 multipleksu sa MPEG-4 AVC kompresijom (8 MHz, 256QAM, 32ke, 1/16, PP4)

| Kodni odnos | SDTV programi | | HDTV programi | |
|-------------|---------------|-----|---------------|-----|
| | CBR | VBR | CBR | VBR |
| 1/2 | 13 | 17 | 7 | 8 |
| 3/5 | 16 | 21 | 8 | 10 |
| 2/3 | 18 | 23 | 9 | 11 |
| 3/4 | 20 | 26 | 10 | 13 |
| 4/5 | 21 | 27 | 11 | 14 |



Slika 5.2. Dobitak ostvaren primjenom statističkog MPEG-4 AVC multipleksa

Kako je utvrđeno u trećoj glavi ove Studije, za prenos svih postojećih analognih TV programa u digitalnoj tehnologiji u standardnoj rezoluciji dovoljan je jedan DVB-T2 multipleks, tj. jedan kanal širine 8 MHz u UHF opsegu. Iz Tabele 5.2 se vidi da se realizacijom drugog DVB-T2 multipleksa može obezbijediti kapacitet za veći broj dodatnih SDTV i/ili HDTV programa. Za dodatne usluge digitalne televizije, uključujući 3DTV i mobilnu zemaljsku televiziju, mogu se koristiti preostali raspoloživi kanali u opsegu 470-694 MHz, gdje preostaju resursi za implementaciju još dva multipleksa sa nacionalnim pokrivanjem, po jedan multipleks na regionalnom nivou u allotment zonama TVDRAŠ i BJELASICA i još 4 lokalna pokrivanja u allotment zoni PODGORICA. Pri tome, ne treba zanemariti ni činjenicu da se sve više AVM usluge pružaju posredstvom EC mreža, čime se potreba za tradicionalnim sistemima TV radio-difuzije smanjuje.

5.2. Spektralni zahtjevi za usluge digitalnog radija

Obzirom da u Crnoj Gori još uvijek nijesu implementirane usluge digitalnog radija, za njihovu implementaciju opravdano je primijeniti spektralno efikasniju DAB+ tehnologiju. Broj radio programa koji je moguće prenijeti jednim DAB+ multipleksom zavisi od željenog stepena zaštite od grešaka u prenosu, koji determiniše korisni kapacitet sistema, i željenog kvaliteta zvuka, koji determiniše brzinu prenosa audio sadržaja u podkanalu.

Ukupan kapacitet DAB+ sistema u kanalu širine 1,536 MHz iznosi 2304 kb/s. Korisni kapacitet DAB+ sistema zavisi od ekvivalentnog kodnog odnosa potrebnog za postizanje željenog stepena zaštite od grešaka. Pri tome, zadovoljavajući stepen zaštite se postiže primjenom kodnog odnosa srednje vrijednosti 0,5 (EEP nivo 3A) ili 0,6 (EEP nivo 4A), što daje korisni

kapacitet od 1152 kb/s, odnosno 1382 kb/s. U Tabeli 5.3 dat je pregled broja radio programa koji je moguće prenijeti jednim DAB+ multipleksom u zavisnosti od brzine prenosa u podkanalu u slučaju zaštite od grešaka nivoa 3A i 4A.

Tabela 5.3. Broj radio programa po DAB+ multipleksu

| Brzina prenosa u podkanalu [kb/s] | Broj radio programa | |
|-----------------------------------|---------------------|-------------|
| | EEP nivo 3A | EEP nivo 4A |
| 24 | 48 | 57 |
| 32 | 36 | 43 |
| 48 | 24 | 28 |
| 72 | 16 | 19 |
| 128 | 9 | 10 |
| 192 | 6 | 7 |

DAB+ sistem koristi MPEG-4 HE-AAC v2 standard za kompresiju audio signala. Ovaj standard omogućava gotovo CD kvalitet zvuka uz brzinu prenosa od 128 kb/s. Smanjivanjem brzine prenosa audio sadržaja ispod 128 kb/s smanjuje se i audio kvalitet dobijen AAC koderom. Na osnovu ispitivanja Evrposke Radio-difuzne Unije (EBU), za stereo audio zvuk brzine prenosa od 48 kb/s primjenom AAC koderom postiže se dobar do izvrstan kvalitet zvuka, a za stereo audio zvuk brzine prenosa 64 kb/s izvrstan kvalitet zvuka. Shodno Tabeli 4.9 za prenos audio sadržaja brzinom 64 kb/s potreban je podkanal brzine 72 kb/s, što znači da se jednim DAB+ multipleksom, odnosno jednim T-DAB kanalom širine 1,536 MHz, može prenijeti 16-19 radio programa zadovoljavajućeg stepena zaštite od grešaka i izvrsnog kvaliteta zvuka. Samo angažovanjem tri kanala u opsegu 174-230 MHz, koji su u Crnoj Gori u skladu sa sporazumom GE06 opredijeljeni za T-DAB, omogućen je prenos 48-57 radio programa na nacionalnom nivou. U slučaju potrebe, dodatni resursi se mogu dobiti podjelom jednog TV kanala širine 7 MHz u istom opsegu na 4 DAB kanala širine 1,536 MHz, što se ukupno gledano može smatrati dovoljnim resursom za usluge digitalnog radija.

5.3. Spektralni zahtjevi za mobilne komunikacione usluge

Povećanjem zahtjeva vezanih za kapacitet mreže, koji se u prvom redu odnose na brzinu prenosa podataka u radio-pristupnom dijelu (stotine Mb/s prema korisniku u uslovima mobilnosti), povećavaju se i zahtjevi za resursima u pogledu radio-frekvencijskog spektra neophodnog za dalji razvoj mobilnih komunikacionih sistema (u ITU-R dokumentima koristi se naziv IMT sistemi, koji obuhvata IMT-2000 tehnologije i tehnologije novih generacija u okviru IMT-Advanced koncepta). Prema ITU-R analizama, pretpostavljene potrebe za razvoj IMT sistema do 2015. godine iznose ukupno 1300 MHz, a do 2020. godine čak 1720 MHz spektra u scenariju višeg tržišta. Zbog propagacionih karakteristika, za pristupni dio mobilnih komunikacionih mreža poželjni su opsezi između 400 MHz i 5 GHz. ITU-R je

na WRC-07 alocirao dodatni spektar u opsezima 450-470 MHz, 790-862 MHz, 2300-2400 MHz i 3400-3600 MHz (za ITU Region 1) za mobilnu radio službu na primarnoj osnovi i identifikovao ukupno osam opsega za upotrebu od strane IMT sistema, dok je na WRC-12 alociran još i opseg 694-790 MHz (ova alokacija se neće primjenjivati prije 2015. godine). Osim toga, Evropski Savjet i Parlament su Odlukom broj 243/2012/EU iz 2012. godine identifikovali ukupno šest harmonizovanih opsega za TRA-ECS sisteme. U Tabeli 5.4 je dat pregled opsega koji su u ITU-R Radio pravilniku (RR-*Radio Regulations*) identifikovani za IMT sisteme u Regionu 1.

Tabela 5.4. Opsezi identifikovani u RR-u za IMT sisteme (Region 1)

| Opseg [MHz] | Trenutna upotreba | Da li je Odlukom 243/2012/EU prepoznat za TRA-ECS sisteme |
|---|--------------------------|--|
| 450-470 | PMR/PAMR | NE |
| 694-790 | TV radio-difuzija | NE |
| 790-862 | TV radio-difuzija | DA |
| 880-915/925-960 | E-GSM/GSM | DA |
| 1710-1785/1805-1880 | DCS1800 | DA |
| 1900-1920/ 1920-1980/2010-2025/ 2110-2170 | IMT-2000 | DA |
| 2300-2400 | SAP/SAB | NE |
| 2500-2690 | IMT-2000 | DA |
| 3400-3600 | BWA | DA* |

* Odlukom 243/2012/EU identifikovan je opseg 3410-3800 MHz

Dakle, za dalji razvoj mobilnih komunikacionih mreža, između ostalih, ozbiljno se računa i na spektar digitalne dividende. U cilju harmonizovanog pristupa korišćenju opsega 790-862 MHz, Odlukom ECC/DEC(09)03 definisani su neophodni tehnički uslovi, a u Izvještaju ECC Report 31 predložen je frekvencijski aranžman za FDD i TDD mod. Frekvencijski aranžman zasnovan je na kanalnom rasteru širine 5 MHz i predviđa 2 x 30 MHz za FDD, odnosno 65 MHz za TDD mod. Na Slici 5.3 prikazan je frekvencijski aranžman za opseg 790-862 MHz.

Uzme li se u obzir da je puni kapacitet LTE tehnologije moguće ostaviti u kanalu širine 20 MHz, kao i zahtjev da se, u cilju omogućavanja konkurencije, pristup spektru omogući više nego jednom operatoru, jasno je da i u slučaju da se čitav opseg 790-862 MHz opredijeli za mobilne EC usluge, puni kapacitet LTE tehnologije nije moguće ostvariti za više od jednog operatora. Izlaz se mora tražiti ili u kombinaciji sa drugim opsezima koji se tradicionalno koriste za mobilne komunikacione mreže (880-915/925-960 MHz, 1710-1785/1805-1880 MHz, 1920-1980/2010-2025 MHz i 2500-2690 MHz), tj. *refarming*-om tih opsega, ili u opredjeljivanju novih resursa za mobilne EC usluge.

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 790-791 | 791-796 | 796-801 | 801-806 | 806-811 | 811-816 | 816-821 | 821-832 | 832-837 | 837-842 | 842-847 | 847-852 | 852-857 | 857-862 |
| Zaštitni opseg | FDD DL | | | | | | Dupleksni zarmak | FDD UL | | | | | |
| 1 MHz | 30 MHz (6 blokova po 5 MHz) | | | | | | 11 MHz | 30 MHz (6 blokova po 5 MHz) | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 790-797 | 797-802 | 802-807 | 807-812 | 812-817 | 817-822 | 822-827 | 827-832 | 832-837 | 837-842 | 842-847 | 847-852 | 852-857 | 857-862 |
| Zaštitni opseg | TDD | | | | | | | | | | | | |
| 7 MHz | 65 MHz (13 blokova po 5 MHz) | | | | | | | | | | | | |

Slika 5.3. Frekvencijski aranžman za opseg 790-862 MHz: FDD (gore) i TDD (dolje)

S obzirom da alokacija opsega 694-790 MHz za mobilnu službu stupa na snagu tek od 2015. godine, ovaj opseg trenutno nije dio LTE strategije u Evropi. U okviru ITU-R Radne grupe 5D, koja se bavi IMT sistemima, razmatra se frekvencijski aranžman za opseg 694-790 MHz za IMT sisteme. Pretpostavljeni aranžman predviđa 2 x 30 MHz za FDD način rada, što bi značilo dupliranje RF resursa za LTE u spektru digitalne dividende. Pretpostavljeni frekvencijski aranžman za opseg 694-790 MHz prikazan je na Slici 5.4.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|
| 694-703 | 703-708 | 708-713 | 713-718 | 718-723 | 723-728 | 728-733 | 733-758 | 758-763 | 763-768 | 768-773 | 773-778 | 778-783 | 783-788 | 788-790 |
| Zaštitni opseg | FDD UL | | | | | | Dupleksni zarmak | FDD DL | | | | | | Zaštitni opseg |
| 5 MHz | 30 MHz (6 blokova po 5 MHz) | | | | | | 11 MHz | 30 MHz (6 blokova po 5 MHz) | | | | | | 2 MHz |

Slika 5.4. Pretpostavljeni frekvencijski aranžman za opseg 694-790 MHz

Na osnovu prethodno izloženog može se zaključiti da puni kapacitet LTE tehnologije trenutno nije moguće ostvariti u spektru digitalne dividende za više od jednog operatora.

6. INTERESI I POTREBE KORISNIKA I PRUŽALACA AVM I EC USLUGA U VEZI KORIŠĆENJA SPEKTRA DIGITALNE DIVIDENDE

Interese i potrebe korisnika, kao i pružalaca AVM i EC usluga koje je moguće ponuditi u spektru digitalne dividende, kao i društva u cjelini, sagledaće se prema vrsti usluge i tehnologiji posredstvom koje se ta vrsta usluge može pružiti. Ovi interesi i potrebe biće identifikovani po pojedinim djelovima spektra digitalne dividende.

6.1. Interesi i potrebe korisnika i pružalaca usluga digitalne televizije

Obzirom da je spektar digitalne dividende izvorno korišćen od strane sistema zemaljske televizije, te da je sama digitalna dividenda zapravo posljedica tehnološkog napretka tih sistema, pri uvođenju drugih usluga u spektru digitalne dividende potrebno je voditi računa da se za dalji razvoj digitalne televizije ostavi dovoljno RF resursa. U tom smislu ovi resursi treba da omoguće zadovoljenje postojećih potreba i da ostave prostor za njihov dalji razvoj. Sigurno je da će kod korisnika i radio-difuznih operatera postojati potreba i interes za emitovanjem dodatnih TV programa u SD i/ili HD rezoluciji, bilo na bazi "*free-to-air*" pristupa, bilo sa uslovnim pristupom (*Pay TV*). Takođe, procjena je da će postojati i komercijalni interes za omogućavanjem naprednih usluga digitalne televizije, uključujući 3DTV i mobilnu zemaljsku televiziju prema DVB-H standardu.

Opredjeljenje da se u Crnoj Gori, kao tehnologija digitalnog emitovanja TV programa, primijeni spektralno efikasniji DVB-T2 standard i efikasnija tehnika kompresije video signala MPEG-4 (H.264/AVC), rezultiralo je maksimalnom veličinom digitalne dividende. Ovakva tvrdnja se može izreći zato što je za potpunu digitalizaciju svih analognih TV programa koji trenutno funkcionišu u Crnoj Gori dovoljan jedan DVB-T2 multipleks, odnosno samo jedan kanal širine 8 MHz u UHF opsegu. Potrebe daljeg razvoja digitalne televizije moguće je zadovoljiti angažovanjem preostalih resursa u opsezima 174-230 MHz, 470-694 MHz, ili eventualno u opsegu 694-790 MHz. Pri tome, treba imati na umu da na korišćenje opsega 174-230 MHz pretenduju i sistemi digitalnog radija, kao i da se opseg 694-790 MHz kandiduje i za korišćenje od strane mobilnih komunikacionih mreža. To bi, uz dominantni trend opredjeljivanja opsega 790-862 MHz za mobilne EC mreže, moglo dovesti do smanjenja resursa za digitalnu televiziju na tri multipleksa na nacionalnom nivou u UHF opsegu i nekoliko regionalnih i lokalnih pokrivanja.

