

UBConnect INT DOO
Broj 16/2018
Datum 23.07. 2018 god.
Beograd

„UBConnect INT” d.o.o.
„Mobitemont“ d.o.o.
Dejan Vujić PR ENGCON

STUDIJA IZVODLJIVOSTI UVOĐENJA WHITE SPACE UREĐAJA U UHF OPSEGU (IZMEĐU 470-790MHz)

INVESTITOR: REGULATORNA AGENCIJA ZA
ELEKTRONSKE KOMUNIKACIJE I
POŠTANSKE USLUGE RATEL

OBJEKAT: STUDIJA IZVODLJIVOSTI UVOĐENJA
WHITE SPACE UREĐAJA U UHF (IZMEĐU
470-790MHz)

MESTO GRADNJE: TERITORIJA REPUBLIKE SRBIJE

SAGLASAN ZA INVESTITORA:
Direktor,
Dr Vladica Tintor, dipl. ing. el.

RUKOVODILAC IZRADE STUDIJE
Vlatko Crnčević, dipl. ing. el.

Beograd, jun 2018

SADRŽAJ

1. OPŠTI DEO	10
1.1. PODACI O INVESTITORU I INVESTICIJI	10
1.2. PODACI O PROJEKTANTU	10
1.3. PREDMET STUDIJE IZVODLJIVOSTI	11
1.4. ZAKONSKA DOKUMENTACIJA	12
1.5. REGISTRACIJA UBCONNECT INT D.O.O. ZA OBAVLJANJE DELATNOSTI	13
1.6. LICENCA UBCONNECT D.O.O. II150E3	16
1.7. REŠENJE DIREKTORA UBCONNECT D.O.O. O IMENOVANJU PROJEKTANATA	21
1.8. LICENCA RUKOVODIOCA IZRADE STUDIJE IZVODLJIVOSTI I ODGOVORNOG PROJEKTANTA VLATKA CRNČEVIĆA DIPL. ING. EL.	22
1.9. LICENCA PROJEKTANTA SARADNIKA PROF. DR MIROSLAVA L. DUKICA	24
1.10. LICENCA PROJEKTANTA SARADNIKA DR MILANA JANKOVIĆA	26
1.11. REGISTRACIJA DEJAN VUJIĆ PR ENGCON AGENCIJA ZA TEHNIČKI INŽENJERING I SAVETOVANJE ZA OBAVLJANJE DELATNOSTI	28
1.12. LICENCA ODGOVORNOG PROJEKTANTA DR DEJANA VUJIĆA	31
1.13. REGISTRACIJA MOBITEMMONT DOO ZA OBAVLJANJE DELATNOSTI	33
1.14. LICENCE PREDUZEĆA MOBITEMMONT DOO ZA PROJEKTOVANJE I IZGRADNJU	36
1.15. IZJAVE ODGOVORNIH PROJEKTANATA O KORIŠĆENJU PROPISA	38
2. PROJEKTNII ZADATAK ZA IZRADU STUDIJE IZVODLJIVOSTI UVOĐENJA WHITE SPACE UREĐAJA U UHF OPSEG (IZMEĐU 470-790MHZ)	40
2.1. OPŠTI PODACI	40
2.2. UVOD	40
2.3. TEHNIČKE SPECIFIKACIJE I ZAHTEVI	41
3. DEFINICIJA PREDMETA STUDIJE	45
3.1. MOTIV I CILJ STUDIJE	46
3.2. ZAKONSKI OSNOV U PREDMETNOJ OBLASTI	46

4. PREGLED TVWS SISTEMA KOJI SU VEĆ IMPLEMENTIRANI U EVROPI I SVETU	49
4.1. UVOD	49
4.2. TEHNOLOŠKI ASPEKTI TVWS SISTEMA	49
4.2.1. Arhitektura mreže	49
4.2.2. Tehnološki aspekti postojećih sistema	50
4.3. PRIMENE POSTOJEĆIH TVWS SISTEMA	51
4.3.1. TVWS sistemi u Evropi	51
TVWS mreža u londonskom zoološkom vrtu	51
TVWS mreža u Londonu	52
Ostali TVWS pilot projekti u Londonu	52
Pilot projekat u Glazgovu	53
TVWS sistem na liniji trajekta između Orkney ostrva	53
Širokopojasni pristup na ostrvu But	54
Širokopojasni pristup u Kembridžu	54
TVWS testno okruženje u Turku	54
4.3.2. TVWS sistemi u Africi	55
TVWS mreža u Maputu	55
Projekat Kgolagano u Bocvani	55
TVWS mreža u Kejptaunu	56
TVWS mreža u Limpuru	56
TVWS pilot projekat u Namibiji	56
TVWS mreža u Akri	56
TVWS pilot projekat u Koforidi	57
Mawingu TVWS pilot projekat	57
TVWS pilot projekat u Dar es Salamu	57
TVWS mreža u Zombi	58
TVWS sistem u rudniku TRP	58
Projekat TVWS mreže u okviru projekta pomoći obolelim od Ebole	58
TVWS mreža u Dzaleki	59
4.3.3. Primeri izgradnje TVWS sistema u Aziji	59
TVWS mreža u Taklobanu kao pomoć pri elementarnim nepogodama	59
TVWS mreža na ostrvu Bohol	60
TVWS mreža u Butanu	60
TVWS mreža u Singapuru	61
TVWS mreža za nerazvijeno područje Fu-Hsing	61
TVWS mreža za pomoć pri elementarnim nepogodama u Tonu	61
TVWS pilot projekat u Omanu	62
4.3.4. Primeri TVWS mreža realizovanih u južnoj Americi	62
TVWS mreža u okolini Kingstona	62
TVWS pilot mreža za povezivanje škola u Montevideu	62
TVWS mreža u El Marquesu	62
4.3.5. TVWS mreže izgrađene u severnoj Americi	63
TVWS mreža u Sijetlu	63
TVWS mreža u Mejnu	63
Demonstracija TVWS tehnologije u okrugu Luisa u Virdžiniji	64
TVWS mreža na Univerzitetu zapadne Virdžinije	64
Povezivanje plovila na plovnom putu u Pitsburgu	65
Upotreba TVWS u projektu pametnih gradova u Vilmingtonu	65
Pilot projekti povezivanja biblioteka TVWS mrežama u SAD	65

TVWS mreža u Kvebeku	66
4.4. ZAKLJUČAK	66
5. PREGLED METODA ZAJEDNIČKOG KORIŠĆENJA SPEKTRA	68
5.1. UVOD	68
5.2. KOGNITIVNE TEHNIKE PRISTUPA BELOM SPEKTROU	69
5.2.1. Geolokacijske baze	69
5.2.2. Detekcija zauzetosti spektra	70
5.2.3. Radio-farovi	71
5.3. PREDLOG REŠENJA UPRAVLJANJA BAZOM OD STRANE REGULATORA	72
5.4. FUNKCIONALNOST BAZE ZA UPRAVLJANJE BELIM SPEKTROM WSDB	72
5.4.1. Prikupljanje podataka o primarnim korisnicima spektra	72
Upotreba podataka o primarnim korisnicima spektra	73
5.4.2. Modul za izračunavanje	74
5.4.3. Komunikacija sa TVWS uređajima	75
5.5. MODELI I NUĐENJA USLUGE WSDB	76
5.5.1. Regulator samostalno upravlja WSDB-om	76
5.5.2. Regulator ustupa upravljanje WSDB-om komercijalnoj kompaniji	77
5.5.3. Komercijalne ponude pristupa WSDB	78
Jedinstvena WSDB na tržištu u vlasništvu komercijalne kompanije	80
Postojanje više komercijalnih kompanija koje nude pristup WSDB-u	81
Ograničavanje broja WSDB-a na tržištu	83
5.6. TROŠKOVI REGULATORA I NADOKNADA	84
5.6.1. Uspostavljanje okvira za utvrđivanje nadoknada	85
Troškovi primarnih korisnika spektra	85
Troškovi regulatorne agencije	86
Troškovi vlasnika WSDB-a	87
5.7. PREGLED EVROPSKIH REGULATORA KVALIFIKOVANIH ZA UPRAVLJANJE BAZOM	88
5.8. ZAKLJUČAK	89
6. PREGLED SOFTVERSKIH ALATA SA UKLJUČENIM MODULIMA ZA RAČUNANJE TVWS	92
7. UPOREDNI PREGLED TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA DOSTUPNE OPREME NA TRŽIŠTU ZA TVWS	94
7.1. 6HARMONICS	94
7.2. CARLSON WIRELESS	97
7.3. ADAPTRUM	99
7.4. RUNCOM	101
7.5. AVIACOMM	104

7.6.	SAANKHYA LABS	107
7.7.	REDLINE COMMUNICATIONS	108
7.8.	NICT	112
7.9.	ZAKLJUČAK	113
8.	DEFINISANJE MASTER I SLAVE TVWS UREĐAJA I PRIMERI MASTER, MASTER - SLAVE UREĐAJA/SISTEMA	115
8.1.	KONCEPT MEĐUSOBNE KOMUNIKACIJE MASTER I SLAVE TVWS UREĐAJA I KOMUNIKACIJE MASTER UREĐAJA SA BAZOM (PRIRODA PODATAKA KOJI SE RAZMENJUJU)	115
8.1.1.	Osnovni principi master/slave odnosa uređaja u TVWS mreži	115
8.1.2.	Zahtevane karakteristike master TVWS uređaja	118
	Parametri uređaja koji se razmenjuju između master TVWS uređaja i WSDB	119
	Operativni parametri koje WSDB šalje master TVWS uređaju	123
8.1.3.	Bezbednosni i operativni zahtevi	125
8.1.4.	Zahtevane karakteristike slave TVWS uređaja	126
	Skup parametara koje slave uređaj prijavljuje master TVWS uređaju	126
	Operativni parametri koje prima slave uređaj od master TVWS uređaja	127
	Bezbednosni i operativni zahtevi za slave uređaj	127
8.1.5.	Visina lokacije TVWS uređaja	128
8.1.6.	Provera liste kvalifikovanih baza i odabir jedne za razmenu parametara	129
	Izbegavanje nesertifikovanih i neautorizovanih WSDB	129
	Pravni okvir za rad WSDB	129
	Obaveze vlasnika i upravljača WSDB	130
8.2.	SPREČAVANJE TVWS UREĐAJA DA EMITUJU U NEDOSTATKU KOMUNIKACIJE SA ODOBRENOM TVWS BAZOM	131
8.3.	NESIGURNOSTI ODREĐIVANJA LOKACIJE TVWS UREĐAJA	133
8.4.	ZAKLJUČAK	134
9.	SOFTWARE, FIRMWARE I MERE RESTRIKCIJE KORISNIČKOG PRISTUPA KOJIMA SE SPREČAVAJU IZMENE KOJE MOGU UTICATI NA USAGLAŠENOST TVWS UREĐAJA SA ZAHTEVIMA	136
10.	NAČINI I NIVOI ZAŠTITE DTT SERVISA OD STRANE TVWS UREĐAJA	137
10.1.	METODE PLANIRANJA DTT SISTEMA	138
10.2.	UTICAJ TVWS UREĐAJA NA PRIJEMNIK DTT SIGNALA I PLANIRANI DTT SISTEM	141
10.2.1.	Detekcija spektra DTT signala TVWS uređaja u autonomnom režimu rada	142
	Prag detekcije	142

Prag detekcije za TVWS uređaj u spoljnjem okruženju	143
Prag detekcije za TVWS uređaj u objektu	144
10.3. METODOLOGIJA ODREĐIVANJA MAKSIMALNE SNAGE EMITOVANJA TVWS UREĐAJA PRI AUTONOMNOM RADU	147
10.3.1. Metodološki pristupi	147
Pretpostavke	150
Ograničenje EIRP-a	151
Ograničenja DTT	152
Analiza interferencije u susjednim kanalima	154
10.3.2. Verovatnoća postojanja signala na procentu lokacija u procentu vremena	155
Metodologije za izračunavanje dozvoljene snage signala TVWS uređaja na određenoj lokaciji	158
Metode izračunavanja interferencije TVWS uređaja	161
Ograničenje snage emitovanja TVWS uređaja u kanalima izvan dozvoljenog opsega	164
Metode za uračunavanje uticaja sumirane interferencije više TVWS uređaja	164
Fiksna predefinisana vrednost margine interferencije	166
Fleksibilna vrednost margine interferencije	166
Fleksibilna minimalizovana vrednost margine interferencije	166
11. PREGLED TIPOVA PMSE OPREME KOJA RADI U UHF TV OPSEGU U SRBIJI I EVROPI I MOGUĆNOST RADA OVIH UREĐAJA NA RAZLIČITIM FREKVENCIJAMA UNUTAR POMENUTOG OPSEGA	169
11.1. ZAŠTITA PMSE UREĐAJA U OPSEGU OD 470MHZ DO 790MHZ	169
11.1.1. Administrativna ograničenja pri zaštiti PMSE opreme	170
11.1.2. Ograničenja vezana za tehničke parametre TVWS uređaja pri zaštiti PMSE	170
Osigurani kanali	170
11.1.3. Principi zaštite	170
Istokanalna interferencija	171
Selektivnost na učestanosti susjednog kanala (ACS) PMSE prijemnika	171
ACS u slučaju postojanja više uskopojasnih signala TVWS <i>slave</i> uređaja	173
Curenje spektra predajnika TVWS signala u susjedne kanale	173
Izbor propagacionog modela prilikom planiranja TVWS sistema i koegzistencije sa PMSE uređajima	174
11.2. METODOLOGIJA ZAŠTITE PMSE UREĐAJA	175
11.2.1. Zaštitni nivo	176
11.2.2. Prevencija istokanalne i susjednokanalne interferencije	176
11.2.3. Margina za interferenciju	177
11.2.4. Intermodulacioni efekti i distorzija audio signala	178
11.3. REGISTRACIJA PMSE UREĐAJA U WSDB	178
11.3.1. Parametri PMSE uređaja koji treba da se registruju	179
11.3.2. Primena metodologije	180
11.4. PREGLED FREKVENCIJSKOG OPSEGA NAMENJENOG ZA RAD PMSE OPREME I OSVRT NA RAD TVWS UREĐAJA	181

11.5. ANALIZA POTREBE I NAČINA ZAŠTITE PMSE OPREME OD STRANE TVWS UREĐAJA	183
11.5.1. Merenje zaštitnih odnosa	185
11.5.2. Izvođenje selektivnosti na učestanostima susednih kanala	187
11.5.3. Izračunavanje zaštitnih odnosa za određenu klasu	189
11.6. PROSTORNA I VREMENSKA SEPARACIJA TVWS I PMSE UREĐAJA	193
11.6.1. Zone zaštite	197
11.6.2. Razmatranje dužine korišćenja i specifičnih lokacija gde se koristi PMSE oprema	198
11.7. PMSE OPREMA U UPOTREBI U REPUBLICI SRBIJI I PREGLED LICENCIRANJA U EVROPI	201
11.8. DETEKCIJA PMSE OPREME OD STRANE TVWS UREĐAJA	202
11.9. ZAKLJUČAK	204
12. PREGLED OGRANIČENJA ZA NEŽELJENE EMISIJE TVWS UREĐAJA	206
12.1. EMITOVANJE TVWS UREĐAJA IZVAN OPSEGA 470-790 MHz	206
12.1.1. Uticaj na spektar na učestanostima iznad 790MHz	206
12.1.2. Uticaj na spektar na učestanostima nižim od 470MHz	208
12.1.3. Pregled ograničenja za neželjene emisije TVWS uređaja unutar opsega 470-790 MHz ali van dodeljenog kanala (van bloka)	209
12.1.4. Zaštita radio-astronomske službe u opsegu 608 – 614MHz	210
12.2. ZAKLJUČAK	211
13. PREDLOG KORAKA PRI FORMIRANJU NACIONALNE WSDB	213
13.1. PRETHODNE AKTIVNOSTI I KORACI PRI REALIZACIJI WSDB	213
13.2. ELEMENTI WSDB	215
13.3. ZAKLJUČAK	218
14. MEĐUNARODNA KOORDINACIJA I PRIKAZ REZULTATA ANALIZA RADIO-POKRIVANJA TVWS UREĐAJA	220
14.1. REFERENTNI PROPAGACIONI MODEL	220
14.2. PRISTUP ZA ODREĐIVANJE LIMITA TVWS EMISIJE UZIMAJUĆI U OBZIR EMITOVANJE KA SUSEDNIM DRŽAVAMA I IZ SUSEDNIH DRŽAVA	221
14.2.1. Pristup za izračunavanje limita TVWS emisije	223
14.3. UTICAJ SEDDIF NA DOSTUPNOST KANALA	225
14.4. PROVERA POKRIVANJA UZIMAJUĆI U OBZIR BAZU PODATAKA O STANOVNIŠTVU	227
14.5. IZRADA MAPA SPEKTRA DOSTUPNIH ZA JAVNE KONSULTACIJE	228

14.6.	DEFINISANJE PROTOKOLA ZA TVWSD AUTORIZACIJU	229
14.7.	ZAKLJUČAK	229
15.	ULOGA REGULATORA U POSTUPKU IMPLEMENTACIJE TVWS PRORAČUNA	231
15.1.	ULOGA REGULATORA U DEFINISANJU ALGORITMA PRORAČUNA	231
15.1.1.	Ulazni podaci za proračun	232
15.1.2.	Prikaz rezultata	232
15.2.	PREGLED PRAVILA I PARAMETARA KOJA SU POJEDINI REGULATORI POSTAVILI U ALATU ZA PRORAČUNE	232
15.3.	PREDNOSTI PILOT PROGRAMA TESTIRANJA U CILJU PROVERE PRAVILA KOJA REGULATOR POSTAVLJA KAKO BI SE ZAŠTITILI DTT I PMSE KORISNICI OD ŠTETNE SMETNJE OD STRANE NOVIH SERVISI	233
15.4.	PREDLOG TESTIRANJA UTICAJA TVWS UREĐAJA NA DTT PRIJEM	234
15.4.1.	Prethodno sprovedene studije i merenja	234
15.4.2.	Rezultati novih mernih aktivnosti	236
15.4.3.	Kriterijum pogoršanja prijema DTT signala kada se posmatra smetnja	236
15.4.4.	Parametri TVWS uređaja	237
15.5.	TESTNE PROCEDURE	238
15.5.1.	Odnos C/I u funkciji učestanosti	238
15.5.2.	Karakteristika zasićenja (snaga korisnog signala u odnosu na interferirajući)	238
15.5.3.	Rezultati testova	239
15.6.	ANALIZA REZULTATA	244
15.6.1.	Zaštitni odnosi između TVWS i DTT opreme	245
15.6.2.	Pouke sprovedenih testova	247
15.7.	PREDLOG TESTIRANJA KOEGZISTENCIJE TVWS UREĐAJA SA PMSE UREĐAJIMA	248
15.8.	PRIMER PREDLOGA ANALIZE DOSTUPNOSTI UHF TV SPEKTRA ZA TVWS TEHNOLOGIJU NA OSNOVU KOJE SE PROCENJUJE DA LI JE DOSTUPNOST DOVOLJNA DA PODRŽI MOGUĆE USE CASES NA VEĆEM DELU TERITORIJE REPUBLIKE SRBIJE	248
16.	PROCENA OBIMA ADMINISTRATIVNIH KAPACITETA I FINANSIJSKIH SREDSTAVA POTREBNIH ZA TESTIRANJE, REALIZACIJU I ODRŽAVANJE SISTEMA	250
17.	PROCENA ZAINTERESOVANOSTI TRŽIŠTA ZA UVOĐENJE TVWS	263

18. ANALIZA MOGUĆNOSTI DA PROJEKAT BUDE DELOM ILI U CELOSTI FINANSIJSKI PODRŽAN OD EVROPSKIH ILI MEĐUNARODNIH FINANSIJSKIH INSTITUCIJA	266
19. ZAKLJUČAK	268
SPISAK SLIKA	272
SPISAK TABELA	274
SPISAK SKRAĆENICA	277
20. REFERENCE	279
21. PRILOZI – POGLAVLJE 11	286
21.1. SENNHEISER - KATALOG OPREME	286
21.2. IZVEŠTAJ APWPT O STANJU LICENCIRANJA I DOSTUPNOG SPEKTRA ZA PMSE OPREMU U IZABRANIM ZEMLJAMA EVROPE I SVETA	286
21.3. OBRAZAC DANSKOG REGULATORA ZA REGISTRACIJU ZAHTEVA ZA RADIO-KANALOM, UKLJUČUJUĆI PMSE	286
22. PRILOZI – POGLAVLJE 16	287
22.1. PROCENJENI TROŠKOVI SAMOSTALNOG RAZVOJA WSDB U PERIODU OD 12 MESECI	287
22.2. TROŠKOVI ODRŽAVANJA WSDB NA GODIŠNJEM NIVOU	289
22.3. TROŠKOVI REALIZACIJE PILOT PROJEKTA TVWS SISTEMA U PERIODU OD 12 MESECI I U PETOGODIŠNJEM PERIODU	290
22.4. PROCENA TROŠKOVA IMPLEMENTACIJE I ODRŽAVANJA TVWS U PERIODU OD 5 GODINA	291

1. OPŠTI DEO

1.1. PODACI O INVESTITORU I INVESTICIJI

Opšti podaci o investitoru i investiciji prikazani su u Tab.1.1.1. Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge vrši finansiranje izrade Studije iz sopstvenog poslovnog fonda.

Tab.1.1.1 – Podaci o investitoru i investiciji.

Investitor:	Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge RATEL, Višnjićeva 8, Beograd
Vrsta rada:	Izgrada Studije izvodljivosti uvođenja <i>White Space</i> uređaja u UHF (između 470-790MHz)
Objekat:	Teritorija Republike Srbije
Vreme izrade:	08.06.2018.
Izvor finansiranja:	Poslovni fond preduzeća
Odgovorno lice:	Direktor, Dr Vladica Tintor, dipl. ing. el.

1.2. PODACI O PROJEKTANTU

U izradi Studije izvodljivosti uvođenja *White Space* uređaja u UHF (između 470-790MHz) učestvovali su:

- UB Connect INT d.o.o., Tošin bunar br. 272, 11070 Beograd:
 - Vlatko Crnčević, dipl. ing.el., rukovodilac izrade Studije izvodljivosti i odgovorni projektant,
 - Prof. dr Miroslav L. Dukić, projektant saradnik,
 - Dr Milan Janković, projektant saradnik,
 - Tamara Tomić, Milena Dašić i Sandra Ilić saradnice na izradi projekta
- Dejan Vujić PR Agencija za tehnički inženjering i savetovanje ENGCON, Novopazarska 36, 11000 Beograd:
 - Dr Dejan Vujić, dipl. ing. el., odgovorni projektant.
- Mobitemont d.o.o. Zorana Đinđića 73, 11000 Beograd
 - Časlav Borović dipl. inž, saradnik na izradi projekta

1.3. PREDMET STUDIJE IZVODLJIVOSTI

Predmet Studije izvodljivosti uvođenja *White Space* uređaja u UHF opseg (između 470-790MHz) na teritoriji Republike Srbije, izrađene od strane stručnog tima UBConnect INT d.o.o., Mobitemont d.o.o. i Dejan Vujić PR ENGCON, obuhvata sve propisane sastavne delove za projektovanje, u skladu sa važećim propisima i pravilnicima Regulatorne agencije za elektronske komunikacije i poštanske usluge, kao i Zakona o planiranju i izgradnji:

- Opštu dokumentaciju;
- Tehnički opis;
- Proračune i provere;
- Grafičku dokumentaciju;
- Druge potrebne elemente saglasno tehničkim normativima i pozitivnim zakonskim propisima.

Radio-komunikacijski spektar ispod 1GHz je veoma vredan za primene koje zahtevaju dobre uslove propagacije bilo za pokrivanje velikih područja bilo za poboljšano *indoor* pokrivanje od strane baznih stanica i drugih predajnih uređaja lociranih u spoljnjem okruženju. Veliki je broj organizacija (komercijalnih i regulatora) koji se bavi ispitivanjima korišćenja spektra koji je ostao neiskorišćen nakon uvođenja digitalne televizije. Naime, planiranje digitalne televizije zasnovano je na zonama raspodele i odgovarajućim dodelama, pa iz tog razloga preostaju oblasti koje su nepokrivene televizijskim signalom na određenim frekvencijama.

White spaces (WS) su slobodni delovi spektra koji se ne koriste na određenoj lokaciji u određenom trenutku od strane korisnika koji poseduju licence ili dozvole za korišćenje frekvencija. TVWS je slobodan deo spektra unutar opsega 470-790MHz, primarno namenjenog za digitalno terestričko emitovanje televizijskog signala. Upotreba TVWS omogućila bi uređajima da šalju i primaju bežične signale kod primena, kao što su širokopojasni pristup u ruralnim sredinama, Wi-Fi-like servisi ili nove machine-to-machine mreže. U poređenju sa bežičnim tehnologijama kao što su standardni Bluetooth i Wi-Fi, radio talasi koje koriste TVWS uređaji bili bi u mogućnosti da pređu veće udaljenosti i lakše prođu kroz zidove, jer koriste UHF kanale.



UHF TV opseg 470-790MHz namenjen je radio-difuznoj službi (digitalna terestrička televizija) na primarnoj osnovi i za PMSE (*Program Making and Special Events*) opremu u Republici Srbiji, na sekundarnoj osnovi, saglasno sa važećim podzakonskim aktima (Plan namene radio-frekvencijskih opsega i planovi raspodele radio-frekvencija). U ovom frekvencijskom opsegu trenutno su izdate dozvole za korišćenje radio-frekvencija za tri multipleksa DVB-T2 sistema. MUX1 je planiran da pokrije 95% stanovništva, dok su MUX2 i MUX3 predviđeni za pokrivanje 90% stanovništva. Svaki od multipleksa zauzima kanal širine 8MHz, (širina emisije 7.77MHz), a kanali su unutar frekvencijskog opsega 470-790MHz. PMSE uređaji rade sa manjim snagama, kao što su radio mikrofoni i audio uređaji i u pomenutom opsegu koriste radio-frekvencije po režimu opšteg ovlašćenja. Navedeni korisnici (DTT i PMSE) imaju prioritet u korišćenju opsega 470-790MHz.


1.4. ZAKONSKA DOKUMENTACIJA

Sledeća zakonska dokumentacija priložena je u nastavku ove Studije izvodljivosti uvođenja *White Space* uređaja u UHF opseg (između 470-790MHz):

- Registracija UBConnect INT d.o.o. za obavljanje delatnosti;
- Licenca П150Е3 UBConnect INT d.o.o.;
- Rešenje direktora UBConnect INT d.o.o. o imenovanju projektanata;
- Licenca rukovodioca izrade Studije izvodljivosti i odgovornog projektanta, Vlatka Crnčevića dipl.ing. el.;
- Licenca projektanta saradnika prof. dr Miroslava L. Dukića;
- Licenca projektanta saradnika doc. dr Milana Jankovića;
- Registracija Dejan Vujić PR Agencija za tehnički inženjering i savetovanje ENGCON Beograd (Vračar) za obavljanje delatnosti;
- Licenca odgovornog projektanta, Dr Dejana Vujića;
- Registracija Mobitemont d.o.o. za obavljanje delatnosti
- Licenca П151Е3 Mobitemont d.o.o.;
- Izjave projektanata o poštovanju propisa.

1.5. REGISTRACIJA UBCONNECT INT D.O.O. ZA OBAVLJANJE DELATNOSTI

 8000047383137		ИЗВОД О РЕГИСТРАЦИЈИ ПРИВРЕДНОГ СУБЈЕКТА		 Република Србија Агенција за привредне регистре	
ОСНОВНИ ИДЕНТИФИКАЦИОНИ ПОДАТАК					
Матични / Регистарски број		21024937			
СТАТУС					
Статус привредног субјекта		Активно привредно друштво			
ПРАВНА ФОРМА					
Правна форма		Друштво са ограниченом одговорношћу			
ПОСЛОВНО ИМЕ					
Пословно име		UBConnect INT D.O.O. Beograd-Novi Beograd			
ПОДАЦИ О АДРЕСАМА					
Адреса седишта					
Општина		Београд-Нови Београд			
Место		Београд-Нови Београд			
Улица		Тошин бунар			
Број и слово		272			
Спрат, број стана и слово		/ /			
ПОСЛОВНИ ПОДАЦИ					
Подаци оснивања					
Датум оснивања		17. јун 2014			
Време трајања					
Време трајања привредног субјекта		Неограничено			
Претежна делатност					
Шифра делатности		7022			
Назив делатности		Консултантске активности у вези с пословањем и осталим управљањем			
Остали идентификациони подаци					
Порески Идентификациони Број (ПИБ)		108565749			
Подаци од значаја за правни промет					
Текући рачуни					
Дана 22.05.2017. године у 14:05:21 часова				Страна 1 од 3	

 <p>Подаци о статусу / оснивачком акту Не постоји обавеза овере измена оснивачког акта</p>	275-0010222814913-04 275-0010222814908-19 275-0010223049940-16 275-0010222814874-24
	Датум важећег статута <input type="text"/> Датум важећег оснивачког акта <input type="text" value="21. мај 2014"/>

Законски (статутарни) заступници	
Физичка лица	
1. Име	<input type="text" value="Дејан"/> Презиме <input type="text" value="Чакаревић"/>
ЈМБГ	<input type="text" value="2408972710284"/>
Функција	<input type="text" value="Директор"/>
Ограничење супотписом	<input type="text" value="не постоји ограничење супотписом"/>

Директори / чланови одбора директора	
Директори	
Чланови одбора директора	
1. Име	<input type="text" value="Дејан"/> Презиме <input type="text" value="Чакаревић"/>
ЈМБГ	<input type="text" value="2408972710284"/>

Чланови / Сувласници	
Подаци о члану	
Пословно име	<input type="text" value="UBQ AS"/>
Регистарски / Матични број	<input type="text" value="998 839 440"/>
Држава	<input type="text" value="Норвешка"/>
Подаци о капиталу	
Новчани	
износ	датум
<input type="text" value="Уписан: 1.000.000,00 RSD"/>	<input type="text"/>
износ	датум
<input type="text" value="Уплаћен: 1.000.000,00 RSD"/>	<input type="text" value="17. јун 2014"/>

Дана 22.05.2017. године у 14:05:21 часова

Страна 2 од 3

износ(%)	
Сувласништво удела од	100,00000

Основни капитал друштва	
Новац	
износ	датум
Уписан: 1.000.000,00 RSD	
износ	датум
Уплаћен: 1.000.000,00 RSD	17. јун 2014

Регистратор, Миладин Маглов



1.6. LICENCA UBCONNECT D.O.O. П150Е3



Република Србија
МИНИСТАРСТВО ГРАЂЕВИНАРСТВА,
САОБРАЋАЈА И ИНФРАСТРУКТУРЕ
Број: 351-02-02485/2017-07
Датум: 30.08.2017.године
Београд

Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре на основу члана 23. Закона о државној управи („Службени гласник РС“, бр. 79/2005, 101/2007, 95/2010, 99/2014), члана 6. Закона о министарствима („Службени гласник РС“, бр. 44/2014, 14/2015, 54/2015, 96/2015 - др. закон и 62/2017), члана 126. и члана 150. став 4. Закона о планирању и изградњи („Службени гласник РС“, бр. 72/09, 81/09 - исправка, 64/10 - УС, 24/11, 121/12, 42/13 - УС, 50/13 - УС, 98/13 - УС, 132/14 и 145/14), члана 137. Закона о општем управном поступку („Службени гласник РС“, бр. 18/2016) и Правилника о начину, поступку и садржини података за утврђивање услова за издавање лиценце за израду техничке документације и лиценце за грађење објеката за које одобрење издаје министарство, односно аутономна покрајина, као и условима за одузимање тих лиценци („Службени гласник РС“, број 24/15), а решавајући по захтеву „UBConnect INT D.O.O.“ Beograd-Noví Beograd, ул. Тошин бунар бр. 272, Нови Београд, матични број 21024937, ПИБ 108565749, за издавање лиценце за израду техничке документације за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства, или надлежни орган аутономне покрајине, а на основу овлашћења број: 031-01-44/2017-02 од 13.07.2017. године доноси:

Р Е Ш Е Њ Е

1. Утврђује се да „UBConnect INT D.O.O.“ Beograd-Noví Beograd, ул. Тошин бунар бр. 272, Нови Београд, матични број 21024937, ПИБ 108565749, **ИСПУЊАВА УСЛОВЕ** за добијање лиценце за израду техничке документације за објекте за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства или надлежни орган аутономне покрајине и то:
 - пројекти објеката електронских комуникација, односно мрежа, система или средстава који су међународног и магистралног значаја (**П150Е3**).

Образложење

Чланом 23. став 2. Закона о државној управи прописано је да министар представља министарство, доноси прописе и решења у управним и другим појединачним стварима и одлучује о другим питањима из делокруга министарства. Чланом 6. Закона о министарствима утврђена је надлежност Министарства грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре.

Чланом 126. став 1. Закона о планирању и изградњи прописано је да техничку документацију за изградњу објеката може да израђује привредно друштво, односно друго правно лице, односно предузетник који су уписани у одговарајући регистар за израду техничке документације. Ставом 2. истог прописано је да техничку документацију за изградњу објеката за које грађевинску дозволу издаје Министарство, односно аутономна покрајина може да израђује привредно друштво, односно друго правно лице које је уписано у одговарајући регистар за израду техничке документације за ту врсту објеката и које има запослена лица са лиценцом за одговорног пројектанта која имају одговарајуће стручне резултате у изради техничке документације за ту врсту и намену објеката. Ставом 3. предметног члана прописано је да стручне резултате, у смислу става 2. овог члана, има лице које је израдило или учествовало у изради, односно у вршењу техничке контроле техничке документације по којој су израђени објекти те врсте и намене, док је ставом 4. датог члана прописано да испуњеност услова из става 2. овог члана утврђује решењем министар надлежан за послове грађевинарства.

Чланом 126. став 5. Закона прописано је да је решење из става 4. овог члана је коначно даном достављања.

Чланом 137. Закона о општем управном поступку прописано је да колегијални орган доноси решење већином гласова укупног броја чланова, ако другачије није прописано и да код подељеног броја гласова, одлучује глас председавајућег колегијалног органа.

Чланом 7. предметног Правилника прописано је да у поступку утврђивања испуњености услова за издавање лиценце за израду техничке документације за објекте за које грађевинску дозволу издаје Министарство, односно аутономна покрајина, Комисија утврђује да ли запослена лица са лиценцом одговорног пројектанта имају одговарајуће референце за израду техничке документације за објекте одређене врсте и намене. Испуњење минималних захтева из става 1. овог члана значи: 1) да су најмање два запослена лица са одговарајућом лиценцом израдила или учествовала у изради као одговорни пројектанти, односно извршили техничку контролу најмање по два главна пројекта или пројекта за грађевинску дозволу, пројекта за извођење или 2) да је једно запослено лице са одговарајућом лиценцом израдило или учествовало у изради као одговорни пројектант, односно извршило техничку контролу најмање три главна пројекта, пројекта за грађевинску дозволу или пројекта за извођење за одговарајућу фазу сваког типа објекта из члана 133. став 2. Закона за који се тражи лиценца, а друго запослено лице са одговарајућом лиценцом израдило или учествовало у изради као одговорни пројектант, односно извршило техничку контролу, најмање једног главног пројекта, пројекта за грађевинску дозволу или пројекта за извођење за одговарајућу фазу сваког типа објекта из члана 133. став 2. Закона за који се тражи лиценца.



Чланом 11. истог Правилника прописано је да лиценца се одузима када се накнадном провером утврди да је привредно друштво, односно друго правно лице, престало да испуњава најмање један од услова под којима је лиценца издата или када се накнадном провером утврди да је издата на основу неистинитих и нетачних података.

Дана 14.08.2017. године, захтевом број: 351-02-02485/2017-07 овом Министарству обратило се привредно друштво „UBConnect INT D.O.O.” Beograd-Noví Beograd, ул. Тошин бунар бр. 272, Нови Београд, матични број 21024937, ПИБ 108565749, за издавање лиценце за израду техничке документације за објекте за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства или надлежни орган аутономне покрајине.

Уз захтев за издавање лиценце достављена сва потребна документација прописана Чланом 126. Закона о планирању и изградњи („Сл. гласник РС”, бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 - одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС и 98/2013 - одлука УС) и чл. 4. и чл. 9. Правилника о начину, поступку и садржини података за утврђивање испуњености услова за издавање лиценце за израду техничке документације и лиценце за грађење објеката за које одобрење за изградњу издаје министарство, односно аутономна покрајина, као и о условима за одузимање тих лиценци („Службени гласник РС”, бр. 24/15).

На седници стручне комисије образоване од стране министра, одржаној дана 30.08.2017. године утврђено је да подносилац захтева испуњава услове за добијање наведене лиценце из става 1. у смислу одредби чл. 126. Закона о планирању и изградњи и чл. 7, чл. 9. и чл. 11. Правилника о начину, поступку и садржини података за утврђивање испуњености услова за издавање лиценце за израду техничке документације и лиценце за грађење објеката за које одобрење за изградњу издаје министарство, односно аутономна покрајина, као и о условима за одузимање тих лиценци.

Испуњени су услови за лиценцу: пројекти објеката електронских комуникација, односно мрежа, система или средстава који су међународног и магистралног значаја (П150Е3), на основу три референце Црнчевић Влатка (353 1896 03), једне референце Спасић Јоване (353 I302 09) и три референце Дедовић Ксеније (353 G030 08).

На основу изнетог, на предлог стручне комисије и члана 137. Закона о општем управном поступку, одлучено је као у диспозитиву решења.

Такса за ово решење наплаћена је у износу од 22.750,00 (двадесетидвехиљадеседамстопедесет) динара.

Упутство о правном средству: Ово решење је коначно у управном поступку и против њега се не може изјавити жалба, али се може покренути управни спор тужбом код Управног суда Србије у року од 30 дана од дана достављања.

ДРЖАВНИ СЕКРЕТАР



Доставити:

- подносиоцу захтева;
- надлежној инспекцији;
- архиви.



Република Србија
МИНИСТАРСТВО ГРАЂЕВИНАРСТВА
САОБРАЋАЈА И ИНФРАСТРУКТУРЕ

Број: 351-02-02485/2017-07

Датум: 30.08.2017.године

Београд, Немањина 22- 26

„UBConnect INT D.O.O.”

БЕОГРАД/НОВИ БЕОГРАД

Тошин бунар бр. 272

Поштовани,

У прилогу Вам достављамо Решење о испуњености услова за израду техничке документације за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства или надлежни орган аутономне покрајине број: 351-02-02485/2017-07 од 30.08.2017. године.

ДРЖАВНИ СЕКРЕТАР

Имре Керн

1.7. REŠENJE DIREKTORA UBCONNECT D.O.O. O IMENOVANJU PROJEKTANATA



REŠENJE

Na osnovu člana 128a. Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS", br. 72/09, 81/09-isppravka, 64/10 odluka US, 24/11 i 121/12, 42/13–odluka US, 50/2013–odluka US, 98/2013–odluka US, 132/14 i 145/14) i odredbi Pravilnika o sadržini, načinu i postupku izrade i načina vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata ("Službeni glasnik RS", br. 23/2015.) za izradu Studije izvodljivosti uvođenja White Space Devices u UHF (između 470-790 MHz) donosim sledeće rešenje:

kao rukovodilac i projektant za izradu Studije izvodljivosti imenuje se:

Vlatko Crnčević, dipl.inž.el. projektant 353 1896 03

kao odgovorni projektant za izradu Studije izvodljivosti imenuje se:

dr Dejan Vujić, naučni saradnik, dipl. ing. el. broj licence 353 B993 05

kao projektanti saradnici pri izradi Studije izvodljivosti imenuju se:

prof. dr Miroslav L. Dukić, redovni prof. u penziji, dipl.inž.el. projektant saradnik 353 A936 05

dr Milan Janković, dipl.inž.el. projektant saradnik 353 6208 03

Projektanti su dužni da se pri izradi Studije izvodljivosti pridržavaju relevantnih tehničkih propisa i standarda, shodno odredbama navedenog Zakona. Ovim se ujedno potvrđuje da imenovani projektanti ispunjavaju propisane uslove iz pomenutog Zakona u pogledu stručne spreme i prakse.

Investitor:

RATEL - Republička agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge, Palmotićevo 2, 11103 Beograd

Odgovorno lice / zastupnik:

Dejan Čakarević, dipl. Inž.

Pečat:



Potpis:

Broj tehničke dokumentacije:

06/18

Mesto i datum:

Beograd, mart 2018. godine

1.8. LICENCA RUKOVODIOCA IZRADE STUDIJE IZVODLJIVOSTI I ODGOVORNOG PROJEKTANTA VLATKA CRNČEVIĆA DIPL. ING. EL.



Број: 12-02/288444
Београд, 26.12.2017. године



На основу члана 75. Статута Инжењерске коморе Србије ("СГ РС", бр. 88/05, 16/09 и 27/16), а на лични захтев члана Коморе, Инжењерска комора Србије издаје

ПОТВРДУ

Којом се потврђује да је Влатко Д. Црнчевић, дипл.инж.ел.
лиценца број

353 1896 03

за

одговорног пројектанта телекомуникационих мрежа и система

на дан издавања ове потврде члан Инжењерске коморе Србије, да је измирио обавезу плаћања чланарине Комори закључно са 16.10.2018. године, као и да му одлуком Суда части издата лиценца није одузета.



М.П.

Председник Инжењерске коморе Србије

Проф. др Милисав Дамњановић, дипл. инж. арх.

1.9. LICENCA PROJEKTANTA SARADNIKA PROF. DR MIROSLAVA L. DUKICA



Број: 12-02/303868
Београд, 05.06.2018. године



На основу члана 75. Статута Инжењерске коморе Србије
("СГ РС", бр. 88/05, 16/09 и 27/16), а на лични захтев члана Коморе,
Инжењерска комора Србије издаје

ПОТВРДУ

Којом се потврђује да је Мирослав Л. Дукић, дипл.инж.ел.
лиценца број

353 A936 05

за

одговорног пројектанта телекомуникационих мрежа и система


на дан издавања ове потврде члан Инжењерске коморе Србије, да је
измирио обавезу плаћања чланарине Комори закључно са 03.02.2019.
године, као и да му одлуком Суда части издата лиценца није одузета.



Потпредседник Управног одбора
Инжењерске коморе Србије

Латинка Обрадовић
Латинка Обрадовић, дипл. грађ. инж.

1.10. LICENCA PROJEKTANTA SARADNIKA DR MILANA JANKOVIĆA



ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

ЛИЦЕНЦА

ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Закона о планирању и изградњи и
Статута Инжењерске коморе Србије

УПРАВНИ ОДБОР ИНЖЕЊЕРСКЕ КОМОРЕ СРБИЈЕ
утврђује да је

Милан Љ. Јанковић
дипломирани инжењер електротехнике
ЈМБ 0709950710313
одговорни пројектант
телекомуникационих мрежа и система

Број лиценце
353 6208 03



У Београду,
25. децембра 2003. године

ПРЕДСЕДНИК КОМОРЕ
Милош Лазовић
Проф. др Милош Лазовић
дипл. грађ. инж.

Број: 12-02/303923
Београд, 06.06.2018. године



На основу члана 75. Статута Инжењерске коморе Србије
("СГ РС", бр. 88/05, 16/09 и 27/16), а на лични захтев члана Коморе,
Инжењерска комора Србије издаје

ПОТВРДУ

Којом се потврђује да је Милан Љ. Јанковић, дипл.инж.ел.
лиценца број

353 6208 03

за

одговорног пројектанта телекомуникационих мрежа и система

на дан издавања ове потврде члан Инжењерске коморе Србије, да је
измирио обавезу плаћања чланарине Комори закључно са 25.12.2018.
године, као и да му одлуком Суда части издата лиценца није одузета.



Потпредседник Управног одбора
Инжењерске коморе Србије
Латинка Обрадовић
Латинка Обрадовић, дипл. грађ. инж.