Takođe, ne treba zanemariti ni konstantan trend rasta broja korisnika AVM usluga posredstvom distributivnih EC mreža, kao supstituta tradicionalnim sistemima TV radio-difuzije. Kako je navedeno u prvoj glavi ove Studije, na kraju 2012. godine u Crnoj Gori je samo 31,3% domaćinstava kao jedini način pristupa AVM uslugama koristilo slobodan zemaljski prijem radio i TV

programa. Jedino je u sjevernoj regiji za 57,26% domaćinstava zemaljski prijem radio i TV programa još uvijek dominantan. Dodatno, treba imati u vidu da se putem širokopojasnih elektronskih komunikacionih mreža, uključujući i mobilne mreže, mogu ponuditi konvergentne EC/AVM usluge sa dodatnom vrijednošću (*HD Video streaming*, mobilne multimedijalne aplikacije, interaktivna televizija, video na zahtjev itd.). Porast penetracije takvog načina pristupa AVM uslugama vodi daljem smanjenju potreba za sistemima klasične TV radio-difuzije.

6.2. Interesi i potrebe korisnika i pružalaca usluga digitalnog radija

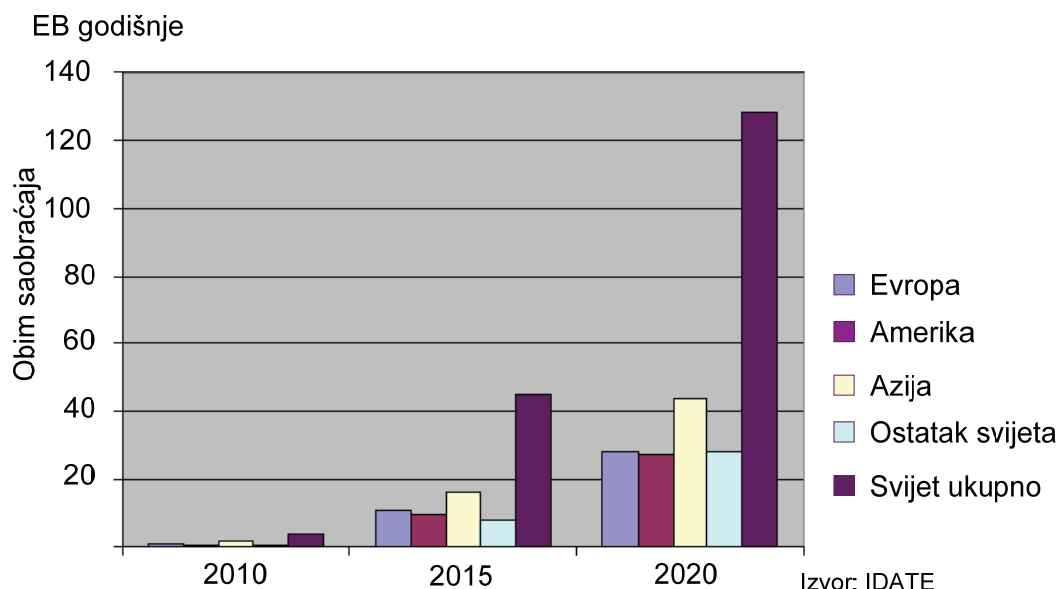
Kako je navedeno u prvoj glavi ove Studije, trenutno se u Crnoj Gori u analognoj FM tehnologiji, u opsegu 87,5-108 MHz, emituje ukupno 52 programa radija. Od tog broja, 14 radio programa se emituje u više od tri opštine, od čega 6 u više od polovine opština u Crnoj Gori. Zbog prilične zauzetosti opsega 87,5-108 MHz nema previše prostora za uvođenje novih radio programa u analognoj FM tehnologiji. Rješenje tog problema je moguće tražiti u pravcu uvođenja digitalnog radija u DAB/DAB+ tehnologiji u frekvencijskom opsegu 174-230 MHz. Kako je utvrđeno u petoj glavi ove Studije, upotrebom tri već raspoloživa kanala u opsegu 174-230 MHz za T-DAB, omogućio bi se prenos 48-57 programa radija na nacionalnom nivou. Angažovanjem 4 dodatna DAB pokrivanja, koja se mogu dobiti podjelom jednog TV kanala u opsegu 174-230 MHz, omogućava se prenos dodatnih 64-76 radio programa sa nacionalnim pokrivanjem. Jasno je da su nabrojani resursi više nego dovoljni za dalji razvoj radija u Crnoj Gori, uključujući i pojavu novih emitera i uvođenje komplementarnih *data* usluga. Pri tome, veliki broj radio stanica koje svoje programe emituju na lokalnom ili regionalnom nivou, a koje imaju interes da prošire područje pokrivanja na nacionalni nivo, imaće interes za prelazak na digitalno emitovanje u opsegu 174-230 MHz.

6.3. Interesi i potrebe korisnika i pružalaca mobilnih EC usluga

Razvojem širokopojasnih mobilnih komunikacionih mreža (prije svega HSPA/HSPA+) u posljednjih 10-tak godina došlo je do naglog porasta broja korisnika mobilnih širokopojasnih usluga. ITU je u svom Izvještaju o mjeranju informacionog društva (*Measuring the Information Society*) iz maja 2010. godine prikazao podatke iz kojih se zaključuje da je na globalnom nivou još tokom 2008. godine penetracija mobilnih širokopojasnih priključaka prevazišla penetraciju fiksnih širokopojasnih priključaka, što mobilnu telekomunikacionu industriju stavlja u središte telekomunikacionog i ukupnog ICT sektora.

Rast broja korisnika mobilnih *data* usluga, uz razvoj multimedijalnih aplikacija i naprednih korisničkih uređaja, uslovio je i enorman porast obima *data* saobraćaja u mobilnim mrežama. Prognoze govore da će obim mobilnog *data* saobraćaja u periodu 2010-2020. godina na globalnom nivou

porasti 33 puta i dostići 127 EB godišnje. Trend rasta obima saobraćaja sa prognozom do 2020. godine prikazan je na Slici 6.1.

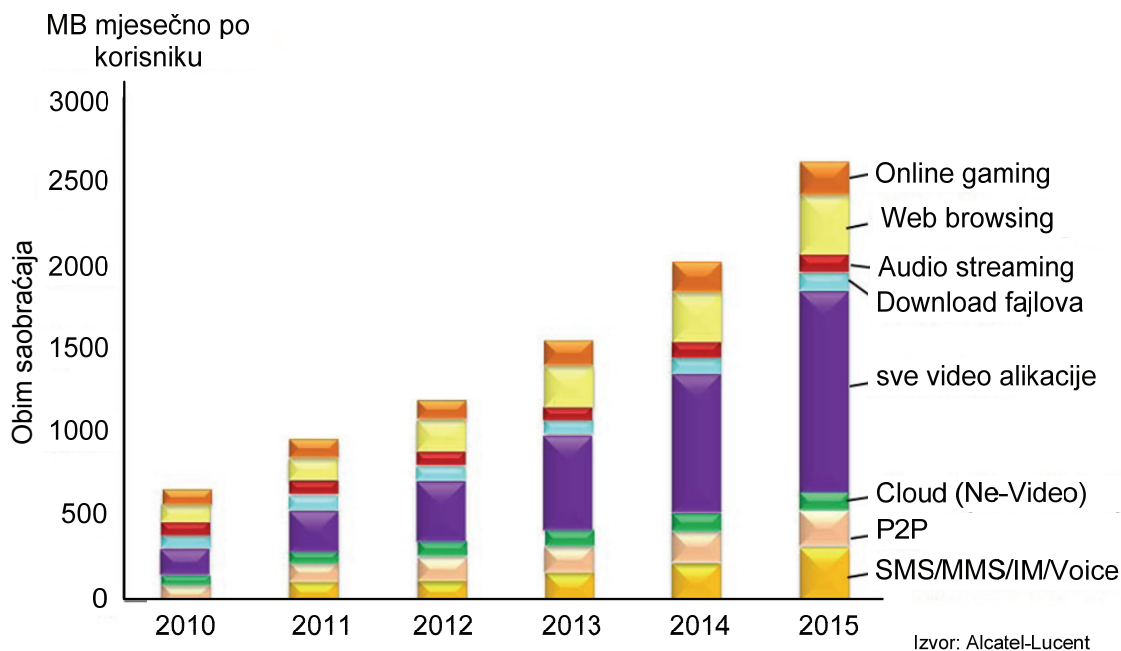


Slika 6.1. Trend rasta obima mobilnog data saobraćaja sa prognozom do 2020. god.

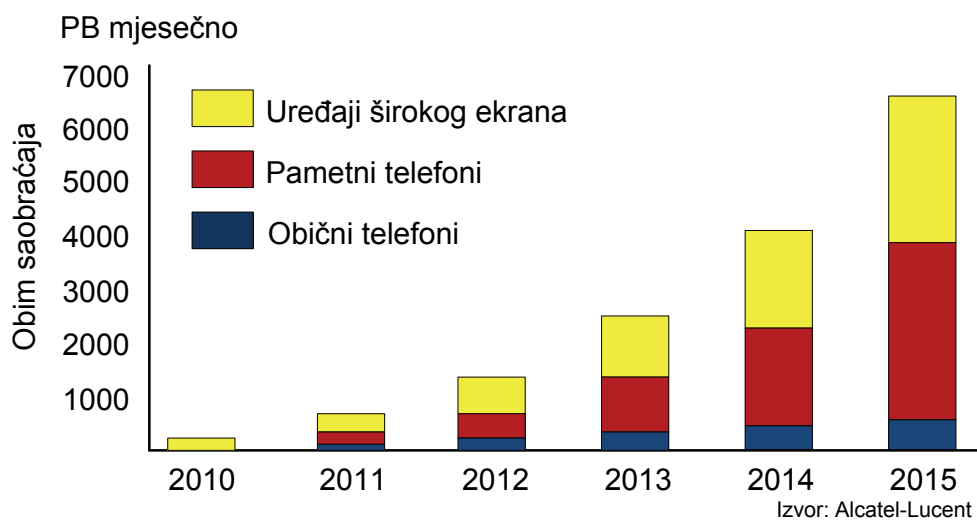
Dva su ključna generatora rasta obima mobilnog *data* saobraćaja: razvoj širokog spektra mobilnih multimedijalnih aplikacija (koje podrazumijevaju prenos velike količine podataka) i sve masovnija upotreba pametnih telefona i uređaja sa širokim ekranom (tableti, *notebook* i *laptop* računari, mobilni projektori, igračke konzole...) za pristup Internet servisima.

Već sada mobilne video aplikacije imaju najveće učešće u ukupnom obimu saobraćaja prosječnog korisnika mobilnih servisa. Prognoze govore da će 2015. godine ukupan mjesečni obim saobraćaja po mobilnom korisniku dostići gotovo 3 GB. Od te količine polovinu saobraćaja će generisati mobilne video aplikacije. Po udjelu u ukupnom generisanom saobraćaju slijede: *web* pretraživanje, SMS/MMS/IM/Voice usluge, P2P (*peer-to-peer*) aplikacije i *online* igrice. Prikaz strukture obima mobilnog saobraćaja po vrsti usluge sa prognozom do 2015. Dat je na Slici 6.2.

Na Slici 6.3 prikazan je rast obima mobilnog *data* saobraćaja sa prognozom do 2015. godine po vrsti mobilnog uređaja. Predviđa se da će 2015. godine preko polovine ukupnog mobilnog *data* saobraćaja biti generisano od strane pametnih telefona, oko 40% od strane uređaja širokog ekrana, a manje od 10% od strane običnih mobilnih telefona. Prema *Cisco*-vim istraživanjima, jedan pametni telefon generiše saobraćaja koliko i 35 običnih mobilnih telefona, tablet kao 121 mobilni telefon, a *laptop* računar kao 498 telefona.



Slika 6.2. Struktura obima mobilnog saobraćaja po vrsti usluge sa prognozom do 2015. od.

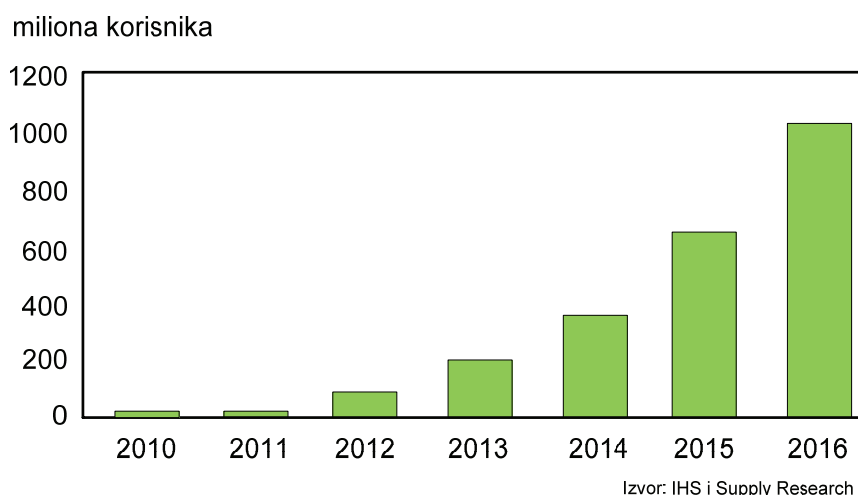


Slika 6.3. Struktura obima mobilnog saobraćaja po vrsti uređaja sa prognozom do 2015. god.

Da bi se obezbijedila tehnološka podrška za rastuće zahtjeve u pogledu obima saobraćaja, neophodan je razvoj modernih širokopoljnih mobilnih mreža, u prvom redu LTE/LTE *Advanced*, koje će omogućiti znatno veće brzine prenosa podataka ka i od korisnika, kao i alokacija dodatnog RF spektra u cilju podrške implementaciji takvih mreža. U prethodnoj Glavi su detaljno elaborirani zahtjevi u pogledu spektra neophodnog za implementaciju LTE tehnologije. U tom smislu, pored opsega koji se već koriste za mobilne komunikacione mreže i opsega 2500-2690 MHz i 3410-3600 MHz, u Evropi se ozbiljno računa na spektar digitalne dividende.