1.11. REGISTRACIJA DEJAN VUJIĆ PR ENGCON AGENCIJA ZA TEHNIČKI INŽENJERING I SAVETOVANJE ZA OBAVLJANJE DELATNOSTI



Регистар привредних субјеката



5000094997175

БП 3553/2015
Датум, 16.01.2015. године
Београд

Регистратор Регистра привредних субјеката који води Агенција за привредне регистре, на основу члана 15. став 1. Закона о поступку регистрације у Агенцији за привредне регистре, („Службени гласник РС“, бр. 99/11, 83/14), одлучујући о јединственој регистрационој пријави оснивања правних лица и других субјеката и регистрације у јединствени регистар пореских обвезника, коју је поднео/ла:

Име и презиме: Дејан Вујић
ЈМБГ: 1709975710079

доноси

РЕШЕЊЕ

Усваја се јединствена регистрациона пријава оснивања правних лица и других субјеката и регистрације у јединствени регистар пореских обвезника, па се у Регистар привредних субјеката региструје:

DEJAN VUJIĆ PR
AGENCIJA ZA TEHNIČKI INŽENJERING I SAVETOVANJE ENGCON
BEOGRAD (VRAČAR)

са следећим подацима:

Лични подаци предузетника:

Име и презиме: Дејан Вујић
ЈМБГ: 1709975710079

Пословно име предузетника:

DEJAN VUJIĆ PR
AGENCIJA ZA TEHNIČKI INŽENJERING I SAVETOVANJE ENGCON
BEOGRAD (VRAČAR)

Скраћено пословно име предузетника: DEJAN VUJIĆ PR ENGCON

Назив предузетника:

ENGCON

Назив у преводу на страни језик:

- Пословно име (енглески језик): Dejan Vujic EP Technical Engineering and Advisinig Agency ENGCON Belgrade

Пословно седиште: Новопазарска 36, спрат III, стан 9, Београд-Врачар, Србија

Страна 1 од 3

Број и назив поште: 11000 Београд
Регистарски број/Матични број: 63728845

ПИБ додељен од Пореске Управе РС: 108824502

Почетак обављања делатности: 16.01.2015 године
Претежна делатност: 7112 - Инжњерске делатности и техничко саветовање

Облик обављања делатности: самосталан
Предузетник се региструје на: неодређено време

Контакт подаци:
Телефон 1: +381 (0)65 3788542



Образложење

Подносилац регистрационе пријаве поднео је дана 14.01.2015. године јединствену регистрациону пријаву оснивања правних лица и других субјеката и регистрације у јединствени регистар пореских обвезника број БП 3553/2015, за регистрацију:

DEJAN VUJIĆ PR
AGENCIJA ZA TEHNIČKI INŽENJERING I SAVETOVANJE ENGCN
BEOGRAD (VRAČAR)

Проверавајући испуњеност услова за регистрацију, прописаних одредбом члана 14. Закона о поступку регистрације у Агенцији за привредне регистре, Регистратор је утврдио да су испуњени услови за регистрацију, па је одлучио као у диспозитиву решења, у складу са одредбом члана 16. Закона, као и члана 26. Закона о пореском поступку и пореској администрацији („Сл. гласник РС“, бр. 80/02...2/2012).

Висина накнаде за вођење поступка регистрације утврђена је Одлуком о накнадама за послове регистрације и друге услуге које пружа Агенција за привредне регистре („Сл. гласник РС“, бр. 119/13).

УПУТСТВО О ПРАВНОМ СРЕДСТВУ:

Против овог решења може се изјавити жалба министру надлежном за положај привредних друштава и других облика пословања, у року од 30 дана од дана објављивања на интернет страни Агенције за привредне регистре, а преко Агенције.



РЕГИСТРАТОР

Миладин Маглов

ОБАВЕШТЕЊЕ:

У прилогу овог решења налази се потврда о додели пореског идентификационог броја (ПИБ) и потврда о поднетој пријави на обавезно социјално осигурање.

Ако се у прилогу решења не налазе наведене потврде у обавези сте да урадите следеће:

1. Да се обратите Пореској управи ради доделе ПИБ-а,
2. Да лично поднесете јединствену пријаву на обавезно социјално осигурање, **ОДМАХ**

Страна 2 од 3

по пријему овог обавештења И САМО УКОЛИКО СТЕ ПРИЈАВИЛИ ПОЧЕТАК ОБАВЉАЊА ДЕЛАТНОСТИ, на једном од шалтера било које организационе јединице организације за обавезно социјално осигурање (Републички фонд за пензијско и инвалидско осигурање, Републички завод за здравствено осигурање, Национална служба за запошљавање) или преко портала Централног регистра обавезног социјалног осигурања (<http://www.croso.rs/>), уколико већ нисте пријављени на осигурање по основу радног односа код другог послодавца, и то само уколико сте пријавили почетак обављања делатности.



1.12. LICENCA ODGOVORNOG PROJEKTANTA DR DEJANA VUJIĆA



Број: 12-02/279489
Београд, 23.10.2017. године



На основу члана 75. Статута Инжењерске коморе Србије ("СГ РС", бр. 88/05 и 16/09), а на лични захтев члана Коморе, Инжењерска комора Србије издаје

ПОТВРДУ

Којом се потврђује да је Дејан С. Вујић, дипл.инж.ел.
лиценца број

353 B993 05

за

одговорног пројектанта телекомуникационих мрежа и система



на дан издавања ове потврде члан Инжењерске коморе Србије, да је измирио обавезу плаћања чланарине Комори закључно са 11.08.2018. године, као и да му одлуком Суда части издата лиценца није одузета.



Председник Инжењерске коморе Србије

Проф. др Милисав Дамњановић, дипл. инж. арх.

1.13. REGISTRACIJA MOBITEMONT DOO ZA OBAVLJANJE DELATNOSTI

 8000046019301		ИЗВОД О РЕГИСТРАЦИЈИ ПРИВРЕДНОГ СУБЈЕКТА		 Република Србија Агенција за привредне регистре	
ОСНОВНИ ИДЕНТИФИКАЦИОНИ ПОДАТАК					
Матични / Регистарски број		20236612			
СТАТУС					
Статус привредног субјекта		Активно привредно друштво			
ПРАВНА ФОРМА					
Правна форма		Друштво са ограниченом одговорношћу			
ПОСЛОВНО ИМЕ					
Пословно име		MOBITELMONT DOO BEOGRAD-NOVI BEOGRAD			
ПОДАЦИ О АДРЕСАМА					
Адреса седишта					
Општина		Београд-Нови Београд			
Место		Београд-Нови Београд			
Улица		Булевар Зорана Ђинђића			
Број и слово		73			
Спрат, број стана и слово		/ /			
ПОСЛОВНИ ПОДАЦИ					
Подаци оснивања					
Датум оснивања		26. децембар 2006			
Време трајања					
Време трајања привредног субјекта		Неограничено			
Претежна делатност					
Шифра делатности		6120			
Назив делатности		Бежичне телекомуникације			
Остали идентификациони подаци					
Порески Идентификациони Број (ПИБ)		104769449			
Подаци од значаја за правни промет					
Текући рачуни		220-000000119378-82			

Дана 14.02.2017. године у 13:34:42 часова

Страна 1 од 3

340-0000011005974-32 340-0000010002965-22 220-8030200002046-72 340-0000013002374-97	
Подаци о статусу / оснивачком акту	
Не постоји обавеза овере измена оснивачког акта	Датум важећег статуса <input type="text"/>
	Датум важећег оснивачког акта <input type="text"/>

Законски (статутарни) заступници	
Физичка лица	
1. Име	<input type="text" value="Влатко"/> Презиме <input type="text" value="Млађен"/>
ЈМБГ	<input type="text" value="2709946172177"/>
Функција	<input type="text" value="Директор"/>
Ограничење супотписом	<input type="text" value="не постоји ограничење супотписом"/>
Остали заступници	
Физичка лица	
1. Име	<input type="text" value="Ратко"/> Презиме <input type="text" value="Млађен"/>
ЈМБГ	<input type="text" value="1512978172320"/>
Ограничење супотписом	<input type="text" value="не постоји ограничење супотписом"/>

Чланови / Сувласници	
Подаци о члану	
Име и презиме	<input type="text" value="Влатко Млађен"/>
ЈМБГ	<input type="text" value="2709946172177"/>
Подаци о капиталу	
Новчани	
износ	датум
<input type="text" value="Уписан: 500,00 EUR"/>	<input type="text"/>
износ	датум
<input type="text" value="Уплаћен: 250,00 EUR, у противвредности од 19.575,00 RSD"/>	<input type="text" value="27. децембар 2006"/>
износ(%)	

Дана 14.02.2017. године у 13:34:42 часова

Страна 2 од 3

Сувласништво удела од		100,00000
Основни капитал друштва		
Новчани		
износ	датум	
Уписан: 500,00 EUR		
износ	датум	
Уплаћен: 250,00 EUR, у противвредности од 19.575,00 RSD	27. децембар 2006	

Регистратор, Миладин Маглов



Дана 14.02.2017. године у 13:34:42 часова

Страна 3 од 3

1.14. LICENCE PREDUZEĆA MOBITEMONT DOO ZA PROJEKTOVANJE I IZGRADNJU



РЕПУБЛИКА СРБИЈА
МИНИСТАРСТВО ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ,
РУДАРСТВА И ПРОСТОРНОГ ПЛАНИРАЊА
Сектор за грађевинарство, инвестиције и
грађевинско земљиште
Број: 351-02-00465/2008-07
Датум: 28.03.2011. године
Немањина 22-26

бв/зм

Решавајући по захтеву "МОБИТЕЛМОНТ" д.о.о. - Београд, Булевар Зорана Ђинђића бр. 73, за издавање лиценце за израду техничке документације и грађење објеката за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства, или надлежни орган аутономне покрајине на основу члана 16. Закона о министарствима ("Службени гласник РС", бр. 16/11), члана 126. став 4. и члана 150. став 4. и члана 222. став 2. Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09), и члана 192. Закона о општем управном поступку ("Службени лист СРЈ", бр. 33/97 и 31/01), по овлашћењу министра животне средине, рударства и просторног планирања број: 021-01-10/2011 од 28.03.2011. године, помоћник министра доноси

РЕШЕЊЕ

1. Утврђује се да "МОБИТЕЛМОНТ" д.о.о. - Београд, Булевар Зорана Ђинђића бр. 73, ИСПУЊАВА УСЛОВЕ за добијање лиценце за израду техничке документације за објекте за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства, или надлежни орган аутономне покрајине и то:

П150Е3 – пројеката телекомуникационих мрежа и система за телекомуникационе објекте, односно мреже, системе или средства која су међународног и магистралног значаја

И151Е3 – пројеката телекомуникационих мрежа и система за телекомуникационе објекте, односно мреже, системе или средства која се граде на територији две или више општина

2. Утврђује се да "МОБИТЕЛМОНТ" д.о.о. - Београд, Булевар Зорана Ђинђића бр. 73, ИСПУЊАВА УСЛОВЕ за добијање лиценце за грађење објеката за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства, или надлежни орган аутономне покрајине и то:

И150Е3 – телекомуникационих мрежа и система за телекомуникационе објекте, односно мреже, системе или средства која су међународног и магистралног значаја

И151Е3 – телекомуникационих мрежа и система за телекомуникационе објекте, односно мреже, системе или средства која се граде на територији две или више општина

Образложење

"МОБИТЕЛМОНТ" д.о.о. - Београд, Булевар Зорана Ђинђића бр. 73, поднело је овом министарству 03.02.2011. године захтев број: 351-02-00465/2008-07 за издавање лиценце за израду техничке документације и лиценце за грађење објеката за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства, или надлежни орган аутономне покрајине.

Уз захтев за издавање лиценце достављена је сва потребна документација прописана чланом 126. и чланом 150. Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09) и чланом 4. и чланом 5. Правилника о начину, поступку и садржини података за утврђивање испуњености услова за издавање лиценце за израду техничке документације и лиценце за грађење објеката за које одобрење за изградњу издаје министарство, односно аутономна покрајина, као и о условима за одузимање тих лиценци ("Службени гласник РС", бр. 114/04).

На седници стручне комисије образоване од стране министра, одржаног дана 17.03.2011. године утврђено је да подносилац захтева испуњава услове за добијање наведене лиценце, у смислу одредби чл. 126. и чл. 150. Закона о планирању и изградњи и чл. 7., чл. 8. и чл. 14. Правилника о начину, поступку и садржини података за утврђивање испуњености услова за издавање лиценце за израду техничке документације и лиценце за грађење објеката за које одобрење за изградњу издаје министарство, односно аутономна покрајина, као и о условима за одузимање тих лиценци.

На основу изнетог, на предлог стручне комисије и члана 192. Закона о општем управном поступку, одлучено је као у диспозитиву решења.

1.15. IZJAVE ODGOVORNIH PROJEKTANATA O KORIŠĆENJU PROPISA

Prilikom izrade tehničke dokumentacije:

- Investitor: Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge RATEL, Višnjićeva 8, 11000 Beograd;
- Vrsta rada: Izrada Studije izvodljivosti uvođenja *White Space* uređaja u UHF opsegu (između 470-790MHz);

korišćeni su relevantni tehnički propisi, normativi i standardi koji su regulisani Zakonom o planiranju i izgradnji objekata Republike Srbije (Službeni glasnik RS br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014 i 145/2014), a čija primena je obavezna pri izradi dokumentacije ove vrste, kao i odgovarajući zakonski propisi i podzakonska akta.

Studija izvodljivosti sa idejnim projektom usaglašena je u svim svojim delovima.

Međunarodni propisi:

- Preporuke i standardi ITU, ETSI, ISO/IEC, 3GPP, 3GPP2, CEPT, IEEE, ANSI;
- Ostali relevantni propisi.

Republički propisi:

- Zakon o elektronskim komunikacijama („Službeni glasnik Republike Srbije“ br. 44/2010, 60/2013 - odluka US i br. 62/2014);
- Zakon o planiranju i izgradnji („Službeni glasnik Republike Srbije“ br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014 i 145/2014));
- Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu (Službeni glasnik Republike Srbije br. 101/2005 i br. 113/2017);
- Strategija razvoja elektronskih komunikacija u Republici Srbiji od 2010. godine do 2020. godine, („Službeni glasnik Republike Srbije“, br. 68/2010);
- Zakon o zaštiti životne sredine („Službeni glasnik Republike Srbije“ br. br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 - dr. zakon, 72/2009 - dr. zakon, 43/2011 - odluka US i 14/2016);
- Odluka o izmenama Strategije za prelazak sa analognog na digitalno emitovanje radio i televizijskog programa u Republici Srbiji, („Službeni glasnik Republike Srbije“ broj 26/13);
- Odluka o izmenama Strategije za prelazak sa analognog na digitalno emitovanje televizijskog programa u Republici Srbiji („Službeni glasnik Republike Srbije“ broj 18/12);
- Strategija razvoja širokopojasnih mreža i servisa u Republici Srbiji do 2016. godine („Službeni glasnik RS“ broj 81/14);
- Pravilnik o opštim uslovima za obavljanje delatnosti elektronskih komunikacija po režimu

opšteg ovlašćenja („Službeni glasnik Republike Srbije“ br. 58/2018);

- Zakon o zaštiti od nejonizujućih zračenja (Službeni glasnik RS br. 36/2009);
- Pravilnik o izvorima nejonizujućeg zračenja od posebnog interesa, vrstama izvora, načinu i periodu njihovog ispitivanja, (Službeni glasnik RS, broj 104/09);
- Svi tehnički uslovi i uputstva RATEL-a iz predmetne oblasti;
- Tehnička dokumentacija proizvođača;
- Ostali relevantni propisi.

Projektanti:

Vlatko Crnčević, dipl. ing. el.



Dr Dejan Vujić, dipl. ing. el.



Prof. dr Miroslav L. Dukić, dipl. ing. el.

Dr Milan Janković, dipl. ing. el.



2. PROJEKTNI ZADATAK ZA IZRADU STUDIJE IZVODLJIVOSTI UVOĐENJA WHITE SPACE UREĐAJA U UHF OPSEG (IZMEĐU 470-790MHZ)

2.1. OPŠTI PODACI

Opšti podaci dati su u narednoj tabeli.

Tab.2.1.1 – Opšti podaci o studiji izvodljivosti.

Investitor:	Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge RATEL, Višnjićeva 8, Beograd
Vrsta rada:	Izrada Studije izvodljivosti uvođenja <i>White Space</i> uređaja u UHF opsegu (između 470-790MHz)
Objekat:	Teritorija Republike Srbije
Vreme izrade:	08.06.2018.
Izvor finansiranja:	Poslovni fond agencije
Odgovorno lice:	Direktor, Dr Vladica Tintor, dipl. ing. el.

2.2. UVOD

Radio-komunikacijski spektar ispod 1 GHz je veoma vredan za primene koje zahtevaju dobre uslove propagacije bilo za pokrivanje velikih područja bilo za poboljšano *indoor* pokrivanja. Veliki je broj organizacija (komercijalnih ili regulatora) koji se bavi ispitivanjima korišćenja spektra koji je ostao neiskorišćen nakon uvođenja digitalne televizije. Naime, planiranje digitalne televizije zasnovano je na zonama raspodele i odgovarajućim dodelama, pa iz tog razloga postoje oblasti koje su nepokrivene televizijskim signalom na određenim frekvencijama.

White Spaces (WS) su slobodni delovi spektra koji se ne koriste na određenoj lokaciji u određenom trenutku, od strane korisnika koji poseduju licence ili dozvole za korišćenje frekvencija.

TVWS je slobodan deo spektra unutar opsega 470-790MHz, primarno namenjenog za digitalno terestričko emitovanje televizijskog signala. Upotreba TVWS omogućila bi uređajima da šalju i primaju bežične signale kod primena, kao što su širokopolasni pristup u ruralnim sredinama, Wi-Fi-like servisi ili nove machine-to-machine mreže. U poređenju sa bežičnim tehnologijama kao što su standardni Bluetooth i Wi-Fi, radio talasi koje koriste TVWS uređaji bili bi u mogućnosti da pređu veće udaljenosti i lakše prođu kroz zidove, jer koriste UHF frekvencije.

UHF TV opseg 470-790MHz namenjen je radio-difuznoj službi (digitalna terestrička televizija)

na primarnoj osnovi i za PMSE (*Program Making and Special Events*) opremu u Republici Srbiji, na sekundarnoj osnovi, saglasno sa važećim podzakonskim aktima (Plan namene radio-frekvencijskih opsega i planovi raspodele radio-frekvencija). U ovom frekvencijskom opsegu trenutno su izdate dozvole za korišćenje radio-frekvencija za tri multipleksa DVB-T2 sistema. MUX1 je planiran da pokrije 95% stanovništva, dok su MUX2 i MUX3 predviđeni za pokrivanje 90% stanovništva. Svaki od multipleksa zauzima kanal širine 8MHz, (širina emisije je 7.77MHz), a kanali su unutar frekvencijskog opsega 470-790MHz. PMSE uređaji rade sa manjim snagama, kao što su radio mikrofoni i audio uređaji i u pomenutom opsegu koriste radio-frekvencije po režimu opšteg ovlašćenja. Navedeni korisnici (DTT i PMSE) imaju prioritet u korišćenju opsega 470-790MHz.

2.3. TEHNIČKE SPECIFIKACIJE I ZAHTEVI

Studija mora da sadrži:

- Definiciju predmeta studije;
- Motiv i cilj studije;
- Zakonski osnov u predmetnoj oblasti;
- Pregled sličnih sistema koji su već implementirani/testirani u drugim zemljama u Evropi i svetu;
- Pregled metoda zajedničkog korišćenja spektra u cilju efikasnog korišćenja istog sa naglaskom na metod kontrole spektra preko baze podataka (u daljem tekstu baza) sa kojom TVWS uređaji razmenjuju parametre;
- Predlog rešenja upravljanja bazom od strane regulatora: preko administratora baze ili direktno;
- Pregled evropskih regulatora kvalifikovanih za upravljanje bazom;
- Pregled softverskih alata sa uključenim modulima za računanje TVWS;
- Uporedni pregled tehničkih karakteristika dostupne opreme na tržištu za TVWS i minimalnih tehničkih zahteva prema ETSI harmonizovanom standardu koje TVWS oprema mora da ispunjava;
- Opis tipova i pregled TVWS opreme (vrste antena, namena za fiksnu lokaciju: da ili ne, širina radnog opsega: jedan DTT kanal ili više uzastopnih itd);
- Definisane *master* i *slave* TVWS uređaja i primeri *master*, *master - slave* uređaja/sistema;
- Koncept međusobne komunikacije *master* i *slave* TVWS uređaja i komunikacije *master* uređaja sa bazom (priroda podataka koji se razmenjuju);
 - Provera liste kvalifikovanih baza i odabir jedne za razmenu parametara;
 - Izveštavanje baze o parametrima uređaja;
 - Izveštavanje uređaja o operativnim parametrima (dostupne frekvencije, maksimalne

- snage i sl);
- Izveštavanje baze o odabranim kanalima i nivoima snage;
- Predlog mera bezbednosti kojima se podržava koncept autorizacije i integriteta u međusobnoj komunikaciji *master* i *slave* TVWS uređaja i komunikaciji *master* uređaja sa bazom;
- Predlog realizacije za kontrolu i monitoring *master-slave*-baza komunikacije;
 - Sprečavanje *master* uređaja da emituje u nedostatku komunikacije sa odobrenom TVWS bazom;
 - Sprečavanje *slave* uređaja da emituje u nedostatku komunikacije sa odobrenom TVWS bazom;
 - Sprečavanje *master* uređaja da uzima parametre od TVWS baze koja nije odobrena od strane regulatora itd.;
- Analizu aspekta nesigurnosti određivanja lokacije:
 - Margina greške GPS merenja koja uređaj vrši kako bi obavestio bazu;
 - Neki *slave* uređaji nemaju mogućnost određivanja svoje lokacije;
 - Mogućnost da u ranim fazama konekcije između *master* i *slave* uređaja, *slave* uređaj ne prosledi informaciju o svojoj geolokaciji iako je poseduje;
- *Software, Firmware* i *User Access Restrictions* mere kojima se sprečavaju izmene koje mogu uticati na usaglašenost TVWS uređaja sa zahtevima;
- Načine i nivoe zaštite DTT servisa od strane TVWS uređaja (zone ograničenja, zone isključenja);
- Pregled tipova PMSE opreme koja radi u UHF TV opsegu u Srbiji i Evropi i mogućnost rada ovih uređaja na različitim frekvencijama unutar pomenutog opsega;
- Analizu potrebe i načina zaštite PMSE opreme od strane TVWS uređaja;
 - Zone zaštite;
 - Željeni nivo signala i dozvoljena interferencija od strane TVWS uređaja u PMSE prijemniku, ograničenja u zavisnosti od usmerenosti i polarizacije antene i zaštitni odnosi;
 - Frekvencijski ili fizički razmak PMSE i TVWS uređaja u zavisnosti da li su *indoor* ili *outdoor* sistemi;
 - *Sensing* – detekcija PMSE predajnika od strane TVWS uređaja;
 - Mogućnost dodele određenog kanala samo za PMSE opremu (nacionalni ili geografski nivo);
 - Evidentiranje korišćenja PMSE opreme na određenoj lokaciji u određenom periodu;
 - Razmatranje specifičnih lokacija gde se koristi PMSE oprema;

- Razmatranje trajanja korišćenja PMSE opreme (pozorišta, koncerti, višednevni sportski događaji itd);
- Pregled ograničenja za neželjene emisije TVWS uređaja van opsega 470-790MHz.
- Pregled ograničenja za neželjene emisije TVWS uređaja unutar opsega 470-790MHz ali van dodeljenog kanala (van bloka);
- Predlog, opis i rešenja koraka pri formiranju nacionalne TVWSD (*TV White Space Devices*) baze kao što su:
 - Proračun pokrivanja svih DTT mreža uz definisanje odgovarajućeg referentnog propagacionog modela;
 - Uzimanje u obzir DTT predajnika zemalja suseda (*assignments* i *allotments*) i definisanje strategije za zaštitu istih proračunom pragova/pokrivanja;
 - Definisanje eventualno rezervisanih DTT kanala uzimajući u obzir proces replaniranja u okviru SEDDIF grupe (*South European Dividend Implementation Forum*) i koja ima za cilj predlog za optimizaciju korišćenja frekventijskog opsega 470-694MHz za rad radio-difuzne službe (digitalna terestrička televizija), na osnovu odluka donešenih na Svetskoj konferenciji o radio-komunikacijama (WRC-15) o nameni frekventijskog opsega 694-790MHz i za mobilnu službu;
 - Definisanje PMSE karakteristika – oblasti, kanali i sl;
 - Provera pokrivanja uzimajući u obzir bazu podataka o stanovništvu;
 - Računanje TVWS mapa dostupnosti bazirano na proračunu ometanja od TVWSD na DTT prijemnike radi definisanja zona isključenja za različite frekvencije, opsege, kanale, TVWSD klase, TVWSD visine antena, margina šuma za slučaj višestrukih TVWSD predajnika sa iste tačke;
 - Izrada mapa spektra dostupnih za javne konsultacije (prikaz broja dostupnih kanala za svaku tačku za TVWSD) sa informacijama o koordinatama, dostupnim frekvencijama i maksimalno dozvoljenoj efektivno izračenoj snazi;
 - Provera nivoa interferencije pri dodavanju novih TVWSD – *power sum* interferencija novih TVWSD dodata na DTT interferenciju;
 - Definisanje TVWSD strategije autorizacije: ograničenja koja diktira servis, rezervisanje, prioritet;
 - Definisanje protokola za TVWSD autorizaciju.
- Predlog rešenja i implementacije TVWS proračuna i uloga/povezanost regulatora:
 - Ulazni podaci potrebni za odgovarajući softver na osnovu kojih se vrše proračuni prema kartografskom okruženju, propagacionom modelu, visini antene, klateru;
 - Podaci iz baze licenciranih predajnika (efektivno izračene snage, mape pokrivanja, lokacija, frekvencija, zaštitni odnos...);
 - Zahtev za TVWSD kanal sa poznatim parametrima predajnika (efektivno izračena

- snaga, dinamički opseg, frekvencijski opseg ...);
- Podaci iz baze nelicenciranih TVWSD (koordinate, visina antene ili nadmorska visina *master* TVWSD, karakteristike antena, klasa opreme, frekvencijski opseg u kome TVWSD može raditi);
 - Predlog metoda/modela za proračune koji daje TVWS mape dostupnosti, oblasti koje se štite za svaki DTT kanal, dodeljene kanale TVWSD;
 - Alat za upravljanje TVWSD bazom u koju se smeštaju rezultati dobijeni u alatu za TVWS proračune;
 - Kriterijumi za online pristup bazi kroz odgovarajući alat ili website i dostupnost i način prezentovanja informacija (dostupni TVWS kanali u određenoj oblasti, formalni zahtevi za korišćenje TVWSD kanala, lista već korišćenih kanala, validacija odabranih kanala pre upotrebe itd).
- Pregled pravila i parametara koja su pojedini regulatori postavili u alatu za proračune: referentni propagacioni model, prag pokrivanja, maksimalna udaljenost do koje se vrši proračun, zaštitni odnosi za svaki DTT kanal;
 - Primer/predlog i prednosti pilot programa testiranja u cilju provere pravila koja regulator postavlja kako bi se zaštitili DTT i PMSE korisnici od štetne smetnje od strane novih servisa tj. minimizirala verovatnoća iste;
 - Predlog testiranja uticaja TVWS uređaja na DTT prijem;
 - Predlog testiranja koegzistencije TVWS uređaja sa PMSE uređajima;
 - Primer/predlog analize dostupnosti UHF TV spektra za TVWS tehnologiju na osnovu koje se procenjuje da li je dostupnost dovoljna da podrži moguće use cases na većem delu teritorije Republike Srbije;
 - Procena obima administrativnih kapaciteta (ljudstvo) i finansijskih sredstava potrebnih za testiranje, realizaciju i održavanje sistema;
 - Procenu zainteresovanosti tržišta za uvođenje TVWS;
 - Analizu mogućnosti da projekat bude delom ili u celosti finansijski podržan od evropskih ili međunarodnih finansijskih institucija.

Direktor RATEL-a

Dr. Vladica Tintor, dipl. ing. el.

3. DEFINICIJA PREDMETA STUDIJE

Studija izvodljivosti uvođenja *white space* uređaja u UHF opseg, od 470MHz do 790MHz na teritoriji Republike Srbije ima za cilj da pokaže mogućnost dodatnog ekonomskog i tehničkog iskorišćenja spektra namenjenom emitovanju TV signala.

Radio-komunikacijski spektar ispod 1GHz je veoma vredan za primene koje zahtevaju dobre uslove propagacije. Nakon implementacije sistema digitalne televizije (DVB-T, DVB-T2), značajan deo TV spektra ostao je slobodan u pojedinim zemljama i pojedinim regionima.

Imajući u vidu ekonomski i tehnološki značaj radio-spektra, veliki broj organizacija (komercijalnih ili regulatora) započeo je istraživanje o načinima najboljeg iskorišćenja spektra koji je ostao neiskorišćen nakon uvođenja digitalne televizije. Naime, planiranje digitalne televizije zasnovano je na zonama raspodele i odgovarajućim dodelama, pa iz tog razloga preostaju oblasti koje su nepokrivene televizijskim signalom na određenim frekvencijama.

White Spaces (WS) su slobodni delovi spektra koji se ne koriste na određenoj geografskoj lokaciji u određenom trenutku (vremenskom intervalu) od strane korisnika koji poseduju licence ili dozvole za korišćenje kanala. TVWS je slobodan deo spektra unutar opsega 470MHz-790MHz, primarno namenjenog za digitalno terestričko emitovanje televizijskog signala.

UHF TV opseg 470MHz-790MHz namenjen je radio-difuznoj službi (digitalna terestrička televizija) na primarnoj osnovi i za PMSE (*Program Making and Special Events*) opremu u Republici Srbiji, na sekundarnoj osnovi, saglasno sa važećim podzakonskim aktima (Plan namene radio-frekvencijskih opsega i planovi raspodele frekvencija/lokacija). U ovom frekvencijskom opsegu trenutno su izdate dozvole za korišćenje radio-frekvencija za tri multipleksa DVB-T2 sistema. MUX1 je planiran da pokrije 95% stanovništva, dok su MUX2 i MUX3 predviđeni za pokrivanje 90% stanovništva. Svaki od multipleksa zauzima kanal širine 8MHz, (širina emisije 7.77MHz), a kanali su unutar frekvencijskog opsega 470MHz-790MHz. PMSE uređaji rade sa manjim snagama, kao što su radio mikrofoni i audio uređaji i u pomenutom opsegu koriste radio-frekvencije po režimu opšteg ovlašćenja. Navedeni korisnici (DTT i PMSE) imaju prioritet u korišćenju opsega 470-790MHz.

Specifičnost PMSE uređaja ogleda se u ograničenoj snazi i vrlo ograničenoj geografskoj primeni jer je domet ovakvih uređaja vrlo mali. Sa druge strane visoki nivoi TVWS signala mogu stvoriti smetnje ne samo PMSE uređajima već i DVB-T/T2 uređajima u zavisnosti od položaja TVWS uređaja. Zbog toga obaveza RATEL-a kao regulatora i institucije koja upravlja korišćenjem spektra jeste da ispita potencijalne smetnje koje bi nastale radom TVWS sistema.

Osnovni motiv i predmet Studije jeste da se utvrde smernice na osnovu kojih bi bilo moguće sagledati mogućnosti implementacije TVWS uređaja u Srbiji analizirajući moguće primene TVWS uređaja, postojeće instalacije TVWS sistema u Evropi i svetu, tehničke parametre opreme i mogućnosti koegzistencije sa primarnim korisnicima TV spektra, kao i nivo tehničke standardizacije i mogućnosti regulatora da efikasno i pravovremeno vrši kontrolu i koordinaciju

TVWS sistema međusobno i sa primarnim korisnicima spektra.

3.1. MOTIV I CILJ STUDIJE

Mogućnosti primene TVWS sistema su mnogobrojne. Njihovom implementacijom moguće je ostvariti širokopojasni pristup u ruralnim sredinama što za posledicu ima niz benefita poput unapređenja kvaliteta života, unapređenja obrazovanja, unapređenje ekonomskog okruženja i posledično smanjenu migraciju stanovništva. Takođe, njihovom primenom u kritičnim situacijama moguće je brzo i efikasno uspostaviti privremene sisteme komunikacije sa velikim dometom, u sredinama sa uništenom infrastrukturom.

Primena TVWS je moguća i u specifičnim industrijskim granama poput rudarstva za komunikacije unutar rudnika ili na površinskim kopovima za potrebe telemetrije, video-nadzora i govorne komunikacije. Ne treba zaboraviti da TVWS uređaji nisu jedinstvena grupa uređaja već da je moguće očekivati primenu uređaja zasnovanih na različitim tehnologijama u ovom opsegu, počev od tehnologija baziranih na IEEE 802.11 i IEEE 802.22 standardima (implementiranih u nizu TVWS uređaja), zatim LTE, a treba očekivati u budućnosti i sisteme bazirane na 5G standardu koji bi radili u TVWS opsegu. U poređenju sa bežičnim tehnologijama kao što su standardni Bluetooth i Wi-Fi, TVWS komunikacije bi omogućile znatno veći domet i time omogućile efikasnije radio-pokrivanje.

Osnovni motiv Studije izvodljivosti uvođenja *white space* uređaja u UHF opsegu od 470MHz do 790MHz na teritoriji Republike Srbije jeste da pruži uvid RATEL-u u postojeće sisteme u Evropi i svetu, kao i da izloži pregled tehnoloških parametara opreme. Posebno je značajna analiza mogućnosti regulatora da vrši koordinaciju i usklađivanje rada TVWS sistema sa primarnim i drugim sekundarnim korisnicima opsega kako bi se kreirale smernice na osnovu kojih će biti moguće proceniti realnost uvođenja TVWS sistema u rad na teritoriji Republike Srbije, ekonomski benefiti njihovog potencijalnog uvođenja i mogućnost efikasne kontrole rada TVWS sistema kao sekundarnih korisnika.

RATEL će na osnovu rezultata Studije biti u mogućnosti da kreira okvir za ispitivanje opravdanosti uvođenja TVWS uređaja u rad u Srbiji i započne rad na kreiranju pravilnika i uputstava ta TVWS uređaje ukoliko se pokaže opravdanim njihovo uvođenje u rad.

3.2. ZAKONSKI OSNOV U PREDMETNOJ OBLASTI

Upravni odbor Regulatorne agencije za elektronske komunikacije i poštanske usluge, u skladu sa članom 11. stav 1. tačka 1) Zakona o elektronskim komunikacijama, donosi godišnji plan rada Agencije, usklađen sa strateškim aktima i akcionim planovima iz oblasti elektronskih komunikacija i poštanskih usluga, najkasnije do 15. decembra tekuće godine za narednu godinu.

Polazeći od ciljeva Strategije razvoja elektronskih komunikacija u Republici Srbiji od 2010. do 2020. godine („Službeni glasnik RS, broj 68/10), Agencija je pripremila Plan rada za 2018. godinu u kome se nalaze aktivnosti vezane za razvoj nezavisne i dosledne regulatorne prakse, a u svrhu

daljeg razvoja tržišta elektronskih komunikacija, promovisanja konkurencije, primene novih tehnologija i zaštite krajnjih korisnika.

Kako se tokom 2018. godine očekuje donošenje novih zakona koje regulišu oblasti elektronskih komunikacija i poštanskih usluga, glavne aktivnosti RATEL-a biće usmerene ka implementaciji novih zakonskih rešenja, odnosno izradi odgovarajućih podzakonskih akata. Donošenjem novih zakona postiže se veći stepen usklađenosti domaćih propisa sa aktuelnim regulatornim okvirom Evropske unije.

RATEL će intenzivno pratiti i usvajanje objedinjene evropske direktive u oblasti elektronskih komunikacija i rešenja koja ona donosi, a kako bi se održao korak sa modernim tendencijama u regulaciji telekomunikacionog tržišta.

U skladu sa svojim nadležnostima i aktuelnim trendovima u razvoju telekomunikacija, poštanskih usluga i informacione bezbednosti, ali i potrebama operatora i krajnjih korisnika, RATEL je definisao osam strateških prioriteta za 2018. godinu:

- Unapređenje regulatornog okvira za elektronske komunikacije koji podrazumeva implementaciju novog Zakona o elektronskim komunikacijama kroz izradu novih podzakonskih akata i usklađivanje sa regulatornim okvirom EU za elektronske komunikacije;
- Unapređenje regulatornog okvira za poštanske usluge;
- Zaštitu korisnika telekomunikacionih i poštanskih usluga, uključujući i razvoj univerzalnog servisa;
- Povećanje efikasnosti upravljanja radio-frekvencijskim spektrom uključujući izradu novog Plana namene i planova raspodele. Plan namene radio-frekvencijskih opsega donosi Vlada na osnovu predloga koji utvrđuje nadležno ministarstvo, a koji priprema RATEL;
- U toku 2018. godine se planira donošenje novog Plana namene na osnovu predloga novog Plana namene koji priprema Agencija. Izmene Plana namene su neophodne i proistekle su na osnovu rezultata svetskih konferencija za radio-komunikacije održanih 2012. i 2015. godine (WRC-12 i WRC-15) kao i na osnovu ažurirane Evropske tabele namene (ECA Table). Po stupanju na snagu novog Zakona o elektronskim komunikacijama, potrebno je uskladiti radnu verziju Plana namene (koja je pripremljena tokom 2017. godine, u skladu sa važećim zakonskim okvirima) sa odredbama novog Zakona o elektronskim komunikacijama. U daljoj proceduri donošenja, Agencija predlog Plana namene upućuje na javne konsultacije, a posle završenih javnih konsultacija predlog dostavlja nadležnom ministarstvu. Planove raspodele donosi nadležno ministarstvo, na predlog Agencije. Po donošenju novog Plana namene radio-frekvencijskih opsega, kao i usled potrebe za definisanjem uslova za korišćenje radio-frekvencija biće neophodna izrada novih, izmena postojećih i primena usvojenih planova raspodele. U 2018. godini planirana je izrada predloga sledećih akata:
 - Izmene i dopune Plana raspodele frekvencija/lokacija za terestričke analogne FM radio-difuzne stanice;

- Izmene i dopune Plana raspodele frekvencija/lokacija/oblasti za terestričke digitalne TV radio-difuzne stanice u UHF opsegu za teritoriju Republike Srbije;
- Plan raspodele za rad u radio-frekvencijskom opsegu 2600MHz.
- Povećanje konkurentnosti na telekomunikacionom tržištu;
- Izgradnja sistema za koordinaciju i prevenciju rizika u IK sistemima;
- Unapređenje prisustva Agencije na međunarodnom nivou;
- Povećanje efikasnosti rada Agencije.

Svaki od prioriteta prati i određeni broj ključnih aktivnosti koje će biti realizovane u 2018. godini.

Navedene aktivnosti Agencije za 2018. godinu, a posebno korekcija Plana raspodele frekvencija/lokacija/oblasti za terestričke digitalne TV radio-difuzne stanice u UHF opsegu za teritoriju Republike Srbije pokazuju potrebu da RATEL sagleda nove tehnologije i mogućnosti efikasnijeg korišćenja radio-frekvencijskog spektra u UHF opsegu od 470MHz do 790MHz.

4. PREGLED TVWS SISTEMA KOJI SU VEĆ IMPLEMENTIRANI U EVROPI I SVETU

4.1. UVOD

Dosadašnja implementacija TVWS sistema se može okarakterisati kao još uvek eksperimentalna i na osnovu koje se izučavaju mogućnosti tehnologije a manje kao komercijalni sistemi koji se odlikuju jasno definisanim standardima i primenama.

Implementacija TVWS sistema može se podeliti u više kategorija na osnovu izbora tehnologije koja je primenjena u okviru TVWS sistema i namene TVWS sistema. Dosadašnji razvoj TVWS sistema karakteriše primena različitih tehnoloških rešenja i standarda.

4.2. TEHNOLOŠKI ASPEKTI TVWS SISTEMA

4.2.1. ARHITEKTURA MREŽE

Celokupni segment telekomunikacione industrije koji se bavi proizvodnjom TVWS opreme može se opisati kao gotovo eksperimentalni. Celokupan rad se odvija uz primenu različitih standarda i rada međusobno nekompatibilnih uređaja. Međutim, bez obzira na primenjeni standard ili izabrano tehničko-tehnološko rešenje, sve TVWS mreže karakteriše jedinstvena arhitektura. TVWS mreže odlikuju se *point – to multi point* (zvezdastom) arhitekturom. Ova arhitektura podrazumeva da se radio pristupna mreža sastoji od *master* uređaja, koji se ponaša kao bazna stanica, i *slave* uređaja, koji se ponašaju kao korisnički terminali u drugim bežičnim mrežama. Korisnički terminali mogu biti fiksni (kao u slučaju fiksnog bežičnog pristupa) ili mobilni ili nomadski. Trenutno u primeni nema TVWS mreža sa mobilnim korisničkim terminalima a nomadski način pristupa je moguć ali vrlo retko korišćen.

Master uređaj po uključivanju (prvi put), određuje svoju lokaciju na osnovu GPS koordinata, ne započinje emitovanje već čita ugrađene podatke da bi utvrdio koju geolokacijsku bazu može da kontaktira i zatraži parametre za emitovanje. Baza prima podatke od uređaja, prosleđuje mu podatke potrebne da uređaj započne broadcast emitovanje parametara potrebnih za emitovanje *slave* uređaja. Ovi parametri su generički – može ih koristiti svaki *slave* uređaj koji je u dometu *master* uređaja. *Slave* uređaj koji primi broadcast signal, podešava svoje emitovanje shodno primljenim podacima i započinje emitovanje. U svojoj prvoj poruci *master* uređaju, *slave* uređaj šalje zahtev da dobije namenske parametre emitovanja (namenjene samo njemu, shodno karakteristikama samog *slave* uređaja). *Master* uređaj prosleđuje geolokacijskoj bazi (bazi slobodnog belog spektra) upite za *slave* uređaje. Baza odgovara *master* uređaju šaljući podatke za emitovanje *slave* uređaja koji su u njegovoj zoni pokrivanja a *master* uređaj prosleđuje podatke *slave* uređajima. *Slave* uređaji menjaju, po potrebi, parametre svog emitovanja, shodno primljenim podacima i počinju emitovanje korisničkih podataka. Postupak usklađivanja parametara emitovanja (snage, izabranog kanala itd.) ponavlja se svakih N minuta, gde je N obično samo 1 minut. U

slučaju da uređaji ne dobiju nove podatke od baze, prekidaju sa emitovanjem. U toku emitovanja, celokupna komunikacija obavlja se u skladu sa izabranim standardom. Najčešći standardi su IEEE 802.11af (pa su sve kontrolne poruke između *master* i *slave* uređaja u skladu sa IEEE 802.11 standardima) i LTE (kada se komunikacija između *master* i *slave* uređaja odvija kao u standardnoj LTE mreži). Treba napomenuti da pojedini proizvođači menjaju standardizovane protokole kako bi povećali efikasnost prenosa (izbacuju poruke o handoveru, mobilnosti itd.). Samim tim, ovi TVWS sistemi su bazirani na izmenjenim standardima zbog čega su nestandardni i nekompatibilni sa uređajima drugih proizvođača.

Uloga geolokacijske ili baze slobodnog belog spektra (*White Spectrum Database*, WSDB) ima vrlo značajnu ulogu u celokupnom procesu organizacije rada TVWS uređaja kao sekundarnih korisnika. Ova baza ima za zadatak, da na osnovu poznavanja svih parametara primarnih i sekundarnih korisnika spektra – a to su predajnici digitalnog TV signala (multipleksnog signala), PMSE uređaja (mikrofona i druge bežične opreme koja se koristi na specijalnim, vanrednim, događajima) i TVWS uređaja, obezbedi neometani rad primarnih korisnika i da, istovremeno, pronađe slobodan spektar za rad sekundarnih korisnika. Ovaj zadatak je dinamički jer se zauzetost spektra menja u zavisnosti od vremena i lokacije (prostorno-vremenska zavisnost) i ključan je za izbegavanje interferencije.

Kako *master* uređaj prvi put vrši upit ka WSDB putem Interneta (jer ne sme da emituje pre dobijanja podataka) to je jasno da ta Internet konekcija služi kao *backhaul* uređaja. *Master* uređaj koji se bazira na standardu IEEE 802.11 serije, ponaša se kao *hub* u IP mreži i omogućava „izlazak na Internet“ *slave* uređajima (krajnjim korisnicima). U malim TVWS mrežama, uređaji mogu imati privatne statičke adrese, dok u većim mrežama mogu imati dinamičke IP adrese za šta je potreban DHCP server. Saobraćaj sa *master* uređaja terminira se na ruteru ili sviču, u zavisnosti da li se koristi javna ili privatna IP mreža i kakva je njena organizacija, a mrežni uređaj dalje prosleđuje saobraćaj ka spoljnoj mreži (Internetu). Sama organizacija mreže je jednostavna i ne razlikuje se od bilo koje druge IP mreže. Jedina specifičnost TVWS mreža jeste da *master* i *slave* uređaji komuniciraju koristeći spektar namenjen emitovanju TV signala i da se vrši kontinualna provera da li posmatrani TV kanal koristi predajnik digitalnog TV signala.