LTE mobilne komunikacione mreže su već sada realnost, a LTE servisi su komercijalno dostupni u velikom broju država, uključujući i Crnu Goru. Očekivanja su da će u sljedećih nekoliko godina doći do dalje ekspanzije LTE mreža i rapidnog rasta broja LTE korisnika, koji će na globalnom nivou 2016. godine preći jednu milijardu. Kretanje broja LTE korisnika sa predviđanjem do 2016. godine dato je na Slici 6.4.

Za očekivati je da će i crnogorsko tržište mobilnih komunikacija slijediti globalne trendove u korištenju naprednih uređaja i aplikacija, te da će broj korisnika i obim *data* saobraćaja u mobilnim komunikacionim mrežama imati slične stope rasta.

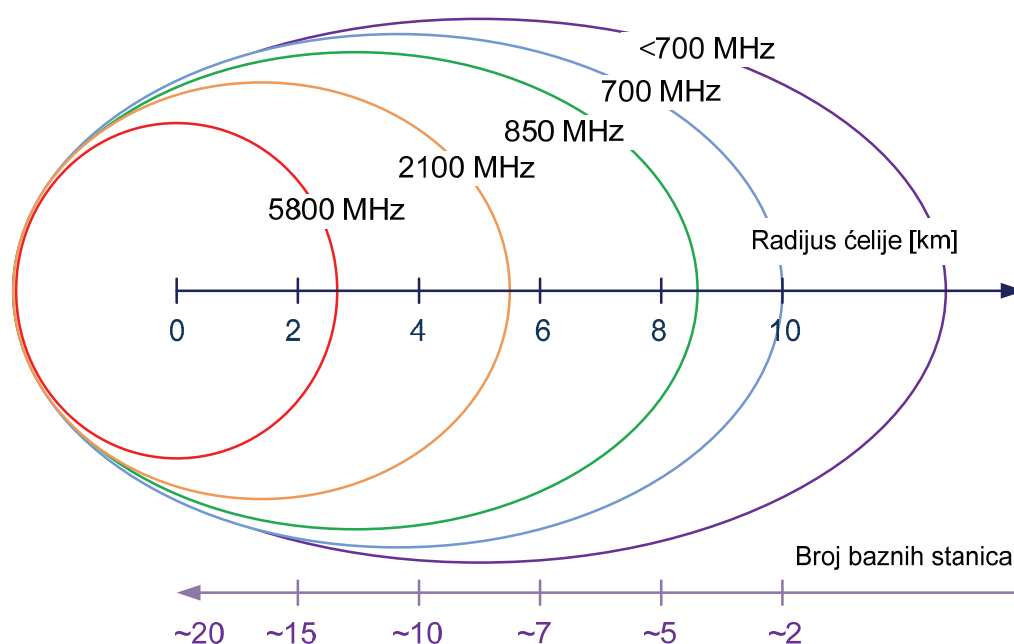


Slika 6.4. Kretanje broja LTE korisnika sa predviđanjem do 2016. god.

Značaj spektra digitalne dividende za mobilne komunikacione sisteme povezan je i sa propagacionim karakteristikama u tom opsegu. Naime, smanjenjem radne frekvencije povećava se zona servisa radio bazne stanice, što znači da se smanjenjem radne frekvencije smanjuje i broj baznih stanica potrebnih za pokrivanje nekog područja. Zavisnost veličine zone servisa, odnosno broja radio baznih stanica potrebnih za pokrivanje nekog prostora od primijenjenog radio-frekvencijskog opsega ilustrovana je na Slici 6.5. Iz tog razloga, opseg 790-862 MHz (kao i opseg 694-790 MHz) omogućava realizaciju LTE mreže sa manjim investicijama, što ga čini veoma pogodnim za obezbjeđivanje širokopojsnog pristupa fiksnim i mobilnim korisnicima u ruralnim i slabo naseljenim područjima.

Osim za dalji razvoj tržišta mobilnih EC usluga, digitalna dividenda u Crnoj Gori može imati i veliki društveni i socijalni značaj. Naime, Strategijom razvoja informacionog društva za period 2012-2016. godina Vlada Crne Gore je kao jedan od ciljeva postavila omogućavanje "simetričnog, garantovanog *broadband* pristupa sa minimum 10 Mb/s za 50% populacije do 2014. godine", odnosno "sa minimum 10 Mb/s za 100% populacije i minimum 20 Mb/s za 50% populacije do 2016. godine". Kako je navedeno u prvoj glavi ove Studije, na kraju 2012. godine samo 25% korisnika fiksnih

data usluga u Crnoj Gori ostvarivalo je pristup brzinama većim od 2 Mb/s, a preko 10% brzinama manjim od 1 Mb/s. Ovakvo stanje je direktna posljedica slabo razvijenih pristupnih mreža, pogotovo u slabo naseljenim područjima. Obzirom na stepen trenutnog razvoja žičanih i bežičnih pristupnih mreža u Crnoj Gori, ostvarenju ovako ambicioznog plana značajno bi doprinijela implementacija LTE mobilnih mreža, i to upravo u nižim radio-frekvencijskim opsezima. Na taj način bi se na ekonomski efikasan način mogli omogućiti *broadband* servisi i u ruralnim i slabo naseljenim oblastima, gdje nije razvijena infrastruktura ni fiksnih ni mobilnih širokopoljnih mreža. Dodatno, takav scenario bi doprinio smanjenju "digitalnog jaza" među stanovništvom, što je veoma značajno sa sociološkog aspekta.



Slika 6.5. Zavisnost veličine zone servisa i broja radio baznih stanica potrebnih za pokrivanje nekog prostora od primijenjenog radio-frekvencijskog opsega

Na osnovu svega navedenog može se zaključiti da i sa aspekta učesnika na telekomunikacionom tržištu i sa aspekta korisnika i društva u cjelini, postoji snažan interes i potreba da se što veći dio spektra digitalne dividende opredijeli za mobilne EC usluge.

6.4. Rezime mogućnosti, interesa i potreba za korišćenjem pojedinih djelova spektra digitalne dividende

Shodno tehničkim karakteristikama, izloženim interesima i potrebama korisnika i operatora pojedinih AVM i EC usluga za korišćenjem određenih djelova spektra digitalne dividende može se zaključiti sljedeće:

- za korišćenje opsega 174-230 MHz postoji interes od strane sistema digitalne televizije i sistema digitalnog radija;

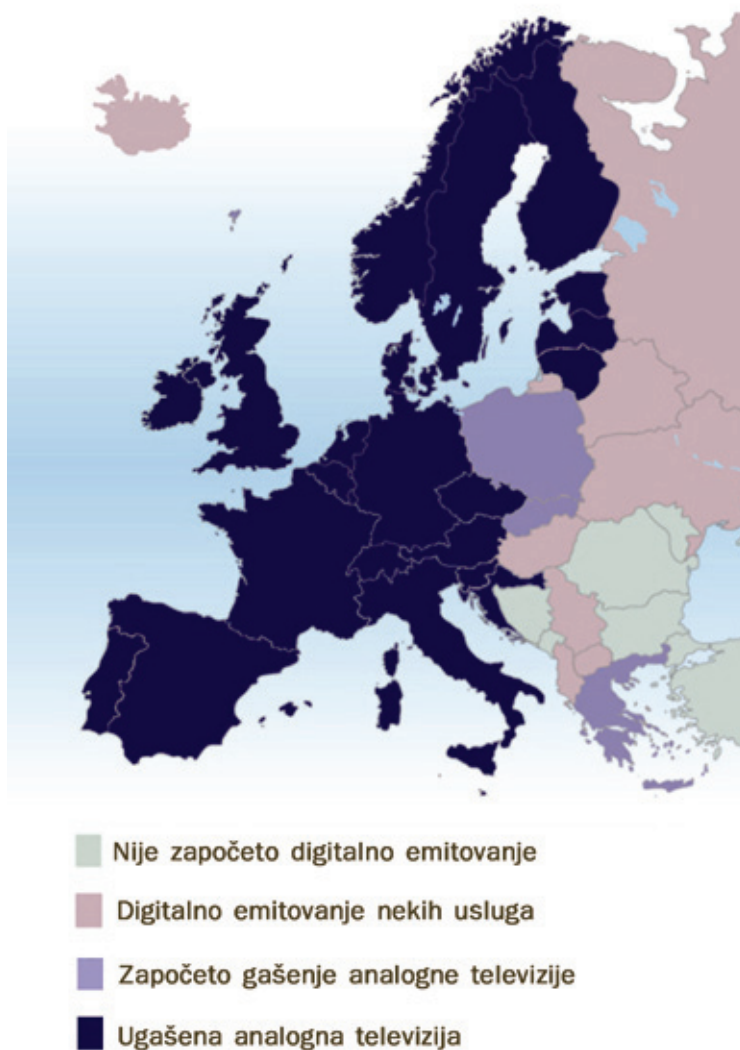
- za korišćenje opsega 470-694 MHz postoji interes samo od strane sistema digitalne televizije;
- za korišćenje opsega 694-790 MHz postoji interes od strane sistema digitalne televizije i potencijalni interes od strane mobilnih EC sistema;
- za korišćenje opsega 790-862 MHz postoji interes od strane sistema digitalne televizije i mobilnih EC sistema.

7. ISKUSTVA U IMPLEMENTACIJI NOVIH USLUGA U SPEKTRU DIGITALNE DIVIDENDE U NEKIM EVROPSKIM ZEMLJAMA

U ovoj Glavi daju se iskustva nekih zemalja u implementaciji dodatnih usluga digitalne televizije, digitalnog radija u opsegu 174-230 MHz i LTE mobilnih mreža u opsegu 790-862 MHz.

7.1. Iskustva u implementaciji dodatnih usluga digitalne televizije

U periodu od 2006. godine kada je prihvaćen sporazum GE06 do danas, većina evropskih zemalja prešla je sa analognog na digitalno emitovanje televizijskih programa. U različitim zemljama različita je uloga i zastupljenost zemaljske televizije. Sve evropske zemlje su proces digitalizacije TV radio-difuzije temeljile na DVB-T standardu, dok se usvojene tehnike kodiranja video signala razlikuju. U principu države koje su ranije započele digitalno emitovanje primijenile su MPEG-2 standard. Na Slici 7.1 prikazan je trenutni status digitalizacije TV radio-difuzije u Evropi.



Slika 7.1. Trenutni status digitalizacije TV radio-difuzije u Evropi

Najrasprostranjenija nova usluga digitalne televizije je usluga televizije sa uslovnim pristupom (*Pay TV*). U većini evropskih zemalja je uvedena ova vrsta usluge, a za potrebe ove Studije izdvojeni su karakteristični primjeri Francuske, Švedske i BJR Makedonije.

7.1.1. *Pay TV* u Francuskoj

Francusko televizijsko tržište je treće po veličini u Evropi, odmah nakon njemačkog i britanskog. Ovo tržište je karakteristično iz razloga što je u Francuskoj među prvima uvedena *Pay TV* usluga putem zemaljske digitalne televizije. Prve usluge digitalne televizije u Francuskoj počele su da se pružaju 2005. godine primjenom DVB-T standarda. Za programe koji su namijenjeni za slobodni prijem koristi se MPEG-2 standard, dok su još 2005. godine na tržištu ponuđene *Pay TV* usluge uz korištenje H.264/AVC (MPEG-4) standarda za kodiranje video signala. H.264/AVC standard se koristi i za HD sadržaje, bez obzira da li se radi o slobodnim programima ili programima sa uslovnim pristupom. Analogna televizija u potpunosti je ugašena 2011. godine. Televizijske programe putem sistema zemaljske televizije u Francuskoj prima skoro 70% domaćinstava, dok 33,46% domaćinstava ima samo mogućnost zemaljskog prijema TV programa. Ukupno je u radu 6 DVB-T multipleksa sa 30 TV programa, od kojih je 9 sa uslovnim pristupom. Ukupno 5 programa se emituje u HD rezoluciji. U cilju omogućavanja povećane ponude usluga digitalne televizije nakon dodjele opsega 790-862 MHz operatorima LTE mobilnih mreža, Francuska je najavila prelazak sa DVB-T/MPEG-2 standarda na DVB-T2/H.264 AVC standard.

7.1.2. *Pay TV* u Švedskoj

Primjer Švedske je karakterističan po tome što postoji vrlo bogata ponuda televizijskih programa koji se plaćaju i distribuiraju putem mreže zemaljske digitalne televizije. Trenutno je u radu 7 multipleksa digitalne televizije. U jednom se prenosi 9 programa namijenjenih za slobodni prijem, a u ostalih 6 multipleksa se prenosi ukupno 39 *Pay TV* programa, od čega su 8 HDTV. Televizijske programe putem sistema zemaljske televizije u Švedskoj prima skoro 56% domaćinstava, dok 41,05% domaćinstava ima samo mogućnost zemaljskog prijema.

7.1.3. *Pay TV* u BJR Makedoniji

Makedonska digitalna *Pay TV* platforma BoomTV je specifičan primjer iz razloga što je ova platforma osnovni katalizator za prelazak s analognog na digitalno emitovanje televizijskih programa. BoomTV koristi DVB-T standard sa H.264/AVC (MPEG-4) normom za kodiranje video signala i u ponudi ima 40-tak programa u standardnoj rezoluciji. Platforma je uvedena 2009. godine, a u paketu programa koji se plaćaju nalaze se i programi javnih

servisa, koji su ujedno dostupni i u analognoj televizijskoj platformi (bez plaćanja). U BJR Makedoniji se planira uvođenje 2 nova digitalna multipleksa od kojih će jedan prenositi postojeće analogne komercijalne televizijske programe, a drugi lokalne programe. Takođe, predviđa se i uvođenje jednog javnog multipleksa koji će prenositi programe javnih servisa, koji će tada izaći iz BoomTV paketa programa. BoomTV u budućnosti predviđa prelazak na DVB-T2 standard i korišćenje prijemnika s integrisanim mrežnim *Ethernet* interfejsom koji će omogućiti povratnu vezu, u cilju podrške uslugama interaktivne televizije.

7.2. Iskustva u implementaciji usluga digitalnog radija u opsegu 174-230 MHz

U velikom broju evropskih zemalja još u drugoj polovini devedesetih godina prošlog vijeka počela su testiranja DAB standarda. Međutim, DAB tehnologija dugo je stagnirala zbog nedostatka prijemnika i novih sadržaja. Novi interes za digitalni radio u Evropi pojavio se nakon digitalizacije televizije i standardizacije prijemnika za Eureka 147 grupu standarda (DAB, DAB+, DMB), a neke zemlje su počele razmatrati i potpuno gašenje analognog FM radija.

7.2.1. Digitalni radio u Velikoj Britaniji

Velika Britanija ima najveći broj multipleksa namijenjenih DAB radiju i najveći broj isključivo digitalnih sadržaja u Evropi. Trenutno su u radu 2 nacionalna, 10 regionalnih i 38 lokalnih DAB multipleksa. Ovim multipleksima se prenosi ukupno 454 programa, od kojih je 219 dostupno isključivo na digitalnoj platformi. Pokriveno je skoro 90% stanovništva, a 39% stanovništva starijeg od 15 godina posjeduje DAB prijemnik. U Velikoj Britaniji DAB prijemnici se ugrađuju u veliki broj automobila, u mobilne telefone i MP3 *player*-e, što je doprinijelo popularizaciji i slušanosti DAB radija. Čak je 2009. godine donešen strateški plan vezan za digitalno emitovanje radijskih i televizijskih programa (*Digital Britain*) prema kojim je predviđena potpuna digitalizacija radija i kao standard za potpuni prelazak na digitalno emitovanje odabran je DAB. Prema ovom dokumentu do 2013. godine trebalo bi se postići 50% slušanosti digitalnog radija, a takođe bi u svim novim automobilima koji se prodaju u Velikoj Britaniji trebao biti ugrađen DAB prijemnik. Dokument predviđa gašenje analognog radija do kraja 2015. godine, iako je prema trenutnoj situaciji vjerovatnije da se gašenje analognog radija završi tokom 2017. godine.

7.2.2. Digitalni radio u SR Njemačkoj

U SR Njemačkoj je prva nacionalna DAB+ mreža počela sa radom u avgustu 2011. godine. Trećina ukupnog kapaciteta DAB+ multipleksa unaprijed je dodijeljena operatoru javnog servisa, dok je ostatak kapaciteta ponuđen na

javnom tenderu. Signal digitalnog radija dostupan je u svim većim njemačkim gradovima, a pokrivene su i značajnije saobraćajnice. Sa ukupno 27 predajnika, ova mreža trenutno pokriva nešto manje od 50% stanovništva SR Njemačke. Uz stalnu nadogradnju mreže očekuje se da bi do kraja 2014. godine moglo biti ostvareno pokrivanje 99% stanovništva. Trenutno se ovom mrežom prenosi 3 radio programa operatora javnog servisa i 11 programa privatnih komercijalnih operatora, a prenose se i dodatne usluge (*Radio Text, Slide Show, Journaline* i *EPG*). Ostali nacionalni digitalni kanali trebali bi biti zamijenjeni sa najviše tri multipleksa u svakoj od 16 njemačkih pokrajina, kako bi se omogućio prelazak privatnih komercijalnih operatora na digitalno emitovanje. Replaniranje će se iskoristiti i za potpuni prelazak u VHF III opseg, jer se trenutno dio digitalnog radija emituje u L-opsegu. U SR Njemačkoj je u radu takođe i 6 regionalnih multipleksa. SR Njemačka planira potpuni prelazak na digitalno emitovanje nakon 2015. godine, uz uslov da se postigne dovoljna penetracija digitalnog radija na tržištu u smislu slušanosti i prijemničke baze.

7.2.3. Digitalni radio u Francuskoj

Poslije jednogodišnjeg testiranja DMB standarda i sprovođenja uporednih testova DAB+ i DMB sistema Francuska se 2007. godine odlučila da izabere DMB kao nacionalni standard za digitalni radio u VHF III opsegu. Francuski regulator CSA je 2008. godine odredio tehničke parametre DMB mreže, kada je i objavljen javni poziv za pokrivanje 19 najvećih gradova u Francuskoj. Iako su dozvole trebale biti dodijeljene za sve gradove, na kraju su dodijeljene samo za 3 najznačajnija grada: Pariz, Marselj i Nicu/Kan. Za ostale gradove plan pokrivanja i puštanja u rad trebao je biti određen nakon početka emitovanja u navedena tri grada u decembru 2010. godine.

Paralelno s javnim pozivom sprovedena je i javna rasprava o digitalizaciji radija kako bi se utvrdili planovi i očekivanja učesnika na tržištu. Rezultat ove javne rasprave je bio odlaganje početka digitalizacije prvenstveno zbog otpora dijela privatnih emitera koji smatraju da će digitalizacija iziskivati velika ulaganja uz premali povraćaj uložених sredstava. CSA je po ovom pitanju tražio pomoć Francuske vlade kako bi se ubrzala digitalizacija na najvišem nivou, te su Vladi upućeni detaljni izvještaji o svim aspektima digitalizacije radija uključujući i tada planirani početak u oktobru 2010. godine. Navedeni izvještaj konačno je objavljen sredinom 2011. godine, a zaključak Vlade je bio da još nijesu postignuti svi uslovi potrebni za potpunu digitalizaciju radija u Francuskoj te se predlaže moratorijum u trajanju dvije do tri godine.

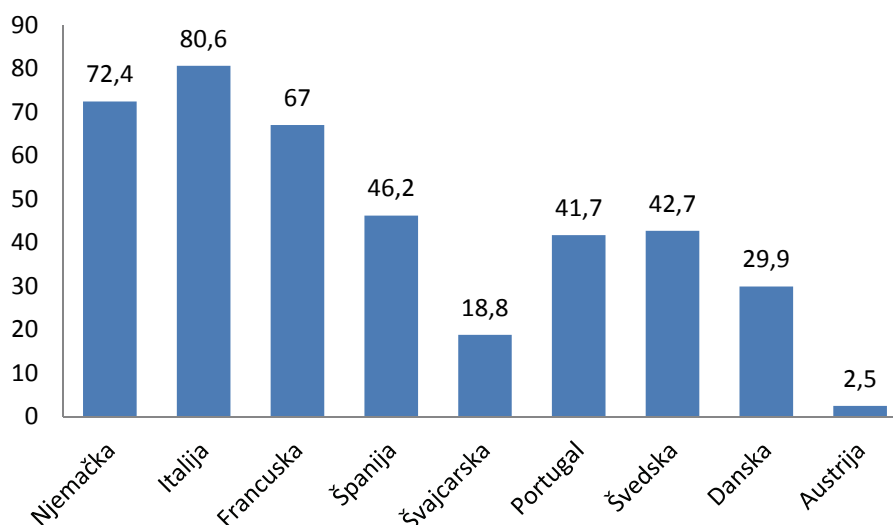
Trenutno su u testnom radu 2 regionalna multipleksa u VHF III opsegu na području Pariza i Liona, a testiraju se DAB+ i DMB standardi.

7.3. Iskustva u implementaciji LTE mobilnih mreža u opsegu 790-862 MHz

Većina država Evropske Unije odlučila je da radio-frekvencijski opseg 790-862 MHz opredijeli za LTE mobilne mreže. Prije puštanja u rad LTE mreža, potrebno je osloboditi ovaj opseg od smetnji koju mogu uzrokovati predajnici digitalne televizije. U okviru CEPT-a, a pod mandatom Evropske Komisije, razvijena je cjelokupna tehnička regulativa za uvođenje mobilnih *broadband* usluga u opseg 790-862 MHz.

Kako bi se ostvarili što bolji finansijski efekti, u većini evropskih zemalja dodjela radio-frekvencija iz opsega 790-862 MHz obavljena je putem aukcije. U cilju bolje valorizacije tog opsega, kao i drugih opsega koji su namjenjeni za mobilne komunikacione mreže, u mnogim zemljama su ponuđeni resursi u više opsega. Postignute cijene na aukcijama i obaveze operatora u pogledu dinamike razvoja i pokrivanja LTE mrežom, razlikuju se od države do države.

Na Slici 7.2. dat je pregled postignute cijene za 1 MHz spektra u opsegu 790-862 MHz po stanovniku u nekim evropskim državama.



Slika 7.2. Postignuta cijena 1 MHz spektra u opsegu 790-862 MHz po stanovniku u Euro centima

Status dodjele opsega 790-862 MHz za države koje su okončale taj proces ili imaju određen rok u kome će ga sprovesti dat je u Tabeli 7.1.

Tabela 7.1. Status dodjele opsega 790-862 MHz u Evropi (januar 2013. godine)

| Država | Vrijeme dodjele | Obaveze u pokrivanju | Dozvoljena tehnologija | Širina bloka | Veza sa ostalim opsezima |
|-------------|-------------------------------|---|------------------------|--------------------|---|
| Austrija | Planirano za sept. 2013. | Nije odlučeno | Nije odlučeno | 2x5 MHz | Kombinovano 800 MHz, 900 MHz i 1800 MHz |
| Belgija | Nije odlučeno | 30% stanovništva poslije 3 godine, 60% poslije 4,5 godine, 90% poslije 6 godina Minimalna brzina prenosa 30 Mb/s | Tehnološki neutralno | 2x5 MHz | Nije odlučeno |
| Švajcarska | Aukcija završena u feb. 2012. | 50% stanovništva za 5 godina | Tehnološki neutralno | 2x10 MHz | Kombinovano 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz i 2600 MHz |
| Češka | Aukcija u toku | 95% opština iz grupe A u roku od 30 mj. od dodjele, 100% opština iz grupe A i B, željeznički pravci i autoputevi u roku od 7 godina od dodjele. | Tehnološki neutralno | 2x5 MHz | Kombinovano 800 MHz, 1800 MHz i 2600 MHz |
| SR Njemačka | Aukcija završena u maju 2012. | Opseg 800 MHz se mora koristiti prvo za pokrivanje slabo naseljenih oblasti, a onda u urbanism oblastima (obrnuto pokrivanje). | Tehnološki neutralno | 2x10 MHz | Kombinovano 800 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz i 2600 MHz |
| Danska | Aukcija završena u junu 2012. | Zahtijeva se pružanje mobilnog broadband pristupa za 99,8% domaćinstava, kompanija i kuća u 207 gradova, koji imaju potrebu za broadband pokrivanjem, zahtijeva se brzina pristupa od najmanje 10 Mb/s do kraja 2015. godine. | Tehnološki neutralno | 2x10 MHz, 2x20 MHz | Ne |
| Španija | Aukcija završena u julu 2011. | Do 2020 godine operator sa 2x10 MHz blokom mora "zajedno sa drugim opsezima/ tehnologijama" obezbijediti najmanje 30 Mb/s za najmanje 90% stanovništva u gradovima sa manje od 5000 stanovnika. | Tehnološki neutralno | 2x5 MHz | Kombinovano 800 MHz, 1800 MHz i 2600 MHz |

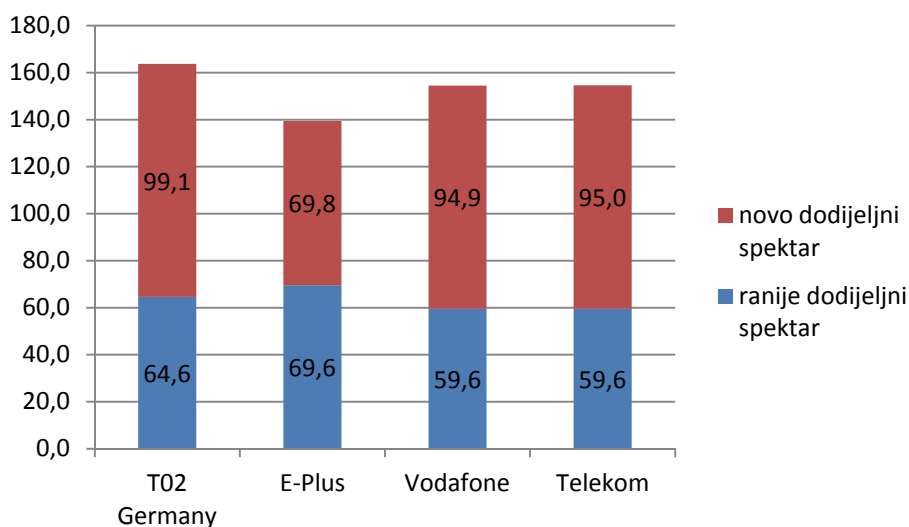
| | | | | | |
|----------------|---|--|----------------------|---------------------------------------|---|
| Finska | Aukcija u toku | Neki blokovi: 95% stanivništva u roku od 3 godine i 99% u roku od 5 godina od dodjele. Neki blokovi: 97% stanivništva u roku od 5 godina od dodjele | Tehnološki neutralno | 2x5 MHz | Ne |
| Francuska | Aukcija završena u dec. 2011. | Operatori moraju garantovati minimum obaveza u pokrivanju svakog regiona. Pokrivanje opština koje imaju slabu pokrivenost korišćenjem spectra iznad 1 GHz ima prioritet. | Tehnološki neutralno | 2x10 MHz | Kombinovano 800 MHz i 2600 MHz |
| Hrvatska | Javni poziv sproveden tokom 2012. | 50% teritorije u roku od 5 godina od trenutka kada regulator odluči da je opseg spreman za korišćenje. | Tehnološki neutralno | 2x10 MHz | Ne |
| Irska | Aukcija završena u nov. 2012. | Namjanje 70% stanovništva u roku od 3 godine (7 godina za novog operatora). | Tehnološki neutralno | 2x5 MHz | Kombinovano 800 MHz, 900 MHz i 1800 MHz |
| Italija | Sept. 2011. | 30% opština za koje su dodijeljene frekvencije u roku od 3 godine, 75% u roku od 5 godina, od momenta kada opseg postane slobodan | Tehnološki neutralno | 2x10 MHz | Kombinovano 800 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz i 2600 MHz |
| Litvanija | Tokom 2013. | Nije odlučeno | Nije odlučeno | 1 blok: 2x15 MHz, 3 bloka: 2x5 MHz | Nije odlučeno |
| Luksemburg | Tokom 2013. | Nije odlučeno | Nije odlučeno | 2x10 MHz | Kombinovano 800 MHz i 2600 MHz |
| BJR Makedonija | Javni tender okončan u oktobru 2012. (livence nijesu dodijelje) | 40% stanovništva u roku od 1 godine, 55% u roku od 2 dvije godine, 70% u roku od 3 godine, 85% u roku od 4 godine | Tehnološki neutralno | 2x10 MHz | Ne |
| Holandija | Aukcija završena u dec. 2012. | Nema | Tehnološki neutralno | 2x5 MHz | Kombinovano 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz i 2600 MHz |