U pojedinim rešenjima proizvođača, celokupna logika *master* uređaja se može nalaziti u njemu. Kod drugih rešenja, logika uređaja može biti podeljena. Tako, kod pojedinih proizvođača koji svoje uređaje baziraju na LTE tehnologiji, EPC se nalazi u oblaku (*cloud*). Ovim se postiže da je *master* uređaj jednostavniji, jeftiniji i da vlasnik TVWS mreže može da postavi (u najekstremnijim slučajevima) bazne stanice bilo gde na svetu i da one čine jedinstvenu TVWS mrežu.

U svim slučajevima se može zaključiti da se TVWS mreže ponašaju kao standardne IP mreže ili standardne LTE mreže. Jedina specifičnost ovih mreža jeste način komunikacije između *master* i *slave* uređaja. TVWS mreže predstavljaju primer kognitivnog radija, gde uređaji „osluškuju“ spektar i gde se vrši promena parametara rada.

4.2.2. TEHNOLOŠKI ASPEKTI POSTOJEĆIH SISTEMA

Prvi sistemi realizovani su tehnologijama koje su sadržale u značajnoj meri nestandardizovana

rešenja proizvođača opreme. Kasniji razvoj usmerio je proizvođače opreme na 2 najperspektivnija standarda iz familije IEEE 802 standarda a to su IEEE 802.22 i IEEE 802.11af. Sa protokom vremena, IEEE 802.11af postaje dominantan ali je u toku 2017. godine ovaj standard proglašen prevaziđenim i menja ga IEEE 1900 serija standarda. ISO/IEC definiše ISO/IEC 16504 standard koji je identičan sa ECMA-392, standardom Evropske asocijacije proizvođača kompjutera (*European Computer Manufacturers Association*) odnosno Evropske asocijacije za standardizaciju informacionih i komunikacionih sistema (*Ecma International - European association for standardizing information and communication systems*). U praksi, ovaj standard nije istican kao osnova za realizaciju nekog od sistema. Takođe, Evropski institut za standardizaciju u telekomunikacijama (ETSI) definiše tehnološka rešenja vezana za TVWS uređaje i u značajnoj meri se poklapa sa IEEE 802.11af standardom.

Ne treba ignorisati ni sisteme zasnovane na LTE-u. Ovi sistemi se javljaju u kasnijem periodu i treba očekivati njihov veći broj sa upotrebom kanala u opsegu iznad 700MHz. Ova tehnološka rešenja baziraju se na LTE TDD tehnologiji i sa tehnološkog stanovišta su značajno bliža i jednostavnija za proizvodnju velikim proizvođačima LTE opreme.

U celini posmatrano, u postojećim implementiranim sistemima, dominantan primenjeni standard je IEEE 802.11af odnosno IEEE 802.11n sa širinom kanala od 5MHz, zbog čega je jednostavan za primenu globalno, bez obzira da li je na raspolaganju TV kanal širine 8MHz ili 6MHz.

4.3. PRIMENE POSTOJEĆIH TVWS SISTEMA

Postojeći TVWS sistemi su uglavnom pilot projekti ili projekti koji imaju i komercijalnu primenu ali je njihova instalacija potpomognuta značajnim donacijama velikih kompanija poput Microsoft-a ili uz pomoć zvaničnih državnih institucija. Glavna karakteristika ovih instalacija je da su lokalnog regionalnog karaktera, sa ograničenim uticajem. Najčešći razlozi instalacije TVWS sistema su obezbeđivanje širokopojasnog radio-pristupa u ruralnim sredinama ili u školama. Takođe, primetna su i rešenja za pojedine konkretne probleme u komercijalnim sistemima i pri rešavanju određenih ekoloških pitanja.

4.3.1. TVWS SISTEMI U EVROPI

Najveći broj TVWS sistema izgrađen je u Velikoj Britaniji. OFCOM, kao nacionalni regulator, posvećuje veliku pažnju alternativnim tehnologijama, uključujući i TVWS. Nekoliko pilot projekata implementirano je u Velikoj Britaniji, najčešće upotrebom opreme proizvođača *6Harmonics*, odnosno primenom IEEE 802.11n standarda u TVWS opsegu.

TVWS mreža u londonskom zoološkom vrtu

U oktobru 2014. godine, OFCOM, *6Harmonics*, *MediaTek* i *Google* zajedno su implementirali pilot projekat TVWS sistema u londonskom zoološkom vrtu. Svrha projekta bila je da se javnosti predstavi program zaštite životinja i preko TVWS sistema je prenošen video-signal (streaming) na

YouTube gde su zainteresovali mogli da gledaju prenos dešavanja u zoološkom vrtu. Projekat je i dalje aktivan. *6Harmonics* i *MediaTek* obezbedili su opremu za prenos signala (TVWS opremu) dok je OFCOM omogućio rad izdajući privremenu dozvolu za upotrebu jednog radio-kanala u opsegu od 470MHz do 790MHz. *Google* je kao registrovani domaćin baze podataka o TVWS spektru obezbedio informacije o slobodnom spektru dok je Zoološki vrt u Londonu iskoristio prenos za popularizaciju i ispitivanje mogućnosti da se na ovaj način nadgledaju životinje, ne samo u zoološkom vrtu, već i u divljini.

Na osnovu komunikacije autora Studije sa predstavnicima *6Harmonics*-a koji su bili uključeni u pilot projekat, zaključeno je da je celokupan projekat ocenjen pozitivno i da je i dalje aktuelan. Korištena oprema zasnivala se na uređajima *6Harmonics*-a koji su bazirani na IEEE 802.11n standardu.

TVWS mreža u Londonu

Japanski institut za telekomunikacione tehnologije (NICT) sproveo je u saradnji sa *King's College*-om iz Londona pilot projekat kako bi ispitao komunikaciju između TVWS uređaja i TVWS baze podataka (*White Space Database*) o slobodnom spektru. Specifičnost projekta ogledala u testiranju komunikacije TVWS uređaja sa bazom i to upotrebom ETSI 301598 standarda, odnosno IETF PAWS standarda. PAWS (*Protocol to Access White Space*) je namenski protokol za komunikaciju TVWS uređaja sa bazom podataka o slobodnom spektru. Pored testiranja komunikacije uređaja sa bazom, testirane su i performanse uređaja i međusobna koegzistencija TVWS uređaja.

TVWS uređaji koji su korišteni tokom pilot projekta proizvod su NICT-a. Radi se o LTE uređajima u skladu sa 3GPP Release 8, kod kojih je RF front-end modifikovan da podrže rad u TVWS opsegu i da podrže IEEE 802.11af standard. Ovi uređaji zadovoljavaju specifikacije date u ETSI 301 598, uključujući i vrlo striktnu spektralnu masku. Baza podataka o slobodnom spektru koju je NICT razvio nakon ovog pilot projekta, predstavlja referentnu TVWS bazu.

LTE sistem koji je bio instaliran obezbedio je širokopojasnu komunikaciju u TVWS opsegu pružajući protoke na *downlink*-u od 45Mb/s u FDD modu rada. Da bi se ostvario ovaj protok korišteni su kanali od 20MHz na *downlink*-u i *uplink*-u koji su dobijeni agregacijom po 3 susedna TV kanala. U TDD režimu rada, kada je korišten jedan kanal širine 20MHz dobijen agregacijom 3 susedna TV kanala, ostvaren je protok od 19Mb/s.

Sistem zasnovan na IEEE 802.11af standardu ostvario je manje protoke jer je koristio isključivo jedan TV kanal širine 8MHz. U takvim uslovima rada, ostvaren je link dužine 3.7km između TVWS bazne stanice (*master* uređaja) i korisničkog terminala (*slave* uređaja) sa protokom koji je prevazilazio 2Mb/s.

Ostali TVWS pilot projekti u Londonu

King's College u Londonu sproveo je još niz pilot projekata u julu 2014. godine koristeći opremu različitih proizvođača, sa različitim partnerima u okviru ovih projekata, sa ciljem testiranja

TVWS opreme u kontinuiranom radu u raznim delovima Londona kao i na nekoliko lokacija izvan Londona, u ruralnim sredinama Velike Britanije. Cilj projekata je da se ispita upotrebljivost TVWS opreme i tehnologije pri realizaciji *point-to-point* linkova na velikim rastojanjima, pružanja širokopojasnog pristupa korisnicima unutar objekata (*indoor broadband access*), pružanja širokopojasnog pristupa korisnicima u velikim oblastima kao i za testiranje same tehnologije i standarda. Baze podataka o slobodnom spektru obezbedili su *Fairspectrum*, *Spectrum Bridge*, i *Nominet*, dok su opremu donirali brojni proizvođači uključujući *Carlson Wireless*, *InterDigital*, *Eurecom* (oprema razvijena u saradnji sa *King's College London*), *Sinecom/KTS*, *Runcom*, NICT i drugi. Instalacijom opreme u urbanom delu Londona, u kampusima *King's College-a* i univerziteta *Queen Mary*, zatim na *Waterloo*, *Denmark Hill-u* i drugim centralnim londonskim lokacijama pokazano je da tehnologija omogućava širokopojasni pristup svojim korisnicima. Razni proizvođači opreme obezbedili su opremu baziranu na LTE standardu, IEEE 802.11af i IEEE 802.22.

Pilot projekat u Glazgovu

Microsoft, *MediaTek*, *6Harmonics* i *Aviacomm* iskoristili su pilot projekat u Glazgovu, od aprila 2014. do aprila 2015. godine da demonstriraju uspešan rad Wi-Fi primopredajnika sposobnog za rad u tri opsega. Partner u projektu bio je *University of Strathclyde* i njihov Centar za *White Space* komunikacije (*Centre for White Space Communications*, CWSC). Svrha pilot projekta bila je da omogući radio-pokrivanje u delovima Glazgova bez radio-pokrivanja i da omogući primenu aplikacija namenjenih pametnim gradovima. TVWS uređaji koji su podržavali rad u 3 opsega imali su priliku da kroz komunikaciju sa bazom podataka o slobodnom spektru izaberu slobodan spektar za rad u znatno širem opsegu, nego da su podržavali isključivo opseg od 470MHz do 790MHz, kao i da prilagode svoju snagu emitovanja izabranom opsegu i radio-okruženju.

U okviru prve faze uređaji su bili smešteni u kampusu univerziteta a projekat je bio finansiran delom od strane Vlade Škotske u okviru programa demonstracije digitalnih rešenja a delom od strane *Microsoft-a*.

CWSC je posle pilot projekta razmatrao mogućnost prikupljanja i agregacije podataka sa distribuiranih senzora koji su skupljali podatke o životnoj okolini u gradu, kao i da prezentuje prikupljene podatke. Mreža je bila raspoloživa i različitim proizvođačima senzora kako bi testirali mogućnost prikupljanja podataka sa senzora prilikom njihovog razvoja.

TVWS sistem na liniji trajekta između Orkney ostrva

Osnovni problem ruralnih sredina u Velikoj Britaniji jeste mali protok pri konekciji preko mreža mobilne telefonije. Ovi protoci su po prijavi korisnika često samo 1Mb/s. Ruralni delovi Škotske imaju čak i niže protoke preko mreža mobilne telefonije od ostatka Velike Britanije. Jedan od projekata, implementiranih oktobra 2013. podrazumevao je upotrebu TVWS uređaja za realizaciju širokopojasnog pristupa na trajektima koji saobraćaju između ostrva *Orkney* i *Pentland Firth-a*. Stanovnici na *Orkney* ostrvima pre ovog projekta nisu imali Internet pristup na trajektima a značajan broj njih ni u svojim domovima. Kompanija *CloudNet IT* implementirala je TVWS rešenje *Carlson Wireless* bazirano na IEEE 802.22 kako bi obezbedila pristup Internetu putnicima

dok čekaju na terminalima trajekta kao i na samim trajektima dok putuju. Plan *CloudNet* IT-ja je bio da proširi pokrivanje na izolovana ostrva kako bi stanovnicima obezbedio Internet pristup.

Širokopojasni pristup na ostrvu But

Aprila 2011. godine, šestočlani konzorcijum dogovorio se da uz pomoć Saveta za strategiju tehnologija, koji je telo zvanične administracije Velike Britanije, radi na primeni TVWS rešenja u cilju pružanja širokopojasnog pristupa maloj ruralnoj zajednici na ostrvu But u Škotskoj. Pilot projekat bio je u funkciji od juna 2012. do oktobra 2013. godine.

Osnovni cilj bio je da se ispita ali i da se demonstrira mogućnost pružanja širokopojasnog pristupa udaljenim ruralnim zajednicama kojima je teško pristupiti zbog nepovoljnog geografskog položaja i terena. Ovaj projekat je uključivao planiranje i izgradnju TVWS mreže od lokalne telefonske centrale (*Point of Presence*, PoP) do 8 lokacija u bližoj okolini, kao i transportnog linka (*backhaul* linka) od telefonske centrale do kopna i zatim do Internet okosnice British Telecom-a.

Širokopojasni pristup u Kembridžu

TVWS pilot projekat započet u junu 2011 zamišljen je da omogući evaluaciju tehnologije ali i da oceni postojanje aplikacija i scenarije primene koji bi mogli biti korišteni uz TVWS rešenja. Grupa koja je realizovala pilot projekat analizirala je niz primena kao što su širokopojasni pristup u ruralnim sredinama, pokrivanje urbanih delova bez radio-pokrivanja (po principu *hot spot*-a) i komunikaciju između mašina (*machine-to-machine*, M2M). Opšti zaključak je bio da TVWS može da zadovolji zahteve za širokopojasnim pristupom. U projektu su učestvovali: *Adaptrum*, *Alcatel-Lucent*, *Arqiva*, *BBC*, *BSkyB*, *BT*, *Cambridge Consultants*, *CSR*, *Digital TV Group*, *Neul*, *Nokia*, *Samsung*, *Spectrum Bridge*, *TTP*, *Virgin Media* i *Microsoft*. Celokupan projekat trajao je od juna 2011. do aprila 2012. godine.

U toku 2017. godine *Microsoft* se okreće sopstvenom rešenju i radi na modifikovanom LTE rešenju sa ciljem da se eliminišu nepotrebne funkcionalnosti LTE-a kada je u pitanju širokopojasni pristup a da se istovremeno efikasnije iskoristi spektar i maksimizira protok u tako modifikovanom rešenju. *Microsoft* je razvio sopstveni EPC (*Enhanced Packet Core*, EPC) koji je implementirao na baznim stanicama izabranog proizvođača opreme. Cilj projekta je bio da se pokažu mogućnost da se proizvede efikasan TVWS proizvod koji bi obezbedio ekonomski povoljno rešenje jer ne bi imao kompleksne funkcije koje sadrži standardni LTE. Cilj je bio i da rešenje pruži korisnicima jednostavan i efikasan pristup širokopojasnom Internetu i da se ispitaju mogućnosti TVWS u ekonomski razvijenim zemljama. Projekat je pokazao da postoje segmenti tržišta koji mogu iskoristiti TVWS u svom radu kao i da se mogu pružiti jeftini servisi pristupa Internetu korisnicima koji nisu u prilici da ostvare taj pristup na drugi način usled nedostupnosti servisa, finansijske situacije ili iz nekog trećeg razloga.

TVWS testno okruženje u Turku

Finski WISE projekat bio je jedan od prvih projekata implementacije TVWS tehnologije sa

ciljem istraživanja njenih mogućnosti. Projekat koji je trajao od 2011. godine do 2015. godine bio je značajan jer je doprineo nizom zaključaka i rezultata radnoj grupi SE43 CEPT-a. Primena TVWS tehnologije analizirana je u raznim situacijama: širokopojasnom pristupu u ruralnoj sredini, bežičnom video-nadzoru, smart grid rešenju, inteligentnim transportnim sistemima i M2M komunikaciji.

Finski regulator FICORA izdao je prvu licencu za geolokacijsku bazu podataka (WSDB) o slobodnom spektru u Evropi zbog potreba ovog projekta. U projektu su učestvovali univerzitet *Aalto*, grad *Jyväskylä*, *Fairspectrum*, finska regulatorna agencija, *Digita*, regionalni transportni sistem Helsinkija, *Nokia Solutions and Networks*, *Teleste*, Univerzitet primenjenih nauka iz Turku i *Viola Systems*. Projekat je bio finansiran od strane finske agencije za inovacije (Tekes).

4.3.2. TVWS SISTEMI U AFRICI

TVWS mreža u Maputu

U Maputu, u Mozambiku, od avgusta 2015. godine do kraja 2016. godine, aktivan je TVWS sistem namenjen proceni mogućnosti da se obezbedi širokopojasni pristup Internetu školama u ruralnim sredinama i biblioteci univerziteta Unitiva, u opštini Boane. U projektu učestvuje niz univerziteta i istraživačkih institucija uključujući Institut za nacionalne komunikacije Mozambika (*Institute of National Communications of Mozambique*, INCM), Fond za univerzalni pristup Mozambika (*Universal Access Fund*, FSAU), Internacionalni centar *Abdus Salam* za teorijsku fiziku, centar za informatiku Univerziteta *Eduardo Mondlane* i drugi.

TVWS oprema u upotrebi je proizvođača *6Harmonics*. Njihove bazne stanice (*master* uređaji) koriste se da obezbede radio-pokrivanje u širokom području opštine Boane za koju je glavna prepreka velika udaljenost od trasa optičkih kablova i bilo kakvog telekomunikacionog PoP-a. Projekat finansira Fond za univerzalni pristup Mozambika a cilj je da se omogući rad mladim istraživačima na univerzitetima, da se omogući Internet pristup školama i da se pomogne ICNM-u da se sagleda koji je najpovoljniji i najefikasniji način da se postojeći projekat proširi na nacionalni nivo.

Projekat Kgolagano u Bocvani

Projekat Kgolagano, od početka 2015. godine obezbeđuje širokopojasne telekomunikacione veze medicinskim ustanovama u Gaboronu. Svrha projekta je da se omogući povezivanje ginekoloških ambulanti i da se unapredi natalna medicina u malim gradovima i ruralnim sredinama, kako bi se unapredila medicinska nega trudnica i porodilja. Doktori putem TVWS linka daju konsultacije medicinskom osoblju u ambulantama i samim pacijentima.

Projekat podržava Regulatorno telo za telekomunikacije Bocvane (BOCRA), kao i Ministarstvo zdravlja i Ministarstvo infrastrukture, nauke i tehnologije Bocvane. U projektu učestvuju *Microsoft*, *Adaptrum*, *USAID*, *Vista Life Sciences*, *Global Broadband Solutions* i *Botswana-UPenn Partnership* (BUP) koje je obezbedilo doktore koji pružaju savete.

TVWS mreža u Kejptaunu

U periodu od marta do septembra 2013. godine, u Kejptaunu, više kompanija je u saradnji sa Agencijom za telekomunikacije Južne Afrike (ICASA) učestvovalo u pilot projektu TVWS sistema. U projektu su učestvovali *Google*, Institut CSIR Meraka, Istraživačka i mreža za tercijarno obrazovanje Južne Afrike (TENET), Asocijacija provajdera bežičnog pristupa (WAPA), *Comsol Wireless Solutions*, *Carlson Wireless* i *Neul*.

TVWS mreža sastojala se od više baznih stanica pozicioniranih na Medicinskom fakultetu Univerziteta Steleboš, koje su obezbeđivale širokopojasni pristup Internetu za više škola u radijusu od 10km od lokacije univerziteta. Svaka škola imala je obezbeđenih 2.5Mb/s sa opcijom prelaska na ADSL kada TVWS link ne funkcioniše kako bi se sprečio gubitak Internet konekcije u radno vreme škole. Da bi se izbegla smetnja ka primarnim korisnicima, korištena je *Google*-ova baza podataka o slobodnom spektru (WSDB). Ovaj pilot je pokazao posle više meseci rada da je moguće obezbediti širokopojasni pristup Internetu u UHF TV opsegu bez stvaranja interferencije primarnim korisnicima.

TVWS mreža u Limpuru

Jula 2013. godine, *Microsoft*, *6Harmonics* i Institut Meraka koji je razvio geo-lokacijsku bazu o slobodnom spektru (WSDB), udružili su se sa Univerzitetom Limpopo u Južnoj Africi da obezbede Internet pristup za univerzitet i škole u radijusu od 8km u okolini univerziteta.

Zahvaljujući pilot projektu, stotine studenata su ostvarili pristup Internetu a po prvi put su se u spisku predmeta na univerzitetu našli i predmeti iz oblasti informatike. TVWS sistem omogućio je pristup online resursima i unapredio kvalitet nastave. Međutim, zaključeno je da cena opreme i sistema predstavlja glavnu prepreku i da samo smanjenje troškova može omogućiti široku primenu tehnologije i pristup Internetu za više miliona južnoafrikanaca. Cilj južnoafričke vlade je da obezbedi širokopojasni pristup Internetu za većinu stanovništva do 2020. godine, što će stvoriti uslove za unapređenje obrazovanja, zdravstvene zaštite, trgovine i pružanja usluga državne administracije jednostavno i na nivou cele države.

TVWS pilot projekat u Namibiji

Najveći TVWS pilot projekat organizovan je u Namibiji, u avgustu 2014. godine, u Ošani, Ohangveni i Omusatiju. Fondacija *MyDigitalBridge* u saradnji sa *Microsoft*-om i *Adaptrum*-om i još nekoliko lokalnih partnera izgradila je TVWS mrežu koja je obezbedila Internet konekciju u 2 škole na severu Namibije. Površina oblasti pokrivena TVWS radio-signalom iznosila je 9,424km (62km×152km) i do sada je najveći implementirani TVWS sistem. Projekat je imao podršku i parlamentarnog odbora za telekomunikacije Skupštine Namibije.

TVWS mreža u Akri

SpectraLink Wireless, u saradnji za nacionalnim telekomunikacionim regulatorom u Gani (NCA) i *Meltwater* preduzetničkom školom za tehnologije (MEST) izgradio je mrežu za besplatan

širokopojasni pristup u Akri u Gani, u martu 2014. godine. Svrha projekta je bila da *SpectraLink Wireless* dokaže efikasnost svog TVWS rešenja u urbanom okruženju gde se susreću brojni izvori smetnji. Mreža je testirana upotrebom TV kanala koji su bili susedni zauzetim TV kanalima od strane primarnih korisnika. Na linkovima dužine do 10km nisu uočene smetnje.

TVWS pilot projekat u Koforidi

SpectraLink Wireless je ponovo realizovao TVWS pilot projekat u Gani, početkom 2013. godine, zajedno sa *Microsoft*-om i *Facebook*-om. Svrha projekta bila je da se povežu Politehnički univerzitet u Koforidi i drugi univerziteti u jedinstvenu mrežu i obezbede širokopojasni pristup servisima u oblaku. Širokopojasni pristup Internetu je trebao da omogući bolje edukativne programe i unapređenje kompetitivnosti regiona u odnosu na ostale delove Gane i okolnih zemalja. Studenti su bili u prilici da slušaju online kurseve, da organizuju video konferencijske pozive i da koriste materijale za učenje smeštene u oblaku.

Mawingu TVWS pilot projekat

U februaru 2013. godine, u Nanjuki, u Keniji, *Microsoft* je u saradnji sa Vladom Kenije, ministarstvom informisanja i telekomunikacija, *Mawingu Network*-om (prethodno *Indigo Telecom*), *Jami Telecom*-om i nacionalnim regulatorom za telekomunikacije (CAK) implementirao TVWS mrežu koja je obezbedila širokopojasni pristup za škole, medicinske ustanove, vladine kancelarije i male poslovne korisnike u Nanjuki. Mreža je bazirana na TVWS opremi proizvođača *Adaptrum* i *6Harmonics*. Napajanje je izvršeno uz pomoć solarnih panela.

Da bi se maksimizirali protok i iskorišćenost spektra a da bi se istovremeno minimizovali troškovi, u okviru projekta su korišteni radio-kanali u više frekvencijskih opsega, uključujući uz TV UHF opseg i 2.4GHz, 5GHz i 13GHz. *Mawingu* projekat pokazao je da je moguće izgraditi TVWS mrežu po principu point-to-multi point dometa 14km uz samo 2.5W snage na predaji (izmerena izračena snaga) bez stvaranja interferencije drugim sistemima. Tokom projekta ostvareni su protoci od 16Mb/s u jednom TV kanalu širine 8MHz na rastojanjima do 14km.

TVWS pilot projekat u Dar es Salamu

UhuruOne i *Microsoft* su zajedno sa Tanzanijskom komisijom za nauku i tehnologiju (COSTECH) izgradili maja 2013. godine TVWS mrežu kako bi 74,00 studenata ostvarilo pristup širokopojasnom Internetu i servisima u *cloud*-u. Projekat je obuhvatio više visokoškolskih ustanova u Dar es Salamu sa ciljem da demonstrira primenu TVWS sistema u urbanom okruženju. Ovaj projekat karakterističan je po tome što su studenti bili angažovani na održavanju mreže kako bi se minimizirali troškovi rada mreže. Studenti su istovremeno sticali važna znanja iz oblasti telekomunikacija. Time su stvoreni uslovi za unapređeno obrazovanje studenata pristupom online resursima a istovremeno su i pospešene njihove šanse za zapošljavanje zbog sticanja iskustava u radu bežičnih sistema.

TVWS mreža u Zombi

Univerzitet u Malaviju, u saradnji sa Regulatornom agencijom za telekomunikacije Malavija (MACRA) i Međunarodnim centrom za teorijsku fiziku iz Trsta, izgradio je TVWS mrežu u Zombi, gradu u jugoistočnom Malaviju. Pilot projekat započet septembra 2013. godine povezo je niz institucija uključujući škole, bolnicu, aerodrom i istraživačke laboratorije univerziteta.

TVWS sistem u rudniku TRP

Autori Studije su početkom 2015. godine radili na izgradnji pilot projekta u okviru rudnika platine *Two Rivers Platinum*, u blizini Lindenburga u Južnoj Africi. Svrha projekta podrazumevala je izgradnju TVWS mreže u podzemnom okruženju sa ciljem da se obezbedi širokopolasni pristup i prenos podataka u okviru tunela i raskrsnica rudnika. Prilikom merenja u rudniku korištena je oprema proizvođača *6Harmonics* koja je koristila IEEE 802.11n tehnologiju u TVWS opsegu, sa širinom kanala od 5MHz.

Prilikom merenja utvrđeno je da je moguće ostvariti prenos podataka protokom od 1Mb/s na rastojanjima od 35 metara između bazne stanice (*master* uređaja) i korisničkog terminala (*slave* uređaja). Na kraćim rastojanjima, do 50m kao i regionu raskrsnica podzemnih tunela gde su dimenzije tunela veće, ostvareni su protoci od skoro 16Mb/s. Kašnjenje signala (ping) bio je ispod 20ms čime je potvrđeno da je moguće realizovati širokopolasni bežični komunikacioni sistem u podzemnom okruženju. Ostvareni protoci bili su dovoljni za prenos video-signala, povezivanje pametnih šlemova a testirana je konektivnost Wi-Fi uređaja u opsegu 2.4GHz i 5GHz koji su koristili TVWS korisnički uređaj kao Wi-Fi access point za konekciju, dok je TVWS link korišten kao transportni link ka sviču i ruteru kojim je ostvarena Intranet i Internet konekcija.

Utvrđene su i potrebe za unapređenje opreme a one pre svega, podrazumevaju usklađenost sa standardima primenljivim u rudarstvu a koje se tiče otpornosti opreme koja se koristi u rudnicima i predloženo testiranje uz upotrebu cirkularnih umesto linearno polarizovanih antena.

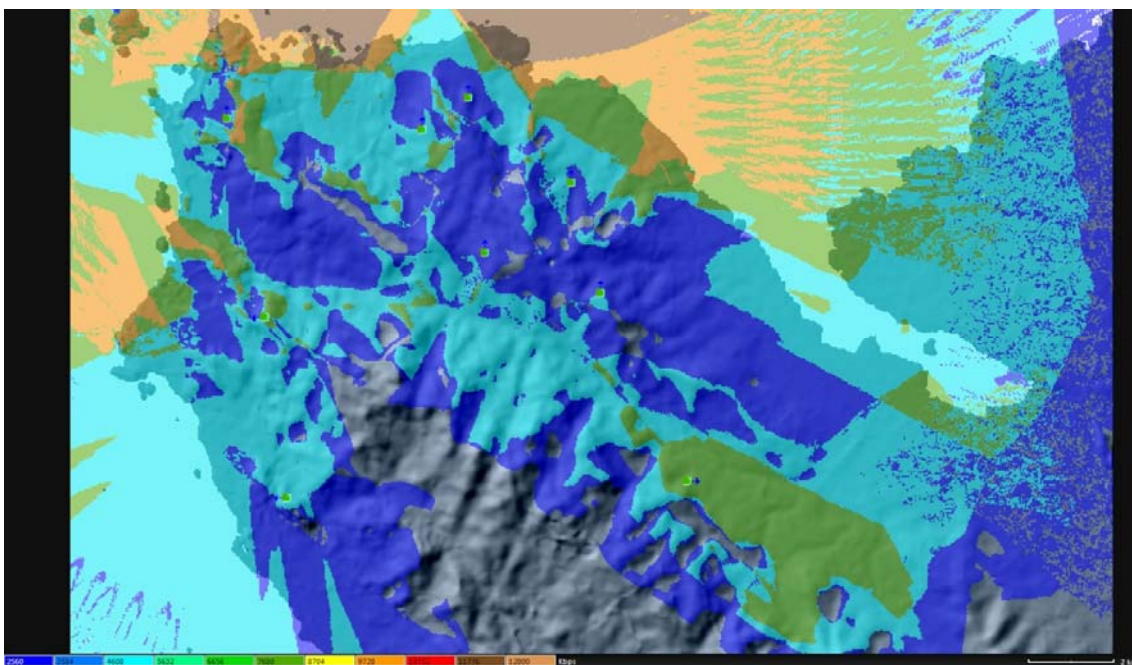
Projekat TVWS mreže u okviru projekta pomoći obolelim od Ebole

Za potrebe USAID, autori Studije bili su angažovani na projektu bežične telekomunikacione mreže koja je trebala da se instalira brzo i da omogući širokopolasni pristup za privremene bolnice razmeštene u Fritaunu i Monroviji. Cilj projekta bio je da se mikro bolnice sa do 10 kreveta za pacijente povežu širokopolasnom konekcijom kako bi se omogućilo da rezultate pacijenata analiziraju doktori iz drugih zemalja i iz bolnica iz drugih gradova kao i da se omogući video-konferencija kako bi medicinsko osoblje u mikro bolnicima moglo da traži savete.

Prilikom planiranja predviđena je upotreba opreme proizvođača *Carlson Wireless*, bazirana na standardu IEEE 802.22. Za svaku baznu stanicu predviđena je upotreba po jednog TV kanala širine 8MHz. Prilikom planiranja utvrđeno je da je moguće obezbediti protok od 4Mb/s do skoro 13Mb/s što je bilo dovoljno za planirane servise, Sl.4.3.1.

TVWS mreža u Dzaleki

Tokom 2017. godine, *Microsoft* i *Adaptrum* su u saradnji sa UNCHR-om izgradili TVWS mrežu za pružanje Internet pristupa i poboljšanje životnih uslova izbeglicama u izbegličkom kampu u Dzaleki. Po uvođenju TVWS pristupa, izbeglice su unapredile svoje obrazovanje pri čemu su pokrenuti i određeni kursevi učenja programskih jezika. Poznato je da je *Adaptrum* instalirao svoje TVWS uređaje ACSR 2.0 serije dok je *Microsoft* dodatno podelio niz telefona izbeglicama u kampu. Nema informacija o protoku u mreži i dometu signala. Same dimenzije kampa su relativno skromne tako da domet TVWS signala nije bio kritičan.



Sl.4.3.1 - Protok u Monroviji sa pojedinačnih TVWS baznih stanica.

4.3.3. PRIMERI IZGRADNJE TVWS SISTEMA U AZIJI

TVWS mreža u Taklobanu kao pomoć pri elementarnim nepogodama

Posle tajfuna *Haiyan*-a, 8. novembra 2013. godine više od 6,000 ljudi je poginulo a preko 11 miliona ljudi je pretrpelo štetu. Standardni i postojeći telekomunikacioni sistemi pretrpeli su štetu zbog čega nisu bili u funkciji, a stanovništvo je u nedostatku komunikacije i obaveštenja bilo izloženo još većem riziku.

Odeljenje za nauku i tehnologiju (DOST) ICT kancelarije Filipina izgradilo je TVWS mrežu koja je imala za cilj da omogući komunikaciju među spasiocima i žrtvama tajfuna. Mreža je postavljena a kao transportni segment izabran je VSAT. Izgradnja i puštanje mreže u rad zahtevalo je samo nekoliko časova. TVWS mreža je obezbedila dvosmernu govornu komunikaciju i bežični prenos podataka za svakog sa funkcionalnim korisničkim uređajem (korisničkim terminalom,

telefonom, tabletom itd.). Cena izgradnje ove TVWS mreže bila je 10% vrednosti drugih mogućih rešenja, vrlo brzo je puštena u rad i zahtevala je minimalno tehničko znanje, vrlo malo znanja oko integracije ili tehničke podrške.

TVWS mreža na ostrvu Bohol

Microsoft, zajedno sa Odeljenjem za nauku i tehnologiju ICT kancelarije Filipina, Odeljenjem za ribolov i vode Ministarstva poljoprivrede i USAID-om, jula 2013. godine su izgradili TVWS mrežu sa ciljem da unaprede registraciju ribara u udaljenim oblastima opština *Talibon, Trinidad, Bien Unido, Ubay* i *Carlos P Garcia*.

TVWS bazna stanica je postavljena na stub Odeljenja za tehnologiju i nauku u kancelarijama u Tubigonu. Odatle se obezbeđivao Internet pristup za male grupe stanovnika raštrkanih po ostrvu koji do tada ili nisu imali nikakav pristup Internetu ili su imali pristup sa vrlo malim protokom. Ovo je mreža sa jednom baznom stanicom koja je ostvarivala pokrivanje korisnika u poluprečniku 3km-7km oko nje. Za potrebe korisnika, korisnički terminali su bili smešteni u školama i mesnim zajednicama unutar sela.

Pilot projekat je omogućio državnim institucijama da podele identifikaciona dokumenta i dozvole za ribarenje, ribarima iako su u udaljenim sredinama, i da učini dostupnim online baze podataka o stanovništvu i ribarima. Policija je bila u mogućnosti da korišćenjem ovih baza proveri usaglašenost dozvola i lova koji su ribari sprovodili. Projekat je pomogao napore Ministarstva poljoprivrede da podrži ribarski sektor, sa fokusom na aktivnostima koje dovode do povećanja stanja ribe, uz veći ulov i da se otvore nova radna mesta.

Ovaj pilot projekat je omogućio da se povežu i lokalne institucije kao što su škole, medicinske ambulante i druge institucije.

TVWS mreža u Butanu

U dolini Tang, u Bumtangu u Butanu, februara 2014. godine izgrađena je TVWS mreža sa ciljem da poveže izolovane medicinsku ambulantu u butanskom selu Tang sa bolnicom u Bumtangu. TVWS link obezbeđuje razmenu informacija između ambulante i bolnice zbog čega stanovnici sela imaju kvalitetniju medicinsku zaštitu, jednostavnije primaju savete lekara i zakazuju preglede i ne moraju da putuju u grad da bi bili pregledani.

Selo Tang je prethodno bilo izolovano zbog svoje udaljenosti i planinskog terena na kom se nalazi. Izgradnjom TVWS linka omogućen je i pristup Internetu kroz point-to-multi point pokrivanje terena.

Projekat su pokrenuli *Microsoft, Butan Telecom* i Azijska banka za razvoj (ADB). Učesnici projekta uspeali su da dokažu primenljivost TVWS tehnologije uz prihvatljive troškove.

TVWS mreža u Singapuru

U Singapuru su od septembra 2012. godine realizovani TVWS pilot projekti sa dinamičkim upravljanjem spektra na više lokacija. Prvi projekat realizovan je sa ciljem da se pokažu servisi koji se mogu realizovati u okviru TVWS mreža i to u sredinama u kojima tradicionalni bežični telekomunikacioni sistemi nisu primenljivi ili su teško primenljivi. Lokacije za postavljanje baznih stanica uključivale su nacionalni univerzitet Singapura, *Changi* okrug u blizini aerodroma i neke druge lokacije. Projekte su realizovali I2R, *Microsoft*, *StarHub* uz podršku regulatorne agencije Singapura. Dodatno, *StarHub* i *InterDigital* su sprovedli testiranje rada Wi-Fi sistema u nelicenciranom opsegu sa dinamičkim upravljanjem spektra kako bi se utvrdila prikladnost primene Wi-Fi-ja i TVWS uređaja u spoljašnjem (*outdoor*) i unutrašnjem (*indoor*) okruženju. Tom prilikom testirani su video-nadgledanje i pružanje transporta (*backhaul*) za male ćelije. Testiranje je pokazalo sveukupno dobre performanse sa minimalnim kašnjenjem i protokom na TCP/IP sloju do 20Mb/s, na rastojanjima od 40m u *indoor* okruženju bez linije optičke vidljivosti (*Non-Line of Site*, NLoS).

TVWS mreža za nerazvijeno područje Fu-Hsing

Fu-Hsing je aboridžanska zajednica locirana u ruralnom okruženju na istoku Tajvana. Ova sredina poznata je kao ekološka oaza koju turisti rado posećuju i u kojoj boravi aboridžinska zajednica. Imajući u vidu okruženje i ekonomski potencijal okruženja, stvorena je potreba da se obezbedi bolji pristup telekomunikacionim servisima. I2R i lokalni partneri su se udružili da izgrade TVWS mrežu kako bi obezbedili pokrivanje. Bazna stanica postavljena je na zgradu gradske skupštine sa ciljem da se obezbedi fiksni bežični pristup u radijusu od 3km do 10km oko bazne stanice.

TVWS mreža za pomoć pri elementarnim nepogodama u Tonu

U Tonu, prefekturi Ivate u Japanu, u periodu od novembra do kraja decembra 2013. godine izgrađen je TVWS sistem baziran na IEEE 802.22 i IEEE 802.11af standardima. Svrha projekta bila je da se proveri mogućnost realizacije pristupa Internetu u situacijama kada su komercijalni sistemi izvan funkcije usled zemljotresa. Osnovni zaključci projekta su:

- TVWS oprema bazirana na IEEE 802.22 standardu ostvarila je domet od 12.7km. Ostvaren je protok od 5.2Mb/s na *downlink*-u i 4.5Mb/s na *uplink*-u;
- Originalno podešavanje opreme bazirane na standardu IEEE 802.22 je izmenjeno kako bi se omogućio istovremeni rad u nesusednim radio-kanalima. Sa dva agregirana nesusedna kanala, ostvaren je protok od 15.5Mb/s na *downlink*-u i 9Mb/s na *uplink*-u na rastojanju od 6.3km od bazne stanice;
- Mreža sa više deonica je napravljena korišćenjem opreme bazirane na IEEE 802.22 i IEEE 802.11af. TVWS sistemi su obezbedili transportne kapacitete (*backhaul*) kao i veće pokrivanje teritorije. Konvencionalni Wi-Fi sistemi bazirani na IEEE 802.11b/g/n u opsegu od 2.4GHz su iskorišćeni da povežu krajnje korisnike sa konvencionalnim uređajima poput telefona, tableta i računara sa sistemom baziranim na IEEE 802.11af.

Projekat su sproveli NICT i *Hitachi* u saradnji sa japanskim ministarstvom unutrašnjih poslova i komunikacija.

TVWS pilot projekat u Omanu

Tokom 2017. godine, *Adaptrum* je u saradnji sa partnerima iz Omana - Ministarstvom obrazovanja Omana i *Oman Broadband*-om, implementirao TVWS mrežu u neposrednoj okolini glavnog grada Muskata. Okruženje je pretežno brdsko, ruralno i osnovni cilj projekta je bio da se u takvoj sredini obezbedi širokopojasni pristup za lokalnu školu i sela u okolini. Projekat je pokazao da se može ostvariti širokopojasni pristup u datim, praktično pustinjским, uslovima. Ostvareni su protoci od 20Mb/s na rastojanjima od 4km pa do preko 10km.

Pozitivna iskustva na osnovu ovog projekta dovela su do toga da Oman Broadband razmatra mogućnost da ostvari TVWS pokrivanje širih regiona i celokupnog Omana.

4.3.4. PRIMERI TVWS MREŽA REALIZOVANIH U JUŽNOJ AMERICI

TVWS mreža u okolini Kingstona

Microsoft je u saradnji sa USAID-om i Fondom za univerzalni servis Jamajke, koristeći *Adaptrum*-ovu opremu izgradio TVWS u okolini Kingstona na Jamajci januara 2015. godine. Do septembra iste godine više od 30 škola, biblioteka i ostalih objekata od interesa u lokalnoj zajednici ostvarilo je pristup Internetu preko TVWS mreže a podignuta je i svest zajednice o tehnološkim projektima koji mogu unaprediti kvalitet života stanovništva.

TVWS pilot mreža za povezivanje škola u Montevideu

Microsoft i *6Harmonics* su u saradnji sa *Plan Ceibal* povezali 5 škola u ruralnoj sredini, u okolini Montevidea u Urugvaju, upotrebom TVWS opreme. *6Harmonics* je obezbedio opremu baziranu na IEEE 802.11af dok je *Microsoft* pomogao Plan oko logistike i planiranja mreže. Cilj projekta je da se poveže veći broj škola i da se potpomogne projekat koji predviđa da svaka škola u Urugvaju ima Internet konekciju i predmete iz oblasti informacionih tehnologija.

TVWS mreža u El Markesu

Autori Studije su 2016. godine u El Markesu, mestu u blizini grada Puebla, glavnom gradu meksičke države Puebla realizovali sistem koji je demonstrirao mogućnosti Internet pristupa u školama, obdaništima, medicinskim ambulancama i kancelarijama lokalne administracije.

Projekat je realizovan upotrebom opreme *6Harmonics*-a, a *Cardinality* je demonstrirao moguće servise. Pilot mreža bila je u funkciji više meseci i koristila je resurse agencije za održavanje TV opreme iz Pueble. Iskorišćen je pristup odgovarajućem ruteru (PoP-u) Puebla Komunikacija odakle je putem radio-relejnog linka obezbeđen protok do 20Mb/s do TVWS bazne stanice locirane u El Markesu. Više osnovnih i srednjih škola u El Markesu su povezane na mrežu, kao i

ambulante i lokalna administracija, i omogućen im je besplatan Internet pristup. Pre toga, ambulanta i lokalna administracija nisu imale pristup Internetu a škole i vrtić plaćali su 1Mb/s protoka po ceni od 35 USD mesečno.

Posle instalacije TVWS sistema, korisnici su ostvarivali protok veći od 10Mb/s na *downlink*-u i 8Mb/s na *uplink*-u u zoni koja je bila oko 1km u okolini lokacije bazne stanice a ostvareno je pokrivanje celokupne teritorije El Markesa i susednih sela. Da bi se omogućio pristup ne samo administraciji u školama i ambulantom, realizovan je pristup preko više Wi-Fi *access point*-a tako da je više stotina đaka imalo pristup Internetu preko svojih telefona. U okviru škole, đaci su ostvarili Internet pristup i časovi informatike su unapređeni. S obzirom na to da đaci u Puebli koriste tablete za skidanje dodatnih nastavnih jedinica sa namenskih *web* stranica Ministarstva za telekomunikacije, svi učenici mogu da pristupe ravnopravno tim resursima.

Takođe, realizovan je i jedan Wi-Fi *hot spot* u parku u El Markesu gde je svim građanima bilo omogućeno da pristupe Internetu koristeći svoje telefone. Konekcija između TVWS bazne stanice i korisničkog terminala poslužila je kao transportni sistem za taj *hot spot*.

4.3.5. TVWS MREŽE IZGRAĐENE U SEVERNOJ AMERICI

Na severnoameričkom kontinentu realizovano je najviše komercijalnih i pilot TVWS projekata. Značajan broj projekata je omogućio uključenje i povezivanje pojedinačnog korisnika pa čak i demonstraciju rada opreme proizvođača TVWS opreme u njihovom fabričkom okruženju ili u obližnjem gradu.

TVWS mreža u Sijetlu

Microsoft je u saradnji sa gradom Sijetlom izgradio marta 2015. godine TVWS mrežu u centru Sijetla kao deo plana unapređenja pristupa Internetu u Sijetlu. Izgrađena u centru Sijetla, mreža je planirana da opsluži 25,000 korisnika na površini od približno 3ha. TVWS mreža je prema izveštaju *Microsoft*-a omogućila korisnicima da pristupaju Internetu protocima koji su i do 5,000 puta veći od prethodno mogućih. *Microsoft* je istakao da je osnovna razlika u besplatnom Wi-Fi pristupu u standardnim opsezima, veliki protok i performanse mreže.