| | | | | | |
|------------------|----------------------------------|--|----------------------|-------------------|--|
| Norveška | Tokom 2013. | 97% stanovništva | Tehnološki neutralno | 2x5 MHz | Nije odlučeno. Možda 800 MHz, 900 MHz i 1800 MHz |
| Poljska | Tokom 2013. | Nije odlučeno | Tehnološki neutralno | Nije odlučeno | Kombinovano 800 MHz, 2100 MHz i 2600 MHz |
| Portugal | Aukcija završena u januaru 2012. | Svaki operator mora pokriti svih 160 opština koje nemaju mobilni broadband (najmanje 50% opština u roku od 6 mjeseci i 100% u roku od jedne godine). Obaveze u pokrivanju se mogu zadovoljiti korišćenje i opsega 900 MHz. | Tehnološki neutralno | 2x10 MHz | Kombinovano 450 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz i 2600 MHz |
| Velika Britanija | Aukcija završena u febr. 2013. | Jedan 800 MHz blok (2x10 MHz): obaveza indoor pokrivanja do kraja 2017. godine sa 2 Mb/s 98% stanivn. i 95% stanovn. u svakoj od članica UK. | Tehnološki neutralno | 2x5 MHz, 2x10 MHz | Kombinovano 800 MHz i 2600 MHz |
| Švedska | Aukcija završena u martu 2012. | Pokrivanje domaćinstava i poslovnih objekata: 25% do 31.12.12.g, 75% do 31.12.13.g. Ostatak pokrivanja dok se ne dođe do investicije od 300 miliona SEK. | Tehnološki neutralno | 2x5 MHz | Kombinovano 800 MHz i 2600 MHz |
| Rumunija | Aukcija završena u sept. 2012. | Za postojeće 2G i 3G operatore: najmanje 98% stanovništva korišćenjem svih opsega do 5. aprila 2017. godine, Za postojeće 3G operatore: najmanje 98% stanovništva korišćenjem svih opsega do 5. aprila 2019. godine, Za nove operatore: najmanje 60% stanovništva do 5. aprila 2021. godine. | Tehnološki neutralno | 2x5 MHz | Kombinovano 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz i 2600 MHz |
| Slovačka | Tokom 2013. | Nije odlučeno | Tehnološki neutralno | 2x5 MHz | Kombinovano 800 MHz, 1800 MHz i 2600 MHz |

U nastavku teksta dat je prikaz nekih specifičnosti dodjele radio-frekvencijskog spektra za LTE u SR Njemačkoj, Italiji, Francuskoj, Hrvatskoj i Velikoj Britaniji.

7.3.1. LTE u opsegu 790-862 MHz u SR Njemačkoj

U SR Njemačkoj je aukcija radio-frekvencijskog spektra iz opsega 790-862 MHz sprovedena u prvoj polovini 2010. godine. Na aukciji ponuđeno ukupno 358,8 MHz RF spektra u opsezima 800 MHz (2x30 MHz upareno), 1800 MHz (2x25 MHz upareno), 2100 MHz (2x19,8 MHz upareno i 19,2 MHz neupareno) i 2600 MHz (2x70 MHz upareno i 50 MHz neupareno), a ukupna početna cijena ponuđenog spektra bila je 90 miliona eura. Sprovedeno je ukupno 224 krugova aukcije, nakon čega se postigla ukupna cijena od 4,38 milijardi eura. Od tog iznosa za 60 MHz u opsegu 790-862 MHz prihodovano je 3,57 milijardi eura, a za ostalih 298,8 MHz u ostalim opsezima 810 miliona eura. Rezultati aukcije u odnosu na dodijeljene resurse po operatorima prikazani su na Slici 7.3. Postignuta jedinična cijena po Hz spektra kreće se od 0,6 eura za neupareni dio opsega 2100 MHz, do čak 59,61 eura za opseg 800 MHz. Pregled jedinične cijene po Hz spektra po opsezima prikazan je na Slici 7.4.

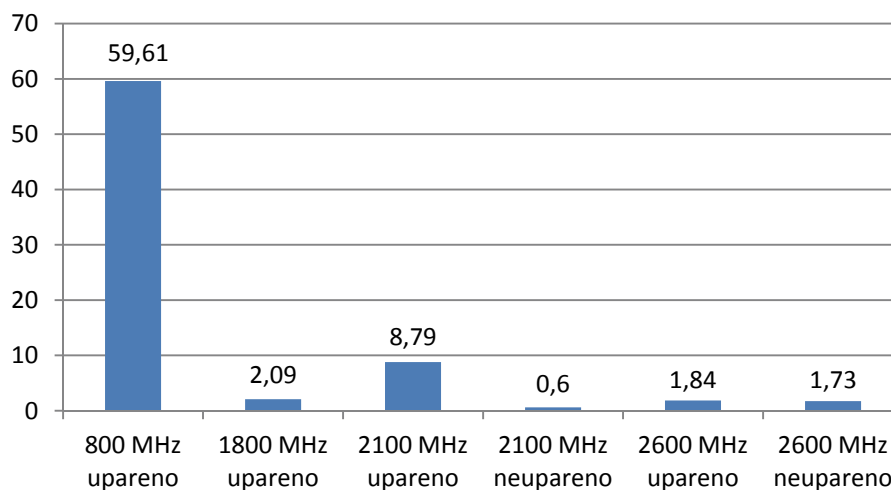


Slika 7.3. Ukupno dodijeljena količina spektra po operatorima u MHz

Postupak dodjele radio-frekvencijskog spektra u SR Njemačkoj je detaljno uređen i strukturiran kako bi se za državu ostvarila najveća ekonomska korist. Osim financijske koristi od prodaje radio-frekvencijskog spektra u SR Njemačkoj, namjera je bila i da se ostvare sljedeći strateški ciljevi:

- da do kraja 2010. godine u cijeloj SR Njemačkoj postoji mogućnost širokopolasnog pristupa Internetu,

- da brzina pristupa od 50 Mb/s bude dostupna do kraja 2014. godine za 75% domaćinstava, odnosno do kraja 2018. godine za sva domaćinstva.



Slika 7.4. Jedinična cijena spektra po opsezima [Euro/Hz]

Kako bi se ostvario cilj dostupnosti širokopojasnih *data* usluga, uvedena je obaveza "obrnutog pokrivanja". Naime, LTE operatori u opsegu 800 MHz su obavezani da u prvoj fazi pokriju naselja koja imaju manje od 5000 stanovnika. Tek kada se pokrije preko 90% stanovništva u svim takvim naseljima, može se preći na sljedeću fazu. Druga faza je podrazumijevala pokrivanje naselja sa 5-20 hiljada stanovnika, treća 20-50 hiljada stanovnika i četvrta na gradove sa preko 50000 stanovnika.

7.3.2. LTE u opsegu 790-862 MHz u Italiji

U Italiji je aukcija radio-frekvencijskog spektra iz opsega 790-862 MHz sprovedena u septembru 2011. godine. Tri para radio-frekvencijskih blokova širine 2x10 MHz, dodijeljeni su operatorima mreža mobilnih komunikacija (Telecom Italia, Vodafone i Wind), dok četvrti mobilni operator 3 Italia nije dobio resurse iz opsega 800 MHz. Na aukciji je ponuđen RF spektar u opsezima 800 MHz, 1800 MHz i 2600 MHz, a ukupni ostvareni prihod je iznosio 3,19 milijardi eura.

Obzirom da se u trenutku sprovođenja aukcije opseg 790-862 MHz u Italiji koristio za digitalnu televiziju, upotreba dodijeljenih radio-frekvencija od strane LTE mobilnih mreža bila je moguća tek od 1. januara 2013. godine, do kada je opseg u potpunosti oslobođen od sistema digitalne televizije.

Prema dozvolama operatori su obavezani LTE mrežom u opsegu 790-862 MHz pokriti 30% opština u roku od 3 godine, odnosno 75% opština u roku od 5 godina, od momenta kada opseg postane raspoloživ.

7.3.3. LTE u opsegu 790-862 MHz u Francuskoj

U Francuskoj je aukcija radio-frekvencijskog spektra iz opsega 790-862 MHz sprovedena u decembru 2011. godine. Na aukciji je ponuđen samo opseg 790-862 MHz, koji je bio podijeljen na četiri para blokova:

- Blok A širine 2x10 MHz: 791-801 MHz, 832-842 MHz,
- Blok B širine 2x5 MHz: 801-806 MHz, 842-847 MHz,
- Blok C širine 2x5 MHz: 806-811 MHz, 847-852 MHz i
- Blok D širine 2x10 MHz: 811-821 MHz, 852-862 MHz.

Na aukciji su učestvovala 4 postojeća mobilna operatora. Rezultat aukcije je bio takav da su operatorima Bouygues Telecom i Orange dodijeljeni blokovi A i D širine 2x10 MHz, dok su operatoru SFR, zbog superiorne ponuđene cijene, dodijeljeni blokovi B i C, ukupne širine takođe 2x10 MHz. Dodijeljene radio-frekvencija su mogle da se koriste od januara 2012. godine. Ukupna postignuta cijena za ponuđeni radio-spektar na aukciji je iznosila 2,64 milijardi eura. Og toga je za isti resurs Bouygues Telecom platio 686,4 miliona eura (ili 26% ukupno ostvarenog prihoda), Orange 897,6 miliona eura (34%), a SFR 1,056 milijardi eura (40%).

Prema dozvolama za LTE mobilne mreže u opsegu 790-862 MHz, operatori u Francuskoj su obavezani da ostvare pokrivanje definisano za svaku regiju, s prioritetom pokrivanja područja koja nemaju pokrivenost signalom u opsezima iznad 1 GHz.

7.3.4. LTE u opsegu 790-862 MHz u Hrvatskoj

Hrvatski regulator je u septembru 2012. godine objavio javni poziv za dodjelu radio-frekvencija iz opsega 790-862 MHz za mobilne mreže. Predmet javnog poziva su bila tri uparena radio-frekvencijska bloka širine 2x10 MHz. S obzirom da su na javni poziv pristigle samo dvije ponude, u novembru 2012. godine, po jedan blok je dodijeljen postojećim 2G/3G mobilnim operatorima VIPnet-u i Hrvatskom Telekomu (T-Mobile), dok je treći blok ostao nedodijeljen. Ukupno je prihodovano oko 40 miliona eura (20 miliona eura po bloku). Početak korišćenja opsega 790-862 MHz za LTE mreže u Hrvatskoj uslovljen je gašenjem digitalne televizije u tom opsegu kod prekomorskog susjeda - Italije.

Operatori su u obavezi da LTE mrežom u opsegu 790-862 MHz pokriju 50% teritorije u roku od 5 godina od trenutka kada opseg postane slobodan za korišćenje.

7.3.5. LTE u opsegu 790-862 MHz u Velikoj Britaniji

Najsvježiji primjer aukcije spektra u opsegu 790-862 MHz u Evropi je aukcija u Velikoj Britaniji, koja je završena u februaru 2013. godine. Predmet aukcije je bilo ukupno 250 MHz spektra u opsezima 800 MHz i 2600 MHz. Poslije više od 50 krugova aukcije ukupno 5 operatora je za 245 MHz spektra u oba opsega platilo 2,34 milijardi funti.

Tabela 7.2 Rezultati aukcije u Velikoj Britaniji

| Operator | Dodijeljeni spektar | Iznos naknade (miliona Funti) |
|---|--|--------------------------------------|
| Everything Everywhere | 2x5 MHz u opsegu 800 MHz 2x35 MHz u opsegu 2600 MHz | 588,876 |
| Hutchison 3G UK | 2x5 MHz u opsegu 800 MHz | 225,000 |
| Niche Spectrum Ventures (podružnica BT Group) | 2x15 MHz (upareno) i 1x20 MHz (neupareno) u opsegu 2600 MHz | 186,476 |
| Telefónica UK | 2x10 MHz u opsegu 800 MHz (blok sa zahtjevima pokrivanja) | 550,000 |
| Vodafone | 2x10 MHz u opsegu 800 MHz, 2x20 MHz (upareno) i 1x25 MHz (neupareno) u opsegu 2600 MHz | 790,761 |

Zahtjevi u pogledu pokrivanja definisani su samo za jedan blok širine 2x10 MHz u opsegu 790-862 MHz, koji je dobio operator Telefónica UK. Ovaj operator je u obavezi da omogući mobilne *broadband* servise za *indoor* prijem za najmanje 98% stanovništva Velike Britanije (očekuje se najmanje 99% za *outdoor* prijem) i najmanje 95% stanovništva u svakoj od 4 UK članice (Engleska, Sjeverna Irska, Škotska i Vels), najkasnije do kraja 2017. godine.

8. MOGUĆI SCENARIJI KORIŠĆENJA POJEDINIH DJELOVA SPEKTRA DIGITALNE DIVIDENDE

U ovom dijelu Studije daje se prikaz mogućih scenarija upotrebe pojedinih djelova spektra digitalne dividende u Crnoj Gori (opsezi 174-230 MHz, 470-694 MHz, 694-790 MHz i 790-862 MHz). Analiza je urađena po SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) modelu, koji daje uporedni prikaz prednosti, slabosti, mogućnosti i opasnosti za svaki scenario. Takođe, identifikovani su i svi neophodni preduslovi sa zahtijevanim promjenama u regulativi, kao i vremenski okvir za implementaciju svakog scenarija.

8.1. Mogući scenariji u opsegu 174-230 MHz

Kako je zaključeno u šestoj glavi ove Studije za korišćenje opsega 174-230 MHz postoji potencijalni interes od strane sistema digitalne televizije i sistema digitalnog radija. Trenutno dostupne tehnologije digitalne televizije (DVB-T/DVB-T2) i digitalnog radija (DAB, DAB+, DMB) omogućavaju korišćenje predmetnog opsega za pružanje usluga digitalne televizije, odnosno digitalnog radija.

Prema sporazumu GE06 Crna Gora u opsegu 174-230 MHz raspolaže sa jednim nacionalnim pokrivanjem za DVB-T/DVB-T2 i tri nacionalna pokrivanja za T-DAB. Predmet ove analize je korišćenje jednog kanala širine 7 MHz opredijeljenog za DVB-T/DVB-T2.

Scenario 1: Korišćenje opsega 174-230 MHz od strane sistema digitalne televizije

Digitalna televizija u opsegu 174-230 MHz ima nekoliko specifičnosti u odnosu na digitalnu televiziju u opsegu 470-862 MHz. Kao prvo, DVB SFN mreže u opsegu 174-230 MHz imaju veću servisnu zonu. Konfiguracija allotment zona je drugačija. Umjesto 4 allotment zone u opsegu 470-862 MHz (TVRDAŠ, BJELASICA, PODGORICA i LOVČEN) u opsegu 174-230 MHz su definisane dvije allotment zone (BJELASICA i LOVČEN) sa većim pokrivanjem. Osim toga, u ovom opsegu se koriste drugačiji antenski sistemi. Ovo uslovljava izgradnju potpuno nove predajničke mreže, što znači i veće investicije. Eventualne uštede se mogu ostvariti ukoliko bi se iskoristili postojeći antenski sistemi analogne televizije u VHF opsegu. I na prijemnoj strani su potrebne antene pogodne za prijem u ovom opsegu. Tipične spoljašnje antene koje se koriste za prijem TV signala (Yagi, logaritamske) nijesu uvijek pogodne za prijem i VHF signala. Stoga, korisnici koji nemaju adekvatnu antenu ne bi bili u mogućnosti da primaju signal bez dodatnog investiranja u antenski sistem.

U Tabeli 8.1 data je SWOT analiza korišćenja opsega 174-230 MHz od strane sistema digitalne televizije.

Obzirom da je Planom raspodjele radio-frekvencija za digitalnu zemaljsku radio-difuziju, a saglasno sporazumu GE06, jedno nacionalno pokrivanje u opsegu 174-230 MHz već opredijeljeno za DVB-T/DVB-T2, regulatorni okvir za scenario 1 je u potpunosti definisan, tako da ne bi bilo potrebe za bilo kakvim izmjenama.

Tabela 8.1. SWOT analiza korišćenja opsega 174-230 MHz od strane sistema digitalne televizije

| Prednosti | Slabosti |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - dobre propagacione karakteristike, - mogućnost izgradnje mreže sa većom servisnom zonom predajnika, - mogućnost korišćenja postojećih predajnih antenskih sistema za analognu televiziju, - ista prijemnička oprema kao i za digitalnu televiziju u opsegu 470-862 MHz, - dostupnost RF resursa odmah nakon gašenja sistema analogne televizije u Crnoj Gori, - definisan regulatorni okvir. | <ul style="list-style-type: none"> - sobne antene i neke vrste spoljašnjih antena nijesu pogodne za prijem signala u VHF opsegu, - nemogućnost korišćenja predajničke infrastrukture koja se koristi za digitalnu televiziju u opsegu 470-862 MHz, - nemogućnost prenosa regionalnih programa zbog drugačije konfiguracije DVB mreža (manji broj većih allotment zona). |
| Mogućnosti | Opasnosti |
| <ul style="list-style-type: none"> - DVB-T/DVB-T2 standard je harmonizovan na nivou Evrope, - jednostavna implementacija na strani korisnika. | <ul style="list-style-type: none"> - porast udjela distributivnih platformi na tržištu AVM usluga, - zasićenost tržišta programima koji su slobodni za prijem. |

Usljed činjenice da postojeći sistemi analogne televizije koriste iste kanale koji su predviđeni i za digitalnu televiziju, implementacija sistema digitalne televizije u opsegu 174-230 MHz u Crnoj Gori moguća je nakon gašenja analogne televizije u tom opsegu.

Scenario 2: Korišćenje opsega 174-230 MHz od strane sistema digitalnog radija

Ukoliko opredjeljenje Crne Gore bude da razvija sisteme digitalnog radija u skladu sa DAB/DAB+ standardom, u opsegu 174-230 MHz su već opredijeljeni resursi za realizaciju tri nacionalna multipleksa. U slučaju potrebe za dodatnim frekvencijskim resursima za DAB/DAB+ sisteme u ovom opsegu, podjelom jednog kanala širine 7 MHz, koji je opredijeljen za DVB-T/DVB-T2, mogu se dobiti još četiri dodatna pokrivanja za digitalni radio. Kako je utvrđeno u petoj glavi ove Studije, sa ukupno 7 DAB/DAB+ multipleksa obezbijedio bi se dovoljan kapacitet za razvoj usluga digitalnog radija u Crnoj Gori. Međutim, s obzirom da su sva ta pokrivanja na nacionalnom nivou, ne postoje frekvencijski resursi koji bi se koristili za pokrivanja lokalnog karaktera, a koji bi poslužili za digitalizaciju lokalnih FM radija. Sa druge strane, uspjeh digitalnog radija umnogome zavisi od

dostupnosti prijemnika. Trenutno, ne postoji jedinstvena strategija za digitalni radio u Evropi, kao ni jedinstven stav među proizvođačima automobila u vezi serijske ugradnje digitalnih prijemnika u automobilima.

U Tabeli 8.2 data je SWOT analiza korišćenja opsega 174-230 MHz od strane sistema digitalnog radija.

Regulatorni preduslov za implementaciju scenarija 2 u opsegu 174-230 MHz je izmjena Plana raspodjele radio-frekvencija za digitalnu zemaljsku radio-difuziju u smislu definisanja raspodjele DVB kanala na 4 DAB kanala. Bez obzira na tu izmjenu, može se smatrati da su regulatorni i tehnički okvir u potpunosti definisani.

Opseg 174-230 MHz može se koristiti za implementaciju sistema digitalnog radija u Crnoj Gori po gašenju sistema analogne televizije u susjednim državama u tom opsegu, a najkasnije od 17. 06. 2015. godine.

Tabela 8.2. SWOT analiza korišćenja opsega 174-230 MHz od strane sistema digitalnog radija

| Prednosti | Slabosti |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - dobre propagacione karakteristike, - mogućnost obezbjeđivanja dovoljnog kapaciteta za potrebe razvoja digitalnog radija u Crnoj Gori, - mogućnost jednostavne izgradnje mreže i za slučaj mobilnog prijema, - definisan regulatorni okvir. | <ul style="list-style-type: none"> - nemogućnost uvođenja ovog sistema u funkciju prije 2015. god. - slaba ponuda i relativno visoka cijena prijemnika u maloprodaji, - nemogućnost obezbjeđivanja RF resursa za pokrivanja lokalnog karaktera. |
| Mogućnosti | Opasnosti |
| <ul style="list-style-type: none"> - mogućnost uvođenja novih radio programa koje nije moguće uvesti u FM tehnologiji zbog zasićenosti spektra, - mogućnost uvođenja dodatnih usluga, - jednostavna implementacija na strani korisnika. | <ul style="list-style-type: none"> - odabir drugog standarda za serijsku ugradnju u automobilima, - nezainteresovanost postojećih radio emitera za digitalizaciju zbog zadovoljavajućeg kvaliteta usluge FM radija, - nedostatak novih radijskih sadržaja. |

8.2. Mogući scenariji u opsegu 470-694 MHz

Za korišćenje radio-frekvencija iz opsega 470-694 MHz utvrđen je interes samo od strane sistema digitalne televizije. Stoga u ovom opsegu postoji samo jedan mogući scenario, zbog čega nije rađena SWOT analiza.

Prema sporazumu GE06 Crna Gora u opsegu 470-694 MHz raspolaže sa ukupno tri nacionalna pokrivanja za DVB-T/DVB-T2, još po jednim regionalnim pokrivanjem u allotment zonama TVRDAŠ i BJELASICA i još tri lokalna pokrivanja u allotment zoni PODGORICA. Od toga jedno nacionalno pokrivanje će se iskoristiti za digitalizaciju postojećih analognih TV

programa, a ostali resursi se mogu koristiti za prenos dodatnih SDTV ili HDTV programa na bazi slobodnog prijema ili na bazi uslovnog pristupa, kao i za pružanje drugih usluga digitalne televizije.

Regulatorni okvir za uvođenje dodatnih usluga digitalne televizije u opsegu 470-694 MHz je definisan u potpunosti.

Radio-frekvencije iz opsega 470-694 MHz za uvođenje dodatnih usluga digitalne televizije mogu se koristiti po gašenju sistema analogne televizije u Crnoj Gori i u susjednim državama.

8.3. Mogući scenariji u opsegu 694-790 MHz

Za korišćenje opsega 694-790 MHz postoji interes od strane sistema digitalne televizije i potencijalni interes od strane mobilnih EC sistema.

Scenario 1: Korišćenje opsega 694-790 MHz od strane sistema digitalne televizije

Prema sporazumu GE06 Crna Gora u opsegu 694-790 MHz raspolaže sa jednim nacionalnim pokrivanjem za DVB-T/DVB-T2 i sa još dva regionalna pokrivanja u alotment zoni TVRDAŠ. Ovi resursi se mogu koristiti za prenos dodatnih SDTV ili HDTV programa na bazi slobodnog prijema ili na bazi uslovnog pristupa, kao i za pružanje drugih usluga digitalne televizije.

U Tabeli 8.3 data je SWOT analiza korišćenja opsega 694-790 MHz od strane sistema digitalne televizije.

Tabela 8.3. SWOT analiza korišćenja opsega 694-790 MHz od strane sistema digitalne televizije

| Prednosti | Slabosti |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - dodatno nacionalno pokrivanje za DVB-T2 u odnosu na opseg 470-694 MHz, - dostupnost RF resursa odmah po gašenju sistema analogne televizije, - definisan regulatorni okvir. | <ul style="list-style-type: none"> - uskraćivanje mogućnosti povećanja kapaciteta za mobilne EC mreže, - nemogućnost uvođenja novih pokrivanja prije koordinacije sa svim susjednim zemljama. |
| Mogućnosti | Opasnosti |
| <ul style="list-style-type: none"> - DVB-T/DVB-T2 standard je harmonizovan na nivou Evrope, - mogućnost uvođenja dodatnih usluga digitalne televizije, - jednostavna implementacija na strani korisnika. | <ul style="list-style-type: none"> - namjena opsega 694-790 MHz za mobilne EC mreže na nivou Evrope, - porast udjela distributivnih platformi na tržištu AVM usluga, - zasićenost tržišta uslugama digitalne televizije, - neuspjeh u postupku koordinacije radio-frekvencija. |

Regulatorni okvir za uvođenje dodatnih usluga digitalne televizije u opsegu 694-790 MHz je definisan u potpunosti.

Radio-frekvencije iz opsega 694-790 MHz za uvođenje dodatnih usluga digitalne televizije mogu se koristiti po gašenju sistema analogne televizije u Crnoj Gori i u susjednim državama.

Scenario 2: Korišćenje opsega 694-790 MHz od strane mobilnih EC sistema

Na WRC-12 konferenciji utvrđena je namjena opsega 694-790 MHz u ITU Regionu 1 (kome pripada i Evropa) za mobilnu službu (izuzev vazduhoplovne mobilne službe) na primarnoj osnovi, zajedno sa ostalim primarnim službama, uključujući i radio-difuznu, čime su stvorene osnovne regulatorne pretpostavke za uvođenje mobilnih EC mreža u ovom opsegu. Međutim, ova namjena se neće primjenjivati do sljedeće WRC konferencije koja će biti održana 2015. godine i na kojoj će se definisati tehnički i regulatorni uslovi za uvođenje mobilne službe u opseg 694-790 MHz.

Obzirom da bi se mobilne EC mreže u opsegu 694-790 MHz zasnivale na LTE/LTE *Advanced* tehnologiji, izvjesno je da ne bi bila moguća upotreba istog opsega za LTE i DVB-T2 sisteme, što znači da bi cjelokupan opseg trebalo opredijeliti ili za mobilne EC mreže ili za sisteme digitalne televizije. Osim toga, korišćenje opsega za LTE mobilne mreže zavisi od opredjeljenja susjednih zemalja vezano za njegovu namjenu, a samo harmonizovani pristup na nivou Evrope omogućio bi njegovu maksimalnu valorizaciju. U ovom trenutku, opseg 694-790 MHz nije dio strategije mobilnih operatora u Evropi, niti je dio strategije Evropske unije za TRA-ECS sisteme. Međutim, kako se bude crpio RF resurs u drugim opsezima, prije svega u opsegu 790-862 MHz, a povećavali zahtjevi za kapacitetom u mobilnim mrežama, očekuje se da će rasti i interesovanje od strane mobilne industrije za opseg 694-790 MHz.

Opredjeljivanjem opsega 694-790 MHz za mobilne EC mreže, zajedno sa opsegom 790-862 MHz, omogućio bi se RF resurs za implementaciju LTE mreža punog kapaciteta u nižim opsezima, koji su pogodni za pokrivanje ruralnih i slabo naseljenih područja.

U Tabeli 8.4 data je SWOT analiza korišćenja opsega 694-790 MHz od strane mobilnih EC sistema.

Regulatorni preduslovi za implementaciju scenarija 2 u opsegu 694-790 MHz su brojni. Najbitniji preduslov je harmonizacija namjene i korišćenja opsega na nivou Evrope, što je neizvjestan i svakako dugotrajan proces, koji se ne može okončati prije 2015. godine. U nacionalnoj regulativi potrebno je izvršiti odgovarajuće izmjene u Planu namjene radio-frekvencijskog spektra i definisati kompletan tehnički okvir u skladu sa relevantnim međunarodnim dokumentima (ITU-R i CEPT), kada oni postanu raspoloživi.

Opseg 694-790 MHz se može koristiti za implementaciju mobilnih EC sistema teorijski poslije WRC-15, a praktično će za kreiranje kompletnog regulatornog i tehničkog okvira trebati još nekoliko godina. Primjera radi, za kreiranje regulatorne infrastrukture u cilju uvođenja mobilnih EC mreža u opsegu 790-862 MHz, bilo je potrebno gotovo 3 godine (od odluke o namjeni opsega na WRC-07 do prvih aucija RF spektra koje su se dogodine 2010. godine).