TVWS mreža u Mejnu

Radeći zajedno za Internet provajderom *Axiom Technologies*, *Adaptrum* je instalirao svoju opremu ACRS 2.0 kako bi obezbedio širokopolasni pristup Internetu u ruralnom delu okruga Vašington u Mejnu. Mreža je izgrađena juna 2014. godine i već tada je *Adaptrum* sertifikovao svoju opremu kod FCC-a. Mreža se sastoji od 5 baznih stanica i 40 korisnika širom okruga.

ACRS 2.0 bazirana je na OFDMA i omogućava rad u NLoS uslovima. U okrugu Vašington udaljenost korisnika od stuba sa baznom stanicom kretala se od 3.5km do 8km a postizani su protoci od 10Mb/s. Mreža se potom širila na dodatnih 600 korisnika u šumovitom regionu i teško pristupačnim oblastima.

Demonstracija TVWS tehnologije u okrugu Luisa u Virdžiniji

CVALINK je prvi Internet provajder koji se sarađivao sa *Adaptrum*-om u SAD kako bi izgradio TVWS mrežu u ruralnoj sredini okruga Luisa i obezbedio pouzdan širokopojasan pristup Internetu. Korištena je ACRS 2.0 oprema *Adaptrum*-a. Projekat je započet aprila 2014. godine.

Adaptrum je instalirao jednu baznu stanicu na tornju za vodu u Luisi i testirao je TVWS link između tornja i svojih kancelarija u blizini. Demonstracija je pokazala da je TVWS link pokazao veću dostupnost i protok u odnosu na postojeća rešenja na 900MHz i 2.4GHz.

Svrha demonstracije je da CVALINK utvrdi mogućnosti da koristeći TVWS rešenje *Adaptrum*-a obezbedi Internet pristup za korisnike u nepristupačnim područjima u kojima primena postojećih sistema za rad u nelicenciranim opsezima nije bila moguća. Imajući u vidu da su i CVALINK i *Adaptrum* iz okruga Luisa, lokalna administracija se uključila u projekat i pristala je da poveže i zgrade lokalne administracije sa ciljem da se stanovnicima okruga pruži unapređeni pristup Internetu.

TVWS mreža na Univerzitetu zapadne Virdžinije

Univerzitet zapadne Virdžinije je iskoristio slobodne TV kanale da svojim zaposlenim i studentima ponudi širokopojasni Internet pristup. Koristeći *Adaptrum*-ovu opremu sertifikovanu od strane FCC-a, univerzitet je jula 2013. godine planirao a februara 2014. godine pustio u rad TVWS mrežu.

Osnovu mreže čini TVWS bazna stanica postavljena na krovu zgrade tehničkih nauka, u blizini centra Morgantauna. Korištene su usmerene antene a na istoj lokaciji je postavljena i oprema za nadgledanje rada mreže i zauzetosti spektra. Bazna stanica povezana je kablom direktno do sviča u zgradi preko kog je omogućen pristup univerzitetskoj mreži i Internetu.

U okviru mreže instalirano je 5 klijentskih uređaja *Adaptrum*-a, svaki sa svojom antenom, povezanih sa 5 standardnih Wi-Fi *access point*-a proizvođača Cisco. Uprkos nepristupačnom terenu i lošim vremenskim prilikama, celokupna mreža pokazala je visoku pouzdanost i transparentnost za krajnje korisnike. Krajnji korisnici koriste svoje standardne uređaje sa ugrađenim Wi-Fi modulom (telefone, tablete, kompjutere) i povezuju se na Internet. TVWS link ponaša se transparentno u odnosu na Wi-Fi i obezbeđuje konekciju krajnjeg korisnika sa svičom na univerzitetu koji je povezan dalje sa univerzitetskom mrežom i Internetom.

Projekat je realizovan u dve faze. Prva faza projekta podrazumevala je da TVWS mreža posluži kao transportna za 5 lokacija transportnog sistema unutar kampusa univerziteta koji obuhvata krug od 6.5km. Druga faza uključila je pokrivanje zgrada izvan kampusa, vrtić i parking mesta. Prilikom obe faze postignuto je pokrivanje od 1.5km do 5km u okolini bazne stanice sa protocima do 10Mb/s. Treća faza uključivala je dodatne oblasti u zonu pokrivanja TVWS mreže.

Povezivanje plovila na plovnom putu u Pittsburgu

Luka u Pittsburgu se udružila sa *Adaptrum*-om u okviru *Adaptrum*-ovog programa za testiranje interoperabilnosti, koji služi za demonstraciju performansi TVWS rešenja, da izgradi TVWS mrežu koja ima za cilj da unapredi bezbednost plovila na plovnim putevima unutar kopna, da poveća efikasnost transporta i omogući upravljanje za ekologiju i praćenje promena u prirodi. TVWS mreža služila je za pokrivanje vodenih puteva u Pittsburgu sa idejom da se unapredi bezbednost plovila, osigura efikasniji rad brodskih posada i generalno poveća ekonomska kompetitivnost regiona i luke.

Dve *Adaptrum*-ove bazne stanice bile su postavljane na Karnedžijevom naučnom centru kako bi se povezali brodovi na rekama Monongaheli, Alegeni i Ohajo u Pittsburgu. Koristeći *Adaptrum*-ovu ACRS 2.0 TVWS opremu, projekat započet oktobra 2013. godine pokazao je da može da poveže plovila koja plove različitim brzinama i pruži im prenos govora preko Internet protokola (*Voice over Internet Protocol*, VoIP) i video pozive. U toku projekta su demonstrirani uspešni handover-i plovila kada su prelazila iz zone pokrivanja jedne TVWS bazne stanice u zonu pokrivanja druge, čak i u NLoS uslovima. Domet pokrivanja iznosio je više kilometara duž sve tri reke pokazujući da je tehnološki moguće implementirati bežični pristup na rekama.

Upotreba TVWS u projektu pametnih gradova u Vilmingtonu

Grad Vilmington i okružna administracija udružila se januara 2012. godine sa *6Harmonics*-om kako bi se obezbedio pristup Internetu u teško pristupačnim sredinama. TVWS mreža obezbedila je pristup Internetu u domu za maloletne delikvente, policijskoj stanici i centru za omladinu. Unapređenje javne bezbednosti je osnovni motiv za izgradnju TVWS mreže jer je kasnije proširena da obezbedi video-nadzor kao i kontrolu saobraćaja u gradu. TVWS mreža je deo šire akcije Vilmingtona da se grad pretvori u pametan grad sa sistemima koji će unaprediti život građana i povećati ekonomsku kompetitivnost grada pružajući bolju telekomunikacionu infrastrukturu. Istovremeno, *6Harmonics* je iskoristio mrežu za testiranje performansi sopstvene opreme u tom periodu.

Pilot projekti povezivanja biblioteka TVWS mrežama u SAD

Širom Sjedinjenih Američkih Država (SAD) krajem 2013. godine i početkom 2014. godine realizovano je više malih pilot projekata koji su se bazirali na primeni TVWS. Tako su u Delaveru u proleće 2014. godine povezane biblioteke u jedinstvenu mrežu koristeći TVWS.

U okrugu Humbolt gde je sedište *Carlson Wireless*-a, proizvođača TVWS opreme, na još jednoj biblioteci je instalirana TVWS bazna stanica kako bi se testirale njene performanse i obezbedila konektivnost za biblioteku.

U isto vreme je biblioteka u okrugu Delta, u Koloradu, takođe povezana koristeći TVWS tehnologiju kako bi dobila širokopolasni pristup Internetu. Takođe, u oktobru 2013. godine koristeći TVWS mrežu povezane su i biblioteke u Skokiju u Ilinoisu, u Topeki u Kansasu, Paskagoli u Misisipiju i u Konkordu u Novom Hempširu.

Svi ovi projekti imali su za cilj da se izvrši povezivanje biblioteka koje prethodno nisu imale pristup Internetu i da se obezbedi pristup Internetu stanovništvu u okolini biblioteka. Takođe, analizirane su performanse TVWS mreža i mogućnost da zadovolje potrebe biblioteka.

TVWS mreža u Kvebeku

Kanadski proizvođač TVWS opreme *6Harmonics*, u saradnji sa Društvom Gatino doline za tehnološki razvoj, u Kvebeku, oktobra 2012. godine započeo je značajan projekat obezbeđivanja Internet pristupa korisnicima u dolini. Izabrana je oblast u kojoj je postojao izuzetno veliki interes za širokopolasni pristup Internetu a koja se odlikuje šumovitim predelima i sa preko 100 izolovanih manjih grupa naseobina sličnih kampovima. TVWS sistem je viđen kao rešenje koje će pokazati odlične propagacione performanse u sredini sa puno šume, brdovitog terena i zgrada. Društvo Gatino doline za tehnološki napredak investiralo je 20,000 USD u projekat sa idejom da se mreža proširi i na druge ruralne regione.

4.4. ZAKLJUČAK

Dosadašnja primena TVWS tehnologije bazirala se na dokazivanju performansi predložene tehnologije i ispitivanju slučajeva u kojima je moguće primeniti TVWS mreže. Zbog toga, većina primera se odnosi na slučaj fiksnog bežičnog pristupa (*Fixed Wireless Access*, FWA) u ruralnim, teško pristupačnim sredinama. Isto tako, FWA pristup upotrebom TVWS tehnologije realizovan je u slučaju brojnih škola i univerziteta gde je uvođenjem širokopolasne konekcije omogućeno unapređenje nastave i celokupnog obrazovanja.

Jedan deo primena odnosio se na krizne situacije u kojima je TVWS korišten takođe za fiksni bežični pristup. Ova istraživanja su uglavnom sprovedena u azijskim zemljama i takvi sistemi nisu komercijalni po svojoj prirodi.

Manji broj projekata odnosio se na primere realizacije TVWS mreža kod kojih je prisutna i mobilnost. To je najčešće bio slučaj povezivanja plovila a u Pitsburgu je uspešno demonstriran i slučaj handover-a između TVWS ćelija. Malo je komercijalnih projekata i u ovom trenutku su primene TVWS sistema uglavnom pilot projekti koji imaju pozitivnu komercijalnu vrednost ili se radi o dugoročnim pilot projektima koji su namenjeni vrlo specifičnom problemu i primenjeni su u vrlo specifičnom okruženju.

Prvi projekti bazirali su se na nestandardizovanim rešenjima a kasnije na opremi baziranoj na standardima IEEE 802.22 i IEEE 802.11af. Ovi standardi su bili dominantni do 2017. godine kada se pojavljuju i rešenja koja se baziraju na LTE TDD tehnologiji. Imajući u vidu da su standardi IEEE 802.22 i IEEE 802.11af ili zanemareni ili tehnološki zamenjeni serijom standarda IEEE 1900, pa se može očekivati u budućnosti primena rešenja upravo baziranih na IEEE 1900 i 3GPP LTE standardima.

Imajući u vidu lošu i nedovoljnu telekomunikacionu infrastrukturu, Afrika se pokazala kao najinteresantniji kontinent za izgradnju TVWS mreža. Tokom perioda od 2012. do 2015. godine,

Afrika i nerazvijene ili zemlje u razvoju su bile najčešće domaćini pilot projekata koji su testirali TVWS opremu. Od 2016. godine, interesovanje velikih kompanija zainteresovanih za tehnologiju poput *Microsoft*-a i *Google*-a okreće se razvijenim zemljama. Obe kompanije smatraju da je primenljivost TVWS tehnologije u Africi dokazana i istražuju se mogućnosti primene TVWS tehnologije u visoko razvijenim zemljama. U SAD, značajan broj projekata povezan je sa FWA i povezivanjem specifičnih korisnika u ruralnim sredinama dok se u Velikoj Britaniji radi na traženju korisnika tehnologije u raznim granama industrije i u urbanim sredinama. U Evropi se Velika Britanija može definisati kao lider u oblasti istraživanja i implementacije TVWS sistema.

Prikazani projekti su u velikoj većini pilot projekti koji imaju ograničenu komercijalnu vrednost. Pravi komercijalni projekti nisu prisutni u značajnijoj meri niti obuhvataju veće teritorije. Osnovni razlog za ovu činjenicu je ograničen regulatorni okvir i relativno skupa oprema. Među proizvođačima TVWS opreme ističu se *6Harmonics*, *Carlson Wireless*, *Adaptrum* i *Microsoft*. Pored ovih proizvođača postoji i niz drugih proizvođača koji pokazuju interes za proizvodnjom TVWS opreme u slučaju većeg interesovanja kao što su *Redline*, *MediaTek* i niz drugih.

5.PREGLED METODA ZAJEDNIČKOG KORIŠĆENJA SPEKTRA

5.1. UVOD

U Evropi se razmatra mogućnost sekundarne upotrebe spektra u UHF opsegu od 470MHz do 790MHz. Svaki kanal je širine 8MHz. Za razliku od brojnih afričkih zemalja ili SAD, gde su pojedine države regulisane od strane jedne regulatorne agencije, evropski kontinent odlikuje se postojanjem velikog broja autonomnih regulatornih tela koja regulišu pristup belom spektru na nacionalnom nivou. Zbog toga, evropska standardizaciona tela nisu u mogućnosti da nametnu stroga i precizna pravila za upotrebu belog spektra već definišu fleksibilna rešenja koja se kasnije prilagođavaju nacionalnoj regulativi. Da bi se kompenzovala ova sloboda pri standardizaciji, evropska regulatorna tela posvećuju znatno veću pažnju u odnosu na druge agencije i tela izvan Evrope pitanjima propagacije. Koriste se detaljni propagacioni modeli, dobro definisani i opisani, kako bi se, posle proračuna radio-pokrivanja i potrebnih margina, izbegla interferencija od strane sekundarnih korisnika, TVWS uređaja, ka primarnim korisnicima spektra, pre svega emiterima digitalnog televizijskog signala ali i PMSE sistemima, radio-astronomskim i aeronautičkim i radio-navigacijskim sistemima. Evropski regulatori predlažu jednačine za izračunavanje optimalne snage emitovanja i procedure za zaštitu primarnih korisnika.

Za razliku od FCC-a čiji se pristup bazira na strogim spektralnim maskama, limitima snaga uređaja i raznim metodama koegzistencije, evropska regulativa vidi geolokacijske baze o slobodnom belom spektru (WSDB) kao ključni segment za efikasno korišćenje belog spektra. Osluškiivanje, detekcija zauzetosti spektra (*spectrum sensing*) predviđena je kao alternativna, ali ne i pouzdana metoda detekcije prisustva signala primarnog korisnika spektra čak i kada se definišu znatno strožiji zahtevi po pitanju minimalnog nivoa detektovanog signala primarnog korisnika.

Moglo bi se reći da evropska regulativa preporučuje geolokacijske baze slobodnog belog spektra i kada je u pitanju zaštita PMSE sistema kao primarnih korisnika spektra. Pristup evropske regulative bazira se na prihvatljivoj verovatnoći da će signal primarnog korisnika spektra biti moguće primiti bez degradacije u određenoj tački prostora. Ta tačka prostora je obično minimalna rezolucija digitalnog modela terena kojim regulator raspolaže a najviše je 100m×100m u horizontalnoj ravni. Pod definicijom primljenog signala primarnog korisnika bez degradacije obično se podrazumeva da je medijana primljenog nivoa signala iznad minimalne potrebne vrednosti.

Mreže za distribuciju koriste verovatnoću postojanja dovoljnog nivoa signala na određenom prostoru kao meru kvaliteta ostvarenog radio-pokrivanja. Standardni alati za radio-planiranje računaju upravo verovatnoću pokrivanja lokacije za minimalnu jedinicu digitalnog modela terena koji se koristi pri planiranju. Kada se u istom kanalu pojavi signal sekundarnog korisnika stvara se smetnja signalu primarnog korisnika i verovatnoća da je zahtevani odnos signal/šum prevaziđen pada. Upravo je ovaj mehanizam osnova za kreiranje regulatornih okvira za limitiranje snage signala sekundarnih korisnika spektra u UHF opsegu od 470MHz do 790MHz kao izvan opsega.

5.2. KOGNITIVNE TEHNIKE PRISTUPA BELOM SPEKTRU

Tri kognitivne tehnike pristupa spektru na sekundarnoj bazi preporučene od strane evropskih standardizacionih tela su, [CEPT report 159]:

- Geolokacija TVWS uređaja i primarnih korisnika spektra upotrebom baza podataka o slobodnom belom spektru;
- Detekcija zauzetosti spektra (*spectrum sensing*);
- Upotreba radio-fara (*beacon*).

Trenutno se upotreba geolokacijskih baza (WSDB) vidi kao najperspektivnija tehnika koja može u kratkom vremenskom periodu da omogući efikasnu upotrebu TVWS spektra od strane sekundarnih korisnika.

5.2.1. GEOLOKACIJSKE BAZE

U pristupu spektra baziranom na pristupu geolokacijskim bazama sa podacima o primarnim emiterima i dozvoljenim snagama i kanalima za sekundarne korisnike (WSDB), TVWS uređaji su u obavezi da konsultuju WSDB (bilo centralizovanu bazu, bilo lokalnu kopiju centralne baze) kako bi se proverilo da li postoje slobodni TVWS kanali u kojima sekundarni korisnici mogu vršiti emitovanje a da ne izazovu interferenciju primarnim korisnicima spektra. Da bi se izvršio pravilan uvid u WSDB, TVWS uređaj mora da se identifikuje i da prijavi svoju lokaciju pre dobijanja podataka iz WSDB.

Nekoliko je ključnih parametara koji utiču na dozvolu TVWS uređaju da emituje kao što su:

- Koliko precizno treba da bude dostavljena informacija o lokaciji TVWS uređaja. Greška u određivanju lokacije može imati velikog uticaja na interferenciju koja se stvara primarnim korisnicima jer se TVWS uređaj možda ne nalazi iza prirodne ili neke druge prepreke, kako to koordinate sugerišu, već ima LoS sa predajnikom primarnog korisnika. Sa druge strane, previše precizno određivanje lokacije znači i da TVWS uređaj poseduje precizni geolokacijski modul što podiže cenu i složenost samog uređaja;
- Koliko često uređaj treba da kontaktira WSDB. Može se očekivati da u radu primarnih korisnika spektra nema značajnih promena ali propagacioni uslovi i nivoi signala primarnih korisnika u pojedinim regionima mogu imati vrlo velike fluktuacije zbog čega bi jednom definisani podaci iz WSDB mogli biti nedovoljno tačni. Isto se odnosi i na redovne izmene u mrežama primarnih korisnika spektra. Sa druge strane, previše često kontaktiranje baze imaće negativan uticaj na uređaje koji su na baterijskom napajanju;
- Kvalitet i tačnost podataka koji se čuvaju u WSDB i dostavljaju TVWS uređajima.

Da bi započeli emitovanje, TVWS uređaji moraju da pošalju upit WSDB bez korišćenja TVWS spektra. Zbog toga je potreban neki drugi način komunikacije TVWS uređaja sa WSDB-om. Trenutno predloženo rešenje bazirano je na *master-slave* odnosu TVWS bazne stanice i TVWS uređaja. Pri ovakvom odnosu TVWS bazna stanica šalje alternativnim putem (najčešća

pretpostavka je putem Interneta) upit WSDB o parametrima emitovanja i slobodnom kanalu u TVWS spektru a zatim podatke o emitovanju prosleđuje TVWS korisničkom uređaju, *slave-u*, koji osluškuje emitovanje TVWS bazne stanice i po prijemu podataka počinje emitovanje.

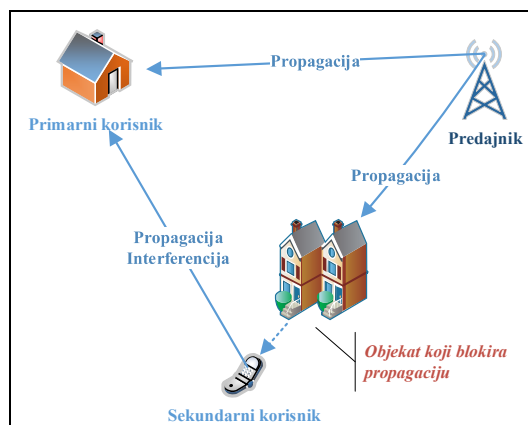
WSDB predstavlja dobro rešenje kada je plan raspodele kanala predefinisani i statičan. Tada su kanali emitovanja i snage primarnih korisnika unapred poznati i retko se menjaju pa je i izračunavanje dozvoljenih snaga emitovanja za sekundarne korisnike ređe i jednostavnije. Međutim, zaštita PMSE opreme, kao što su mobilni bežični mikrofoni može zahtevati komplikovanije postupke deljenja spektra.

5.2.2. DETEKCIJA ZAUZETOSTI SPEKTRA

Detekcija zauzetosti spektra omogućava uređajima koji rade u režimu bez dozvole, da detektuju prisustvo primarnih korisnika spektra, koji poseduju dozvole za emitovanje, kao i da utvrde koji TVWS kanali su pogodni za emitovanje. Detekcija zauzetosti spektra zasniva se na merenju nivoa signala u kanalu od interesa, u skladu sa preporukama regulatorne agencije. Na primer, FCC (koja preferira ovakav metod rada) zahteva da su TVWS uređaji sposobni da detektuju signale primarnih korisnika do nivoa od -114dBm u opsegu TVWS prijemnika. Ova vrednost se, odnosi na slučaj kada TVWS uređaj koristi omnidirekcionu antenu dobitka 0dBi ali dozvoljene su i druge antene i metode dok god postoji sposobnost detekcije nivoa od -114dBm ili nižeg.

Po pronalasku slobodnog kanala, TVWS uređaj može analizirati stanje zauzetosti i susednih TV kanala kako bi se utvrdila njihova zauzetost i kako bi se odredila potencijalna dodatna ograničenja u snazi emitovanja. Na primer, signali radio-astronomskih stanica u opsegu od 608MHz do 614MHz mogu biti dovoljno slabi da ih metode detekcije spektra ne detektuju ili da im načine određene smetnje. Zbog toga je pridržavanje uputstva regulatornih agencija o zaštiti primarnih korisnika od vitalnog značaja.

Osnovna prednost detekcije zauzetosti spektra jeste da nije potrebna konekcija sa WSDB. Ovim se eliminiše potreba za dodatnom telekomunikacionom infrastrukturom koja će omogućiti konekciju sa bazom putem Interneta kao u slučaju WSDB. Mana ovakvog pristupa može biti neuspeh TVWS uređaja da detektuje prisustvo signala predajnika primarnog korisnika spektra, S1.5.2.1, što je poznato kao problem skrivenog terminala. Ovaj problem se sreće i u drugim delovima spektra gde emituju nelicencirani korisnici, kao što su Wi-Fi uređaji.



Sl.5.2.1 - Problem detekcije signala predajnika primarnog korisnika.

Dok TVWS uređaj pokušava da detektuje signal primarnog korisnika, može se desiti da zbog morfoloških karakteristika terena ne uspe da detektuje signal i da smatra kanal slobodnim, zbog čega će izazvati smetnje korisnicima koji primaju signal primarnog korisnika spektra.

5.2.3. RADIO-FAROVI

Treći predloženi način sprečavanja interferencije usled zajedničkog korišćenja spektra zasniva se na upotrebi radio-fara. TVWS uređaji koji emituju u režimu bez dozvole, započinju svoje emitovanje tek kada prime signal radio-fara koji im signalizira da je kanal slobodan za emitovanje (ili da je zauzet). Prednost ovakve metode jeste da namenski uređaji koji detektuju zauzetost spektra i emituju radio-far znače da su moguće detekcije nižih nivoa signala i da istovremeno TVWS uređaji ne moraju imati implementirane složene tehnike detekcije zauzetosti spektra. Nedostatak pristupa je da zahteva namensku infrastrukturu uređaja koji će emitovati radio-far signal a čiji broj i raspored zavise od broja i rasporeda predajnika signala primarnih korisnika. Kao i u slučaju detekcije zauzetosti spektra (oslušivanja), ako zbog senčenja i fejdinga signal radio-fara nije primljen, može se desiti da se javi problem skrivenog terminala.

Regulatorne agencije, širom sveta, uključujući evropska standardizaciona tela i nacionalne regulatorne agencije, kao i američki FCC, odlučili su se da upotreba geoloških baza bude izabrana kognitivna tehnika deljenja spektra od strane više korisnika. Detekcija zauzetosti spektra i radio-farovi su opcione tehnike koje TVWS uređaji mogu posedovati. Razlog za to je jednostavnija kontrola od strane regulatora. Kontrola pojedinačnih TVWS uređaja i implementiranih algoritama u njima prilikom sertifikacije i kasnije u toku rada bi svakako bio vrlo komplikovan posao za regulatorne agencije, međutim, ostale metode za detekciju zauzetosti spektra nisu eliminisane jer ih, na primer FCC preporučuje i čak sugeriše proizvođačima opreme da implementiraju ove tehnike u svoje TVWS uređaje za potrebe određivanja kvaliteta kanala i za koordinaciju deljenja spektra između sekundarnih korisnika kako bi se izbegla interferencija između njih [FCC-10-174, Sayrac2012].

5.3. PREDLOG REŠENJA UPRAVLJANJA BAZOM OD STRANE REGULATORA

Pri efikasnom korišćenju spektra u UHF opsegu od 470MHz do 790MHz, kao i pri svakom scenariju u kom se sreću primarni i sekundarni korisnici spektra, važna je pravovremena i tačna informacija o slobodnom spektru. Zbog toga baza podataka o slobodnom spektru (WSDB) ima veliki značaj za efikasnu primenu tehnologije i ukupnu organizaciju rada.

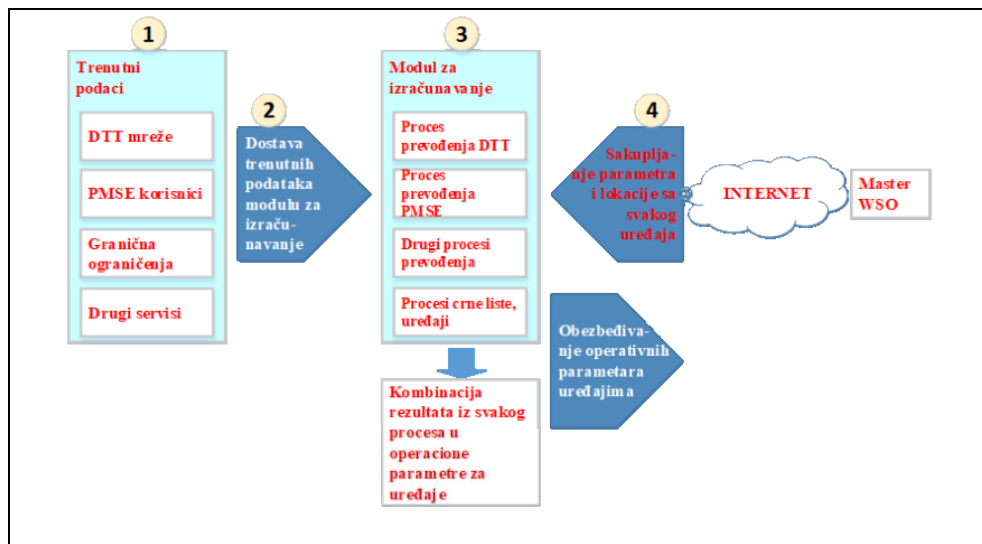
Da bi se razrešilo pitanje upravljanja spektrom potrebno je definisati bazu podataka na osnovu koje se dinamički korisniku spektra može dodeliti kanal (učestanost) i snaga kojom može da emituje signal. Imajući u vidu postojanje višestrukih korisnika spektra sa različitim pristupom spektru, pred regulatorom je ozbiljan zadatak da se celokupan proces obavi pravovremeno i bez greške koja bi izazvala smetnju nekom od korisnika spektra.

5.4. FUNKCIONALNOST BAZE ZA UPRAVLJANJE BELIM SPEKTROM WSDB

5.4.1. PRIKUPLJANJE PODATAKA O PRIMARNIM KORISNICIMA SPEKTRA

Prilikom stvaranja baze podataka o slobodnom spektru neophodno je prvo prikupiti podatke o primarnim korisnicima spektra, Sl.5.4.1. Ovaj korak u izgradnji WSDB može biti relativno komplikovan jer može se desiti da svi podaci o primarnim korisnicima nisu dostupni ili nisu u potpunosti tačni. Takođe, na primer, u nekim zemljama Evrope PMSE uređaji se ne registruju i za njihov rad se ne izdaju dozvole pa je zapravo upotreba spektra od strane PMSE uređaja nepoznata. Upravo je nedostatak takvih informacija i glavni problem prilikom zaštite PMSE uređaja od interferencije izazvane *white space* uređajima. Jedan od mogućih načina za rešenje ovog problema prikazan je u izveštaju [CEPT,186] u kojem se predlaže da se korisnicima PMSE uređaja da pregled spektra i da im se omogući da prijave rad svojih uređaja kako bi se stvorili uslovi da ne trpe interferenciju od strane TVWS uređaja. Rad DVB-T2 predajnika je obično detaljno dokumentovan jer se radi o sistemima implementiranim u skorijem periodu i kao takvi su dobro dokumentovani sa odgovarajućom projektnom dokumentacijom.

Drugo pitanje koje se nameće jeste ko drži i održava WSDB. Najjednostavnije rešenje podrazumeva da postoji jedna WSDB i da se nalazi u vlasništvu nacionalnog regulatora, odnosno da regulator održava bazu. U nekim slučajevima se može desiti da nacionalni regulator nema sve informacije o primarnim korisnicima spektra i da ima problema pri računanju zaštitnih zona kako bi se predupredila interferencija od strane TVWS uređaja. Treći slučaj predviđa dalju nadogradnju slučaja kada regulator nema sve potrebne informacije i kada ustupa trećoj strani da održava WSDB kako bi treća strana prikupila nedostajuće informacije i kako bi se obavilo upravljanje slobodnim spektrom u ime regulatora.



Sl.5.4.1 - Aktivnosti pri kreiranju baza podataka o slobodnom belom spektru [CEPT Report 236].

Za regulatora bi bilo relativno jednostavno da подели svoje podatke o primarnim korisnicima sa trećom stranom koja održava WSDB, mada je potrebno razmotriti regulatorne aspekte koji se tiču privatnosti vlasnika uređaja primarnih korisnika jer se podaci o vlasnicima i lokacijama daju trećim licima. Međutim, ako podatke prikuplja treća strana i kao takva je vlasnik istih, moguće je da primarni korisnici spektra neće želeći da podele potrebne informacije i može se pojaviti pitanje intelektualne svojine i tehničkih detalja raznih uređaja koji mogu biti i predmet patenta i poslovnih tajni kao što je dizajn specifičnih antena. Ne treba zaboraviti i da skupljanje podataka o primarnim korisnicima može stvoriti značajne troškove zbog obilaska lokacija i prikupljanja informacija sa terena ali može biti uzrokovana i činjenicom da se određeni podaci mogu periodično menjati, na primer sa periodom važenja dozvola koje se izdaju korisnicima ili ako se vrše promene tilta i azimuta ili modela antenskih sistema usled optimizacija mreža i unapređenja rada od strane primarnih korisnika. Tada je potrebno razmotriti automatizovan proces prikupljanja podataka kako bi se podaci pravovremeno prikupili i kako bi njihovo uzimanje u obzir prilikom kalkulacija radio-pokrivanja bilo pravovremeno i tačno. Zbog toga ne može se očekivati da regulator ili treća strana neće imati troškova i da se usluga upita u WSDB neće naplaćivati.

Upotreba podataka o primarnim korisnicima spektra

Da bi se podaci o primarnim korisnicima iskoristili na optimalan način oni se moraju predati u odgovarajućem formatu serverima i aplikaciji u okviru koje će se vršiti proračun pokrivanja, potencijalne interferencije i potrebnih margina. Neophodno je dogovoriti mehanizam transfera podataka između primarnih korisnika i regulatora ili treće strane koja upravlja WSDB-om. Neka od pitanja koje je potrebno razmotriti uključuju:

- Koliko često se podaci osvežavaju i koliko brzo se novi podaci u WSDB uključuju u potrebne kalkulacije? Dostavljanje podataka sa velikim kašnjenjem i/ili njihovo sporo

učitavanje u aplikaciju u kojoj se vrše potrebni proračuni mogu za posledicu imati netačne podatke i proračune što će opet za posledicu imati interferenciju koju stvaraju TVWS uređaji primarnim korisnicima spektra što je neželjena situacija i za primarne i za sekundarne korisnike kao i za samog regulatora;

- Kolika je veličina podataka u pitanju? U zavisnosti od obima podataka koji se prenose potrebno je dimenzionisati potrebne hardverske resurse a zatim i razmotriti brzinu izračunavanja radio-pokrivanja i zaštitnih zona i margina. Tek po izračunavanju je moguće proslediti TVWS uređajima valjane podatke a vreme trajanja kalkulacije odlaže dostavu podataka;
- Koji su uslovi potrebni da bi se izvršio prenos podataka između primarnih korisnika i vlasnika WSDB ali i između WSDB i TVWS uređaja? Neophodno je imati na umu uslove vezane za sigurnost podataka što podrazumeva analizu pitanja kao što su autentičnost podataka, integritet, poverljivost i pouzdanost istih;
- Da li postoje ograničenja raspolaganjem podataka koja su uzrokovana zakonskim aspektima? Na primer, ukoliko u datom opsegu postoje sistemi specijalne namene, posebnih službi, moguće je da takve informacije nisu dostupne ili da u slučaju kada se podaci o pojedinim sistemima ne nalaze u bazi dozvola regulatora da je potrebno da takvi podaci budu prvo verifikovani od strane regulatora pre nego što se proslede trećoj strani koja upravlja WSDB-om.

Na tehničke segmente ovih pitanja odgovara ECC preporuka (05)01, [CEPT, (05)01], koja definiše strukture podataka i preduslove za harmonizaciju automatizovanih merenja i razmenu podataka za potrebe registrovanja zauzetih frekvencijskih opsega i kanala. Na druga pitanja, koja nisu tehničke prirode, komunikacija sa nadležnim institucijama i poštovanje nacionalnog zakonodavstva daje smernice i odgovore koje regulator i eventualno treća strana koja upravlja WSDB-om (ako to nije regulator) treba da primene.

5.4.2. MODUL ZA IZRAČUNAVANJE

Izračunavanje radio-pokrivanja i potrebnih margina obavlja se u zasebnom modulu baze ili u eksternom alatu koji omogućava takav tip izračunavanja i povezan je sa WSDB. Ulazni parametri modula za izračunavanje su informacije o uređajima primarnih korisnika i tehničke karakteristike i lokacije TVWS uređaja dok se izlaz modula za izračunavanje najjednostavnije može opisati kao lista dozvoljenih (slobodnih) kanala i odgovarajuće snage emitovanja uređaja koji će koristiti slobodan spektar. Izveštaj [CEPT,186] daje određene smernice vezane za algoritme i korake koje treba preduzeti kako bi se zaštili primarni korisnici spektra. Izveštaj 186 definiše kao primarne korisnike spektra DVB-T/T2, PMSE, radio-astronomske i aeronautičke komunikacije. Primenom smernica i algoritama prikazanih u [CEPT,186] modul za izračunavanje će odrediti raspoložive frekvencijske kanale i snage emitovanja koje mogu koristiti TVWS uređaji na određenim lokacijama. Takođe, nacionalni regulator može da uvede određena dodatna ograničenja koja bi se odnosila npr. u smanjenju dozvoljene izračene snage u određenom području ili za određene TVWS uređaje koji imaju specifično filtriranje signala pri emitovanju. U suštini, izračunavanja koja se sprovode u modulu za izračunavanje mogu biti zahtevna pa je zbog toga važno pravilno

dimenzionisati hardverske resurse i pronaći alate koji imaju mogućnost inkrementalnog izračunavanja promena.

Rezultati izračunavanja se prosleđuju WSDB tako što se u principu daju informacije o dozvoljenom nivou snage u svakom pojedinačnom kanalu, odnosno o već postojećem nivou signala u posmatranom kanalu, a prosleđuju se i dodatne informacije kao što je vremenski period u kom izračunata snaga važi kako bi se TVWS uređaju prosledila ne samo informacija o dozvoljenoj snazi već i o dozvoljenom vremenu emitovanja.

Ključno pitanje je da li sam regulator treba da radi prikupljanje, izračunavanje i prosleđivanje podataka TVWS uređajima. Ukoliko bi sve radio regulator, tada bi regulator obezbeđivao podatke o snagama emitovanja i vremenu u kom ti podaci važe za svaku tačku digitalnog modela terena (svaku koordinatu) države. Ovo ima smisla u slučajevima kada regulator poseduje sve validne podatke od DVB-T/T2 mrežama i predajnicima i kada sam proces izračunavanja postaje komplikovan i tehnološki zahtevan zbog čestih izmena parametara ili velike količine podataka koji ulaze u proračune. Takođe, za emitere TV programa podaci o predajnicima, lokacijama i drugim tehničkim parametrima mogu biti ponekad poverljivi i tada izračunavanje od strane regulatora, kome se podaci u svakom slučaju moraju učiniti dostupnim, imaju smisla.

Međutim, za neke regulatore koji ne raspolažu dovoljnim tehničkim resursima ima smisla i podela obaveza sa trećim stranama koje bi upravljale WSDB. Regulator bi tada mogao da prikupi sve podatke od emitera digitalne televizije i da na osnovu prikupljenih podataka izračuna moguće nivoe TVWS signala u datim UHF kanalima. Te informacije bi bile prosleđene vlasnicima WSDB-a koji nude usluge baze na komercijalnoj osnovi. Upravo vlasnici baza bi bili u obavezi da izvrše promenu i usklađivanje podataka tako da uključe potrebnu zaštitu za PMSE uređaje pre nego što proslede informacije TVWS uređajima.

Na ovaj način bi regulator bio siguran da su podaci o digitalnom emitovanju TV signala (*Digital Terrestrial Transmission, DTT*) izračunati na konzistentan način, odnosno da su informacije o koegzistenciji DTT i TVWS signala uvek jednoznačne, i da ne zavise činjenice da se TVWS uređaji mogu obraćati ka više WSDB-a u različitim sredinama. Na ovaj način sve WSDB bi sadržale iste podatke za sve lokacije i za sve predajnike digitalnog TV signala. Generalno, snage predajnika digitalnog TV signala su konstantne i retko se menjaju i tehnološki zahtevi koji se postavljaju pred regulatora su relativno jednostavni jer bi se nivoi DTT signala mogli računati jednom godišnje ili u nekom sličnom periodu ali svakako ne svakodnevno. Istom prilikom regulator bi definisao i potrebne margine za zaštitu DTT signala imajući u vidu ukupni nivo signala koji bi svi TVWS uređaji koji rade u datom UHF TV kanalu mogli da stvore kako bi se izbegla interferencija ka uređaju primarnog korisnika spektra.

5.4.3. KOMUNIKACIJA SA TVWS UREĐAJIMA

Jednom kada su podaci izračunati spremni su za slanje TVWS uređajima. Komunikacija između WSDB i TVWS uređaja je generalno putem Interneta mada regulator može zahtevati da se za te potrebe izgradi intranet mreža sa nestandardnim protokolima komunikacije ili uz primenu IETF PAWS [IETF PAWS] standarda. Da li će se koristiti Internet ili intranet svakako zavisi od broja

TVWS uređaja, broja upita ka WSDB (koji može biti i milionski) i u suštini zavisi od organizacije WSDB, kopiranja potrebnih tabela baze koje bi bile dostupne preko Interneta tako da sama realizacija nije od ključne važnosti za regulatora, izuzev ukoliko regulator radi celokupnu uslugu samostalno i pojavljuje se u ulozi strane koja upravlja bazom podataka o slobodnom spektru.

5.5. MODEL I NUĐENJA USLUGE WSDB

Bitan faktor prilikom načina upravljanja WSDB-om jeste i zainteresovanost komercijalnih kompanija kao i posredni društveni benefiti koje je moguće ostvariti. Ukoliko nema interesovanja komercijalnih kompanija da upravljaju WSDB-om, neminovno to mora da učini regulator. Sa druge strane, ako interes postoji, potrebno je proceniti i sve prednosti i mane da se takva usluga poveri komercijalnim kompanijama. Moguće je izdvojiti tri scenarija prilikom nuđenja usluge WSDB-a:

- Regulator upravlja WSDB-om i pruža celokupan skup usluga TVWS uređajima;
- Regulator ustupa (*outsources*) upravljanje WSDB-om;
- Regulator prepušta upravljanje WSDB-om komercijalnim kompanijama kojih može biti i više.

5.5.1. REGULATOR SAMOSTALNO UPRAVLJA WSDB-OM

Kada regulator samostalno upravlja WSDB-om tada samostalno razvija sve funkcije baze, finansira sve troškove povezane sa projektovanjem i održavanjem WSDB i celokupan proces pružanja usluge podseća na online sistem izdavanja dozvola. Regulator može neke od IT funkcionalnosti da ustupi trećoj strani, kao što je pisanje koda za modul za izračunavanje ili hostovanje website-a ili baze, ali je regulator odgovoran i nadležan za funkcionisanje sistema. Regulator odlučuje koje će usluge WSDB da obezbedi TVWS uređajima (korisnicima) kao i koliko će takva usluga koštati. Izveštaj [CEPT,236] definiše prednosti i mane ovakvog pristupa. Kao prednosti ističu se:

- Regulator poseduje potpunu kontrolu nad informacijama ko pristupa spektru, koji radio resursi su dodeljeni korisniku i koliko je korisniku naplaćeno za uslugu. Regulator može promeniti i prilagoditi bilo koji od parametara u skladu sa svojom politikom i nacionalnom politikom razvoja telekomunikacija. To znači da regulator može da promeni odluku o naplati usluge, da definiše resurse koji se dodeljuju u skladu sa strategijom razvoja telekomunikacija u zemlji kao i da ponudi minimalni skup usluga potrebnih za rad TVWS uređaja ili i dodatne informacije. U slučaju komercijalne kompanije koja upravlja WSDB-om ekonomski interes bi bio primaran dok bi se razvoj telekomunikacija ili drugi društveni benefiti zanemarili ukoliko ne nude bolje finansijske uslove za upravljača bazom;
- Ne postoji rizik od odustajanja pružanja usluge WSDB. Kao i kod svakog komercijalnog posla, upravljač bazom može da odustane od posla ili da usled bankrota ili drugih problema nije u mogućnosti da ponudi uslugu korisnicima. Kada ovu uslugu pruža regulator ne postoji opasnost od prekida pružanja usluge a time i od nemogućnosti da TVWS uređaji ostanu bez potrebnih informacija;

- Ne postoji sukob interesa jer regulator nema direktni interes da manipuliše podacima u WSDB. Sa druge strane, komercijalni upravljač WSDB-om može imati interes da usvoji manje margine pa čak i da zloupotrebi podatke dobijene izračunavanjem kako bi svojim klijentima, korisnicima podataka iz WSDB omogućio pristup većim resursima nego što je to opravdano. Međutim, čak i da to nije slučaj, primarni korisnici spektra poput TV stanica bi se svakako osećali bolje ukoliko bi celokupan proces bio potpuno kontrolisan od strane regulatora.

Naravno, ovakav pristup sa sobom nosi i potencijalne rizike i slabosti koji su pre svega vezani uz često malu fleksibilnost regulatorne agencije:

- Upravljanje WSDB-om zahteva značajne tehničke, ljudske i finansijske resurse regulatorne agencije. Zbog svoje prirode posla, moguće je da regulator i nema potrebne resurse da izgradi i upravlja bazom koja je u suštini baza podataka dostupna preko Interneta. Tada vrlo brzo na videlo izbija problem nepravovremene dostupnosti informacija potrebnih TVWS uređajima;
- Regulatorne agencije obično nisu sklone brzom reagovanju na zahteve krajnjih korisnika i modifikaciji svojih usluga brzinom kojom to čine komercijalne kompanije. Regulator, kao deo državne administracije nema mogućnost da brzo potraži dodatne ljudske ili tehnološke resurse zbog složenih procedura zapošljavanja kao i potrebe za stručnjacima koji su specifičnog profila pa su često nedostupni na tržištu rada. Vrlo često cena usluge i nije komercijalna već se posmatraju drugi društveni benefiti. Samim tim na tržištu ne bi bilo konkurencije koja bi vodila unapređenju usluga WSDB, odnosno novine bi se sporo uvodile a cena usluga ne bi bila rezultat tržišne konkurencije već administrativne odluke.