Tabela 8.4. SWOT analiza korišćenja opsega 694-790 MHz od strane mobilnih EC sistema

| Prednosti | Slabosti |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - dobre propagacione karakteristike, - udvostručenje RF resursa za LTE mobilne mreže u nižim opsezima (zajedno sa opsegom 790-862 MHz), - obezbjeđivanje širokopojsnih <i>data</i> usluga u ruralnim i slabo naseljenim područjima na ekonomski efikasan način, - mogućnost izgradnje mreže sa velikim ćelijama i manjim brojem baznih stanica u poređenju sa opsezima iznad 1 GHz, - značajni prihodi budžetu Crne Gore od tenderskih naknada. | <ul style="list-style-type: none"> - potencijalni gubitak jednog nacionalnog pokrivanja za digitalnu televiziju, - nedefinisan regulatorni okvir na nacionalnom i međunarodnom nivou. |
| Mogućnosti | Opasnosti |
| <ul style="list-style-type: none"> - LTE/LTE <i>Advanced</i> je harmonizovana tehnologija mobilnih mreža na nivou Evrope. | <ul style="list-style-type: none"> - dugotrajan postupak harmonizacije spektra, - različite strategije korišćenja opsega u susjednim zemljama, - nezainteresovanost mobilnih operatora za dodatne RF resurse. |

8.4. Mogući scenariji u opsegu 790-862 MHz

Za korišćenje opsega 790-862 MHz postoji interes od strane sistema digitalne televizije i od strane mobilnih EC sistema.

Scenario 1: Korišćenje opsega 790-862 MHz od strane sistema digitalne televizije

Prema sporazumu GE06 Crna Gora u opsegu 790-862 MHz raspolaže sa dva regionalna pokrivanja za DVB-T/DVB-T2 u alotment zoni BJELASICA, tri regionalna pokrivanja u alotment zoni LOVČEN i jednim lokalnim pokrivanjem u alotment zoni PODGORICA. Ovi resursi se mogu koristiti za prenos dodatnih SDTV ili HDTV programa na bazi slobodnog prijema ili na bazi uslovnog pristupa, kao i za pružanje drugih usluga digitalne televizije.

U Tabeli 8.5 data je SWOT analiza korišćenja opsega 790-862 MHz od strane sistema digitalne televizije.

Regulatorni okvir za uvođenje dodatnih usluga digitalne televizije u opsegu 790-862 MHz je definisan u potpunosti.

Radio-frekvencije iz opsega 790-862 MHz za uvođenje dodatnih usluga digitalne televizije mogu se koristiti po gašenju sistema analogne televizije u Crnoj Gori i u susjednim državama.

Tabela 8.5. SWOT analiza korišćenja opsega 790-862 MHz od strane sistema digitalne televizije

| Prednosti | Slabosti |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - dodatni RF resursi za DVB-T2 u odnosu na opseg 470-694 MHz, - dostupnost RF resursa odmah po gašenju sistema analogne televizije, - definisan regulatorni okvir. | <ul style="list-style-type: none"> - uskraćivanje mogućnosti implementacije mobilnih EC mreža u ruralnim i slabo naseljenim područjima na ekonomski opravdan način. |
| Mogućnosti | Opasnosti |
| <ul style="list-style-type: none"> - DVB-T/DVB-T2 standard je harmonizovan na nivou Evrope, - mogućnost uvođenja dodatnih usluga digitalne televizije, - jednostavna implementacija na strani korisnika. | <ul style="list-style-type: none"> - dominantan trend korišćenja opsega za mobilne EC mreže na nivou Evrope, - porast udjela distributivnih platformi na tržištu AVM usluga, - zasićenost tržišta uslugama digitalne televizije. |

Scenario 2: Korišćenje opsega 790-862 MHz od strane mobilnih EC sistema

Korišćenje opsega 790-862 MHz od strane mobilnih EC sistema je dominantan trend u Evropi. Ovaj opseg je dio LTE strategije mobilnih operatera i dio strategije Evropske unije za TRA-ECS sisteme. O značaju opredjeljivanja opsega 790-862 MHz za mobilne EC mreže detaljno je elaborirano u šestoj glavi ove Studije.

U Tabeli 8.6 data je SWOT analiza korišćenja opsega 790-862 MHz od strane mobilnih EC sistema.

Regulatorni i tehnički okvir za implementaciju mobilnih EC mreža u opsegu 790-862 MHz na nivou CEPT/ECC definisan je sljedećim dokumentima:

- ECC/DEC/(09)03 – *Decision on harmonised conditions for mobile/fixed communications networks (MFCN) operating in the band 790-862 MHz,*
- ECC/REC/(11)04 - *Frequency planning and frequency coordination for terrestrial systems for Mobile/Fixed Communication Networks (MFCN) capable of providing electronic communications services in the frequency band 790-862 MHz,*

- CEPT Report 029 - *Guideline on cross border coordination issues between mobile services in one country and broadcasting services in another country,*
- CEPT Report 030 - *The identification of common and minimal (least restrictive) technical conditions for 790 - 862 MHz for the digital dividend in the European Union,*
- CEPT Report 31 - *Frequency (channelling) arrangements for the 790-862 MHz band (Task 2 of the 2nd Mandate to CEPT on the digital dividend).*

Regulatorni preduslovi na nacionalnom nivou, osim donošenja odluke o opredjeljivanju opsega za mobilne EC mreže, obuhvataju i izmjene Plana namjene radio-frekvencijskog spektra, kao i inkorporiranje nabrojane CEPT/ECC regulative u ostale nacionalne propise.

Opseg 790-862 MHz se može koristiti za implementaciju mobilnih EC sistema po gašenju sistema analogne televizije u Crnoj Gori.

Tabela 8.6. SWOT analiza korišćenja opsega 790-862 MHz od strane mobilnih EC sistema

| | |
|---|--|
| Prednosti | Slabosti |
| <ul style="list-style-type: none"> - dobre propagacione karakteristike, - harmonizovano korišćenje opsega za mobilne EC mreže na nivou Evrope, - obezbjeđivanje širokopojsnih <i>data</i> usluga u ruralnim i slabo naseljenim područjima na ekonomski efikasan način, - mogućnost izgradnje mreže sa velikim ćelijama i manjim brojem baznih stanica u poređenju sa opsezima iznad 1 GHz, - značajni prihodi budžetu Crne Gore od tenderskih naknada, - definisan regulatorni okvir na međunarodnom nivou. | <ul style="list-style-type: none"> - Potencijalni gubitak dijela RF resursa za usluge digitalne televizije. |
| Mogućnosti | Slabosti |
| <ul style="list-style-type: none"> - LTE/LTE <i>Advanced</i> je harmonizovana tehnologija mobilnih mreža na nivou Evrope. | <ul style="list-style-type: none"> - različite strategije korišćenja opsega u susjednim zemljama, - nezainteresovanost mobilnih operatora za dodatne RF resurse. |

9. PITANJE KONVERGENCIJE RADIO-DIFUZIONIH I ELEKTRONSKIH KOMUNIKACIONIH MREŽA

Termin konvergencija u sektoru informaciono-komunikacionih tehnologija označava objedinjavanje servisa, sistema i mreža u oblasti telekomunikacija, radio-difuzije i računarske tehnike. U osnovi, konvergencija se može posmatrati kroz dva trenda. Prvi se ogleda u sposobnosti mreža, koje su konceptualno i tehnološki različite (radio-difuzne, satelitske, kablovske, fiksne, mobilne), da podrže slične vrste servisa. Drugi trend predstavlja težnju ka intergaciji različitih korisničkih terminala (telefoni, televizori, računari) u jedinstveni uređaj, za sve vrste servisa. Internet servisi, sistemi i mreže su primjer visokog nivoa konvergencije.

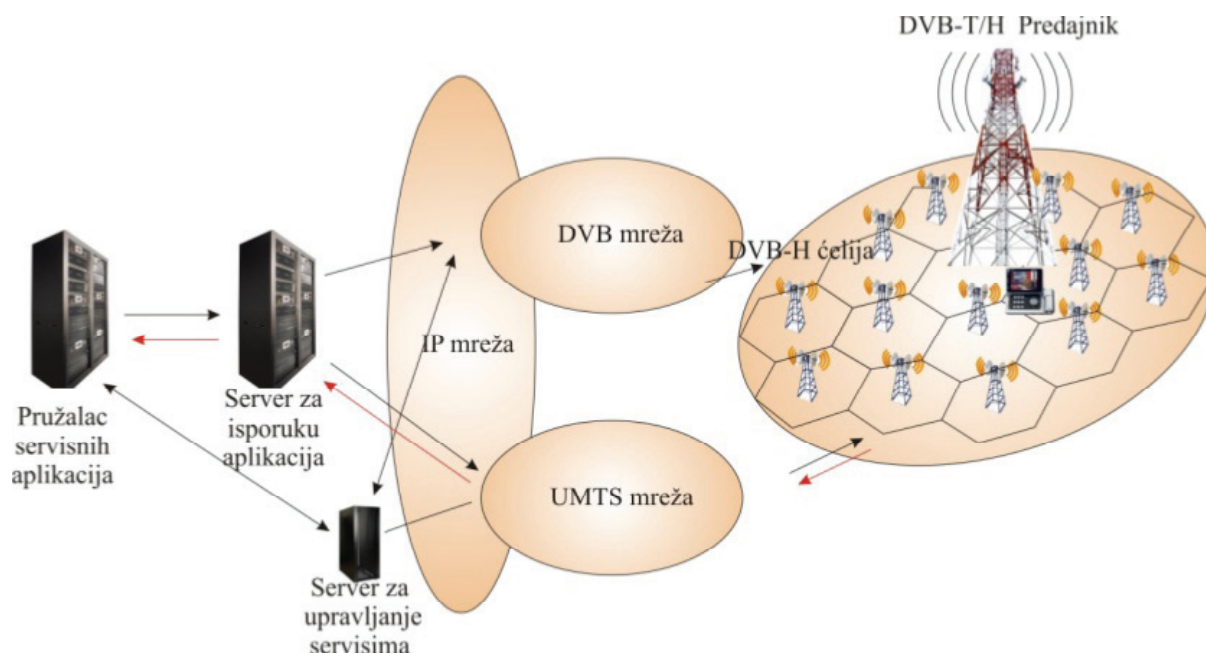
Razvojem širokopoljnih EC mreža velikog propusnog opsega omogućene su najrazličitije multimedijalne usluge. Na taj način EC mreže postaju platforma za pružanje i AVM usluga i to sa dodatom vrijednošću (npr. omogućena je interakcija, što nije svojstveno radio-difuznim sistemima). Distribucija radio i televizijskih programa do krajnjih korisnika je tipičan primjer pružanja AVM usluga posredstvom EC mreža. Rastom tržišnog udjela EC mreža u pružanju AVM usluga, smanjuje se i značaj sistema tradicionalne radio-difuzije. Međutim, to ne znači da će sve što je povezano sa multimedijom konvergirati u koncept jednog servisa ili samo jedne mreže. Mnogo je vjerovatnije da će doći do određenog stepena kooperacije između radio-difuzije, telekomunikacija i računarske tehnike, što će dovesti do širokog spektra servisa i korisničkih terminala na kojima se prezentira multimedijalni sadržaj. Ovaj koncept će neizostavno dovesti do napuštanja tradicionalne striktno podjele mreža i servisa na radio-difuzne i telekomunikacione. Na taj način će se radio-difuzni emiteri sa jedne strane, i telekomunikacioni operatori sa druge strane naći u sasvim novoj poziciji na tržištu.

Interaktivni multimedijalni sistem se ostvaruje kroz:

- prenos sadržaja ka korisnicima posredstvom digitalne radio-difuzne mreže,
- prijemnike sa memorijom i funkcijama koje će obezbijediti interaktivnost i pristup TV programima u vremenu koje više odgovara korisniku i
- prenos korisničkih zahtjeva posredstvom telekomunikacionih mreža.

Tipičan primjer opisanog koncepta je hibridna DVH-H/UMTS mreža, gdje se povratni kanal prema DVB-H mreži obezbjeđuje preko mobilne UMTS mreže. Korišćenjem pažljivo odabranog načina za balansiranje opterećenja u hibridnom načinu rada DVB-H i UMTS mreže, saobraćaj može biti dodjeljivan svakoj od njih. Većina mreža mobilne televizije baziranih na DVB-H standardu za obezbeđivanje povratnog kanala koristi celularnu mobilnu

mrežu i na taj način obezbeđuje interakciju korisnika sa DVB-H sistemom. Na Slici 9.1. prikazana je principska šema hibridne DVB-H/UMTS mreže.



Slika 9.1. Principska šema hibridne DVB-H/UMTS mreže

Konvergencijom mreža i usluga pruža se mogućnost razdvajanja proizvodnje programskih sadržaja od njihovog prenosa i distribucije. Time se proizvođačima programskih sadržaja omogućava fokusiranje samo na proizvodnju sadržaja, kao njihovu osnovnu djelatnost. Takođe se mijenja i struktura tržišta, obzirom da se AVM sadržaju daje dodatna vrijednost. Tradicionalni biznis modeli radio-difuznih emitera, bazirani isključivo na prihodu od marketinga i pretplate, migriraju ka modelima karakterističnim za telekomunikacione servise sa dodatnom vrijednošću.

U novim okolnostima konvergentnih mreža i usluga, zasnovanih na modernim tehnologijama, javlja se potreba i za novim pristupom u upravljanju radio-frekvencijskim spektrom u najširem smislu. Sa jedne strane, konvergentne AVM/EC usluge koriste kapacitete i radio-difuznih i EC mreža pa se postavlja pitanje opravdanosti podjele RF spektra na jedne ili druge. Sa druge strane, razvojem tehnika kognitivnog radija biće moguće koristiti i djelove spektra koji se u tradicionalnom scenariju zemaljske radio-defizije nijesu mogli koristiti ("spektar bijelih polja").

10. PREPORUKE ZA KORIŠĆENJE SPEKTRA DIGITALNE DIVIDENDE U CRNOJ GORI

Na osnovu sveobuhvatne analize sprovedene kroz prethodnih devet poglavlja ove Studije može se izvesti preporuke za korišćenje pojedinih djelova spektra digitalne dividende u Crnoj Gori.

10.1. Preporuke za opseg 174-230 MHz

Preporuke za opseg 174-230 MHz se daju na bazi pretpostavke da će se u Crnoj Gori uvesti digitalni radio zasnovan na DAB/DAB+ standardu. U tom slučaju za usluge digitalnog radija treba iskoristiti tri postojeća DAB pokrivanja predviđena Planom raspodjele radio-frekvencija za digitalnu zemaljsku radio-difuziju.

- U slučaju potrebe za dodatnim kapacitetom jedno DVB pokrivanje u ovom opsegu treba opredijeliti za potrebe digitalnog radija.
- U ovom opsegu se ne preporučuje realizacija DVB-T2 sistema, koji je usvojeni standard digitalne televizije u Crnoj Gori.

10.2. Preporuka za opseg 470-694 MHz

Pored jednog nacionalnog pokrivanja potrebnog za digitalizaciju postojećih analognih TV programa ovaj opseg obuhvata dodatna dva nacionalna DVB-T2 pokrivanja, kao i još po jedno regionalno pokrivanje u alotment zonama TVRDAŠ i BJELASICA i tri lokalna pokrivanja u alotment zoni PODGORICA.

- Raspoloživi RF spektar u opsegu 470-694 MHz treba iskoristiti za uvođenje novih televizijskih programa u SD i/ili HD rezoluciji, kao i za uvođenje dodatnih servisa digitalne televizije.

10.3. Preporuke za opseg 694-790 MHz

Kada je preporuka za RF opseg 694-790 MHz u pitanju posebno treba imati na umu potencijalni interes mobilnih komunikacionih operatora za implementaciju LTE mreža u ovom opsegu. Takođe treba imati na umu i procjenu da su resursi u opsegu 470-694 MHz za potrebe digitalne televizije u Crnoj Gori sasvim dovoljni, te da ovaj opseg za potrebe mobilnih EC mreža na nivou Evrope još uvijek nije harmonizovan. Shodno odluci konferencije WRC-12 namjena ovog opsega za mobilnu službu stupa na snagu tek 2015. godine, te će se na konferenciji WRC-15 definisati regulatorni i tehnički okvir za upotrebu ovog opsega od strane mobilnih EC mreža.

- Do 2015. godine u opsegu 694-790 MHz se ne preporučuje implementacija sistema digitalne televizije u Crnoj Gori. U zavisnosti od odluka konferencije WRC-15 potrebno je naknadno sagledati mogućnost korišćenja ovog opsega za potrebe mobilnih EC mreža.
- U cilju realizacije prethodne preporuke potrebno je, nakon gašenja sistema analogne televizije, obezbjediti napuštanje TV kanala 49 u allotment zoni TVRDAŠ, koji je trenutno dodijeljen za realizaciju prve DVB-T2 mreže predajnika.

10.4. Preporuka za opseg 790-862 MHz

Ovaj RF opseg je na nivou Evropske Unije harmonizovan za mobilne TRA-ECS sisteme.

- RF opseg od 790-862 MHz se preporučuje za implementaciju mobilnih EC mreža u Crnoj Gori sa ciljem obezbjeđenja mobilnih širokopolasnih servisa i u ruralnim i slabo naseljenim oblastima Crne Gore.

SPISAK SKRAĆENICA

AAC- *Advanced Audio Coding*
AC - *Alternating Current*
ADSL - *Asymmetric Digital Subscriber Line*
AVC - *Advanced Video Coding*
AVM (usluge) - *Audiovizuelne medijske usluge*
A/D - *Analog to Digital*
BCCH - *Broadcast Control Channel*
BCH (kod) - *Bose-Chaudhuri-Hocquengham (kod)*
BCH - *Broadcast Channel*
BER - *Bit Error Rate*
BICM - *Bit Interleaved Coding and Modulation*
BSAC - *Bit Sliced Arithmetic Coding*
CAPEX/OPEX - *Capital Expenditures/Operating expenditures*
CBR - *Constant Bit Rate*
CCCH - *Common Control Channel*
CEPT - *European Conference of Postal and Telecommunications Administrations*
CIE - *Commission internationale de l'éclairage (International Commission on Illumination)*
CIF - *Common Interlived Frame*
C/N - *Carrier to Noise*
COFDM - *Coded OFDM*
CRC - *Cyclic Redundancy Check*
CS - *Circuit Switched*
CU - *Capacity Unit*
DAB - *Digital Audio Broadcasting*
DAB+ - *DAB (upgraded)*
DC - *Direct Current*
DCCH - *Dedicated Control Channel*
DCT - *Discrete Cosine Transform*
DCS1800 - *Digital Cellular System at 1800 MHz*
DL-SCH - *Downlink Shared Channel*
DMB - *Digital Multimedia Broadcasting*
DTCH - *Dedicated Traffic Channel*
DTH - *Direct-To-Home*
DTV - *Digital Television*
DVB-H - *Digital Video Broadcasting-Handheld*
DVB-SH - *Digital Video Broadcasting-Satellite services to Handhelds*
DVB-T - *Digital Video Broadcasting-Terrestrial*
DVB-T2 - *Digital Video Broadcasting-Terrestrial (second generation)*
DRM - *Digital Radio Mondiale*
EBU - *European Broadcasting Union*
EC (usluge, mreže) - *Elektronske komunikacije (usluge, mreže)*
ECA (table) - *European Common Allocation (table)*
ECC - *Electronic Communications Committee*
EDGE - *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*
EEP - *Equal Error Protection*
eNodeB - *evolved NodeB*
EPC - *Evolved Packet Core*

ETSI - *European Telecommunications Standards Institute*
eUTRA - *evolved UMTS Terrestrial Radio Access*
E-UTRAN - *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*
FDD - *Frequency-Division Duplexing*
FEC - *Forward Error Correction*
FEF - *Future Extension Frame*
FFT - *Fast Fourier Transform*
FIB - *Fast Information Block*
FIC - *Fast Information Channel*
FM - *Frekvencijska modulacija*
FTTx - *Fiber To The x (home, building...)*
GERAN - *GSM EDGE Radio Access Network*
GPRS - *General Packet Radio Service*
GSM - *Global System for Mobile Communications*
HDTV - *High-Definition Television*
HSDPA - *High-Speed Downlink Packet Access*
HSPA+ - *Evolved High-Speed Packet Access*
HSS - *Home Subscriber Server*
HVS - *Human Visual System*
IMS - *IP Multimedia Subsystem*
IMT-2000 - *International Mobile Telecommunications for the year 2000*
IPTV - *Internet Protocol Television*
ITU - *International Telecommunication Union*
ITU-R - *Radiocommunication sector of ITU*
KDS - *Kablovski distributivni sistem*
LCD - *Liquid-crystal display*
LD - *LCD (Light Emitting Diode) Display*
LDPC - *Low Density Parity Code*
LTE - *Long Term Evolution*
MAC - *Medium Access Control*
MCCH - *Multicast Control Channel*
MCH - *Multicast Channel*
MCP - *Motion Compensated Prediction*
MFCN - *Mobile/Fixed Communications Networks*
MIMO - *Multiple Input Multiple Output*
MISO - *Multiple Input Single Output*
MMDS - *Multichannel Multipoint Distribution Service*
MME - *Mobility Management Entity*
MPE-FEC - *Multi Protocol Encapsulated FEC*
MPEG-2 - *Moving Picture Experts Group-standard 2*
MPEG-4 - *Moving Picture Experts Group-standard 4*
MSC - *Main Service Channel*
MTCH - *Multicast Traffic Channel*
NAS - *Non Access Stratum*
NTSC - *National TV Standards Committee*
OFDM - *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*
OFDMA - *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*
PAD - *Program Associated Data*
PAL - *Phase Alternating Line*
PCCH - *Paging Control Channel*
PCH - *Paging Channel*

PCRF - *Policy Control and Charging Rules Function*
 PDCP - *Packet Data Convergence Protocol*
 PDN GW - *PDN Gateway*
 PER - *Packet Error Rate*
 PLP - *Physical Layer Pipe*
 PPDR - *Public Protection and Disaster Relief*
 PP7 - *Pilot Pattern 7*
 RLC - *Radio Link Control*
 QAM - *Quadrature Amplitude Modulation*
 QEF - *Quasi Error Free*
 QoS - *Quality of Service*
 QPSK - *Quadrature Phase Shift Keying*
 RACH - *Random Access Channel*
 RLC - *Run Length Code*
 RRC - *Radio Resource Control*
 RS (kod) - *Reed-Solomon (kod)*
 SAB - *Services Ancillary to Broadcasting*
 SAE - *System Architecture Evolution*
 SAP - *Service Ancillary to Programme making*
 SBR - *Spectral Band Replication*
 SC-FDMA - *Single Carrier-Frequency Division Multiple Access*
 SDTV - *Standard-Definition Television*
 S-GW - *Serving Gateway*
 SFN - *Single Frequency Network*
 SISO - *Single Input Single Output*
 SRD - *Short Range Device*
 T-DAB - *Terrestrial Digital Audio Broadcasting*
 TDD - *Time-Division Duplexing*
 TETRA - *TErrestrial TRunked Radio*
 TPS - *Transsmision Parameter Signalling*
 TRA-ECS - *Terrestrial Radio Applications capable of providing Electronic
Communications Services*
 TS - *Transport Stream*
 TV - *Televizija*
 UE - *User Equipment*
 UEP - *Unequal Error Protection*
 UHDTV - *Ultra High-Definition Television*
 UHF - *Ultra High Frequencies*
 UL-SCH - *Uplink Shared Channel*
 UMTS - *Universal Mobile Telecommunications System*
 UTRAN - *Universal Terrestrial Radio Access Network*
 VBR - *Variable Bit Rate*
 VHF - *Very High Frequencies*
 VLC - *Variable Length Code*
 WCDMA - *Wideband Code Division Multiple Access*
 WiFi - *Wireless Fidelity*
 WiMAX - *Worldwide Interoperability for Microwave Access*
 WLAN - *Wireless Local Area Network*
 WRC - *World Radiocommunication Conference*
 3DTV - *3 Dimension Television*
 3GPP - *3rd Generation Partnership Project*

LISTA REFERENCI

- [1] Agencija za elektronske komunikacije i poštansku djelatnost: Informacija o stanju tržišta elektronskih komunikacija-mobilna telefonija (za period januar-decembar 2012. godine)
(<http://www.ekip.me/izvjestaji/mobilna.php>)
- [2] Agencija za elektronske komunikacije i poštansku djelatnost: Informacija o stanju tržišta elektronskih komunikacija-Internet (za period januar-decembar 2012. godine)
(<http://www.ekip.me/izvjestaji/ibpristup.php>)
- [3] Agencija za elektronske komunikacije i poštansku djelatnost: Informacija o stanju tržišta elektronskih komunikacija-FTTx priključci (za period januar-decembar 2012. godine)
(<http://www.ekip.me/izvjestaji/fttx.php>)
- [4] Agencija za elektronske medije: Izvještaj o stanju tržišta distribucije radio i televizijskih programa do krajnjih korisnika-decembar 2012. godine
- [5] Agencija za elektronske medije: Registar lokalnih javnih radio emitera (www.ardcg.org)
- [6] Agencija za elektronske medije: Registar lokalnih javnih TV emitera (www.ardcg.org)
- [7] Agencija za elektronske medije: Registar komercijalnih radio emitera (www.ardcg.org)
- [8] Agencija za elektronske medije: Registar komercijalnih TV emitera (www.ardcg.org)
- [9] Agencija za elektronske medije: Registar KDS/MMDS/IPTV/DTH operatora (www.ardcg.org)
- [10] Agencija za radio-difuziju: Strategija prelaska sa analognih na digitalne radio-difuzne sisteme u Crnoj Gori, april 2008. godine
- [11] CEPT Report 029 - *Guideline on cross border coordination issues between mobile services in one country and broadcasting services in another country*
- [12] CEPT Report 030 - *The identification of common and minimal (least restrictive) technical conditions for 790 - 862 MHz for the digital dividend in the European Union*
- [13] CEPT Report 31 - *Frequency (channelling) arrangements for the 790-862 MHz band (Task 2 of the 2nd Mandate to CEPT on the digital dividend)*
- [14] Decision No 243/2012/EU - *Establishing a multiannual radio spectrum policy programme*
- [15] EBU-TECH 3348: *Frequency and Network Planning Aspects of DVB-T2*
- [16] ECC/DEC/(09)03 - *Decision on harmonised conditions for mobile/fixed communications networks (MFCN) operating in the band 790-862 MHz*

- [17] ECC/REC/(11)04 - *Frequency planning and frequency coordination for terrestrial systems for Mobile/Fixed Communication Networks (MFCN) capable of providing electronic communications services in the frequency band 790-862 MHz*
- [18] ETSI EN 300 744 *"Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television"*
- [19] ETSI EN 302 755 *"Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)"*
ETSI EN 302 304: *"Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)"*
- [20] ETSI TS 136 300: *LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2*
- [21] ETSI TS 102 563: *Digital Audio Broadcasting (DAB); Transport of Advanced Audio Coding (AAC) audio*
- [22] ETSI TR 101 496: *Digital Audio Broadcasting (DAB); Guidelines and rules for implementation and operation; Part 1: System outline*
- [23] Inteligentno Savjetovanje: *LTE Implementation status-January 2013*
- [24] ISO/IEC 13818-2: *Information Technology - Generic Coding of moving pictures and associated audio information: Video*
- [25] *ITU Radio Regulations*
- [26] ITU-T Rec. H.264/ISO/IEC 14496-10: *Information technology - Coding of audiovisual objects - Part 10: Advanced Video Coding, 2004.*
- [27] ITU: *Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06), Geneva, 2006.*
- [28] ITU: *Final acts of the World Radiocommunication Conference 2007 (WRC-07), 2007*
- [29] ITU: *Final acts of the World Radiocommunication Conference 2012 (WRC-12), 2012*
- [30] Ministarstvo za informaciono društvo i telekomunikacije: *Strategija razvoja informacionog društva 2012-2016, decembar 2011. godine*
- [31] *Plan namjene radio-frekvencijskog spektra ("Sl. list CG", broj 42/10)*
- [32] *Plan raspodjele radio-frekvencija za digitalnu zemaljsku radio-difuziju ("Službeni list CG", broj 55/11)*
- [33] *Zakon o elektronskim komunikacijama ("Sl. list CG", broj 50/08, 70/09, 49/10, 32/11)*
- [34] *Zakon o elektronskim medijima ("Sl. list CG", broj 46/10, 40/11, 53/11)*
- [35] *Zakon o digitalnoj radio-difuziji ("Sl. list CG", broj 34/11)*
- [36] *4G Americas: The Benefits of using LTE in Digital Dividend Spectrum, November 2011*