5.5.2. REGULATOR USTUPA UPRAVLJANJE WSDB-OM KOMERCIJALNOJ KOMPANIJI

Regulator može ustupiti upravljanje WSDB-om trećoj strani. Ovaj model rada ima za cilj da omogući regulatoru da pruži uslugu iako nema potrebne tehničke i kadrovske resurse, pod uslovom da zadrži potreban nivo kontrole usluge. Naime, regulatorna agencija u ovom modelu definiše sa trećom stranom skup usluga koje WSDB mora da obezbedi svojim korisnicima i po kojoj ceni. Sama nadoknada za usluge korišćenja baze idu regulatoru dok komercijalna kompanija koja vrši upravljanje bazom prima nadoknadu od regulatora po osnovu ugovora kojom joj je ustupljeno upravljanje WSDB-om. ECC Izveštaj 236 [CEPT Report 236] definiše mali broj prednosti i mana ovakvog pristupa. Kao glavne prednosti istaknute su:

- Regulatoru su potrebni manji tehnički i kadrovski resursi nego u slučaju kada regulator pruža celokupnu uslugu. Profit regulatora u ovom slučaju je manji jer plaća uslugu upravljanja bazom mada javna nabavka iste usluge može da dovede do niske cene usluge upravljanja jer se više kompanija može nadmetati da pruža uslugu pristupa WSDB-u u saradnji sa regulatorom;
- Celokupna kontrola i odlučivanje ostaju u regulatornoj agenciji zbog čega ona ima mogućnost da odluči da je usluga pristupu bazi besplatna ili da sprovede aktivnosti koje bi imale širi društveni značaj.

Više mana se može pronaći u ovom modelu saradnje. Mane se uglavnom mogu vezati uz troškove i fleksibilnost modela. Dve glavne mane su:

- Ovaj model i dalje zahteva značajna finansijska ulaganja od strane regulatora jer regulator je suštinski i dalje odgovoran i nadležan za valjanost podataka u WSDB i plaća uslugu komercijalnoj kompaniji. Izbor komercijalne kompanije za upravljanje WSDB-om putem javnog nadmetanja može sniziti troškove regulatora ali nije poznato koliko jer je to rezultat javnog nadmetanja;
- Iz ugla komercijalne kompanije koja pruža uslugu pristupa WSDB-u praktično kao podizvođač regulatora, upravo regulator je krajnji korisnik. Skup usluga koji se nudi je predefinisani i regulisan od strane regulatora. Komercijalna kompanija nema slobodu uvođenja novih servisa niti ima takav direktan interes jer nema komunikaciju sa krajnjim korisnicima već isključivo sa regulatorom. Ovaj nedostatak se može otkloniti mogućnošću da regulator definiše minimalan skup usluga WSDB-a i cenu za takvu uslugu dok bi komercijalna kompanija mogla na istoj platformi da ponudi korisnicima baze dodatne usluge koje bi naplaćivala nezavisno od regulatora ili uz njegovu kontrolu kako bi se izbegle zloupotrebe i favorizovanje korisnika koji plaćaju dodatne usluge. Ovim pristupom bi komercijalna kompanija imala mogućnost za dodatne kanale zarade što bi potencijalno uticalo i na ukupnu cenu usluge koju regulator plaća.

5.5.3. KOMERCIJALNE PONUDE PRISTUPA WSDB

Regulatorna agencija može da ovlasti komercijalne kompanije da pružaju uslugu pristupa WSDB. Regulator definiše minimalan skup usluga koje upravljači bazama moraju da ponude korisnicima, kao i performanse WSDB. Regulator takođe vrši kontrolu i sertifikaciju baza. Po sertifikaciji, komercijalni vlasnici i ponuđači usluga pristupa WSDB odlučuju koje će sve usluge ponuditi, kojim korisnicima i po kojoj ceni.

Pri ovom modelu rada regulatorna agencija nema troškove i ne plaća komercijalnim kompanijama upravljanje svojim WSDB. Regulatorna agencija može naplatiti proces sertifikacije WSDB komercijalnih kompanija jer ima troškove definisanja minimalnih zahteva i performansi WSDB kao i troškove provere ispunjenosti zahteva. Takođe, agencija može naplatiti i troškove prosleđivanja podataka o primarnim korisnicima spektra komercijalnim kompanijama koje upravljaju svojim WSDB, posebno obzirom da se radi o usluzi koja se periodično sprovodi. Naravno ovaj model rada predviđa da postoje komercijalne kompanije koje su uvidele potencijal tržišta i mogućnost zarade pružanjem usluge pristupa WSDB krajnjim korisnicima koji imaju svoje TVWS uređaje.

Regulatorna agencija u ovom scenariju rada ima mogućnost čak i da odluči da li će naplatiti komercijalnim kompanijama pružanje usluge pristupa WSDB, da li će naplatiti svoje troškove definisanja uslova za izgradnju i upravljanje pristupom WSDB ili će raspisati javno nadmetanje na kome će zapravo prodati pravo komercijalnoj kompaniji da u nekom vremenskom periodu izgradi u upravlja pristupom podacima u WSDB. Šta će regulator učiniti najviše zavisi od zainteresovanosti tržišta i broja kompanija koje vide komercijalni interes tako da bi prvo raspisivanje poziva za zainteresovane kompanije bio najbolji korak kako bi se sagledalo tržište i

izabrala optimalna strategija.

Prednosti ovakvog pristupa WSDB ogleda se u smanjenju troškova regulatora i maksimalnoj liberalizaciji tržišta. Stoga, prednosti ovakvog pristupa su:

- Troškovi regulatorne agencije proizilaze iz aktivnosti prikupljanja podataka o primarnim korisnicima i njihovog periodičnog dostavljanja komercijalnim kompanijama, definisanja uslova i ispitivanja ispunjenosti istih vezanih za upravljanjem WSDB kao i periodičnim kontrolama rada kompanija. Ovo je svakako znatno manja suma od one potrebne da regulator izgradi WSDB i aktivno upravlja istom;
- Regulatorna agencija je isključivo zainteresovana da primarni korisnici spektra ne trpe interferenciju izazvanu od strane sekundarnih korisnika odnosno TVWS sistema. Komercijalne kompanije koje upravljaju svojim WSDB-ovima imaju potpunu slobodu u kreiranju servisa koje nude svojim korisnicima i da odrede cenu pristupa tim servisima. Time se ostavlja mogućnost da se tržište pristupa informacijama samoreguliše na osnovnim ekonomskim principima.

Navedene prednosti u pojedinim delovima mogu biti i slabosti ovakvog pristupa korišćenju podataka u WSDB-ovima. Kao najveći potencijalni nedostaci ističu se:

- Regulatorna agencija ima vrlo ograničene informacije ko pristupa kom frekvencijskom opsegu (posebno u realnom vremenu) i može imati problema da garantuje pristup WSDB svim zainteresovanim stranama po principu univerzalnog pristupa potrebnim informacijama. Komercijalni vlasnici WSDB-ova mogu odlučiti da servis pristupa nije dovoljno profitabilan i mogu se okrenuti ka malom broju korisnika i kreirati zatvoren sistem kako bi maksimizirali profit;
- Model saradnje može biti ozbiljno ugrožen ako zainteresovane kompanije ne poseduju dovoljno tehničko iskustvo i znanje za upravljanje ovakvim bazama podataka ili ukoliko ne postoji jasni poslovni model koji ukazuje na mogućnost profita. U tom slučaju regulatorna agencija ne može biti sigurna da komercijalne kompanije mogu na zadovoljavajući način da izvrše potrebne proračune radio-pokrivanja i margina što bi za posledicu imalo i loše algoritme i procedure za ograničenje interferencije primarnim korisnicima, što opet može imati dugoročne posledice na primarne korisnike spektra. Sve to bi prisililo regulatornu agenciju da se uključi u proces kontrole interferencije od strane TVWS sistema pa čak i da privremeno pruži komercijalnim kompanijama pomoć pri izračunavanju potrebnih margina i zona koordinacije, čime se potpuno gubi smisao ovog modela rada;
- Komercijalni vlasnici WSDB zarađuju ustupanjem potrebnih informacija vlasnicima TVWS mreža, sistema i pojedinačnih uređaja. Samim tim, da bi maksimizirali svoj profit, vlasnici WSDB-ova mogu biti u iskušenju da zanemare izračunate margine i potrebne zaštitne vrednosti kako bi prikazali veći segment spektra dostupan TVWS uređajima. Zbog toga regulatorna agencija mora definisati i imati jasna prava kojima može kazniti i eliminisati iz posla ovakve vlasnike WSDB-a. Najrealniji način rešenja ovog problema bio bi da se iz posla eliminišu vlasnici onih WSDB kod kojih su pristup podacima ostvarili vlasnici TVWS uređaja koji stvaraju najveću interferenciju primarnim korisnicima a kod

kojih nisu pronađeni drugi tehnički nedostaci koji su istu izazvali.

Iako ovaj model predviđa najveći stepen liberalizacije, on zahteva od regulatorne agencije da ima jasne mehanizme kontrole i kažnjavanja komercijalnih kompanija u slučaju neispunjavanja svojih obaveza ili zloupotrebe. Regulator može definisati osnovni, besplatni skup usluga kao kod drugih modela saradnje kako bi motivisao razvoj TVWS tehnologije. Takođe, u slučaju da tržište ima dovoljnu ekonomsku vrednost, više komercijalnih kompanija se može pojaviti sa svojim WSDB a to bi zauzvrat trebalo da unapredi ekonomsku i tehnički konkurenciju kako bi kompanije obratile posebnu pažnju na kvalitet podataka koje nude u okviru WSDB. Istovremeno, regulatorna agencija bi mogla uvesti kaznene mere u slučaju netačnih podataka u bazama ili bi mogla da definiše algoritam po kom bi se vršilo izračunavanje zona pokrivanja i potrebnih margina a koje bi komercijalne kompanije bile obavezne da primene. Ovakav pristup bi ovaj model približio modelu ustupanja usluge upravljanja WSDB-om i imao bi smisla isključivo ako su do dve komercijalne kompanije zainteresovane za pružanje usluge pristupa WSDB. U okviru ovog modela je potrebno i analizirati potreban i optimalan broj komercijalnih kompanija koje nude usluge pristupa podacima o slobodnom belom spektru.

Jedinstvena WSDB na tržištu u vlasništvu komercijalne kompanije

Regulatorna agencija se može odlučiti da usluge pristupa WSDB-u pruža samo jedna komercijalna kompanija. Najtransparentniji način za izbor takve kompanije bio bi putem javnog nadmetanja, slično aukciji spektra. Regulatorna agencija bi prikupila podatke o sistemima primarnih korisnika i prosledila ih komercijalnoj kompaniji koja upravlja WSDB-om a upravljač bazom bi dalje obavio proračune i omogućio bi pristup podacima zainteresovanim TVWS uređajima. Naravno, odluka da li treba da postoji samo jedan ili više komercijalnih vlasnika i upravljača WSDB-om zavisi i od veličine tržišta i ekonomske isplativosti postojanja više baza. Postojanje samo jednog vlasnika i upravljača WSDB-om ima niz prednosti za regulatora ali i za vlasnika baze:

- Potencijalni vlasnik WSDB je verovatno spremniji da plati veću nadoknadu za upravljanje bazom ukoliko je poznato da će imati monopol na pristup podacima kao jedina takva baza. Sa druge strane, regulator će verovatno lakše nadoknaditi svoje troškove jer saraduje samo sa jednom kompanijom umesto da kalkuliše troškove u slučaju saradnje sa više kompanija;
- Ako postoje fiksni troškovi izgradnje baze podataka o slobodnom belom spektru, ti troškovi će svakako biti ukupno veći ako je potrebno da više vlasnika baza izgradi svoje baze i upravlja njima. Takođe, svaki od njih može da računa na manji broj korisnika nego da je sam. Samim tim, na relativno skromnim tržištima, jedan vlasnik u upravljač WSDB-om može ponuditi bolje cene usluga zbog manjih troškova i većeg broja korisnika, uz uslov da ne zloupotrebi svoj monopol;
- Regulatornoj agenciji je lakše da izvrši usklađenost i tačnost podataka o primarnim korisnicima spektra i izračunavanja ako na tržištu postoji samo jedna WSDB. To će ujedno značiti i manje troškove sertifikacije i kontrole koje će agencija imati;
- Ako u budućem periodu poraste interes za TVWS tehnologiju i javi se interferencija između TVWS uređaja koji se nadmeću za isti spektar, mnogo je verovatnije da će se taj problem

rešiti ako svi TVWS uređaji zahtevaju podatke o slobodnom spektru od iste WSDB. Tada je moguće kroz podatke koje dostavlja WSDB kontrolisati interferenciju među sekundarnim korisnicima tj. TVWS uređajima;

- Ako je potrebno rezervisati deo TV UHF spektra za specifične TVWS uređaje ili korisnike, to je najlakše obaviti ako postoji samo jedan vlasnik i upravljač WSDB. Ovo je zahtev koji je verovatno malo verovatan ali sličan je zahtevu da se izvrši kontrola interferencije između TVWS uređaja kao sekundarnih korisnika spektra.

Ponovo neke od prednosti predstavljaju i potencijalne mane postojanja samo jednog komercijalnog vlasnika i upravljača WSDB-om:

- Postojanje samo jednog upravljača WSDB-om može doneti uštede i inovativan pristup prilikom nadmetanja za ustupanje usluge izgradnje i upravljanja WSDB-om. Međutim, dugoročno gledano, zbog svog monopolskog položaja, vlasnik i upravljač WSDB-om nema motiv za unapređenje efikasnosti u toku svog rada niti da uvodi nove servise kao što bi to bio slučaj da postoji konkurencija na tržištu. Naravno, na ovo bitno utiče i veličina i ekonomska moć tržišta koja određuje da li postoji dovoljno korisnika za postojanje više komercijalnih WSDB, da li postoji interes i potencijal tržišta da plati nove usluge u okviru WSDB i da li je uopšte moguće imati komercijalno isplativ posao upravljanja WSDB-om;
- Postojanje samo jednog vlasnika WSDB i jedne baze može donekle dugoročno ograničiti razvoj tržišta jer onemogućava druge zainteresovane kompanije, sa novim poslovnim modelima, da nastupe na tržištu pružanja usluga WSDB-a. Imajući u vidu da se radi o novoj tehnologiji, pitanje je da li regulatorna agencija može da sagleda sve potencijale tržišta i kompanija i da li može da izabere najbolju kompaniju za izgradnju i rukovođenje WSDB-om već na početku razvoja same tehnologije i primene. Moguće delimično rešenje ove situacije bilo bi kreiranje fleksibilnog ugovora sa izabranom kompanijom ali bi to isto tako moglo da stvori i niz zakonskih problema i da u praksi bude vrlo teško sprovodivo;
- Regulatorna agencija svakako mora da obrati pažnju na rad jedinstvenog vlasnika i upravljača WSDB-om jer kao monopolista vlasnik baze svakako može da se ponaša netransparentno i neprofesionalno. Zbog toga regulatorna agencija mora da vrši redovnu kontrolu cena i usluga, a u slučaju da upravljač WSDB-om ne radi svoj posao dovoljno dobro, regulatorna agencija bi morala da preuzme na sebe i bar privremeno pružanje usluge pristupa WSDB-u.

Postojanje više komercijalnih kompanija koje nude pristup WSDB-u

Ovaj model saradnje pretpostavlja da je tržište dovoljno veliko i zainteresovano za TVWS tehnologiju tako da postoji više zainteresovanih kompanija koje bi izgradile svoje WSDB. Kao i u slučaju postojanja samo jedne WSDB, regulatorna agencija prikuplja podatke o primarnim korisnicima spektra a zatim podatke prosleđuje komercijalnim kompanijama koje vrše izračunavanja slobodnog spektra i potrebnih margina, na osnovu podataka dobijenih od regulatora i omogućavaju pristup potrebnim podacima u WSDB-ovima svojim korisnicima odnosno TVWS uređajima.

Komercijalne kompanije koje su vlasnici u upravljači WSDB-ovima profit ostvaruju na osnovu nadoknade koju naplaćuju vlasnicima TVWS uređaja i sistema. Oni imaju slobodu da odluče o visini nadoknade za uslugu pristupa kao i uopšte o poslovnom modelu i ekonomskom modelu rada. Sa ovom slobodom, moguće je da se javi interes kod više kompanija da kreiraju svoje WSDB i da ponude svoje usluge vlasnicima TVWS uređaja.

Prednosti postojanja više kompanija zainteresovanih za izgradnju i upravljanje svojim WSDB-ovima su mnogobrojne:

- Postojanje više WSDB nateralo bi njihove vlasnike da budu fleksibilni i da ponude dodatne usluge svojim korisnicima, vlasnicima TVWS uređaja, kako bi se izdvojili od konkurencije i postali uspešnji. Naravno, razvoj novih usluga zavisi i od potreba vlasnika TVWS uređaja tako da ako su oni zadovoljni minimalnim skupom usluga tada ne treba ni očekivati razvoj novih usluga. Takođe, da bi se upravljači WSDB-ovima diferencirali važno je i da regulatorna agencija ne uslovi vlasnike baza na pružanje identičnog i nepromenljivog skupa podataka ili ako sve WSDB primaju iste podatke od regulatora bez prikupljanja dodatnih podataka;
- Vlasnici WSDB-ova mogu biti zainteresovani da unose novine u svoj rad kako bi privukli korisnike konkurentskih WSDB-ova što bi imalo opšti benefit za tržište TVWS uređaja i upotrebu belog slobodnog spektra. Ovde valja isključiti pojedine aktivnosti koje su, u principu, moguće kada postoji samo jedna WSDB kao što je rezervacija TVWS spektra za pojedine TVWS uređaje, kontrola interferencije između različitih sekundarnih korisnika TVWS spektra i slično. Ovakve aktivnosti kod postojanja više WSDB zahtevaju vrlo dobru koordinaciju i zajednički rad kako bi se predupredila preklapanja dodele spektra i interferencija;
- Čak i kada nema prilike da se vlasnici WSDB-ova međusobno jasno diferenciraju svojim uslugama, samo postojanje više WSDB-ova kojima se može pristupiti dovoljan je garant da će kvalitet usluge pristupa bazi koji se nudi biti kvalitetan, sa kvalitetnim i tačnim podacima. Vlasnici TVWS uređaja imaju priliku da ako nisu zadovoljni kvalitetom jedne WSDB da pređu na upotrebu WSDB drugog vlasnika a ako i neki od vlasnika WSDB propadne ili ponudi nekvalitetne usluge vlasnici TVWS uređaja neće biti uskraćeni za potrebne podatke u bilo kom trenutku i neće prekidati svoj rad;
- Cena usluga će zbog konkurencije biti povoljnija nego u slučaju postojanja samo jedne WSDB. Regulatorna agencija tada neće morati da vrši kontrolu cena usluga jer se očekuje da se to desi zbog konkurencije na tržištu. Regulator će jedino morati da kontroliše izračunatu zaštitu primarnih korisnika spektra čime će imati manje aktivnosti i manje troškove;
- Regulator će morati da kontroliše izračunavanje potrebnih margina i radio-pokrivanja primarnih korisnika spektra. Iako bi postojalo više WSDB, kontrola svih i poređenje izračunavanja omogućilo bi regulatornoj agenciji da lakše uoči razlike i potencijalne probleme. Sa druge strane, ovo isto može predstavljati i manu jer povećano angažovanje regulatora pri kontroli vlasnika i upravljača WSDB-ova može stvoriti veće troškove regulatoru.

Model saradnje sa više vlasnika i upravljača WSDB na tržištu svakako ima i svoje mane. Neke od najznačajnijih su:

- Potencijalno neefikasan rad u slučaju kada svi vlasnici i upravljači WSDB dobijaju iste ulazne parametre o primarnim korisnicima i imaju isti rezultat izračunavanja (isti algoritam) i isti skup usluga. Tada sve baze postaju identične, pa nema ni svrhe da postoji više njih. Jedino što ih može razlikovati u tom slučaju je eventualno cena usluge pristupa;
- Cena usluga pristupa WSDB ima poseban značaj jer ako je pristup besplatan ili vrlo jeftin, tada se može pojaviti problem sa ekonomskom isplativošću upravljanja i održavanja WSDB što može dovesti do ukidanja pojedinih WSDB i poremećaja na tržištu. Ovde je vrlo značajno proceniti potencijal TVWS tržišta i zainteresovanost potencijalnih sekundarnih korisnika spektra. Upravo interesovanje vlasnika TVWS uređaja određuje da li će postojati jedna ili više WSDB i da li će se tržište razviti ili stagnirati;
- Regulatorna agencija može imati povećane troškove ako kontroliše rad više od jednog vlasnika i upravljača WSDB;
- Potencijalni problemi sa zaštitom poverljivih podataka primarnih korisnika i rizici otkrivanja podataka rastu sa povećanjem broja vlasnika i upravljača WSDB-a. Primarni korisnici spektra možda neće biti voljni da sve podatke podele sa komercijalnom kompanijom koja upravlja WSDB-om i koja u nekim segmentima poslovanja može biti i konkurent nekom od primarnih korisnika. Međutim, razmena tih podataka sa više od jedne kompanije može povećati rizik da podaci dospeju u javnost ili da budu zloupotrebljeni. Regulatorna agencija tada mora da insistira na povećanju bezbednosti podataka i da čak eventualno iz javnog nadmetanja za dobijanje usluge upravljanja WSDB-om eliminiše potencijalne konkurente. Tako na primer, Telekom Srbija koji ima svoje TV kanale i u saradnji sa ETV-om emituje svoj signal terestrički može biti viđen kao konkurent ostalih TV stanica koje emituju svoj program a koje bi tada bile u obavezi da podatke o svojim uređajima dostave preko regulatorne agencije upravo Telekomu Srbije;
- Koordinacija rada TVWS uređaja kao sekundarnih korisnika spektra i kontrola interferencije između njih komplikovanija je kada postoje višestruke WSDB umesto samo jedne.

Ograničavanje broja WSDB-a na tržištu

Mnoge prednosti postojanja višestrukih WSDB-a na tržištu potiču od očekivane konkurencije među upravljačima baza. Zbog toga je potrebno razmotriti i pitanje koliko bi WSDB-a na tržištu bilo optimalno? Da li regulatorna agencija treba da uopšte limitira taj broj ili da jednostavno podrži i ohrabri što više komercijalnih kompanija da tržištu ponude svoje WSDB?

Na ova pitanja je teško odgovoriti iz više razloga. Zainteresovanost komercijalnih kompanija dolazi, pre svega, od mogućnosti zarade a ona zavisi od zahteva koje je potrebno ispuniti da bi se pojavili na tržištu, nadoknada, mogućnosti diferenciranja među ponuđenim WSDB-ovima. Ne treba zaboraviti i da veličina i ekonomski potencijal TVWS tržišta određuje da li postoji ekonomska isplativost da se nastupi na tržištu sa sopstvenom WSDB. Ove procene je u ovom trenutku vrlo teško dati a moguće je da će se interes vremenom i menjati što ne znači da i ako se

sada utvrdi da postoji prostor za više WSDB na tržištu da će tako biti u budućnosti. Zbog toga postoji vrlo velika verovatnoća da regulatorna agencija pogrešno proceni broj WSDB koje se mogu uspešno nadmetati na tržištu.

Jedino rešenje u ovom trenutku jeste da regulatorna agencija ne ograničava broj komercijalnih kompanija koje bi izgradile i upravljale svojim WSDB-ovima. Regulator treba da se ograniči na definisanje minimalnih uslova potrebnih za komercijalne kompanije da bi se kvalifikovale i sertifikovale za posao izgradnje i upravljanja WSDB-om. Regulator može raspisati poziv za zainteresovane kompanije kako bi izvršio ispitivanje kvalifikovanosti prijavljenih kompanija a kasnije i raspisao javni poziv za zainteresovane da pošalju svoje ponude za razvoj sopstvenih WSDB i učesće na tržištu. Ovakva provera zahteva da regulator angažuje svoje ljudske i tehničke resurse što neminovno znači i određene troškove. Zbog toga, u slučaju velikog broja prijavljenih kompanija, regulator može da definiše minimalan skup zahteva za kvalifikacioni postupak kako bi minimizirao svoje troškove i razmotrio mogućnost da tu proveri naplati. U slučaju da se očekuje prijavljivanje manjeg broja kompanija (npr. do 3) tada provera može biti i detaljnija. Sama naplata provere, ukoliko nije u pitanju značajna suma, može poslužiti i kao provera finansijske moći same kompanije koja se prijavila, kako bi se izbegli eventualni problemi sa solventnošću i finansijskom stabilnošću kompanije u slučaju da započne rad sa svojom WSDB na tržištu.

5.6. TROŠKOVI REGULATORA I NADOKNADA

Za razliku od tradicionalnih sistema u nelicenciranom opsegu, implementacija TVWS sistema zahteva značajnu infrastrukturu da bi se omogućio nesmetan rad i primarnim i sekundarnim korisnicima u TVWS opsegu. Da bi se ceo projekat implementacije uspešno realizovao, potrebno je sagledati troškove regulatora i ostalih učesnika u procesu.

Osnovni koraci u implementaciji TVWS u TV UHF opsegu podrazumevaju da će primarni korisnici spektra regulatornoj agenciji dostaviti potrebne informacije o tehničkim i tehnološkim parametrima svoje opreme, kako aktivne tako i pasivne, na svim lokacijama. Regulatorna agencija će ove podatke podeliti sa vlasnicima i upravljačima WSDB, zajedno sa algoritmom po kome se vrši izračunavanje radio-pokrivanja i potrebnih margina shodno primenjenoj TVWS opremi kako bi se primarni korisnici zaštitili od potencijalne interferencije. Vlasnici i upravljači WSDB-ovima će rezultate izračunavanja podeliti sa vlasnicima TVWS uređaja na osnovu njihovog upita, u određenom vremenskom trenutku za određeno područje kao i eventualne dodatne servise koje će dodatno naplatiti.

Jasno je da svi učesnici u lancu kreiranja i održavanja WSDB imaju određene troškove. Primarni korisnici spektra imaju troškove prikupljanja, verifikacije i dostavljanja svih potrebnih podataka o svojoj aktivnoj i pasivnoj opremi. Regulatorna agencija ima troškove formiranja algoritma za proračun koegzistencije kao i za njegovu modifikaciju, zatim u postupku početne i redovne kontrole rada komercijalnih kompanija koje upravljaju WSDB-ovima (ako nije sam regulator ujedno i ponuđač usluge pristupa WSDB). Konačno, kompanije koje upravljaju WSDB-ovima (a što može biti i sama regulatorna agencija) imaju troškove izgradnje svojih sistema, održavanja baza i odgovaranja na zahteve TVWS uređaja. Regulator mora da odluči ko ima pravo

na nadoknadu troškova i ko snosi troškove da bi TVWS uređaji mogli da pristupe UHF kanalima. Osnovno pitanje je da li učesnici u prethodno opisanom lancu mogu preneti svoje troškove na krajnje korisnike tj. vlasnike TVWS uređaja.

Prvo pitanje je da li primarni korisnici spektra treba da dobiju nadoknadu za prikupljanje potrebnih informacija i ako to jeste slučaj - ko će snositi te troškove? Po mišljenju autora Studije, primarni korisnici su u obavezi da regulatornoj agenciji dostave sve potrebne informacije u okviru zahteva za dozvole za korišćenje radio-kanala a svakako je potrebno da za svaki telekomunikacioni uređaj i sistem imaju glavni projekat i projekat izvedenog stanja. Ovi projekti sadrže sve potrebne informacije za proračun rada ovih sistema i potencijalne interferencije, i zato se ne očekuje da primarni korisnici spektra imaju značajne troškove u prikupljanju podataka.

Drugo pitanje je da li regulatorna agencija ima pravo na nadoknadu sopstvenih troškova zato što posreduje u razmeni podataka, postavlja regulatorni okvir i periodično kontroliše rad vlasnika i upravljača WSDB-a i kontroliše postojanje potencijalne interferencije. Može se reći da, u principu, regulator ima pravo na nadoknadu svojih troškova ali da to zavisi od opšteg društvenog interesa i u onom obimu koji neće ugroziti razvoj TVWS sistema i tržišta.

Treće pitanje je da li vlasnici u upravljači WSDB-a imaju pravo da naplate svoju uslugu krajnjem korisniku tj. vlasnicima TVWS sistema. Očito da mogućnost naplate zavisi od modela saradnje regulatora i vlasnika WSDB-a, vrste i kvaliteta servisa koja se pruža TVWS uređajima.

5.6.1. USPOSTAVLJANJE OKVIRA ZA UTVRĐIVANJE NADOKNADA

Najčešći korišten model za kreiranja okvira za tarife i nadoknadu troškova je okvir baziran na 6 principa, predložen svojevremeno od OFTEL-a, prethodnice OFCOM-a. [MMC1995)]. Šest principa su:

- Izazivanje troškova. Troškovi treba da se nadoknade od one strane koja ih je izazvala;
- Minimizacija troškova. Proces nadoknade troškova treba da je takav da obezbedi minimizaciju troškova umesto dalje povećanje;
- Efikasna konkurencija. Mehanizam nadoknade troškova ne sme da umanj napore da se održi efikasna konkurencija;
- Reciprocitet. Tamo gde se usluge pružaju na bazi reciprociteta i nadoknade treba da budu bazirane na reciprocitetu;
- Raspodela benefita. Troškovi treba da budu nadoknađeni od strane koja ostvaruje benefite;
- Praktičnost. Postupak nadoknade troškova treba da bude praktičan i relativno lak za implementaciju.

Troškovi primarnih korisnika spektra

Troškovi primarnih korisnika spektra nisu izazvani njihovim potrebama već potrebama upravljača WSDB-om i vlasnicima TVWS uređaja. Zbog toga treba očekivati da troškove primarnih

korisnika spektra nadoknade oni koji će imati korist na TVWS tržištu. Međutim, kao što je navedeno, potrebne podatke su primarni korisnici spektra već ranije trebali da dostave regulatornoj agenciji pa samim tim ne treba očekivati da imaju značajne ili čak ikakve troškove. Tada nema ni smisla nadoknađivati im bilo kakve troškove. Troškovi koji bi ipak mogli da se nadoknade svakako bi bili obaveza učesnika na TVWS tržištu. Takvi troškovi bi ujedno uticali na učesnike na TVWS tržištu da minimiziraju svoje zahteve koji bi mogli da budu mnogo brojniji i zahtevniji prema primarnim korisnicima spektra ako upravljači WSDB i vlasnici TVWS uređaja ne bi imali nikakve finansijske obaveze.

Regulatorna agencija može da razmotri mogućnost da se primarnim korisnicima spektra nadoknade isplaćuju na osnovu veličine spektra koji koriste sekundarni korisnici. Na taj način bi primarni korisnici bili motivisani da spektar koji ne koriste a za koji su platili dozvole oslobode za upotrebu sekundarnim korisnicima. Naravno, ovaj proces bi bio pod kontrolom regulatora kako bi se izbeglo da spektar izgubi svoju prvobitnu namenu - emitovanje digitalnog televizijskog signala. Ovo je značajno i sa stanovišta kontrole troškova primarnih korisnika spektra. Ako kontrola od strane regulatora ne postoji, primarni korisnici spektra bi mogli da stvaraju troškove ne držeći se načela da zapravo treba da minimiziraju svoje troškove. Tada bi i nadoknada koju bi primili bila neopravdana.

Sa stanovišta efikasne konkurencije važna su dva pitanja. Prvo je da li se može desiti da primarni korisnici spektra imaju troškove koje ne mogu naplatiti od učesnika TVWS tržišta, zbog čega bi želeli da napuste svoju delatnost i drugo je da li treba svi primarni korisnici da budu jednako kompenzovani jer neki efikasnije koriste spektar, zarađuju više, a neki manje.

Sa stanovišta praktičnosti, primarni korisnici spektra bi svakako više voleli da nadoknadu troškova ostvare posredstvom regulatorne agencije umesto da direktno saraduju sa vlasnicima WSDB-a i TVWS uređaja. Ostvarivanje nadoknade od pojedinačnih vlasnika WSDB-a i TVWS uređaja ili iz nekog zajedničkog fonda učesnika na TVWS tržištu je znatno komplikovaniji i nesigurniji postupak. U slučaju da regulatorna agencija smatra da je razvoj TVWS tržišta od šire društvene koristi tada je moguće umanjiti godišnje nadoknade za kanale primarnim korisnicima. Očekuje se da je regulator sposoban da izvrši naplatu svojih troškova od učesnika na TVWS tržištu.

Može se zaključiti da regulatorna agencija treba da omogući primarnim korisnicima spektra da nadoknade svoje troškove koji moraju biti minimalno mogući i realni. Takođe, regulatorna agencija može da razmotri mogućnost da veće nadoknade prime oni korisnici spektra čiji je spektar više korišten od strane TVWS uređaja tokom godina kada periodično dostavljaju podatke o svojim mrežama.

Troškovi regulatorne agencije

Kao i u slučaju primarnih korisnika, jasno je da su korisnici aktivnosti koje sprovodi regulatorna agencija učesnici na TVWS tržištu pa se očekuje da oni nadoknade troškove regulatora. Naravno, regulatorna agencija treba da minimizira svoje troškove i svede ih na realni i razumni nivo. Osnovni problem u ovom slučaju jeste što troškovi regulatora ne zavise isključivo od same

agencije već od učesnika na TVWS tržištu. Tako, troškovi regulatorne agencije mogu da rastu u zavisnosti od broja kontrola kvaliteta i rada WSDB-a, kontrole i sertifikacije TVWS uređaja itd.. Troškovi svakako moraju biti takvi da ne potkopaju napore regulatorne agencije da otvori TVWS tržište. Preveliki troškovi bi mogli da utiču na odgovore zainteresovanih da izgrade svoje WSDB čime bi se ograničila konkurencija među upravljačima WSDB-a (ako se regulatorna agencija odluči za model komercijalnih WSDB-ova). Ovo bi za posledicu imalo povećanje troškova rada TVWS uređaja i potencijalno ograničenje razvoja tržišta.

U režimu rada bez dozvola, regulatornoj agenciji može biti teško da izvrši naplatu nadoknada za pojedinačne uređaje. Zbog toga preporuka autora jeste da se naplata vrši kroz mehanizam autorizacije i sertifikacije uređaja kao i preko broja pristupa WSDB-ovima. Pre početka naplate potrebno je da regulatorna agencija odredi svoje troškove kako naplata po pristupu ne bi bila preskupa za vlasnike TVWS uređaja. Naplata po pristupu ima smisla jer svaki upit predstavlja korišćenje podataka koje su obezbedili primarni korisnici i regulatorna agencija te stoga oni koji više i češće koriste date podatke i plaćaju više.

Postoji i nekoliko situacija kada regulatorna agencija može da odustane od naplate troškova. Ako je kreiranje mehanizma naplate i kontrola naplate složen proces, i zahteva više napora nego što bi agencija mogla da naplati onda ima smisla odustati od nadoknade troškova, ili ih minimizirati i pomoći razvoj TVWS tržišta. Naravno, razvoj tržišta mora biti strogo nadgledan jer opraštanje troškova ne znači automatski da će i cena usluge pristupa WSDB biti niža ili da će korisnici TVWS uređaja videti korist. Moguće je da upravljači WSDB-a i vlasnici TVWS uređaja maksimiziraju svoj profit umesto da se pozitivan efekat prenese na krajnje korisnike. Zato je potrebna kontrola regulatorne agencije i ako se ona odluči da ne naplati svoje troškove. Bolje je direktno subvencionisati krajnje korisnike (kao što su subvencionisani *set-top box*-ovi za najsiromašnije građane) nego prepustiti sve upravljačima WSDB-a i vlasnicima TVWS uređaja kao posrednicima.

Regulatorna agencija može odustati od svojih troškova i ako uoči da korisnici TVWS uređaja u svojim poljima delovanja ostvaruju posrednu korist. Na primer, ako biblioteke kao korisnici sistema imaju više posetilaca i članova, ako se unapređuju nastavni planovi i znanje učenika ili ako se mlade stanovništvo zadržava u ruralnim sredinama. Postoji razlog da takve posredne pogodnosti donose društvu veću dobit nego što je naplata troškova regulatora, posebno ako je komplikovan sistem naplate. Regulator uvek može odustati od naplate svojih troškova u početnoj godini rada TVWS uređaja ili odložiti naplatu za kasnije godine rada. Ako ni tada vlasnici TVWS uređaja i WSDB-a nisu u stanju da plate troškove, tada agencija može proceniti da samo tržište nije profitabilno i da nema smisla ni razvijati ga.

Troškovi vlasnika WSDB-a

U slučaju vlasnika i upravljača WSDB-a jasno je da njihove usluge koriste vlasnici TVWS uređaja pa oni i treba da nadoknade troškove vlasnika WSDB-a. Moguće je da u početnoj fazi rada, da bi se podstakao razvoj tržišta, cena usluge upravljača WSDB-a mogu biti subvencionisane. Međutim, ako se radi o komercijalnim kompanijama, mali je interes za ovakav nastup ako tržište nema finansijsku moć da plati uslugu upravljačima WSDB-a. Onda se može zaključiti da nema

interesa i da tržište ne treba ni da postoji. Postojanje višestrukih WSDB na tržištu dugoročno garantuje konkurenciju i najnižu cenu usluge. Takva cena bi trebala da bude dovoljno niska da ne uspori ili ne ograniči razvoj TVWS tržišta dok bi regulatorna agencija preuzela kontrolu nad pravima pristupa svih TVWS uređaja bazama pod nediskriminatorским uslovima.

Sami vlasnici WSDB-ova bi trebalo da se odluče za svoj poslovni model i tako odluče da li će naplaćivati po pojedinačnom pristupu WSDB-u, uvesti godišnju pretplatu ili na neki treći način. Regulatorna agencija može donekle uticati na ovu odluku ako proceni da svoje troškove treba da nadoknadi od vlasnika WSDB-a po nekom od prethodno spomenutih modela.

5.7. PREGLED EVROPSKIH REGULATORA KVALIFIKOVANIH ZA UPRAVLJANJE BAZOM

Regulatorne agencije u Evropi su u prethodnim godinama bile manje zainteresovane za razvoj tržišta sekundarnog pristupa TVWS spektru a više za regulisanje pitanja digitalne dividende I i II. U sklopu svojih aktivnosti, regulatori najveći akcenat stavljaju na izmeštanje emitovanja DTT i PMSE signala u opsege ispod 694MHz. Takođe, u okviru TVWS opsega razmatra se regulisanje rada PMSE opreme, pre svega ograničenje na učestanosti ispod 694MHz i na njihovu registraciju. Regulatorna agencije nordijskih zemalja upravo ovom pitanju posvećuju najveću pažnju. Danska regulatorna agencija u svojoj strategiji razvoja do 2020. godine navodi da se u opsegu od 470MHz do 862MHz može koristiti PMSE oprema, dok se emitovanje digitalnog televizijskog signala ograničava na 470MHz do 790MHz. U kasnijim dokumentima se razmatra ograničenje emitovanja signala na opseg do 694MHz. Norveška regulatorna agencija analizira rad TWS uređaja kao oblast kognitivnog radija ali takođe veću pažnju poklanja PMSE opremi.

Italijanska regulatorna agencija pripremila je tokom 2015. godine studiju koja se bavi M2M i IoT scenarijima primene. U okviru ove studije koja ima za cilj ima da prikaže rizike i moguće primene M2M i IoT uređaja, beli spektar se spominje kao segment spektra u kom je moguće emitovanje signala M2M i IoT uređaja ali se ne definišu ograničenja. Ne definiše se konkretan opseg i ne navodi se regulativa koja bi regulisala emitovanje TVWS uređaja. Doduše, AGCOM je još oktobra 2011. godine analizirao aktuelnu regulativu po pitanju TVWS uređaja. Razmatran je rad evropskih standardizacionih tela kao i aktivnosti koje preduzima OFCOM u Velikoj Britaniji. Ostali regulatori u Evropi, takođe, najčešće se referenciraju na britanski OFCOM.

U svom izveštaju [ETSI TR 103 231] ETSI prikazuje listu regulatornih tela kojima proizvođači TVWS opreme treba da se obrate kako bi utvrdili koja su nacionalna ograničenja i tehničke specifikacije definisane za TVWS opremu. U datoj listi isključivo za britanski OFCOM je obezbeđen kontakt dok je za ostale regulatore u Evropi navedeno da nema informacija.

Na osnovu postojećeg stanja, može se zaključiti da postoji interesovanje regulatora da se spektar koristi na najefikasniji mogući način. Međutim, regulatorne agencije u ovom trenutku nemaju preciznu nacionalnu regulativu o TVWS uređajima već se oslanjaju na evropska standardizaciona tela i iskustvo OFCOM-a kao jedne od retkih agencija koja je realizovala više projekata i studija o TVWS uređajima. Pretpostavlja se da će u razvijenim zemljama postojati interesovanje za

TVWS i to posebno u zemljama koje su površinski velike i u kojima još uvek postoje ruralni delovi bez širokopojasnog pristupa. U ekonomski razvijenim zemljama, očekuje se da postoji interesovanje komercijalnih kompanija da izgrade i upravljaju svojim WSDB-ovima. Primer takvog scenarija je upravo Velika Britanija gde je OFCOM sertifikovao više WSDB-a koji pružaju uslugu zainteresovanim korisnicima. OFCOM trenutno ima više sertikovanih WSDB:

- The Council for Scientific and Industrial Research (CSIR);
- Fairspectrum Oy;
- Google UK Limited;
- Microsoft Ireland Operations Limited;
- Nominet UK;
- Sony Europe Limited;
- Spectrum Bridge Incorporated.

Od navedenih, *Fairspectrum* i *Nominet UK* pružaju usluge TVWS uređajima. OFCOM omogućava preuzimanje sa svoje web stranice xml i json fajlove kojim definiše *interface* za pristup WSDB-ovima.

U manjim ekonomski razvijenim zemljama očekuje se je da je tržište dovoljno veliko za jednu kompaniju koja bi mogla da izgradi i upravlja WSDB-om. Primer ovakvog scenarija je Finska gde je *Fairspectrum* ovlašćen da upravlja WSDB-om. Zapravo *Fairspectrum* je prva kompanija u Evropi koja je sertifikovala svoju bazu.

Očito je da je ekonomska snaga tržišta ključna za zainteresovanost komercijalnih kompanija da izgrade i upravljaju svojim WSDB-ovima. U nerazvijenim zemljama, sa niskim cenama širokopojasnog pristupa Internetu, interesovanje za upravljanje WSDB-om može biti vrlo malo i celokupan posao može biti prepušten regulatornoj agenciji. Moguće je i da regulatorna agencija subvencionise deo troškova upravljanja WSDB-om kako bi se posao upravljanja ustupio komercijalnoj kompaniji u slučaju da regulatorna agencija nema dovoljno tehničkih i kadrovskih resursa da upravlja bazom. Očekuje se da u tom slučaju regulatorna agencija može imati više zainteresovanih kompanija, kao što su *Fairspectrum* i *Spectrum Bridge* koje već nude usluge pristupa WSDB-u u više zemalja.

5.8. ZAKLJUČAK

Regulatorna agencija će se odlučiti za jedan od modela rada na osnovu nekoliko smernica:

- Da li regulatorna agencija daje prednost inovativnosti i slobodi akterima na telekomunikacionim tržištu ili smatra da je važnije da nedvosmisleno i detaljno reguliše rad i pristup WSDB-u;
- Mogućnosti i volje regulatorne agencije da učestvuje u troškovima promovisanja upotrebe TVWS-a, kao i pratećih aktivnosti da bi se upotreba belog spektra promovisala i

realizovala;

- Tehničke i kadrovske opremljenosti regulatorne agencije da sama izgradi i održava WSDB;
- Da li na tržištu postoji interesovanje jedne ili više kompanija da izgrade i upravljaju svojim WSDB tako da regulatorna agencija ima mogućnost da ovu uslugu prepusti tržištu i odluči se za samo jednu WSDB ili više WSDB koje će biti prisutne na tržištu;
- Spremnosti regulatorne agencije da veruje da su vlasnici i upravljači WSDB sposobni da samostalno i na valjan način organizuju uslugu pristupa podacima i da su podaci pravovremeni i tačni, kao i da će se vlasnici WSDB pridržavati svih uputstava regulatorne agencije.

Ukoliko regulatorna agencija smatra da je tržište sposobno da samo reguliše kvalitet usluge pristupa WSDB i nema sopstvene kadrovske i tehničke potencijale da bi samostalno izgradila i održavala bazu a kvalifikacioni postupak pokazuje zainteresovanost više od jedne kompanije da ima svoju WSDB, tada je model u kome komercijalne kompanije nude uslugu pristupa WSDB potencijalno najbolji model. Regulator bi mogao da se osloni na činjenicu da bi konkurencija između vlasnika WSDB vodila njihovom unapređenju i cenovnoj i tehnološkoj konkurentnosti. Ne bi postojao rizik od monopolističkog nastupa na tržištu samo jednog vlasnika WSDB a broj vlasnika baza svakako ne bi bio neograničen tako da bi troškovi kontrole vlasnika WSDB bili relativno umereni. Isto tako, različiti vlasnici sa različitim poslovnim modelima bi obezbedili da tržište ne ostane bez pristupa podacima u WSDB-u. Regulatorna agencija nema potrebu da ograničava broj ovih kompanija već samo da obezbedi da su one kadrovski i tehnički sposobne da pruže ovu uslugu (da ih sertifikuje) a da ostavi tržištu da reguliše njihov broj.

Ako je mali broj zainteresovanih kompanija da izgrade i upravljaju svojim WSDB (jedna do dve), tada je model saradnje sa samo jednom kompanijom, kojoj se ustupa upravljanje WSDB-om, najpovoljniji model. Postojanje samo jednog pružaoca usluga pristupu podacima u WSDB bi povećao nadoknadu za ustupanje ove usluge, lakša bi bila koordinacija rada TVWS uređaja i eliminacija interferencije među sekundarnim korisnicima ali bi regulator mora da ima vrlo jasno definisanu kontrolu cena monopolističke kompanije i minimalnog skupa usluga koje se pružaju radi ocene o kvalitetu pružene usluge.

Trenutno stanje tržišta je takvo da ne treba očekivati veliku zainteresovanost kompanija da razvijaju i upravljaju WSDB na teritoriji Republike Srbije. Može se očekivati da će postojati dve mogućnosti. Jedna mogućnost uključuje pronalaženje zainteresovanog partnera koji će upravljati WSDB-om kao komercijalnom uslugom, u partnerstvu sa regulatornom agencijom ili samostalno. Za ovu priliku, ciljni partneri regulatorne agencije mogu biti pružaoci usluge upravljanja WSDB-om koji su takvu uslugu već razvili u drugim zemljama, koji su sponzorirani od većih kompanija, koje imaju svoje interese u sektoru TVWS opreme i usluga, kao što su *Microsoft* i *Google*, i koji mogu podneti rad i u slučajevima kada su prihodi minimalni ili na granici profitabilnosti.

Preporuka je da se u slučaju organizovanja pilot projekta u sam projekat uključe i pružaoci usluga upravljanja WSDB-om a regulatorna agencija bi kroz pilot projekat procenila mogućnosti pružalaca usluga, definisala tehničke uslove (mesto skladištenja podataka, poverljivost podataka, dostupnost servisa itd.) i cenu usluge (kako se prihod od usluge deli, da li je cena kontrolisana od

strane RATEL-a, da li RATEL plaća uslugu upravljaču WSDB itd.).

Drugi pristup jeste da regulatorna agencija nadogradi postojeći sistem WSDB-om, bilo proizvođača softvera za radio-planiranje, bilo samostalnim kreiranjem baze. U ovom slučaju, trošak investicije u WSDB nesumnjivo snosi agencija a zainteresovanost tržišta za sekundarnu upotrebu spektra je nepoznata. Takođe, ovo bi bio pristup koji do sada nije praktikovan, da regulatorna agencija istovremeno i upravlja bazom. Ovakav pristup bi postavio RATEL u situaciju da istovremeno pruža uslugu korisnicima (na komercijalnoj bazi) ali istovremeno i vrši njihovu kontrolu što bi u pojedinim situacijama mogao biti osnov za sukob interesa.

Očekuje se da se sistem kreira tako da regulatorna agencija ne snosi trošak održavanja i upravljanja WSDB. Da bi se to ostvarilo prvo je potrebno motivisati alternativne operatore da vide TV opseg i TVWS kao tehnologiju koja im može omogućiti uvođenje novih servisa i bolji pristup krajnjim korisnicima. Pre kreiranja baze potrebno je prvo predstaviti mogućnosti sekundarnog korišćenja spektra, demonstrirati mogućnosti sistema kroz pilot-projekte a potom pristupiti kreiranju ili izboru partnera za kreiranje WSDB.

6. PREGLED SOFTVERSKIH ALATA SA UKLJUČENIM MODULIMA ZA RAČUNANJE TVWS

Trenutno na tržištu postoji mali broj alata koji direktno podržavaju planiranje TVWS mreža i računanje interferencije prema primarnim korisnicima spektra. Razlog za to je svakako mali broj takvih mreža i sistema, mali broj pružalaca usluga u TV opsegu i tehnološka raznolikost među proizvođačima opreme. Iskustva autora Studije ukazuju da pojedini proizvođači opreme i sami ne raspolažu odgovarajućim alatom za planiranje, već svoje proračune sprovode na najjednostavniji način koristeći jednostavne jednačine i podešavanjem sistema posle instalacije kako bi jednostavnim probanjem ostvarili maksimalan domet.

Regulatorne agencije nemaju poseban izbor kada su u pitanju alati koji se koriste namenski za planiranje TVWS mreža. Generalno posmatrajući, najjednostavnije i najekonomičnije rešenje jeste upotreba *Seamcat* softverskog paketa. Ovaj softverski paket je besplatan a CEPT koristi ovaj alat prilikom izrade svojih izveštaja. Prilikom izrade CEPT izveštaja koji tretiraju pitanje rada TVWS uređaja korišten je ovaj alat. Za sam alat postoji i detaljno uputstvo za rad u njemu dok je kroz izveštaje koji se bave radom TVWS uređaja moguće zaključiti i koje su simulacije sprovedene i za koje parametre.

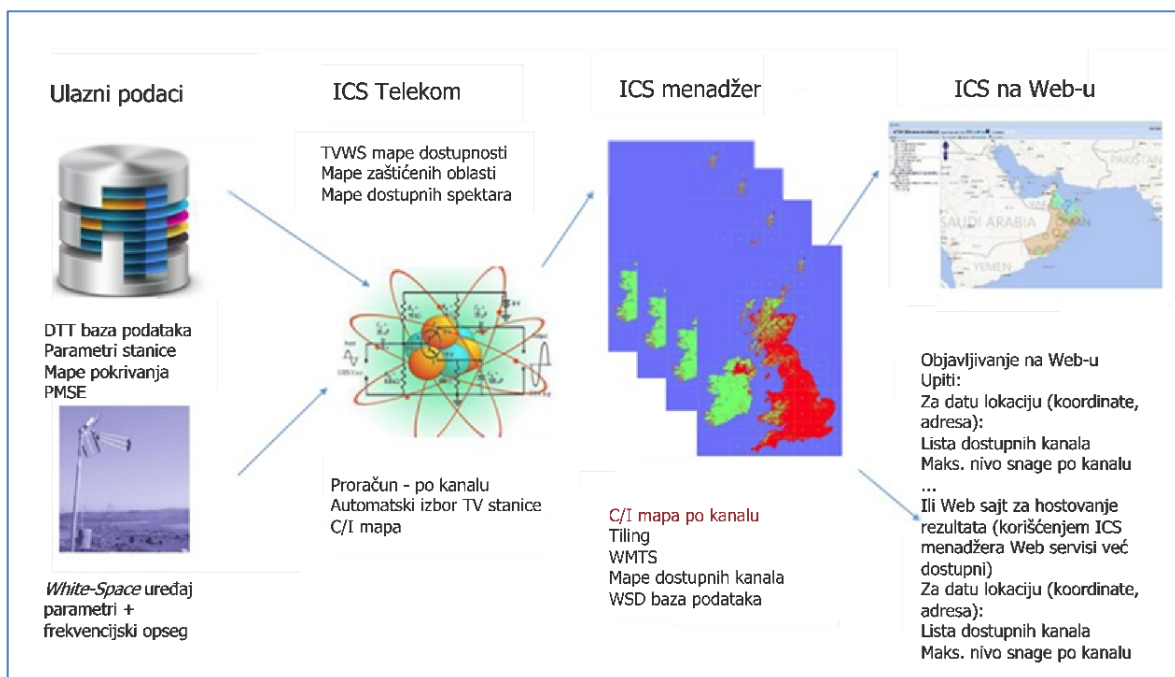
Drugi alat koji je u potpunosti opremljen za analizu rada TVWS sistema i mreža je ATDI ICS *Telecom*. Poslednja aktuelna verzija softvera raspolaže, u okviru modula *Spectrum*, funkcijama namenjenim za planiranje TVWS mreža i analizu interferencije prema primarnim korisnicima. Imajući u vidu da regulatorna agencija koristi ATDI ICS *Telecom* kao alat za radio-planiranje a ATDI *Spectrum Manager* za upravljanje spektrom tada se u suštini bez dodatnog troška dobija funkcionalnost planiranja i kontrole interferencije od strane TVWS uređaja primarnim korisnicima.

Dodatno, u slučaju da nema zainteresovanih za pružanje usluge WSDB-a, a regulatorna agencija ima potrebu da pokrene uslugu izdavanja dozvola za rad TVWS uređajima, ATDI raspolaže i modulom koji predstavlja WSDB, Sl.6.1.1. Imajući u vidu da ATDI podržava publikovanje rezultata preko portala kao i da regulatorna agencija već poseduje sopstveni portal, to je publikovanje rezultata analize relativno jednostavno.

Imajući u vidu postojeću saradnju regulatorne agencije sa ATDI-jem korišćenjem značajnijeg broja licenci, postojanjem stručnjaka unutar agencije koji su pohađali obuku za korišćenje softvera i minimalno potrebno angažovanje na unapređenju celokupnog rešenja ATDI-ja, ovo rešenje se nameće kao najjednostavnije i najefikasnije u slučaju da je potrebno da agencija i upravlja WSDB-om.

Ostali alati namenjeni radio-planiranju nemaju specifične module namenjene isključivo planiranju rada TVWS uređaja. Međutim, svaki softverski alat koji podržava planiranje rada LTE i Wi-Fi uređaja, sa mogućnošću promene opsega rada, širine kanala i snage može delimično poslužiti za planiranje. Da bi bilo koji alat u potpunosti mogao da zadovolji potrebe regulatorne agencije, morao bi da omogući i planiranje DTT sistema i mreža i kreiranje simulacionih modela koji

uključuju više od jedne tehnologije unutar modela (zbog izračunavanja interferencije i definisanja slobodnih zona i zona zabrane rada za TVWS uređaje).



Sl.6.1.1 – ATDI-jev skup alata za regulisanje rada TVWS uređaja i sistema.

Imajući u vidu trenutno stanje tržišta, kao ekonomski najpovoljnija rešenja za agenciju se ističu *Seamcat* i *ATDI ICS Telecom*.

7. UPOREDNI PREGLED TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA DOSTUPNE OPREME NA TRŽIŠTU ZA TVWS

Oprema namenjena radu u TVWS opsegu može se sa tehnološkog aspekta podeliti u više grupa. Prvu grupu čini oprema bazirana na standardu IEEE 802.11. Nekoliko proizvođača bazira svoje uređaje na IEEE 802.11 standardu pri čemu rad baziraju na IEEE 802.11n standardu [IEEE 802.11n], najčešće uz upotrebu kanala širine 5MHz ili na IEEE 802.11af standardu [IEEE 802.11af] u kanalima širine 6MHz i 8MHz. Prethodnih godina instaliran je jedan broj uređaja baziranih i na standard IEEE 802.22, koji u međuvremenu (kao i IEEE 802.11af) proglašen zastarelim i nevažećim. Drugu kategoriju uređaja čine uređaji bazirani na LTE standardu. U ovoj kategoriji uređaja moguće je videti uređaje bazirane kako na LTE FDD tako i na LTE TDD tehnologiji. Treća kategorija uređaja bazirana je na rešenjima koja su specifična rešenja proizvođača. Ova rešenja se baziraju na raznim izmenama i prilagođenjima postojećih standarda.

Bez obzira na kategoriju u koju bi se konkretan uređaj mogao smestiti, ne postoji interoperabilnost između uređaja različitih proizvođača, čak i u slučajevima kada se radi o LTE standardu. Ovakva interoperabilnost nije testirana niti postoje mogućnosti za njeno testiranje kao što je to činjeno u slučaju nekih drugih tehnologija u prošlosti (npr. WiMAX kroz WiMAX Forum).


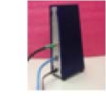

7.1. 6HARMONICS

Dugogodišnji proizvođač TVWS opreme je kanadski *6Harmonics*. Osnovna karakteristika 6 Harmonics-a je proizvodnja opreme bazirane na standardu IEEE 802.11. Oprema, u zavisnosti od raspoloživog opsega može raditi u jednom TV kanalu (6MHz ili 8MHz) kada se koristi kanal širine 5MHz kao i udruživanjem više TV kanala u jedan.

TVWS serija uređaja GWS je u više navrata modifikovana i može se danas dobiti u verziji koja koristi jedan ili više TV kanala. Uređaji se mogu koristiti kao spoljni i kao terminali namenjeni radu iz zatvorenih prostorija. Tehničke karakteristike GWS uređaja prikazane su u Tab.7.1.1-Tab.7.1.4, a podržana regulativa u Tab.7.1.5.

Iskustvo autora Studije sa opremom proizvođača *6Harmonics* je pozitivno jer se pokazala izdržljivom, relativno jednostavnom za konfigurisanje i pouzdanom pri radu kako pri primeni u modelu fiksnog bežičnog pristupa u kombinaciji sa standardnim Wi-Fi uređajima, tako i u uslovima rada u rudnicima.

Tab.7.1.1 – Tehničke karakteristike opreme 6Harmonics.

Fizičke karakteristike	GWS300x-27/33	GWS400x-27/33
Dimenzije	305mmLx305mmWx85mmH 	235mmLx200mmWx70mmH  
Težina	9.5 Ibs / 4.3kg	
Kućište	Obloženo aluminijumskim prahom, IP67: otporno na koroziju, ne propušta prašinu, vodootporno	Obloženo aluminijumskim prahom, IP65: otporno na koroziju, ne propušta prašinu, vodootporno
Montaža	Raspoložive opcije za montažu na cev, vozila, stub/toranj	Raspoložive opcije za montažu na cev, vozila, stub/toranj
LED	N/A	N/A
Uplink	1 port (WAN i LAN) Auto-sensing 10/100Base-T Ethernet Watertight RJ45	1 port (WAN i LAN) Auto-sensing 10/100Base-T Ethernet
Antenski priključak	N (F) tip konektora	N (F) tip konektora

Tab.7.1.2 – Uslovi rada za GWS uređaje.

Korisničko okruženje	GWS300x-27/33		GWS400x-27/33	
Radna temperatura	-40°F do 122°F / -40°C do 50°C		-40°F do 122°F / -40°C do 50°C	
Temperatura skladištenja	-40°F do 158°F / -40°C do 70°C		-40°F do 158°F / -40°C do 70°C	
Vlažnost vazduha pri radu	IP65 rad na otvorenom		IP65 rad na otvorenom	
Elektrostatičko pražnjenje	15kV vazduh, 8kV kontakt		15kV vazduh, 8kV kontakt	
Radna temperatura	Nadmorska visina	Radna temperatura	Nadmorska visina	Radna temperatura
	0m	-40°C do +50°C	0m	-40°C do +50°C
	1500m	-40°C do +47.3°C	1500m	-40°C do +47.3°C
	3000m	-40°C do +44.3°C	3000m	-40°C do +44.3°C
	4500m	-40°C do +41.1°C	4500m	-40°C do +41.1°C

Tab.7.1.3 – Napajanje GWS uređaja.

Specifikacija napajanja	GWS300x-27/33	GWS400x-27/33
Napajanje	POE preko CAT5 kabla	POE preko CAT5 kabla
Potrošnja	do 40W	do 35W

Tab.7.1.4 – Specifikacija radio-interfejsa GWS uređaja.

Radio specifikacije	GWS300x-27/33	GWS400x-27/33
Višestruki pristup	Ortogonalna frekvencijska modulacija (OFDM)	Ortogonalna frekvencijska modulacija (OFDM)
Mrežni standardi	Poboljšani 802.11gn	Poboljšani 802.11gn
PHY brzine koje su podržane	1.8, 3.6, 5.425, 7.225, 10.825, 14.45, 16.25, 18.05 Mbps	1.8, 3.6, 5.425, 7.225, 10.825, 14.45, 16.25, 18.05 Mbps
Protok (UDP)	UDP do 26Mbps (8MHz)	UDP do 26Mb/s (8MHz)
Širina kanala	5MHz, 6MHz, 8MHz	5MHz, 6MHz, 8MHz

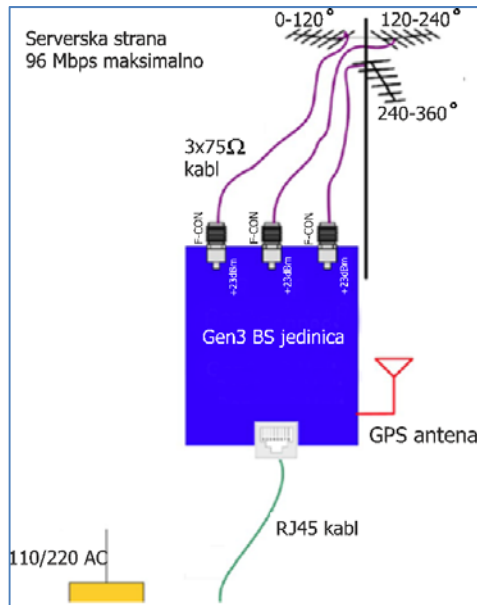
Radio specifikacije	GWS300x-27/33		GWS400x-27/33	
Operativni kanali	Američki UHF kanali 14-51, 470-698MHz (standardni filtar)		Američki UHF kanali 14-51, 470-698MHz (standardni filtar)	
	EMEA UHF kanali 21-57, 470-770MHz (opciona filtar)		EMEA UHF kanali 21-57, 470-770MHz (opciona filtar)	
Dostupna podešavanja predajne snage	Do 27dBm kada se poštuje FCC deo 15 odeljak H, i ETSI EN 301 598 V1.0.0 klasa emisije 4		Do 27dBm kada se poštuje ETSI EN 301 598 V1.0.0 klasa emisije 5	
Kontrola snage	podržana		podržana	
Handover	podržan		podržan	
Operativni opseg	470-770MHz		470-770MHz	
Osetljivost prijemnika	Radio GWS (dBm)	1.8Mbps -99	Radio GWS (dBm)	1.8Mbps -99
		18.05Mbps -80		18.05Mbps -80
Modulacije	OFDM: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM		OFDM: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	
Antene	Omni antena, 3~5dB dobitak Direkciona antena, 3~5dB dobitak		Omni antena, 3~5dB dobitak Direkciona antena, 3~5dB dobitak	

Tab.7.1.5 – Podržana regulativa.

Regulative	GWS300x-27/33	GWS400x-27/33
Usaglašenost sa standardima	Wi-Fi: 802.11a/b/g/n, WPA2, WMN	Wi-Fi: 802.11a/b/g/n, WPA2, WMN
Sertifikati za bezbednost proizvoda	UL / cUL 60950-1, IEC / EN60950-1, UL2043, TUV GS, RoHS	UL / cUL 60950-1, IEC / EN60950-1, UL2043, TUV GS, RoHS

7.2. CARLSON WIRELESS

Carlson Wireless je jedan od istaknutih proizvođača TVWS opreme. Inicijalno, proizvodi ovog proizvođača bazirani su na IEEE 802.16 tehnologiji da bi kasnije započeli proizvodnju uređaja baziranih na IEEE 802.11 standardu. Treća generacija uređaja poseduje mogućnost udruživanja kanala radi povećanja protoka. Ova generacija bazira se na IEEE 802.11af standardu. Takođe, osnovna prednost uređaja treće generacije jeste da se *master* uređaj ponaša kao bazna stanica sa 3 sektora, Sl.7.2.1. Naime, u okviru istog kućišta nalazi se integrisani uređaj sa 3 antenska porta.



Sl.7.2.1 – Carlson Wireless master uređaj.

Korisnik koji raspolaže *slave* uređajem (korisničkim terminalom) može primati signal jednog od sektora u ovakvoj realizaciji, odnosno može ostvariti maksimalan protok od 32Mb/s. Korisnički uređaj predviđen da se sertifikuje u skladu sa ETSI standardima, u prvoj polovini 2018. godine, 2×CPE-EU, omogućava objedinjavanje 2 kanala čime se ostvaruje maksimalan protok po korisničkoj jedinici od 64Mb/s. Predviđena snaga na izlaznom portu CPE uređaja je 24dBm. Bazna stanica prikazana na prethodnoj slici omogućava ukupan protok od 96Mb/s, sa 23dBm snage na svakom od antenskih portova. Trenutno, *Carlson Wireless* nema u svom proizvodnom programu korisničke terminale namenjene za rad unutar objekata (*indoor*) tako da instalacija uređaja na strani korisnika zahteva prisustvo stručnog lica. Zapravo, postoje vrlo male razlike između *master* i *slave* uređaja, i slično kao i u slučaju *6Harmonics*-a, izbor uloge rada uređaja određuje se softverski, Sl.7.2.2.



Sl.7.2.2 – Master i slave uređaj Carlson Wireless, uporedno.

Krajem 2018. i početkom 2019. godine, *Carlson Wireless* predviđa da će ponuditi tržištu uređaj 4. generacije koji će obezbediti, kao *master* uređaj, ukupan protok od 384Mb/s dok će *slave* uređaj podržavati protok od 128Mb/s.

Carlson Wireless predviđa veći domet svojih uređaja u odnosu na ostale proizvođače TVWS opreme. Na osnovu ličnog iskustva, autori Studije mogu da potvrde postojanje linka baziranog na opremi *Carlson Wireless*-a bez linije optičke vidljivosti između uređaja, na rastojanju od više kilometara, sa protocima od 2Mb/s do 10Mb/s. Za treću generaciju uređaja, *Carlson Wireless* daje opšte podatke o dometu, prikazanim u Tab.7.2.1. Pretpostavka je da uređaji raspolažu antenama montiranim u spoljnjem okruženju dobitka 9.2dBi i 8.9dBi. Učestanosti emitovanja su iz opsega od 482MHz do 608MHz. *Carlson Wireless* je specifičan po svom izboru impedanse od 75Ω, karakteristične za TV uređaje, umesto standardnih 50 Ω za telekomunikacione uređaje.

Tab.7.2.1 – Protoci i modulacije *Carlson Wireless* uređaja treće generacije (jedan TV kanal od 8MHz).

Modulacija i kodiranje	Ekvivalentni binarni protok na linku [Mb/s]	Domet [km]	Margina linka [dB]	Rayleigh-jev fading [%]
BPSK 1/2	2.4	56	16.9	98.71
QPSK 3/4	7.2	32	16.9	98.72
16-QAM 3/4	14.4	14	17.0	98.74
64-QAM 5/6	24	4.6	15.7	98.30
256-QAM 5/6	32	3	16.1	98.47


Prikazani domet je za male protoke nerealno veliki, međutim, sama oprema se u praksi pokazala dovoljno robustnom i ostvaruje pokrivanje više kilometara uz zadovoljavajuću pouzdanost linka.

Oprema na drugom kanalu od kanala emitovanja u TV opsegu ($N+2$) ostvaruje potiskivanje TVWS signala od -48dB. Kašnjenje na linku je u opsegu od 5ms do 35ms.

7.3. ADAPTRUM

Adaptrum predstavlja jednog od lidera u domenu proizvodnje i primene TVWS sistema. Značajan broj dosadašnjih pilot-projekata obavljen je upravo upotrebom *Adaptrum*-ove opreme. Aktuelna ACRS 2.0 serija uređaja odlikuje se mogućnošću rada u skladu sa ETSI standardom. U Tab.7.3.1 prikazane su fizičke karakteristike uređaja.

Tab.7.3.1 – Fizičke karakteristike Adaptrum ACRS 2.0 TVWS uređaja.

Dimenzije	8.5in x 7.5in x 1.5in (216mm x 191mm x 38mm) 
Težina	1.6kg
Kućište	Aluminijumsko, vodootporno
Podaci / kontrola	10/100 Ethernet
Antenski priključak	TNC ženski
Napajanje	Pasivni POE port, 110/220V AC ulaz, 48V DC izlaz
Potrošnja	do 20W

U Tab.7.3.2 prikazane su performanse uređaja dok su u Tab.7.3.3 prikazane karakteristike radio-interfejsa.

Tab.7.3.2 – Fabrički specificirane performanse Adaptrum ACRS 2.0 uređaja.

Maksimalni protok	20Mbps/6MHz; 28Mbps/8MHz; 35Mbps/10MHz
Protok u kanalu	10Mbps/6MHz; 15Mbps/8MHz; 18Mbps/10MHz
Spektralna efikasnost	94%
Kašnjenje	Tipično 15ms

Tab.7.3.3 – Specifikacija radio-interfejsa ACRS 2.0.

Frekvencijski opseg	400MHz – 1GHz
Širina kanala	6/7/8MHz su planirani kanali, podržano je proširenje kanala do 10MHz za kanale od 6MHz.
Maksimalna snaga emitovanja	U standardnoj verziji je 100mW (20dBm)

Emisija u susednim kanalima	< -55dBc					
Osetljivost prijemnika	SNR (dB)	6MHz kanal		8MHz kanal		Modulacija
		Osetljivost (dBm)	Protok (Mb/s)	Osetljivost (dBm)	Protok (Mb/s)	
	3.5	-98	4.0	-96.75	5.6	QPSK 1/2
	11.5	-90	10.6	-88.75	14.8	16-QAM 2/3
	21.5	-80	20.0	-78.75	28	64-QAM 5/6
Antene	Log periodična antena: Vertikalno polarizovana 65°, 11dBi					
	Panel antena: Vertikalno polarizovana 65°, 11dBi					

Može se reći da Adaptrum-ovi uređaji imaju nešto lošije performanse u odnosu na *6Harmonics* i *Carlson Wireless*, međutim i ovi uređaji su se dokazali u praktičnoj upotrebi.

7.4. RUNCOM

Runcom definiše svoje TVWS rešenje kao 4G NLOS rešenje, međutim, trenutno ne postoji verzija uređaja sertifikovana i usklađena sa ETSI-jevim standardima i regulativom. Osnovne karakteristike *master* uređaja prikazane su u Tab.7.4.1.

Mogućnosti upravljanja uređajem prikazane su u tab.7.4.2 dok su fizičke dimenzije *master* uređaja prikazane u Tab.7.4.3

Tab.7.4.1 – Osnovne karakteristike *master* uređaja.

Broj sektora (BTS)	4 sektora sa 1 antenom po svakom Ili 1 sektor sa svim antenama na njemu
Frekvencijski opseg	470-698MHz
FFT	512, 1024MHz
FEC	Konvolucionni kod, turbo kodiranje & repeticija
Širina kanala	6MHz, druga širina kanala opciono
Dupleks metoda	TDD
Kapacitet sajta	12.5-50 Mb/s
Rx osetljivost po kanalu	-97 dBm za 6MHz kanal i QPSK1/2 modulaciju -89 dBm za 6MHz kanal i 16-QAM 3/4 modulaciju
Faktor šuma	<6dB
Antenski (BTS) konektor	4 x N-Tip, 50Ω

Opseg	0-30 km zavisno od propagacije
Konekcija	LoS, near LoS, non-LoS
Sinhronizacija (BTS)	Integrirani GPS modul sa sinhronizacionom jedinicom

Tab.7.4.2 – Upravljanje uređajem.

Upravljanje uređajem preko mreže	SNMPv2, standardni ugrađeni MIB
Konfiguracija sistema	SNMP, FTP, CLI
Unapređenje softvera	Daljinski TFTP upgrade softvera i programiranje
FCC WSDB	Korišćenjem AFAS softvera

Tab.7.4.3 – Fizičke dimenzije master uređaja.

Dimenzije	39cm (D) x 24cm (Š) x 12cm (V)
Težina	5 kg
Spoljašnja radna temperatura	-40°C – 65°C industrijski -10°C – 55°C komercijalno

Specifikacija korisničke opreme prikazana je u Tab.7.4.4.

Tab.7.4.4. – Specifikacije korisničke opreme proizvođača Runcom.

Frekvencija	470-698 MHz
Širina kanala	6MHz, druge širine kanala opciono
Antene	2 x spoljašnja antenska konekcija
Indikatori	Snaga signala, prenos podataka
Snaga	22.5 dBm

Osnovna karakteristika *Runcom*-ovog rešenja jeste da se bazira zapravo na IEEE 802.16e Wave II standardu i da je u suštini prerađen *front-end* uređaja tako da ne radi u opsegu u okolini 3.65GHz već u TV opsegu. Korisnički uređaj je malih dimenzija i težine manje od 1kg.



Sl.7.4.1 – Runcom 4G NLOS TVWS master/slave uređaj.

Uređaj koristi TDD režim rada i podržava udruživanje kanala. U slučaju širine kanala od 8MHz, moguće širine kanala su 8MHz, 16MHz, 24MHz i 32MHz udruživanjem 4 TV kanala. Snaga signala na antenskom portu uređaja je 24 ± 0.5 dBm. Podržane modulacije su QPSK, 16-QAM i 64-QAM. Ostale karakteristike korisničkog terminala obuhvataju:

- Konfiguracija mreže:
 - DHCP ili statička dodela IP adresa;
 - Bridge i Router Operation Support;
 - *Built-in* DHCP Server za LAN uređaje;
 - NTP Service Support;
 - ETH-CS i IP-CS *Auto Adaptation*;
- Podržani alati za prenosa podataka:
 - 802.1p/q, DSCP ili TOS;
 - VLAN Trunking & Pass-through;
 - VPN *Pass-through* (PPTP, L2TP i IPsec);
 - Ugrađeni L2TP klijent;
- *Firewall* i kontrola pristupa:
 - DMZ i Virtual Server;
 - IP i Port Filtering;
 - Local & Remote Management Restriction;
 - LAN Device Access Control;
- Upravljanje uređajem:
 - CLI, Telnet i WEB Management interfejsi;

- Standardni TR069 Management sa podržanim WIB;
- Standardni OMA-DM Management;
- Ugrađena fabrička podešavanja uređaja;
- Industrijski standardi:
 - IEEE 802.3 10Base Ethernet;
 - IEEE 802.3u Fast Ethernet;
 - IEEE 802.1p CoS Priority Protocol;
 - IEEE 802.1Q VLAN Tagging.

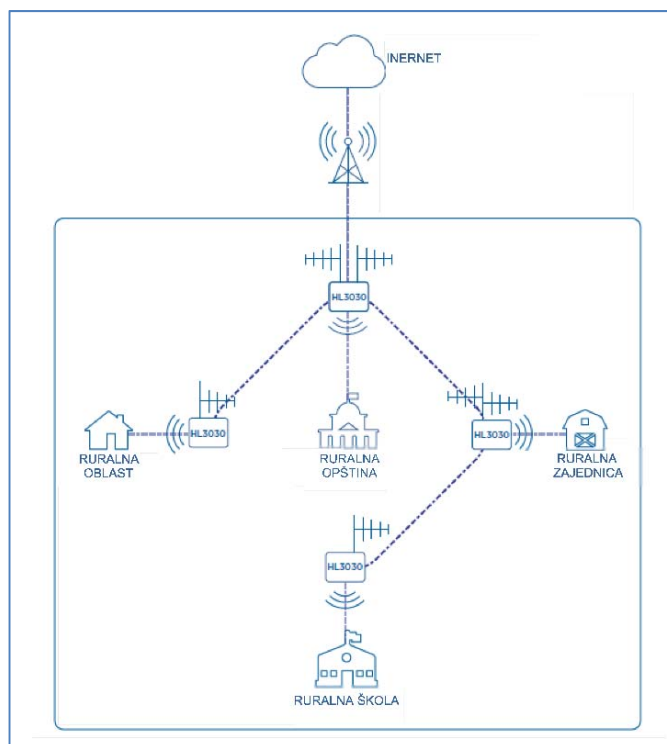
7.5. AVIACOMM

Američki *Aviacomm* je prevashodno proizvođač TVWS modula koji se mogu ugraditi u uređaje pod određenim OEM ugovorima ali ima mogućnost i da ponudi celokupni uređaj namenjen radu u opsegu od 400MHz do 750MHz. Uređaj nije sertifikovan i usklađen sa ETSI preporukama i regulativom.

Uređaji serije HL3030 mogu se koristiti i za transportne (*backhaul*) potrebe i realizaciju fiksnog bežičnog pristupa, SI.7.5.1.

Osnovne karakteristike uređaja HL3030 podrazumevaju:

- Backhaul radio:
 - Antenski konektor: 3 x ženski N-tip za spoljnu primenu;
 - Standard konektora: IEEE 802.11 b/g/n;
 - Media Access Protocol: CSMA/CA sa ACK;



Sl.7.5.1 – Primer TVWS FWA.

- Frekvencija: 400-750 MHz;
- Širina kanala: 5/20/40 MHz po kanalu
- DFS;
- Dual Mode Channel Selection: automatski i manualni;
- Modulacija: OFDM (64-QAM, 16-QAM, QPSK, BPSK);
- Snaga emitovanja: do 15dBm;
- Osetljivost prijemnika: -87dBm do -66dBm zavisno od modulacije i širine kanala;
- Napajanje:
 - Interfejs za napajanje: POE, 48 VDC; 110-240 VAC;
 - Radna temperatura: -40°C do 75°C;
 - Temperatura skladištenja: -40°C do 85°C;
 - Vlažnost: 95% maksimalna relativna vlažnost, bez kondenzacije;
- Fizičke karakteristike:
 - Dimenzije (DxVxŠ): 22.5cm x 20cm x 9cm;
 - Težina: 2,9kg;

- Kućište:
 - Šasija: legura aluminijuma;
 - Antenski konektor: (x3) ženski N-tip vodootporni antenski konektor;
 - Power/Data konektor: (x1) RJ-45 vodootporni Power/Data konektor;
- Zaštita:
 - Autentifikacija i enkripcija: 802.1x, WPA, WPA2, 128-bitna AES enkripcija podataka i kontrolnog saobraćaja;
 - Hardverski ubrzana enkripcija;
 - Zaštićen HTTPS web menadžment;
 - Više nivoa autentifikacije;
- Rutiranje:
 - Automatsko prepoznavanje topologije, auto-konfigurisanje;
 - *Self-forming* / self-healing link;
 - Mogućnost ručnog podešavanja rutiranja u aplikacijama sa fiksnom topologijom;
 - Automatska selekcija kanala sa minimalnom interferencijom tokom rutiranja;
 - *Keep-alive* rutiranje paketa nadgleda izmenu topologije;
 - Parametri odlučivanja pri rutiranju uključuju SNR, kvalitet signala, propusni opseg;
- Upravljanje i QoS:
 - Web (HTML) menadžment;
 - Potpuna VLAN kompatibilnost sa 802.11p/q;
 - SNMP v2c, Standard & Private MIB Local/Remote menadžment preko HTTP/HTTPS;
 - *Backup* i vraćanje konfiguracije;
 - *Upgrade* softvera daljinski kroz HTTP i FTP;
 - *Fail-safe* IP za podršku instalacija na terenu;
 - Dugme za resetovanje na fabrička Static/DHCP IP podešavanja;
 - NTP podrška;
 - Prepoznavanje topologije i promene topologije;
 - Prikaz čvorova u topologiji;
 - Izbor moda Manager/Station;
 - Setovanje prioriteta pri rutiranju za promenu putanje rutiranja;
 - Podešavanje rastojanja između nodova za svaki radio;
 - *Tx Power Control* – podesivi Tx nivoi za podešavanje daljine pokrivanja;

- Alati za dijagnostiku
 - Monitoring statusa u realnom vremenu za SNR, Tx-Rx link, brzinu, broj ponavljanja, paketne greške;
 - Provera kvaliteta instalacije u trenutku puštanja;
 - Identifikovanje problema na bežičnom linku tokom održavanja/rada;
 - Antenski i RF radio loopback self-test za podršku dijagnostike na terenu;
 - Vršenje pregleda sajta sa prikazom SNR, šuma, Tx-Rx kvaliteta linka, za TVWS uređaj.

7.6. SAANKHYA LABS

Kineski proizvođač *Saankhya Labs* je manje poznat proizvođač opreme namenjene radu u TV opsegu. Do sada nisu prijavljeni pilot projekti u kojima se koristila ova oprema što ne isključuje mogućnost da su određena testiranja i pilot-projekti realizovani u okviru Kine. Takođe, oprema nije sertifikovana od strane ETSI ali isto tako i od strane FCC.

SLB802ODU je platforma za *White Space* bazne stanice proizvođača *Saankhya Labs* koja se koristi za ruralne širokopojasne primene u nelicenciranom TV spektru (50-860MHz). Ovo je jedna od karakteristika proizvoda – rad u vrlo širokom frekvencijskom opsegu. Međutim, nema potvrde o konkretnim primenama opreme u opsezima na učestanostima manjim od 450MHz, kao ni opreme koja se može naručiti a da, takođe, radi u opsegu ispod 450MHz.

White Space komunikacioni link se uspostavlja između bazne stanice i fiksne korisničke opreme (CPE) i omogućava uređajima na strani klijenta da pristupe Internetu. Jedna bazna stanica može da uslužuje maksimalno 512 klijentskih uređaja na rastojanju od 20km.

Po navodima proizvođača, ova bazna stanica može da se koristi za uvođenje širokopojasnog pristupa u Americi, Velikoj Britaniji, Singapuru i Indiji, međutim, nema potvrde o sertifikaciji opreme na evropskom nivou niti u pojedinačnim zemljama.

Karakteristike ove opreme proizvođača *Saankhya Labs* su:

- Kompatibilnost sa IEEE 802.22 na osnovu Wi-FAR™ specifikacije;
- Frekvencijski opseg: 400-800 MHz (UHF);
- Predajna snaga do +36dBm EIRP;
- Podržava opsege: 6/7/8 MHz;
- Brzina prenosa podataka: do 30Mb/s (korišćenjem 8MHz kanala);
- Velika osetljivost prijemnika signala i velika otpornost na interferenciju;
- Podržava TDD/FDD OFDMA;
- Kompatibilnost sa IETF PAWS na osnovu WSACoconnect™ specifikacije;

- Malo kašnjenje za vremenski kritične aplikacije;
- Mala potrošnja energije;
- Softverski paketi: Linux OS, mrežni *firmware* na nivou 1 i nivou 2, RADIUS kompatibilno upravljanje mrežom;
- Moguća topologija:
 - Tačka-tačka komunikacija za mobilni prenos u “*middle mile*” aplikacijama;
 - Jedna tačka ka više tačaka za fiksne bežične širokopojasne aplikacije.

Dostupna je i verzija za unutrašnju instalaciju.

SLC802ODU je korisnička oprema (CPE) proizvođača *Saankhya Labs* koja se koristi za ruralne širokopojasne primene u nelicenciranom opsegu (50-860MHz).

White Space komunikacioni link se uspostavlja između bazne stanice i fiksne korisničke opreme (CPE) i omogućava uređajima na strani klijenta da pristupe Internetu.

Karakteristike CPE opreme proizvođača *Saankhya Labs* slične su specifikacijama TVWS bazne stanice i uključuju:

- Kompatibilnost sa IEEE 802.22 na osnovu Wi-FAR™ specifikacije;
- Frekvencijski opseg: 400-800 MHz (UHF);
- Predajna snaga do +36dBm EIRP;
- Podržava opsege: 6/7/8 MHz;
- Brzina prenosa podataka: do 30Mb/s (korišćenjem 8MHz kanala);
- Podržava TDD/FDD OFDMA;
- Kompatibilnost sa IETF PAWS na osnovu WSACoconnect™ specifikacije;
- Malo kašnjenje za vremenski kritične aplikacije;
- Mala potrošnja energije;
- Softverski paketi: Linux OS, mrežni *firmware* na nivou 1 i nivou 2, RADIUS komatibilno upravljanje mrežom;
- Moguća topologija:
 - Tačka-tačka komunikacija za mobilni prenos u “*middle mile*” aplikacijama;
 - Jedna tačka ka više tačaka za fiksne bežične širokopojasne aplikacije.

7.7. REDLINE COMMUNICATIONS

Redline je poznata kanadska kompanija koja je prethodnih godina bila poznata o WiMAX opremi (zasnovanoj na TDD standardu). Sa nestajanjem WiMAX-a sa globalnog tržišta, *Redline*

je predstavio seriju uređaja koji su generalno poznati kao post-WiMAX uređaji. Osnovna osobina ovih uređaja bila je unapređenje radio-interfejsa, povećanje protoka i rad u različitim frekvencijskim opsezima. To podrazumeva da je podržan i TV opseg, kako bi se omogućila primena TVWS uređaja.

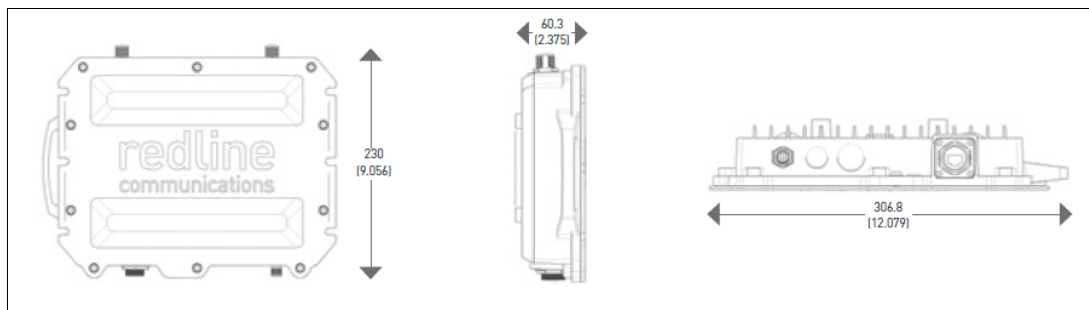
Redline svoju seriju DS RDL 3000 uređaja predstavlja kao seriju uređaja namenjenih za poslovne potrebe. Primeri primene su različiti i obuhvataju fiksni bežični pristup za rezidencijalne i poslovne korisnike, povezivanje naftnih platformi u blizini obale, kao i sve druge primene gde se vrši zamena postojećih sistema tačka – više tačaka. Tehničke karakteristike *master* uređaja (bazne stanice) DS RDL 3000 XP *Ellipse* prikazane su u Tab.7.7.1 dok su performanse korisničkog terminala prikazane u Tab.7.7.2.

Tab.7.7.1 – Tehničke specifikacije bazne stanice Redline DS RDL-3000 XP *Ellipse*.

Maksimalna snaga emitovanja	+31 dBm (maksimalna kombinovana snaga emitovanja, zavisno od: MIMO moda/frekvencijskog opsega)
RF opseg [MHz]	470-698, 2000-2300, 2300-2700, 3300-3800, 4940-5875
Antena	Spoljašnji MIMO po sektorima ili omnidirekciono
Mogućnosti	LOS/OLOS/NLOS softverski definisan PMP Base Station ili PTP terminal
Bežični QoS	Automatsko podešavanje dometa linka, automatsko skeniranje, izbor optimalnog kanala, ATPC, DFS
Transmisija	OFDM (<i>orthogonal frequency-division multiplexing</i>), TDD/TDMA 2 x 2 MIMO A/B sa STBC & MRRC
Protok	do 186.6 Mb/s UBR
Širina kanala [MHz]	0.875/1.25/1.75/2.5/3.5/5/6/7/10/12/14/20 (softverski izbor)
Modulacija i kodiranje	BPSK do 256-QAM 7/8
Spektralna efikasnost	9.3 b/s/Hz
Kanalna efikasnost	Do 93%
Maksimalni domet	150 km
Broj udaljenih (<i>slave</i>) uređaja	120
Zaštita	menadžment enkripcija: TLS v1.2, AES-256, SHA1, Autentifikacija uređaja: ECDSA autentifikacija bazirana na digitalnim potpisima ili MAC-bazirana višestruka autentifikacija, Enkripcija podataka: AES-128/256 sa ECDH razmenom sigurnosnih ključeva (over-the-air, u saglasnosti sa FIPS 197), NIST FIPS-140-2

Mrežne karakteristike	transparentni bridž, DHCP propusnik, 802.1Q VLAN (Q-in-Q), VLAN Whitelisting, Syslog, SNTP, analizator spektra
Layer 2	160 Mb/s agregirano
Kašnjenje	<10 ms
Procesiranje (PPS)	>280,000
MAC	po linku: dinamički ARQ, dinamička adaptivna modulacija, dinamički i fiksni frejm, Fast Fusion Link Adaptation
QoS	802.1p, 802.3x, CIR & PIR podešavanja, do 8 servisa po terminalu
Interfejsi za upravljanje uređajem	Redline ClearView NMS, SNMP v2c/v3, HTTP/HTTPS (Web), Telnet/SSH (CLI), Management VLAN tagging, RADIUS User Authentication
Redundantnost	1+1 Warm Standby, HSR, PRP ili RSTP kompatibilno
Lociranje i sinhronizacija	Ugrađeni GPS
Napajanje	<17W; standardni IEEE 802.3at (PoE); CAT5 kabl 100m (330 ft) maksimalno
Temperatura	40 do 75 °C (-40 do 167 °F)
Konekcije	10/100 Ethernet (RJ-45), 2xRF N(f), GPS TNC(f)
Prenaponska zaštita	Ugrađeni PoE i RF portovi
Kućište	IP67 (IEC 60259)
Vlažnost	100% vlažnost, sa kondenzovanjem

Uređaj se odlikuje kompaktnim dimenzijama 306.8 x 230 x 60.3 mm i težinom od 2.7kg, Sl.7.7.1.



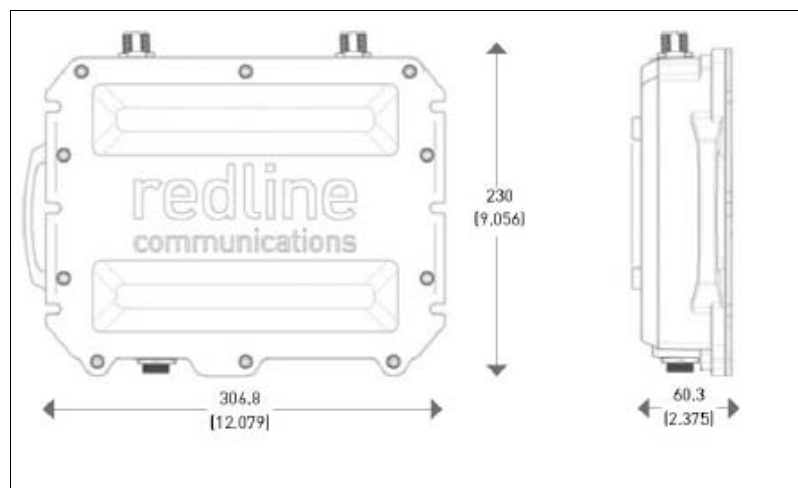
Sl.7.7.1 – Redline Communications DS RDL HL-3000 XP Ellipse.

Tab.7.7.2 – tehničke karakteristike korisničkog uređaja DS RDL-3000 Enterprise CPE.

Mogućnosti	LOS/OLOS/NLOS softverski definisan PMP ili PTP terminal (opcija softverskog ključa)
Metoda pristupa kanalu	ARQ (Automatic Repeat Request)
Kanalna efikasnost	Do 93%
Širina kanala	6/12/18 MHz; 0.875/1.75/3.5/7/14 MHz; 1.25/2.5/5/10/20 MHz (softverski izbor)
Modulacija & kodiranje	BPSK do 256-QAM 7/8
RF opseg	470-698 MHz bez opsega 602-620 MHz
RF karakteristike	Dinamički višestruki Fixed Frame profili; Fast Fusion Link Adaptation; frekvencijsko skeniranje; analizator spektra
Spektralna efikasnost	9.3 b/s/Hz
Transmisija	OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), TDD/TDMA 2 x 2 MIMO A/B sa STBC & MRRC
Bežični protok	Do 186.6 Mb/s UBR
Kašnjenje	<10 ms
Layer 2	160 Mb/s maksimalno agregirano
Menadžment interfejs	Redline ClearView NMS, SNMP v2c/v3, HTTP/HTTPS (Web), Telnet/SSH (CLI), Management VLAN tagging, RADIUS User Authentication
Merene brzine protoka	Od 512 kb/s do neograničenog (opcija softverskog ključa)
Mrežne karakteristike	transparentni bridž, DHCP propusnik, 802.1Q VLAN (Q-in-Q), VLAN Whitelisting, Syslog, SNTP
Paketsko procesiranje	>280,000 paket/sekund
QoS	802.1p, 802.3x, CIR & PIR podešavanja, do 8 servisa po terminalu
Enkripcija podataka za upravljanje uređajem	TLS v1.2, AES-256, SHA256
Kućište	IP 67 (IEC 60259), hromirano sa završnim aluminijumom
Vlažnost	100% vlažnost, sa kondenzovanjem
Napajanje	<17W; standardni IEEE 802.3at (PoE) preko CAT5 kabla 100m (330 ft) maksimalno
Prenaponska zaštita	Ugrađeni PoE i RF portovi

Temperatura	Radna: -40 do 60 °C (-40 do 140 °F) dinamička i termalna disipacija (nema pokretnih delova) Kratkotrajno skladištenje: -50 do 85 °C (-58 do 185 °F)
Opsezi	600 MHz*: IC RSS-196, FCC Part 15H
EMC	EN 301 489-1, EN 301 489-17
Zaštita	IEC, EN, UL/CSA 60950
Bezbednost	Usaglašeno sa FIPS 197
Drugo	Usaglašeno sa RoHS

Uređaj je istih dimenzija i težine kao i bazna stanica ali se odlikuje nešto manjom izlaznom snagom od maksimalnih 26dBm.



Sl.7.7.2 - Redline DS RDL-3000 XP Enterprise CPE.

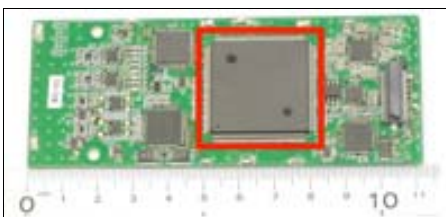
7.8. NICT

Japanski nacionalni institut za informacione i komunikacione tehnologije (*National Institute of Information and Communications Technology*, NICT) poslednjih 10-tak godina eksperimentiše sa TVWS opremom i primenom komunikacionih sistema u TV opsegu. Rezultati istraživanja prikazani su u više radova i studija a poseban rezultat predstavlja kreiranje prototipova TVWS uređaja.

NICT je prvi prijavio uspešnu integraciju integrisanog kola koje radi sa signalima u osnovnom opsegu učestanosti baziranim na standardu IEEE 802.11af, decembra 2015. godine, Sl.7.8.1. Zamonom FPGA kola za obradu signala u osnovnom opsegu učestanosti omogućeno je smanjenje dimenzija uređaja na vrlo kompaktne (okvirno 10cm) čime je smanjena potrošnja i kreiran je najmanji TVWS uređaj u funkciji. NICT radi na daljem umanjenu dimenzija svog kola, olakšanoj integraciji sa drugim komponentama i daljem smanjenju potrošnje. Time se kreira modul za

ugradnju u standardne telekomunikacione uređaje.

Pored modula, NICT je kreirao i USB *dongle*, Sl.7.8.2, uređaj minijaturnih dimenzija koji omogućava da se korisnici sa svojim postojećim uređajima lako i jednostavno povežu na TVWS mreže. Ovaj uređaj podržava BPSK i QPSK u skladu sa standardom IEEE 802.11af, omogućavajući maksimalan protok od 2.6Mb/s upotrebom dve jedinice na jednom standardnom uređaju.



Sl.7.8.1 – Integriran kolo na ploči TVWS uređaja NICT-a.

Posle USB *dongle*-a, NICT je prikazao i prototip tableta sa podržanim opsegom rada koji obuhvata i TV opseg. Iskustvo autora Studije jeste da postoji više proizvođača, kako čipova tako i krajnjih uređaja (npr. tableta i telefona) koji su u mogućnosti da proizvedu krajnji uređaj u formi standardnih uređaja kao što su tableti.



Sl.7.8.2 – CPE u formi USB *dongle*-a.

NICT je kreirao i linkove tipa tačka – tačka gde su uspeli da ostvare protok od 2Mb/s na rastojanjima od 3.7km uz EIRP od 36dBm. Korišten je jedan TV kanal prilikom emitovanja signala. Za sisteme tačka – više tačaka, NICT je eksperimentisao i sa TDD LTE sa širinama kanala od 20MHz i 2×20MHz. Pri upotrebi jednog kanala ostvaren je protok od 19.5Mb/s dok je pri upotrebi 2 kanala od 20MHz ostvaren protok od 45.4Mb/s na *downlink*-u.

Ovi uređaji krajem 2015. godine nisu bili dostupni u komercijalnoj verziji a sam NICT je u komunikaciji sa autorima Studije napomenuo da interes NICT-a nije proizvodnja samih uređaja već ustupanje prava zainteresovanim kompanijama za njihovu proizvodnju.

7.9. ZAKLJUČAK

Postojeća TVWS oprema na tržištu je raznolika. Pojedina oprema je sertifikovana i usklađena sa ETSI regulativom dok pojedina nije. Može se zaključiti da postoje različite kategorije proizvoda. Jednu grupu predstavljaju uređaji proizvođača koji su sertifikovani za primenu u različitim regionima i koji su prisutni u komercijalnim i pilot-projektima. Takvi su uređaji kompanija *6Harmonics*, *Carlson Wireless*, *Adaptrum*-a i *Redline Communications*.

Drugu kategoriju uređaja čine uređaji koji su prisutni na tržištu ali nemaju sertifikate regulatora za primenu u određenim svetskim regionima. Takvi su, na primer, uređaji Runcom-a. Pojedini proizvođači nemaju uopšte sertifikovanu opremu a pojedini poseduju prototipove uređaja i module koje ili ustupaju za potrebe masovne proizvodnje ili proizvode za krajnje korisnike, u slučajevima kada postoji dovoljno veliko interesovanje i veliki broj jedinica koje je potrebno proizvesti.

Može se zaključiti da među uređajima ne postoji interoperabilnost, niti postoje planovi za njeno testiranje. Sa druge strane, ne postoje značajnije tehnološke prepreke za implementaciju TVWS tehnologije u savremene telekomunikacione uređaje poput mobilnih telefona, tableta i prenosnih računara. Osnovni problem jeste zainteresovanost proizvođača za proizvodnju pre zahteva za masovnom proizvodnjom, što ima za posledicu i visoke cene uređaja proizvedenih u malim količinama.

U ovom trenutku se može predvideti da će se tržište razvijati u dva pravca – jedna grupa proizvođača nastaviće sa proizvodnjom opreme baziranom na IEEE 802.11af, dok će druga grupa proizvoditi opremu baziranu na LTE.

Pred regulatornom agencijom je zadatak da insistira na sertifikaciji opreme pred relevantnim evropskim telima, bez posebnog zalaženja u izbor tehnologije. Osnovni zadatak RATEL-a bio bi kontrola rada sekundarnih korisnika i potencijalne interferencije dok bi sam izbor tehnološkog rešenja zavisio od alternativnih operatora. Bez obzira na izbor tehnologije RATEL bi od vlasnika opreme prikupljao isti skup podataka za potrebe WSDB i proračuna interferencije i dozvoljenih kanala i snaga za rad uređaja.

8. DEFINISANJE *MASTERI SLAVE* TVWS UREĐAJA I PRIMERI *MASTER, MASTER - SLAVE* UREĐAJA/SISTEMA

Master TVWS uređaj ili WSD (*White Space Device*, WSD) je TVWS uređaj koji prihvata operativne parametre kako za sebe kao *master* uređaj tako i za *slave* uređaje povezane sa njim. *Master* uređaj podatke prima direktno od WSDB, na primer putem Internet konekcije pri prvoj komunikaciji i primanju parametara. *Slave* TVWS uređaj ne komunicira direktno sa WSDB već dobija potrebne vrednosti parametara povezanih sa emitovanjem od svog *master* TVWS uređaja.

Postoji više definicija tipova TVWS uređaja. Kada se razmatra razmena podataka između WSDB i *master* uređaja i između *master* i *slave* uređaja, izveštaj [CEPT,186] definiše dva tipa uređaja. Podela je izvršena na osnovu mobilnosti odnosno fiksности antene TVWS uređaja i definišu se:

- TVWS uređaj tipa A čija antena je trajno montirana u spoljnom okruženju (*outdoor*) na određenoj visini;
- TVWS uređaj tipa B čija antena nije fiksna i montirana je u spoljnjem okruženju na određenoj visini. Zbog toga uređaji tipa B imaju integrisanu antenu u uređaj.

Rad i komunikacija TVWS uređaja definiše se preko njihovog *master/slave* odnosa u mreži.

8.1. KONCEPT MEĐUSOBNE KOMUNIKACIJE *MASTERI SLAVE* TVWS UREĐAJA I KOMUNIKACIJE *MASTER* UREĐAJA SA BAZOM (PRIRODA PODATAKA KOJI SE RAZMENJUJU)

Osnovni zahtev upotrebe geolokacijske baze podataka o slobodnom belom spektru (WSDB) za emitovanje jeste da se na najjednostavniji i najprecizniji način izbegne interferencija koju bi TVWS uređaji mogli da stvore uređajima primarnih korisnika spektra. Da bi se izvršili svi potrebni proračuni i da bi bilo moguće na pravilan i precizan način odrediti ograničenja emitovanja TVWS uređaja, neophodno je da se izvrši razmena podataka između TVWS uređaja i WSDB, kao i između *master* i *slave* TVWS uređaja. Zbog toga, neophodno je definisati minimalan skup podataka koji se razmenjuju između WSDB i TVWS uređaja.

8.1.1. OSNOVNI PRINCIPI *MASTER/SLAVE* ODNOSA UREĐAJA U TVWS MREŽI

Prilikom realizacije TVWS mreže i emitovanja TVWS uređaja osnovna ideja je da se na osnovu poznavanja geografske lokacije uređaja mogu definisati dozvoljeni parametri emitovanja kako bi se predupredila interferencija uređajima primarnih korisnika. Zbog toga, prilikom definisanja odnosa između *master* i *slave* uređaja, kao i emitovanja signala unutar TVWS mreže moguće je definisati dva slučaja na osnovu poznavanja geografske lokacije *slave* uređaja, Sl.8.1.1.

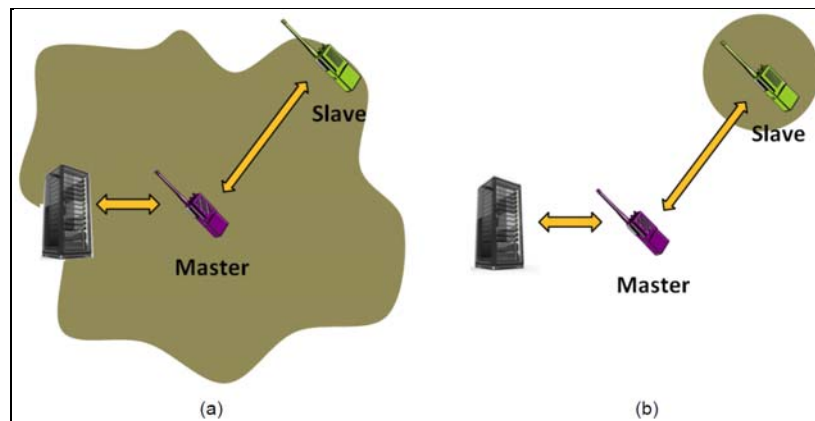
Prvi slučaj je kada *master* uređaj (TVWS bazna stanica) nema informaciju o geografskim lokacijama *slave* uređaja (korisničkih terminala). Ovaj slučaj se može opisati kao slučaj geografski

nelociranih *slave* uređaja i predstavlja opšti model rada TVWS uređaja i mreža. U ovom slučaju, prvo mora da bude određena zona pokrivanja *master* TVWS uređaja. Zona radio-pokrivanja zavisi od korištene tehnologije, snage emitovanja, karakteristika antene, učestanosti na kojoj se signal emituje u TVWS opsegu i profila i morfoloških karakteristika terena u okruženju. Zonu pokrivanja može da odredi sam *master* TVWS uređaj ali može i biti definisana unutar WSDB koju je regulator odobrio. U principu, regulator može da propiše na koji način će biti određena zona pokrivanja *master* TVWS uređaja.

Kada *slave* uređaji nisu georeferencirani, odnosno kada njihov geografski položaj nije poznat *master* uređaju, *master* uređaj mora prvo da pošalje zahtev WSDB za sebe, imajući u vidu svoju geografsku lokaciju i grešku u određivanju sopstvene lokacije. Na osnovu poznate zone radio-pokrivanja *master* uređaja i njegove lokacije, WSDB prosleđuje *master* uređaju generičke parametre potrebne za rad. To su dostupni kanali za emitovanje sa odgovarajućim snagama emitovanja u svakom od njih kao i drugi parametri potrebni za početak emitovanja. Parametri su validni i primenljivi za svaki *slave* TVWS uređaj u zoni pokrivanja *master* TVWS uređaja. Pošto je primio generičke parametre od WSDB, *master* uređaj prosleđuje parametre do *slave* uređaja koji se nalaze u njegovoj zoni pokrivanja (koji mogu da uspostave konekciju sa njim). Po prijemu parametara, *slave* TVWS uređaji mogu da se povežu sa *master* TVWS uređajem koristeći opseg od 470MHz do 790MHz za emitovanje signala koristeći primljene podatke od *master* uređaja.

Drugi slučaj predviđa da *master* TVWS uređaj poznaje geografske lokacije *slave* TVWS uređaja (tzv. georeferencirani *slave* uređaji). Ovaj slučaj je nadogradnja prvog slučaja jer se u ovom slučaju *slave* TVWS uređaji javljaju *master* TVWS uređaju sa svojim koordinatama kada im *master* uređaj to zatraži. Ovo je takođe slučaj kada je TVWS mreža izgrađena od strane pružaoca telekomunikacionih usluga (pružaoca Internet usluga, operatora mobilne ili fiksne telefonije) i kada su *slave* TVWS uređaji (terminali) instalirani kao fiksni uređaji a njihove koordinate su poznate. Tada se posle instalacije vrši prijava koordinata *slave* uređaja (od strane instalatera) i one se upisuju u bazu *master* TVWS uređaja ili u WSDB direktno. Kao i u prvom slučaju, pre početka emitovanja, *master* TVWS uređaj mora da pošalje zahtev WSDB da dostavi potrebne parametre za rad. Međutim, u ovom slučaju *master* TVWS uređaj šalje upit za sebe i za svaki *slave* uređaj posebno, uz dostavljanje koordinata svakog od uređaja (uključujući i *master* uređaj) kao i vrednost moguće greške u određivanju sopstvene koordinate (za *master* i svaki *slave* uređaj). Kada primi podatke od WSDB-a, *master* uređaj kaskadno prosleđuje podatke za emitovanje do svakog *slave* TVWS uređaja. Kako je upit za svaki *slave* uređaj išao namenski u WSDB, tako i svaki *slave* uređaj sada dobija namenske podatke od WSDB preko *master* uređaja.

Oba slučaja prikazana su na Sl.8.1.1. Na a) delu slike osenčeni deo predstavlja zonu pokrivanja *master* TVWS uređaja dok je na b) delu slike osenčena zona neodređenosti lokacije *slave* TVWS uređaja. Na slici se jasno uočava razlika u konceptu mreže i potrebe da WSDB dostavi podatke imajući u vidu georeferenciranost *slave* TVWS uređaja.



Sl.8.1.1 - Koncept TVWS mreže sa geografski nereferenciranim a) i referenciranim uređajima b).

Kada se radi o mreži sa *slave* TVWS uređajima koji ne prijavljuju svoju geografsku poziciju, prvo pitanje jeste kako odrediti zonu radio-pokrivanja *master* TVWS uređaja jer je ona ključna za određivanje parametara za emitovanje *slave* TVWS uređaja. Jedan pristup jeste da vlasnik *master* TVWS uređaja koristi predefinisani alat za radio-planiranje ili predefinisani propagacioni model da bi odredio granice i konturu zone radio-pokrivanja, za različite kombinacije učestanosti i snage emitovanja signala. Kombinacije kanala (učestanosti) i snaga emitovanja bi bile predefinisane i odnosile bi se na TV kanale u opsegu od 470MHz do 790MHz (uključujući i kombinacije više TV kanala) i snage emitovanja koje TVWS uređaj podržava sa korakom od 1dB ili većim. *Master* TVWS uređaj posle toga može da uputi zahtev WSDB da mu dostavi dozvoljene kanale i snage za emitovanje i da potom na osnovu njih odredi svoju zonu radio-pokrivanja sa dostupnim parametrima. Sa tako određenom zonom pokrivanja (na osnovu parametara dobijenih od baze) *master* TVWS može ponoviti zahtev WSDB da dobije potrebne parametre za emitovanje (za *slave* TVWS uređaje), za svaki piksel (segment) novoodređene zone pokrivanja.

Drugi pristup je da regulatorna agencija odredi zonu pokrivanja *master* TVWS uređaja uzimajući u obzir koordinate uređaja, morfologiju i profil terena u okruženju uređaja, u nekom od alata za radio-planiranje, ili da primeni neki jednostavniji model kao što je *Hata*, koji ima predefinisane izraze za različite tipove terena i morfoloških karakteristika. Naravno, ovakav pristup traži da se parametri za *slave* TVWS uređaje odrede uzimajući u obzir najnepovoljnije tehničke parametre TVWS uređaja (najgore po uređaje primarnih korisnika) kako bi se izbegla interferencija. Takođe, potrebno je usvojiti i realne pretpostavke o kakvim se TVWS uređajima radi, o njihovim antenama, kako se ne bi potcenio domet signala *master* TVWS uređaja i veličina zone pokrivanja. Realno je usvojiti da za fiksne uređaje koji se koriste za fiksni bežični pristup da su koordinate poznate a da su uređaji za koje nisu poznate koordinate portabilni TVWS uređaji. Tada se može usvojiti preporuka iz izveštaja [CEPT,186] da maksimalni dobitak antene portabilnih uređaja iznosi 2.15dBi smatrajući da imaju dipol antenu. Ako na tržištu postoji samo jedan tip portabilnih TVWS uređaja ili mali broj različitih uređaja uopšte, a uređaji su prošli sertifikaciju u regulatornoj agenciji, tada je moguće koristiti tačne i realne tehničke karakteristike *slave* TVWS uređaja pri određivanju potrebnih parametara za njihovo emitovanje. Regulatorna agencija će odrediti svojim pravilnikom detalje a pristup problemu će zavistiti od raspoloživosti

uređaja na tržištu i broja različitih uređaja koji se koriste. Drugi pravilnici za regulisanje odnosa između *master* i *slave* uređaja u ovom slučaju ne bi bili potrebni.

Važno je primetiti da odnos *master/slave* koncept ne rešava pitanje nivoa agregiranog (sumarnog) signala koji različiti TVWS uređaji, koji emituju u istom trenutku na istoj učestanosti, mogu ostvariti. *Slave* TVWS uređaji povezani sa drugim *master* uređajem mogu emitovati svoje signale na istim ili na susednim kanalima. Takođe, ako *master* TVWS uređaj ne raspolaže tačnim koordinatama *slave* TVWS uređaja onda neće biti svestan ni da li su oni ravnomerno raspodeljeni po celokupnoj zoni pokrivanja ili su locirani u velikom broju u blizini prijemnika primarnog korisnika spektra (žrtve interferencije). Koncept *master/slave* može donekle doprineti da se ovaj problem umanjí jer *master* uređaj može odrediti koji broj *slave* uređaja može emitovati istovremeno i većina komunikacije se odvija između *master* i *slave* uređaja. Još uvek se ne može očekivati da će postojati veće mesh mreže TVWS uređaja i direktna komunikacija između *slave* TVWS uređaja. Primer *master/slave* komunikacije prikazan je u Aneksu 7, [CEPT,186].

8.1.2. ZAHTEVANE KARAKTERISTIKE MASTER TVWS UREĐAJA

Osnovni i najvažniji zahtev povezan sa karakteristikama *master* TVWS uređaja jeste da uređaj sme jedino da emituje signal na teritoriji države u kojoj je otkrio postojanje WSDB, sertifikovane od strane regulatorne agencije, i sa kojom je uspešno uspostavio konekciju kako bi mogao da izvrši razmenu podataka. Da bi *master* TVWS uređaj bio ovlašćen da emituje signal u opsegu od 470MHz do 790MHz mora da:

- Otkrije sertifikovanu geolokacijsku bazu (WSDB). Prepoznavanje odgovarajuće baze deo je procesa harmonizacije rada TVWS uređaja u evropskom okruženju i tu bi značajnu ulogu trebao da ima ETSI TR 103 231 koji u sadašnjoj verziji ne sadrži potrebne informacije za evropske zemlje izuzev za Veliku Britaniju. Do utvrđivanja pan-evropskog standarda, regulatorna agencija bi trebalo da usvoji pristup u kome će *master* TVWS uređaj kontaktirati odgovarajući servis regulatorne agencije koji će mu dostaviti adrese o validnim WSDB ili gde će regulator već pripremiti odgovarajuće xml i json fajlove kojima će omogućiti verifikaciju WSDB od strane *master* TVWS i strukturu podataka koji se razmenjuju;
- Uspešno razmeni parametre WSDB;
- Primi odobrene operativne parametre za svoj rad od strane WSDB. Ovi podaci uključuju dozvoljene vrednosti parametara koji su ključni za početak emitovanja TVWS signala;
- Razmeni podatke sa WSDB koji uključuju izabrane kanale za emitovanje, pre nego što započne emitovanje u opsegu od 470MHz do 790MHz;
- Iskoristi vrednosti parametara koje je prosledila WSDB a koji su važni za rad uređaja (samopodešavanje uređaja pre emitovanja u skladu sa svim parametrima pristiglim od WSDB);
- Prihvati od WSDB, po potrebi obradi i prosledi podatke potrebne za početak emitovanja *slave* TVWS uređaja tako da *slave* uređaji mogu da se podese u skladu sa podacima pristiglim od *master* uređaja odnosno iz WSDB. *Slave* uređaji moraju imati istu

fleksibilnost podešavanja svojih parametara u skladu sa uputstvom WSDB odnosno podacima koje je prosledila *master* uređaju da ih prosledi *slave* uređajima;

- Prekine emitovanje odmah po isteku dozvoljenog vremena za emitovanje (primljeni podaci iz WSDB više nisu validni), kada izađe iz oblasti za koju su primljeni podaci iz WSDB validni ili kada to zahteva WSDB.

Komunikacija između *master* uređaja i WSDB ne sme biti ostvarena emitovanjem u opsegu od 470MHz do 790MHz izuzev ako *master* TVWS uređaj nije već bio prethodno autorizovan da emituje signal u ovom opsegu i svi primljeni podaci potrebni za emitovanje *master* uređaja su još uvek validni u trenutku emitovanja. Ovo znači da u početnoj komunikaciji, pre početka rada *master* TVWS uređaja, *master* uređaj nikako ne sme da se obrati WSDB emitujući u TVWS opsegu već mora alternativnim putem stupiti u komunikaciju sa WSDB.

Parametri uređaja koji se razmenjuju između *master* TVWS uređaja i WSDB

Da bi WSDB mogla da prosledi potrebne informacije *master* TVWS uređaju, prvo je potrebno da sam uređaj prijavi odgovarajuće parametre veze za svoje tehničke karakteristike. Za pravilno određivanje dozvoljenih kanala i snaga emitovanja potrebno je posedovati minimalan skup podataka o tehničkim karakteristikama TVWS uređaja. Minimalan skup podataka koje *master* TVWS uređaj prosleđuje WSDB uključuje:

- Lokaciju antene *master* TVWS uređaja - Lokacija je zapravo tekuća pozicija *master* TVWS uređaja iskazana preko geografskih koordinata na kojima se uređaj nalazi (geografska širina i dužina u odgovarajućem formatu, najčešće WGS84) a koje su određene od strane samog uređaja nekom internom metodom geolociranja (najjednostavnije primenom internog GPS prijemnika). Neki TVWS uređaji imaju mogućnost da prijave i svoju (nadmorsku) visinu i tada u WSDB prosleđuju i nadmorsku visinu svoje antene;
- Preciznost određivanja lokacije antene *master* TVWS uređaja. Preciznost lokacije antene predstavlja apsolutnu tačnost određivanja lokacije TVWS uređaja. Ova nepreciznost se iskazuje u formi poluprečnika zone neodređenosti (koja je određena zahtevanom verovatnoćom pouzdanosti određivanja lokacije, npr. da je sa najmanje 95% verovatnoća da je uređaj u toj zoni kako je definisano u [ETSI EN 301 598] oko prijavljenih koordinata uređaja. Poslati podaci mogu uključivati i informaciju o grešci prilikom određivanja visine antene (grešku određivanja lokacije po vertikalnoj osi). Nesigurnost u određivanju lokacije uređaja i antene uzimaju se u obzir prilikom proračuna dostupnih kanala. Prijavljivanje svoje lokacije i lokacije antene ostavlja mogućnost proizvođačima TVWS opreme da implementiraju manje ili više precizne tehnike samolociranja. Uređaji bi ostvarili veću korist sa boljim metodama samolociranja. Međutim, ono što je ključno jeste da veličina piksela (rezolucija digitalnog modela terena) mora da bude takva da je u stanju da obezbedi informaciju za uređaje sa najpreciznijim određivanjem lokacije. Nikako se ne sme dozvoliti da je veličina piksela nesrazmerna sa veličinom zone neodređenosti lokacije TVWS uređaja odnosno da je previše velika;
- Tip *master* i *slave* uređaja koji se povezuju sa *master* TVWS uređajem. Da li je uređaj tipa A ili tipa B [CEPT,186] omogućava da se u WSDB izabere referentna geometrija u procesu

određivanja (translacije) parametara potrebnih za emitovanje. Parametri se prosleđuju uređaju tako da se obezbedi da uređaj ne izazove interferenciju primarnim korisnicima spektra. TVWS uređaji sa različitim karakteristikama će dobiti i drugačije parametre za emitovanje iz WSDB. Podela uređaja može biti različita. Može biti definisana kao u [CEPT,159] i [CEPT,185] ili shodno modelu sa četiri klase uređaja koji koristi OFCOM [OFCOM2012], u skladu sa primenjenom spektralnom maskom;

- Klasi uređaja vezanu za emitovanje, kako za *master* tako i za *slave* uređaje. Cilj ove podele jeste da se omogući WSDB da identifikuje odgovarajuću spektralnu masku TVWS uređaja. Na osnovu primenjene spektralne maske TVWS uređaja, WSDB može uključiti tu informaciju u proračun i proslediti TVWS uređaju podatke koji u obzir uzimaju zaštitne odnose, koji u obzir uzimaju i postojeću spektralnu masku u uređaju, a koji se koriste kako bi se uračunalo curenje signala u susedne kanale (*Adjacent Channel Leakage Ratio*, ACLR) TVWS uređaja i zaštitne nivoe za referentni ACLR koji su definisani u [CEPT,185] i u tabeli 2 u [ETSI EN 301598]. Klasa uređaja je jedna od 5 klasa, počev od klase 1 do klase 5;
- Spektralna maska uređaja - Unapređenje spektralne maske, $\Delta\text{ACLR}(n_{IB}, n_{OOB}) \geq 0\text{dB}$, posmatra se za ACLR funkciju indeksa DTT kanala izvan opsega (*out-of-block*), n_{OOB} (kanal od 21. do 60.), i indeksa najbližeg DTT kanala u opsegu emitovanja n_{IB} (ponovo kanal od 21. do 60.). Unapređenje je u vezi sa ACLR-om klase emitovanja (definisane kao klase od 1 do 5) koju TVWS uređaj prijavljuje. Ako ACLR nije prijavljen za određenu kombinaciju (n_{IB}, n_{OOB}), WSDB smatra da je $\Delta\text{ACLR}=0\text{dB}$. Važno je da ACLR ne može biti manji od vrednosti za klasu sa najvećim dozvoljenim rasipanjem spektra u susedne kanale.
- Unapređenje reverznog intermodulacionog slabljenja – Ovaj parametar opisuje sposobnost predajnika TVWS uređaja da kompenzuje intermodulacione gubitke koji se javljaju između željenog TVWS signala koji se emituje i neželjenog TVWS signala nekog drugog uređaja koji do predajnika stiže preko antene samog uređaja. Unapređenje reverznog intermodulacionog slabljenja (*Reverse Intermodulation Attenuation Improvement*, RIM) prati P_{IBk} gde je $\Delta\text{RIM3}(P_{IBk}) = \text{RIM3}(P_{IBk}) - 45\text{ dB}$ i za k različitih nivoa snage u opsegu, P_{IBk} je specifični k -ti nivo snage kanala iz opsega (*in-block*). Intermodulacioni produkt trećeg reda RIM3 definiše se u dB kao

$$\text{RIM3}(P_{IB}) = 2 \times P_{IB} + P_u - \text{PIM3}(P_{IB})$$

gde je P_{IB} srednja snaga signala u opsegu (dBm), P_{IBmax} maksimalna snaga signala u opsegu (koju uređaj može da podrži) izražena u dBm; P_u je snaga neželjenog signala (dBm) koja treba da bude 40dB ispod nivoa P_{IBmax} , PIM3 nivo snage (dBm) intermodulacionog produkta trećeg reda na učestanosti ($2 \times f_w - f_{un}$) merena u opsegu širine 100kHz, gde su f_w i f_{un} centralne učestanosti željenog i neželjenog signala. Uređaj mora imati RIM3 veći od 45dB;

- Tehnologiju koju koriste *master* i *slave* TVWS uređaji (identifikator). Identifikator korištene tehnologije (standarda) opisuje korišteni standard od strane TVWS uređaja (npr. LTE, IEEE 802.11xx, IEEE 802.22 itd.). Ovo je korisna informacija za WSDB jer time dobija informaciju o ramovima, modulaciji i postupku emitovanja TVWS signala, kao i od

vremensko-prostornoj dimenziji signala koja se emituje, opsegu i veličini kanala koji se koristi kao i koliko je TV kanala potrebno za jedan kanal u skladu sa korištenom tehnologijom. Ovo je obično skup karaktera koji opisuju korišteni standard (broj, revizija itd.) i odgovorno standardizaciono telo za odobravanje standarda;

- Jedinstveni identifikator proizvođača opreme - Jedinstveni identifikator proizvođača koristi se u kombinaciji sa jedinstvenim identifikatorom modela i konkretnog uređaja u cilju potpunog opisa pojedinačnog TVWS uređaja. Identifikator proizvođača uređaja je skup karaktera koji čine jedinstveni organizacioni identifikator IEEE-a (*IEEE Organizationally Unique Identifier*, OUI) konkretnog proizvođača ili univerzalni jedinstveni identifikator (*Universally Unique Identifier*, UUID). Imajući u vidu da svi proizvođači mrežne opreme imaju svoje UUID-eve za svoje MAC uređaje, očekivano je da i svi proizvođači TVWS uređaja imaju UUID;
- Model *master* TVWS uređaja i modeli *slave* TVWS uređaja. Ovaj parametar omogućava WSDB da tačno odredi uređaj određenog proizvođača. Ovo je značajna informacija sa stanovišta praćenja ponašanja pojedinih uređaja i modela, npr. u slučaju pojave interferencije kada se koristi specifičan model TVWS uređaja i tada regulatorna agencija ima dokaze koji omogućavaju isključenje određenih uređaja/modela sa tržišta. Model uređaja i jedinstveni identifikator uređaja (*Device Unique Identifier*, DUI) su korisni za rešavanje interferencije koja se javi na terenu. Tada se može zaključiti da određeni modeli nemaju fleksibilni algoritam detekcije zauzetosti spektra ili da imaju neki drugi problem. Model uređaja se u [ETSI EN 301 598] označava i kao DUI ili UDI identifikator modela. U praksi je to niz karaktera koji označavaju konkretan model ili familiju TVWS uređaja određenog proizvođača;
- Jedinstveni identifikator uređaja za *master* i *slave* TVWS uređaje. Jedinstveni identifikator uređaja se koristi u WSDB da bi se apostrofirao pojedinačni uređaj od interesa i tada WSDB može baš upravo tom uređaju od interesa, bilo da je u pitanju *master* ili *slave* TVWS uređaj, da pošalje naredbu da prekine sa svojim radom. Pod ovim jedinstvenim identifikatorom se misli na serijski broj uređaja pa ovaj parametar ETSI EN 301 598 prepoznaje kao DUI ili UDI serijski broj. Sveukupno, identifikator proizvođača, modela i serijski broj čine jedinstveni identifikator uređaja;
- Kategorija uređaja (*master* ili *slave* TVWS uređaj). Kada WSDB primi informaciju da li je uređaj *master* ili *slave* tada zna da li uređaj traži podatke za sebe ili ih prosleđuje dalje u TVWS mrežu *slave* uređajima. *Slave* uređaji ne mogu komunicirati direktno sa WSDB i sva komunikacija između WSDB i *slave* TVWS uređaja mora ići preko *master* uređaja.

Pored obaveznih podataka koje *master* TVWS uređaj mora proslediti WSDB, može se definisati i spisak opcionih parametara koje uređaj može poslati WSDB ukoliko postoji mogućnost. Spisak, naravno, nije konačan i nepromenljiv pa je zato najbolje usvojiti elemente i parametre TVWS uređaja koji se analiziraju u preporukama i standardima evropskih regulatornih tela kao što su [CEPT,159,185,186,236] i [ETSI EN 303 145, ETSI EN 301 598]. Sledeći podaci o TVWS uređaju mogu biti poslani WSDB kao dodatni, pored prethodno navedenih obaveznih:

- Visina antene *master* TVWS uređaja. Ukoliko visina antene nije automatski prosleđena WSDB za TVWS uređaj A tipa, preporučuje se da regulatorna agencija usvoji pretpostavku

o visini antene u skladu sa morfološkim karakteristikama (*clutter*-om) i profilom terena u okolini lokacije antene TVWS uređaja. Ovaj podatak može biti usvojen na osnovu poznavanja visina antena za druge uređaje u istom ili sličnom okruženju (urbana sredina, ruralna itd.) kao eventualno srednja ili maksimalna vrednost (što je najnepovoljnije za primarne korisnike spektra) ili na osnovu karakteristika terena i nekog standardnog pravila. Tako, na primer, za urbanu sredinu, po dobijanju koordinata TVWS uređaja se može uzeti visina zgrade na datim koordinatama (ili najviša u neposrednoj blizini) i dodati još 3m na tu visinu. Nova visina bi bila usvojena kao visina antene TVWS uređaja. U ruralnoj sredini se može usvojiti neka fiksna visina, npr. 10m što odgovara slučaju postavljanja antene na cevasti stub na krovu kuće. Regulatorna agencija treba da usvaja najnepovoljnije slučajeve po TVWS uređaje, odnosno one visine antena koje bi proizvele veću interferenciju uređajima primarnih korisnika spektra kako bi motivisali vlasnike TVWS uređaja da prijave stvarnu visinu antene. Time vlasnici TVWS uređaja izbegavaju da uređaji dobiju parametre koji odgovaraju najnepovoljnijim uslovima rada i da dobiju realne vrednosti parametara;

- Dobitak, azimut i elevacija antene *master* TVWS uređaja tipa A. Dobitak antene TVWS uređaja treba da bude prijavljen kao tabela koja sadrži dobitak antene za svaki stepen u horizontalnoj i vertikalnoj ravni. Takođe, za fiksne antene, azimut i elevacija treba da budu prijavljene WSDB. Ako na lokaciji postoji više antena (antenski sistem) tada WSDB treba poslati vrednosti dobitka zbirnog dijagrama zračenja celokupnog sistema. Kada je poznat maksimum zračenja antene ili sistema, kao i dobitak, WSDB može pri izračunavanju parametara za konkretni TVWS uređaj da odredi optimalne vrednosti;
- Polarizacija antene *master* TVWS uređaja A tipa. Dovoljno je prijaviti WSDB da li se radi o horizontalnoj, vertikalnoj i ukrštenoj (*slant*) polarizaciji (± 450). U praksi se kod specijalnih primena mogu sresti i cilindrično polarizovane antene ali su to obično slučajevi u kojima se ne vrši koordinacija sa WSDB jer se sistemi nalaze pod zemljom, u rudnicima, ili na sličnim mestima gde ne postoji potreba za koordinacijom emisija TVWS uređaja;
- Lokacije antena i njihove karakteristike za *slave* TVWS uređaje koji komuniciraju sa *master* TVWS uređajem. Ovi podaci vrlo često nisu dostupni sem ako se ne radi o profesionalnoj instalaciji TVWS mreže koja podrazumeva primenu *slave* uređaja kao terminala za fiksni bežični pristup. Ako su poznati, podaci se mogu odnositi na visinu antene, maksimalni dobitak, azimut, elevaciju i polarizaciju antene.

Pošto primi podatke o dozvoljenim kanalima i snagama emitovanja, *master* TVWS uređaj šalje ponovo podatke WSDB-u kako bi obavestio bazu o:

- Izabranom bloku kanala za emitovanje. TVWS uređaji, u zavisnosti od primenjene tehnologije, mogu emitovati u samo jednom TV kanalu, više susednih TV kanala, više TV kanala koji nisu susedni ili u opsegu koji ne obuhvata ceo broj TV kanala. Zbog toga *master* TVWS uređaj javlja WSDB-u donju i gornju učestanost opsega koji će koristiti sam uređaj ali isto tako i donje i gornje učestanosti emitovanja za *slave* TVWS uređaje;
- Snazi emitovanja koja je usvojena. *Master* TVWS uređaj prijavljuje maksimalnu efektivnu izračenu snagu (EIRP) ili gustinu snage kako za sebe tako i za svaki *slave* uređaj koji komunicira sa *master* uređajem. Pošto WSDB zna i donju i gornju učestanost emitovanja tj. opseg, tada nije problem ni da se odredi gustina zračenja u pomenutom opsegu;

- Veličini zone radio-pokrivanja *master* TVWS uređaja. Kao što je prethodno opisano, ako *slave* TVWS uređaji nisu georeferencirani i njihove lokacije nisu poznate *master* uređaju i WSDB, tada je potrebno da *master* TVWS uređaj, sa odabranim parametrima emitovanja, odredi svoju zonu radio-pokrivanja i o tome obavesti WSDB. Poznavanje zone pokrivanja omogućava WSDB da proceni iskorišćenje kanala od strane sekundarnih korisnika u određenoj geografskoj regiji, što opet pomaže kod izračunavanja interferencije koju stvara sumarni TVWS signal uređajima primarnih korisnika.

Operativni parametri koje WSDB šalje *master* TVWS uređaju

Kao i u slučaju komunikacije kada *master* TVWS uređaj šalje podatke WSDB, tako i u komunikaciji kada WSDB šalje podatke *master* TVWS uređaju postoji skup parametara koji se obavezno moraju dostaviti da bi *master* uređaj mogao da kasnije započne emitovanje i obavesti *slave* TVWS uređaje o dostupnim parametrima. Minimalan skup poslatih iz WSDB-a *master* TVWS uređaju obuhvata:

- Dostupni opseg za emitovanje signala (dostupni kanali). Ovaj opseg je obično poslat *master* TVWS uređaju u formi donje i gornje granične učestanosti opsega koji je na raspolaganju za emitovanje ili u formi brojeva TV kanala u kojima je moguće emitovati TVWS signal. To je opseg koji uzima u obzir poziciju *master* uređaja i nesigurnost njenog određivanja. Podaci su validni minimalno za jedan piksel (a mogu biti validni i za više piksela) gde je piksel predefinisane veličine (npr. rezolucija korištenog digitalnog modela terena ili fiksno 100m×100m u horizontalnoj ravni). Podaci se šalju u skladu sa tehničkim karakteristikama *master* TVWS uređaja i na osnovu upita samog uređaja. TVWS uređaj koji promeni lokaciju i napusti zonu za koju su prethodno poslani podaci bili važeći mora ponovo da uputi upit WSDB kako bi dobio nove podatke o slobodnim kanalima za emitovanje. Do prijema novih podataka TVWS uređaj ne sme da emituje signal u TVWS opsegu;
- Maksimalnu snagu emitovanja u opsegu (bloku kanala). Maksimalna snaga emitovanja (EIRP) ili maksimalna spektralna gustina snage emitovanja signala u dostupnom opsegu (tzv. *in-block* snaga emitovanja) dostavlja se za *master* i svaki alocirani *slave* TVWS uređaj (ili se šalju generički parametri za sve *slave* uređaje ako njihova lokacija nije poznata). Poslata maksimalna gustina snage TVWS signala posmatra se u opsegu koji je WSDB istovremeno prijavila *master* uređaju da je slobodan za emitovanje (odnosno za svaki dostupan opseg ponaosob ako ih je više). U zavisnosti od toga da li TVWS uređaj emituje širokopojasni ili uskopolasni signal WSDB može poslati i različita ograničenja. Na primer, jedno ograničenje vezano za snagu se odnosi kada se štiti DTT signal u kanalu širine 8MHz a drugo kada se štiti PMSE uređaji koji emituju u kanalu širine 100kHz. Spektralna gustina snage se prijavljuje uređaju kao odnos snage iskazane u dBm u opsegu od 100kHz ($P_{0,i}$ [dBm]/100kHz) za ceo opseg od $f_{L,i}$ do $f_{U,i}$. TVWS uređaj treba da emituje spektralnom gustinom snage koja ni u jednom prozoru od 100kHz u TV kanalu i u datom opsegu neće preći dozvoljenu maksimalnu vrednost;
- Maksimalna snaga emitovanja u jednom DTT kanalu. Ovo je parametar povezan sa prethodnim jer se ne prijavljuje spektralna gustina snage već nivo snage. Način prijavljivanja je sličan kao i kod prethodnog kriterijuma i definiše se kao EIRP za dati kanal

tj. $P_{l,i}$ [dBm] za ceo opseg od $f_{L,i}$ do $f_{U,i}$;

- Maksimalan broj susednih TV kanala i maksimalan broj TV kanala koje uopšte *master* TVWS uređaj može da koristi za emitovanje (ograničenje ujedno važi i za *slave* uređaje koji komuniciraju sa *master* uređajem). Ovaj podatak se koristi kada regulatorna agencija želi da ograniči i kontroliše nivo sumarnog TVWS signala koji stvara smetnju uređajima primarnih korisnika spektra. Praktično se uvodi ograničenje za TVWS uređaje da emituju u previše širokom opsegu u jednoj regiji i tako se kontroliše ukupan nivo TVWS signala. Parametar maksimalne dozvoljene (nominalne) širine kanala prijavljuje se uređaju u Hz i predstavlja maksimalnu dozvoljenu širinu kontinualnog opsega na raspolaganju TVWS uređaju za emitovanje. Isto se tako prijavljuje u Hz i maksimalan opseg na raspolaganju koji ne mora biti kontinualan (više nesusednih DTT kanala);
- Period važenja parametara prosleđenih *master* TVWS uređaju. Ovaj parametar određuje vreme do kog je moguće da TVWS uređaj emituje signal u skladu sa prethodno primljenim parametrima a bez ponovnog upita u WSDB o slobodnim kanalima i dozvoljenim snagama emitovanja. Ako TVWS uređaj treba da nastavi emitovanje TVWS signala posle isteka perioda važenja primljenih parametara iz WSDB ili ako se uređaj pomeri izvan piksela za koje su primljeni podaci bili važeći, TVWS uređaj mora da ponovo izvrši upit u WSDB o slobodnim kanalima. Period važenja podataka je naravno zavisano od vremena i načina korišćenja primarnih sistema koji se štite. Moguće je da je način rada primarnih korisnika spektra određen specifičnim nacionalnim pravilnicima i regulativama pa u tom slučaju je i ovaj parametar specifičan za svakog nacionalnog regulatora. Ovaj parametar može biti definisan kao podatak početka emitovanja, npr. T_{start} i trenutka prekida emitovanja (T_{stop}) ili kao vreme koliko dugo (izraženo u sekundama) TVWS uređaj može da emituje od trenutka prijema podataka (T_{dur});
- Osvežavanje podataka. Ovaj parametar je tajmer koji definiše posle kog vremenskog intervala TVWS uređaj mora da proveri sa WSDB validnost podataka. Tajmer definiše broj sekundi. Po isteku zadatog vremena TVWS uređaj šalje upit u WSDB sa pitanjem da li su primljeni podaci još uvek validni. Preporuka ETSI EN 301 598 definiše ovaj interval od 60 sekundi ili više;
- Validnost lokacije TVWS uređaja. Ovaj parametar se prosleđuje TVWS uređaju u metrima i predstavlja poluprečnik kruga u kom dostavljeni podaci za emitovanje TVWS uređaja važe. U centru kruga datog poluprečnika nalazi se TVWS uređaj sa svojim prijavljenim koordinatama;
- Ograničenje snage emitovanja u susednim kanalima. Kao što je već opisano, TVWS uređaj ne sme da pređe $P_{l,i}$ nivo snage prilikom emitovanja u jednom kanalu. U slučaju da se emitovanje vrši u više TV kanala, WSDB može poslati instrukciju TVWS uređaju da svede snagu emitovanja na najmanju dozvoljenu maksimalnu snagu za pojedinačni kanal tj. $\{P_{l,i}\}_{min}$. Ovaj podatak se šalje TVWS uređaju upravo putem ovog parametra. Vrednost 0 ukazuje da ne postoje ograničenja dok vrednost 1 znači da treba primeniti opisano ograničenje.

Pored obaveznih podataka, može se definisati skup opcionih parametara koje *master* TVWS uređaj treba da primi. Ti opcioni podaci mogu uključivati:

- Nivo signala pri detekciji zauzetosti spektra (*sensing*) od strane uređaja primarnih korisnika spektra. Ovaj parametar ukazuje na potrebu da se pored geolokacijske baze koristi i detekcija zauzetosti spektra kako bi se detektovali signali uređaja primarnih korisnika spektra, bilo da je u pitanju DTT signal ili PMSE. Upotreba ovog parametra kao i detekcije zauzetosti spektra pomaže u onim evropskim zemljama u kojima PMSE oprema nije registrovana. Ako je detekcija zauzetosti spektra potrebna, tada WSDB treba da *master* TVWS uređaju prosledi i informaciju na kojim učestanostima i koji tip signala treba oslušivati kao i nivo osetljivosti koji treba primeniti prilikom detekcije zauzetosti spektra. Važno je napomenuti da ako regulatorna agencija zahteva postojanje ovog parametra, tada se ne sme uređaj bez ugrađene funkcije detekcije zauzetosti spektra ne samo staviti u rad već ni uvesti u zemlju. Alternativno, ako TVWS uređaj nema mogućnost detekcije zauzetosti spektra tada se može omogućiti njegov uvoz i rad ali isključivo u opsegu koji ne uključuje primarne korisnike spektra koji ne registruju svoje uređaje. Preporuka je da TVWS koji bi se mogli koristiti na tržištu, sadrže funkciju detekcije zauzetosti spektra čak i ako ona prvobitno nije predviđena da se koristi;
- Poruka o prekidu rada. Poruka o prekidu rada je instrukcija *master* TVWS uređaju da prekine emitovanje kada WSDB to zatraži. Predviđeno je da se ova poruka koristi samo u krajnje vanrednim slučajevima. Bez obzira na učestalost same poruke, TVWS uređaj mora da bude sposoban da prepozna poruku i da prekine emitovanje na zahtev WSDB;

8.1.3. BEZBEDNOSNI I OPERATIVNI ZAHTEVI

Master TVWS uređaj sme da emituje u opsegu od 470MHz do 790MHz isključivo u skladu sa prethodno opisanim pravilima i uz razmenu prethodno opisanih parametara. WSDB dozvoljava emitovanje uz uslov usvajanja poslatih vrednosti parametara i uz prostorno-vremensko ograničenje važenja istih i prava na emitovanje. *Master* TVWS uređaj koji želi da emituje signal u više TV kanala istovremeno mora da emituje takvom gustinom izračene (EIRP) spektralne snage da sumarna spektralna gustina snage svih emitovanih TVWS signala u svakom od kanala mora da bude manja od dozvoljene spektralne gustine snage određene od strane WSDB za svaki od TV kanala. Ovako komplikovano objašnjenje zapravo znači da *master* TVWS uređaj mora da emituje signal različitih snaga u različitim TV kanalima ili da vodi računa o najstrožijem uslovu i da emituje najmanjom snagom tako da ne prevaziđe limit za najkritičniji kanal i ne stvori interferenciju uređajima primarnih korisnika spektra.

Master TVWS uređaja mora da vodi računa o tome i da *slave* uređajima sa kojima komunicira prosledi informacije koje je WSDB namenila njima, bilo pojedinačno (kada su *slave* uređaji georeferencirani) ili za sve skupa (kada je pozicija *slave* uređaja nepoznata) tako da *slave* TVWS uređaji mogu da emituju u opsegu od 470MHz do 790MHz u skladu sa prethodno opisanim pravilima i parametrima koje posredno primaju od WSDB.

Master TVWS uređaj mora obezbediti da ima pristup i koristi važeća uputstva i vrednosti parametara prosleđenih iz WSDB kada god promeni svoju geografsku lokaciju u odnosu na onu sa koje je zatražio dozvolu i potrebne parametre za emitovanje TVWS signala (prethodni upit u WSDB). Ovaj uslov posredno ukazuje na to da *master* TVWS uređaj mora da bude sposoban da

primeni različita pravila verifikacije primljenih parametara kada konsultuje ovlašćenu WSDB jer se očekuje da isti uređaj (model ili sam uređaj) bude korišten u više zemalja.

Komunikacija između *master* TVWS uređaja i WSDB obavljaće se upotrebom sigurnosnih protokola i enkripcije kako bi se izbegli maliciozni napadi ili neovlašćena promena podataka. Isto tako, razmena podataka između *master* i *slave* TVWS uređaja, kada se razmenjuju podaci potrebni za dozvolu emitovanja *slave* uređaja, moraju se razmenjivati uz upotrebu sigurnosnih protoka i eventualno enkripcije, kako bi se izbegli zlonamerni napadi i neovlašćena promena podataka.

8.1.4. ZAHTEVANE KARAKTERISTIKE *SLAVE* TVWS UREĐAJA

Da bi bio ovlašćen da emituje u opsegu od 470MHz do 790MHz, *slave* TVWS uređaj mora da:

- Razmeni parametre uređaja sa svojim nadređenim *master* TVWS uređajem;
- Primi operativne parametre (parametre koji određuju operativni rad uređaja) od svog nadređenog *master* TVWS uređaja;
- Razmeni vrednosti parametara koje će koristiti tokom emitovanja u izabranim kanalima;
- Konfigurise se i radi u skladu sa operativnim parametrima primljenim od strane nedređenog *master* TVWS uređaja.

Komunikacija između *slave* i *master* TVWS uređaja se sme odvijati u opsegu od 470MHz do 790MHz ukoliko TVWS uređaji već nisu ovlašćeni od WSDB da emituju u opsegu.

Skup parametara koje *slave* uređaj prijavljuje *master* TVWS uređaju

Kao i za *master* TVWS uređaj, i za *slave* TVWS uređaj je moguće definisati obavezni skup parametara koji se moraju razmeniti sa *master* uređajem i skup dodatnih parametara koji nije obavezan. *Slave* TVWS uređaj mora da pošalje *master* TVWS uređaju sledeće podatke:

- Tip *slave* TVWS uređaja;
- Klasu emitovanja *slave* uređaja;
- Identifikator tehnologije *slave* TVWS uređaja;
- Identifikator modela *slave* uređaja;
- Jedinstveni identifikator *slave* TWS uređaja.

Sledeće podatke *slave* TVWS uređaj može slati *master* uređaju prilikom njihove komunikacije pri dogovoranjju emitovanja:

- Lokaciju antene *slave* TVWS uređaja u slučaju da je uređaj georeferenciran (da su koordinate *slave* uređaja poznate);
- Preciznost određivanja lokacije antene *slave* TWS uređaja (takođe, samo za *slave* uređaje čije su geografske koordinate poznate);
- Visinu antene *slave* TVWS uređaja;

- Azimut i elevaciju antene *slave* TVWS uređaja tipa A
- Polarizaciju antene *slave* uređaja tipa A.

Operativni parametri koje prima *slave* uređaj od *master* TVWS uređaja

Obavezni operativni parametri koje *slave* TVWS uređaj mora primiti od *master* TVWS uređaja obuhvataju:

- Donju i gornju graničnu učestanost opsega u kom je *slave* TVWS uređaju dozvoljeno da emituje signal;
- Maksimalnu dozvoljenu efektivno izračenu spektralnu gustinu snage (EIRP) TVWS signala za svaki od opsega (između svakog para donje i granične učestanosti) u opsegu od 470MHz do 790MHz;
- Period važenja primljenih parametara od *master* TVWS uređaja;
- Maksimalan broj susednih TV kanala i maksimalni broj TV kanala u kojima *slave* TVWS uređaj može da emituje;

Opcioni operativni parametri koje *slave* TVWS uređaj može da primi od *master* TVWS uređaja uključuje:

- Nivo osetljivosti koji se koristi za detekciju signala zaštićenih, primarnih, korisnika spektra;
- Instrukcije *slave* TVWS uređaju da prekine emitovanje odmah po zahtevu *master* TVWS uređaja.

Bezbednosni i operativni zahtevi za *slave* uređaj

Slave TVWS uređaj može da emituje samo u opsegu od 470MHz do 790MHz, u skladu sa prethodno opisanim skupom osnovnih i opcionih parametara koji su razmenjeni sa *master* uređajem, u vremenskom intervalu u kom su podaci važeći i u geografskoj oblasti koja ne izlazi iz oblasti za koju važe primljeni parametri (za *slave* uređaj čije su koordinate poznate ili za zonu pokrivanja *master* uređaja za *slave* uređaje čije koordinate nisu poznate). Za *slave* TVWS uređaj koji želi da emituje TVWS signal u više TV kanala mora da emituje takvom gustinom izračene (EIRP) spektralne snage da sumarna spektralna gustina snage svih emitovanih TVWS signala u svakom od kanala mora da bude manja od dozvoljene spektralne gustine snage određene od strane WSDB za svaki od TV kanala, kao i u slučaju emitovanja *master* TVWS uređaja. *Slave* TVWS uređaj će odmah prekinuti svoje emitovanje kada:

- Primi takav zahtev (tzv. *cease communication*) od nadređenog *master* TVWS uređaja;
- Nema komunikacije sa *master* TVWS uređajem posle perioda važenja primljenih parametara o emitovanju tj. pošto je isteklo vreme u kom su se parametri smatrali važećim;
- Kada izgubi komunikaciju sa *master* TVWS uređajem u vremenskom periodu za koji regulatorna agencija definiše da je prevazišao period kada *master* i *slave* uređaj smeju biti bez komunikacije (ranije pomenutih tzv. N minuta).

Slave TVWS uređaj može komunicirati sa drugim *slave* TVWS uređajem u opsegu od 470MHz do 790MHz pod uslovom da je svaki od njih kontrolisan od strane svog nadređenog *master* TVWS uređaja.

8.1.5. VISINA LOKACIJE TVWS UREĐAJA

TVWS uređaj može da emituje iz *indoor* okruženja u zgradi. Tako je visina antene TVWS uređaja znatno iznad nivoa tla, na visini koja čak i nije očekivana i uobičajena. Takav uređaj može biti sposoban da odredi svoje koordinate u horizontalnoj ravni (x-y lokaciju) koristeći standardne metode geopozicioniranja. Međutim, mala je mogućnost da će uređaj biti u mogućnosti da odredi svoju visinu (z-koordinatu) jer standardne metode ne obezbeđuju precizno određivanje visine uređaja. Nerealno je očekivati da TVWS uređaji koji nisu fiksirani na svojoj lokaciji obezbede preciznu informaciju o svojoj visini (i visini antene) tako da WSDB mora da se prilagodi ovoj nedoslednosti i nepreciznosti. Sa druge strane, visina antene i uređaja fiksnog TVWS uređaja (terminala) nije problem, posebno u situacijama kada instalaciju vrši obučeno osoblje i kada su koordinate uređaja i antene vrlo precizno određene tokom instalacije i prijavljene WSDB.

Uređaj postavljen visoko iznad nivoa tla nalaziće se iznad nivoa okolnih prepreka (iznad nivoa *clutter-a*) tako da će signal takvog uređaja propagirati znatno dalje. Signal je svakako oslabljen usled penetracije signala od strane zidova i to donekle može uticati da domet TVWS signala ne bude znatno veći u odnosu na niže visine antene i uređaja ali je previše varijabilnosti kod svih parametara koji utiču na propagaciju tako da se ne može tvrditi da je takav balans moguće precizno i jednostavno napraviti. Propagacioni gubici, prilikom propagacije TVWS signala uređaja koji se nalazi visoko iznad nivoa tla i stvara interferenciju primarnim korisnima spektra, mogu se modelovati modifikovanim *Hata* ili nekim drugim propagacionim modelom [Hata1988]. Izveštaj [CEPT,186] navodi modifikovani *Hata* model kao izabrani za simuliranje propagacionog slabljenja. Propagaciono slabljenje iskazuje se u funkciji visine TVWS uređaja.

Kada nije poznata visina antene TVWS uređaja, proračun TVWS signala u pikselima od interesa se mora sprovesti za višestruke, unapred pretpostavljene visine TVWS uređaja. Skup visina za koji se vrši proračun treba da obuhvati visine koje su najverovatnije u praksi. Imajući u vidu da trenutno ne postoje iskustva iz praktičnih primena, posebno u Republici Srbiji, RATEL za početak, za takve slučajeve može izabrati sledeće visine: 1.5m, 2m, 3m, 5m, 10m, 15m, 20m i 30m. Visine antene TVWS uređaja do 2m ukazuju da je takav uređaj najverovatnije u zatvorenom prostoru i tako ga treba i tretirati prilikom izračunavanja nivoa signala. Za veće visine se može pretpostaviti da je antena TVWS uređaja u spoljašnjoj sredini, na krovu objekta ili na stubu. Pošto nije jasno do koje visine iznad tla može da se podigne TVWS uređaj, to regulatorna agencija može da uvede dodatnu marginu u svoje prostorno-vremenske kalkulacije kako bi zaštitila primarne korisnike spektra. Druga mogućnost je da regulatorna agencija vrši povremena merenja na terenu ili da iskoristi svoju mrežu senzora za merenje TV signala koja takođe može da posluži i za merenja TVWS signala u istom frekvencijskom opsegu. Ukoliko merenja upućuju da je došlo do povećanja nivoa signala TVWS uređaja i povećanja interferencije primarnim korisnicima spektra tada se parametri u WSDB vezani za oblast od interesa mogu izmeniti u skladu sa situacijom na terenu (merenjima) i uvesti veća margina. Poslednja mogućnost jeste da se koristi visina *clutter-a* kao visina TVWS uređaja za potrebe izračunavanja u okviru modula za izračunavanje WSDB.

8.1.6. PROVERA LISTE KVALIFIKOVANIH BAZA I ODABIR JEDNE ZA RAZMENU PARAMETARA

Pristup spektru uz konsultaciju geolokacijske baze podataka je nov pristup i zbog toga ne postoji posebno iskustvo u upotrebi ovakvog modela ili jasno definisanog regulatornog okvira koji regulatorna agencija može da prati. Kada agencija razmatra kako da definiše pitanje pristupa spektru uz pomoć WSDB, neophodno je da na umu ima tri pitanja:

- Kako obezbediti da samo sertifikovane baze od strane agencije pružaju usluge TVWS uređajima?
- Koje su pravne i zakonske osnove koje omogućavaju rad WSDB?
- Koje su obaveze WSDB i koje zahteve treba da ispune da bi mogli da rade?

Svako od ovih pitanja potrebno je posebno razmotriti.

Izbegavanje nesertifikovanih i neautorizovanih WSDB

Ključni zahtev koji regulatorna agencija ima jeste da TVWS uređaj prima podatke isključivo od sertifikovane i ovlaštene WSDB. Samo u takvoj bazi se očekuju izračunavanja dozvoljenih nivoa snaga emitovanja sekundarnih uređaja i kanala u kojima mogu da emituju. Regulatornoj agenciji nije lako da eliminiše „divlje” WSDB jer WSDB se relativno lako može izgraditi i učiniti dostupnom preko Interneta. Agencija tada ima problem da takvu bazu identifikacije a kasnije i da zabrani njen rad i ponovno pojavljivanje na Internetu.

U praksi se ovaj problem mnogo jednostavnije rešava na nivou uređaja. Regulatorna agencija mora u svoj pravilnik o radu uneti obavezu TVWS uređaja da kontaktira za podatke isključivo ovlaštene WSDB i da, ukoliko je moguće, obezbedi njihove kontakte (navede spisak u odgovarajućem pravilniku koji će se redovno ažurirati). Na ovaj način se problem prenosi na korisnike i proizvođače TVWS uređaja. Ovaj pristup je usvojen i od strane ETSI-ja i opisan je u standardu EN 301 598 [ETSI EN 301 598] koji eksplicitno navodi da:

- Uređaji moraju dobiti spisak sertifikovanih WSDB od regulatorne agencije;
- Uređaj sme emitovati u TVWS opsegu isključivo u skladu sa parametrima dobijenim od WSDB koja se nalazi na prethodno pomenutom spisku.

Potrebno je da regulatorna agencija redovno izveštava ETSI o svojim nadležnostima i lokaciji (Internet adresi ili nekom drugom vidu objavljivanja) na kom proizvođači i korisnici TVWS opreme mogu naći relevantne podatke. ETSI u svom izveštaju [ETSI TR 103 231] objavljuje podatke namenjene, pre svega, proizvođačima sa kontaktima svih evropskih zemalja sa podacima gde se mogu pronaći koje su WSDB sertifikovane od strane nacionalnih regulatora.

Pravni okvir za rad WSDB

Realno je očekivati da vlasnici i upravljači WSDB neće istovremeno biti i korisnici TVWS uređaja. WSDB je sistem koji odgovara na upite primljene preko Interneta tako da čak i standardni princip davanja ovlašćenja WSDB da koristi ili upravlja spektrom u ime agencije nije u potpunosti

primenljiv. Zbog toga, regulatorna agencija mora da uvede režim sertifikacije i ovlašćenja kako bi direktno regulisala rad WSDB, u skladu sa svojim mogućnostima u skladu sa nacionalnim zakonodavstvom. Sertifikacija se odnosi na analizu strukture WSDB, mehanizma rada i prosleđivanja podatka i sličnih procesa dok ovlašćenje podrazumeva da je WSDB ovlašćena da u datom trenutku vrši svoju funkciju i prosleđuje podatke WSDB uređajima.

Na primer, u Velikoj Britaniji OFCOM nema zakonskih mogućnosti da sertifikuje i ovlasti WSDB da rade. Zbog toga, OFCOM reguliše svoje odnose sa vlasnicima WSDB preko ugovora koji sklapa sa njima. U ovom ugovoru se detaljno opisuju obaveze vlasnika i upravljača WSDB-a kao i kako se štite i na koji način se koriste podaci o primarnim korisnicima spektra koje vlasnici WSDB-a dobijaju od OFCOM-a. OFCOM zatim organizuje kvalifikacioni postupak kod svakog vlasnika WSDB i ako su ugovorne obaveze ispunjene, WSDB postaje u suštini ovlašćena za rad i biva prikazana na Internet stranici OFCOM-a.

Sa druge strane, američki FCC je vrlo jasno i precizno definisao kriterijume (uslove) za WSDB. Vlasnici WSDB, kada smatraju da su zadovoljili uslove, mogu da konkurišu kod FCC. U svojoj prijavi, vlasnici i upravljači WSDB-a moraju da opišu funkcionalnosti WSDB, planove i predloge kako planiraju da izgrade i upravljaju WSDB-om. FCC bira moguće kandidate i tada započinje sertifikacioni proces za njih i njihove WSDB. Kada FCC oceni da su WSDB i njen vlasnik zadovoljili uslove, izdaje javno obaveštenje da je WSDB u funkciji. Ne sklapa se ugovor kao u Velikoj Britaniji mada se zahtevi u ugovoru OFCOM-a i pravilniku FCC slični. Stoga, uslovi su vrlo slični a sama realizacija provere uslova zavisi od zakonskog okvira svake od država posebno.

Obaveze vlasnika i upravljača WSDB

Nezavisno od pravnog okvira, regulatorna agencija želi da obezbedi da se vlasnici i upravljači WSDB ponašaju u skladu sa očekivanjima agencije i u skladu sa važećim propisima. Ono što je najvažnije za regulatornu agenciju jeste da WSDB sprovodi izračunavanje tačno jer bi greške mogle da vode interferenciji uređajima primarnih korisnika. Pored toga, regulatorna agencija svakako želi da je WSDB usaglašena sa propisima. To znači da regulatorna agencija mora da definiše postupak sertifikacije u kom će vlasnik i upravljač WSDB pokazati da WSDB obavlja svoje aktivnosti u skladu sa pravilnicima regulatorne agencije. Sertifikacija obično uključuje više postupaka:

- Verifikacija izračunavanja – Ovaj deo postupka sertifikacije treba da utvrdi da li su algoritmi za izračunavanje nivoa signala primarnih korisnika tačno implementirani kao i da li se podaci o uređajima primarnih korisnika učitavaju u sistem pravovremeno i potpuno uspešno. Ovo je posebno važno kod dinamičnih promena podataka o primarnim korisnicima;
- Izjava vlasnika i upravljača WSDB da je WSDB u saglasnosti sa svim zahtevima regulatorne agencije. Ovo je posebno važno za funkcionalnosti koje je teško proveriti i tada je potrebno da vlasnik i upravljač WSDB garantuje pod materijalnom i krivičnom odgovornošću da WSDB u potpunosti odgovara zahtevima regulatorne agencije. Ova izjava se preuzima od vlasnika i upravljača baze tokom postupka sertifikacije;
- Ispitivanje interakcije između stvarnog ili virtuelnog TVWS uređaja – Tokom postupka

sertifikacije regulatorna agencija treba da proveriti kako izgleda postupak komunikacije između WSDB i stvarnog ili virtuelnog WSDB kako bi se ispitao sam postupak i redosled aktivnosti WSDB i TVWS uređaja.

Svaka regulatorna agencija je posebno oprezna kada se razmatra interferencija koju TVWS uređaji mogu napraviti uređajima primarnih korisnika spektra. Razlog za pojavu interferencije nije samo u radu na istim učestanostima već i u novom pristupu, koji pristup spektru definiše preko baze podataka tj. upotrebom WSDB. Zbog toga, regulator može zahtevati i namensku kontrolu interferencije koja mora biti implementirana u WSDB. Na primer, u slučaju OFCOM-a, u Velikoj Britaniji, vlasnici i upravljači WSDB moraju da ponude OFCOM-u:

- Informacioni sistem o belom spektru gde OFCOM može videti lokacije i kanale koje koriste TVWS uređaji u bilo kom vremenskom trenutku;
- Funkciju da WSDB ugasi bilo koji TVWS uređaj u vrlo kratkom vremenskom intervalu po naredbi OFCOM-a;
- Mogućnost da kontaktira odgovornu osobu kod vlasnika i upravljača WSDB u slučaju hitne situacije.

Regulatorna agencija se može odlučiti da deo odgovornosti za pojavu interferencije prenese na WSDB (a ne samo na TVWS uređaj) i da uvede kazne u tom slučaju. Međutim, može se očekivati, takođe, da se vlasnici i upravljači WSDB usprotive takvom pristupu agencije jer je moguća pojava interferencije za koju nije odgovorna WSDB. Na primer, vlasnik TVWS uređaja može pogrešno da konfiguriše uređaj. Zbog toga, odgovornost vlasnika i upravljača WSDB mora biti ograničena na domen njihove odgovornosti a to su izračunavanja.

Vlasnici i upravljači WSDB moraju obratiti pažnju i na enkripciju podataka koji se razmenjuju između WSDB i TVWS uređaja. Takođe, važno je i kako se podaci koriste interno da ne bi došlo do njihove zloupotrebe i menjanja što može da dovede do pojave interferencije u uređajima primarnih korisnika spektra.

WSDB mora dostavljati izveštaj regulatornoj agenciji o vrsti, modelu TVWS uređaja i načinu korišćenja spektra. Naime, regulatorna agencija do sada nije imala mehanizam i alat kojim bi pratila korišćenje nelicenciranog spektra na način kao što to može da uradi zahvaljujući WSDB. Sa WSDB u funkciji, regulatorna agencija može da prikupi veliku količinu podataka o načinima korišćenja spektra, tipovima uređaja koji se koriste, prostornoj raspoređenosti uređaja, konfiguracionim parametrima i niz drugih korisnih informacija. Zbog toga, regulatorna agencija treba da zahteva redovno izveštavanje iz WSDB o načinu korišćenja spektra kako bi mogla te podatke da iskoristi za kreiranje pravila i pravilnika o politici korišćenja spektra

8.2. SPREČAVANJE TVWS UREĐAJA DA EMITUJU U NEDOSTATKU KOMUNIKACIJE SA ODOBRENOM TVWS BAZOM

Sprečavanje *master* uređaja da emituje u nedostatku komunikacije sa TVWS bazom (WSDB-om) je od izuzetnog značaja imajući u vidu da su TVWS uređaji sekundarni korisnici spektra

namenjenog emitovanju TV signala. Bilo kakvo nekoordinisano i neodobreno emitovanje od strane *master* i *slave* TVWS uređaja predstavlja rizik od ometanja primarnih korisnika spektra. Zbog toga, standardom EN 301 598 eksplicitno se zahteva da *master* uređaj može započeti emitovanje posle konsultacije (upita) sa WSDB-om koja je ovlašćena za pružanje podataka potrebnih za početak rada za uređaje u državi u kojoj se nalazi *master* TVWS uređaj koji je i poslao upit. Takva baza mora biti verifikovana od nacionalne regulatorne agencije a proizvođači opreme su dužni da u opremu implementiraju informacije o nadležnim bazama i kontaktima za dobijanje potrebnih informacija za rad TVWS uređaja.

Ovim uslovima predupređen je rad *master* TVWS uređaja bez dozvole jer da bi se to desilo uređaj mora biti proizveden od proizvođača koji ne poštuje predviđene standarde rada, za nepoznatog kupca ili sa već unapred utvrđenim dogovorom da će uređaj raditi nelegalno. Takav uređaj ne može biti sertifikovan od strane ETSI. Zatim je potrebno da se takav uređaj uveze u Republiku Srbiju na nedozvoljen način, mimo redovnih tokova i pravnih procedura, da RATEL ne bude upoznat sa uvozom takve opreme i konačno da se takva oprema stavi u rad na izabranoj lokaciji u Republici Srbiji. Može se očekivati da će ovakvi slučajevi biti krajnje retki (a vrlo verovatno neće ih ni biti) i da je usklađenost sa ETSI standardima, odnosno sa EN 301 598 dovoljna da se onemogući da *master* uređaj započne emitovanje bez dozvole i parametara prosleđenih od strane WSDB. Proizvođači opreme su upućeni na ETSI TR 103 231 jer ovaj dokument daje listu kontakata u evropskim zemljama koje mogu proizvođačima obezbediti potrebne informacije o primeni TVWS na nacionalnom nivou i o eventualnim postojećim WSDB, koje bi bile ubeležene u memoriju *master* uređaja.

Korisnički terminal ili *slave* TVWS uređaj nema direktnu komunikaciju sa WSDB-om. Standardom EN 301 598, kao i dokumentima objavljenim od strane CEPT-a jasno se precizira da *slave* uređaj ne može imati direktnu komunikaciju sa WSDB-om već da potrebne podatke za emitovanje signala dobija od *master* uređaja. Procedura komunikacije *master* i *slave* uređaja, kao i *master* uređaja sa WSDB-om opisani su u Glavi 8 ove Studije, zajedno sa konkretnim podacima koji se razmenjuju između baze i uređaja. Svi proizvođači TVWS opreme opisani u ovoj Studiji poštuju ovaj fundamentalni princip komunikacije (WSDB – *master*, *master* – *slave*) tako da nije moguće susresti se u praksi sa *slave* uređajem koji pokušava da komunicira sa WSDB-om. To zapravo i nije moguće jer *slave* uređaj nema Internet ili neki drugi vid komunikacije putem kojeg bi kontaktirao WSDB. Takođe, *slave* uređaj nema ni informacije u svojoj memoriji da bi znao koju bazu, na kojoj adresi, može da kontaktira tako da ne postoji mogućnost da *slave* uređaj kontaktira WSDB.

RATEL izričito mora zahtevati da se u Republiku Srbiju mogu uvesti i pustiti u rad uređaji koji su usaglašeni sa ETSI standardima. Na taj način se onemogućava *master* uređaj da komunicira sa neodgovarajućom WSDB, da *slave* uređaj pokuša komunikaciju sa geolokacijskom bazom i da se započne bilo kakvo emitovanje bez prethodnog prosleđivanja traženih parametara iz WSDB ili uopšte bez odobrenja WSDB.

Standard EN 301 598, takođe, jasno definiše i vremenski interval u kom TVWS uređaji mogu emitovati a da nisu primili najnovije podatke vezane za tehničke parametre emitovanja. U okviru poglavlja 4.2.7 EN 301 598 jasno se navodi da *master* uređaj mora svakih N minuta da vrši ponovni

upit i proveru validnosti primljenih podataka vezanih za parametre emitovanja. Obično je N samo 1 minut, najviše 2 minuta, čime se obezbeđuje zabrana emitovanja TVWS uređaja u slučaju da se izgubi veza sa WSDB, u slučaju kada se pojavi novi primarni korisnik spektra ili iz bilo kog drugog razloga.

Takođe, TVWS *slave* uređaj, kao što je opisano u poglavlju 8.1, ne mora imati sposobnost određivanja sopstvene lokacije. U tom slučaju, ne postoji ograničenje rada za *slave* TVWS uređaj jer potrebne podatke za emitovanje geolokacijskoj bazi šalje *master* uređaj. *Master* uređaj koji opslužuje *slave* uređaje bez mogućnosti određivanja svojih lokacija, prijaviće WSDB situaciju a WSDB će odrediti parametre imajući u vidu lokaciju *master* uređaja, očekivanu zonu pokrivanja *master* TVWS uređaja i time moguće, najnepovoljnije, lokacije *slave* TVWS uređaja. Za takve lokacije TVWS uređaja će biti prosleđeni i vrednosti parametara rada za *slave* uređaje. Ovi parametri se prosleđuju *master* uređaju koji je i izvršio upit ka WSDB. U drugom koraku *master* uređaj prosleđuje potrebe podatke za emitovanje *slave* uređajima.

U slučaju kada *slave* uređaj koji ima mogućnost geolociranja ne prosledi svoju lokaciju, *master* uređaj može primeniti prethodno opisanu logiku a može i jednostavno tražiti ponovno slanje dozvole za emitovanje.

8.3. NESIGURNOSTI ODREĐIVANJA LOKACIJE TVWS UREĐAJA

Master TVWS uređaj, prilikom komunikacije sa WSDB, prijavljuje svoju lokaciju prosleđujući koordinate bazi. Isto tako, u slučaju *slave* TVWS uređaja, *slave* uređaj, ako ima mogućnost geolociranja, prosleđuje podatke o svojoj lokaciji (koordinate) *master* uređaju, koji ih potom prosleđuje WSDB-u. Koordinate TVWS uređaja koriste se u sklopu procesa određivanja dozvoljenih vrednosti parametara emisije TVWS uređaja. Pogrešne koordinate mogu dovesti do toga da WSDB odobri višu snagu emitovanja TVWS uređaja od stvarno moguće (zbog očekivanog većeg propagacionog slabljenja) čime se stvara interferencija uređajima primarnim korisnicima spektra. Zbog toga je važno da TVWS uređaji prijave svoju tačnu lokaciju, sa što majom greškom. Najverovatnija greška pri određivanju koordinata TVWS uređaja je greška GPS-a prilikom samog geolociranja.

Kako bi se izbegla mogućnost pojave interferencije usled rada *master* TVWS uređaja većom snagom od stvarno dozvoljene, usled greške u određivanju lokacije TVWS uređaja WSDB mora uzeti u obzir pomenutu nesigurnost. WSDB rešava problem nesigurnosti određivanja lokacije tako što oko prijavljene lokacije *master* uređaja određuje zonu nesigurnosti – zonu u kojoj se može naći *master* TVWS uređaj uz moguću grešku određivanja svoje lokacije. To je kružnica oko prijavljene lokacije TVWS uređaja čiji poluprečnik je jednak maksimalnoj dužini koja je posledica moguće greške lociranja. Zbog različite veličine greške moguće je da kružnica obuhvata susedne piksele onome u kom se *master* uređaj prijavio a potencijalno i udaljenije piksele a ne samo susedne. Što je veća greška to je i poluprečnik kružnice veći i veći broj piksela je obuhvaćen. WSDB tada sprovodi proračun za sve obuhvaćene piksele (kao da se *master* TVWS uređaj nalazi u njima) i kao ograničenje prilikom emitovanja usvaja se najnepovoljnija (najrestriktivnija) vrednost ograničenja. Ako je nesigurnost određivanja lokacije manja od veličine piksela (ili nije poznata)

WSDB može da izračuna slučajeve da se *master* TVWS uređaj nalazi u uglovima piksela (sva četiri ugla kvadratnog piksela). Ovaj slučaj se može desiti kada su veličine piksela velike (npr. 1km×1km) ili kada nesigurnost nije poznata.

U slučaju *slave* TVWS uređaja, kada uređaji imaju mogućnost geolociranja i prijavljuju svoju lokaciju, postupak je identičan slučaju kada se određuje nesigurnost u slučaju *master* uređaja. Modifikacija rešenja može podrazumevati da se oko *slave* uređaja odredi krug poluprečnika određenog nesigurnošću određivanja lokacije a da se zatim odredi presek sa zonom pokrivanja *master* TVWS uređaja. Naime, *slave* uređaj ne bi mogao da primi *broadcast* poruku *master* TVWS uređaja i poveže se sa njim da nije u dometu TVWS signala koji emituje *master* uređaj. Tako presek kruga i zone pokrivanja određuje piksele u kojima se *slave* TVWS uređaj može naći.

Druga opcija jeste da *slave* TVWS uređaj nema mogućnost geolociranja i da u sklopu prijavljivanja *master* TVWS uređaju ne prijave svoje lokacije. U tom slučaju, *slave* TVWS uređaji koriste generičke podatke kojim se definiše njihov rad, odnosno emitovanje. Ovi podaci su takvi da se obezbeđuje da TVWS uređaji emituju bez prouzrokovanja interferencije a nalaze se u zoni pokrivanja *master* TVWS uređaja. To znači da se proračun vrši za sve piksele koji su obuhvaćeni zonom pokrivanja *master* TVWS uređaja pa se biraju najrestriktivniji za sve izračunate piksele i određuju kao generički.

8.4. ZAKLJUČAK

CEPT izveštaji kao i EN 301 598 definišu liste podataka koje međusobno razmenjuju *master* TVWS uređaj i WSDB i *slave* TVWS uređaj i *master* TVWS uređaj. Razmenjeni podaci obezbeđuju da se odrede ograničenja pri odobravanju emitovanja TVWS uređaja. Pre nego što *master* TVWS uređaj započne emitovanje, koristi postojeću Internet konekciju i adresu na kojoj se nalazi lista autorizovanih WSDB da utvrdi koje su WSDB autorizovane za rad u državi u kojoj je *master* uređaj instaliran. Adresu na kojoj se nalazi spisak odgovarajućih WSDB u uređaj učitava proizvođač opreme znajući u kojoj zemlji će oprema biti instalirana. Na pomenutoj adresi, koja je najčešće pod kontrolom nacionalne regulatorne agencije, *master* TVWS uređaj pronalazi detalje potrebne za pristup autorizovanim bazama u državi u kojoj je instaliran (GPS koordinate uređaja omogućavaju samom uređaju da utvrdi u kojoj zemlji je instaliran). Nakon toga, *master* uređaj prosleđuje u WSDB upit sa dozvolom za emitovanje. Upit sadrži sve podatke prikazane u Poglavlju 8.1. WSDB koristi podatke o *master* uređaju da odredi potrebne parametre emisije i prosleđuje podatke *master* uređaju. WSDB *master* uređaju prosleđuje i širi skup podataka a ne samo minimalno potrebne za emitovanje. To znači da će WSDB proslediti *master* uređaju o svim kanalima koji su raspoloživi za uređaj na toj lokaciji za emitovanje TVWS signala (a ne samo jedan kanal). Zbog toga, *master* uređaj bira parametre iz pomenutog skupa (npr. kanal u kom će vršiti emitovanje i pridruženu mu snagu emitovanja) i obaveštava o tome WSDB. WSDB sa podacima prosleđuje *master* uređaju i generičke podatke namenjene za emitovanje *slave* TVWS uređaja. *Master* uređaj započinje emitovanje na dogovorenom kanalu poruke koja sadrži generičke podatke koji omogućavaju *slave* uređajima emitovanje bez smetnji. *Slave* TVWS uređaji se prijavljuju *master* uređaju korišćenjem generičkih podataka i šalju *master* uređaju skup podataka (parametara) opisanih u Poglavlju 8.1. *Master* uređaj primljene podatke prosleđuje u WSDB koja

zatim određuje konkretne parametre emisije za svaki *slave* TVWS ponaosob. Tada *master* uređaj podatke primljene od WSDB prosleđuje *slave* uređajima. U slučaju da *slave* uređaji nisu u mogućnosti da pošalju kompletan skup podataka o sebi, WSDB može odrediti da nastave emitovanje korišćenjem generički vrednosti parametara. Svi proračuni obavljani u WSDB podrazumevaju da su primenjena ograničenja usled nesigurnosti u određivanju lokacije uređaja ili nepreciznosti prijavljene visine antene TVWS uređaja.

Prema trenutno važećim standardima komunikacija između *master* i *slave* uređaja kao i između *master* uređaja i WSDB nisu jasno definisane na nivou protokola već samo na nivou skupa podataka koji se razmenjuju. Zbog toga, regulatorna agencija mora da definiše način komunikacije. Najbolji kandidat za realizaciju ove komunikacije protokol za pristupanje bazi belog spektra (*Protocol to Access White Space Database, PAWS*) – IETF-ov standard 7545. Izborom ovog protokola obezbeđuje se i zaštita komunikacije između *master* i *slave* uređaja kao i *master* uređaja i WSDB uvođenjem HTTP saobraćaja preko TLS-a. Ovim je saobraćaj zaštićen od presretanja a samim tim i od neovlašćenih izmena.

Alternativa PAWS-u bi podrazumevala samostalni razvoj protokola što je neprihvatljivo i bespotrebno u slučaju RATEL-a. Zbog toga je preporuka da u svojim tehničkim dokumentima RATEL definiše PAWS kao protokol za komunikaciju između uređaja i između uređaja i baze unutar TVWS mreže do eventualnog pronalaženja boljeg protokola koji će definisati relevantna evropska regulatorna tela.

9. SOFTWARE, FIRMWARE I MERE RESTRIKCIJE KORISNIČKOG PRISTUPA KOJIMA SE SPREČAVAJU IZMENE KOJE MOGU UTICATI NA USAGLAŠENOST TVWS UREĐAJA SA ZAHTEVIMA

Kada se govori o pristupu *master* uređaja WSDB i preuzimanju potrebnih parametara ETSI EN 301 598 definiše se model za pristup koji uključuje ukupno 4 entiteta. Prvi entitet ili element komunikacije je WSDB koja obezbeđuje potrebne podatke TVWS uređajima. Drugi element komunikacije je spisak regulatorne agencije o sertifikovanim WSDB. Ovaj spisak definiše koje su WSDB ovlašćene za pružanje potrebnih podataka TVWS uređajima. Treći element komunikacije je *master* TVWS uređaj koji poznaje svoju geografsku lokaciju i koji je sposoban da konsultuje spisak regulatorne agencije kako bi utvrdio kojim WSDB može da se prijavi i da kasnije pristupi izabranoj WSDB. Poslednji entitet u modelu i komunikaciji je *slave* TVWS uređaj koji ne komunicira direktno sa WSDB već radi pod kontrolom *master* TVWS.

Softver, firmver i restrikcije pristupa korisnika su mere kojima se sprečavaju izmene koje mogu imati uticaj na usklađenost TVWS uređaja sa preporukama i izveštajima ETSI, posebno ETSI EN 301 598, odnosno srpskim standardom SRPS EN 301 598 V1.1.1:2015.

Oprema ne sme da dozvoli korisniku da ima pristup podešavanjima hardvera i softvera koji se odnose na izmenu parametara uređaja, operativnih parametara i parametara korišćenja radio-kanala, a koji se razmenjuju između WSDB i TVWS, prikazanih u prethodnim izlaganjima. Takođe, korisnik ne sme imati pristup softverskim i hardverskim podešavanjima koja se odnose na identifikaciju WSDB u skladu sa zahtevima EN 301 598. Kada se govori o parametrima čija izmena mora da se onemogući krajnjim korisnicima uređaja, odnose se i na *master* i na *slave* TVWS uređaje (bilo kada primaju podatke od WSDB, bilo kada vrše slanje izabranih parametara WSDB nazad i u toku kasnije korišćenja). Zabrana pristupa podacima o upotrebi kanala od strane korisnika na TVWS uređajima podrazumeva zabranu pristupa i izmene podataka o nivou snage signala, spektralnoj gustini snage signala i opsegu (donjoj i gornjoj učestanosti) u kojem će uređaji vršiti emitovanje.

Oprema ne sme dozvoliti instalaciju softvera koji može promeniti usklađenost sa važećim ETSI preporukama. Zbog toga, proizvođači koji definišu svoj softver i firmver kao *open source* i čine ga javno dostupnim moraju sprečiti da izmenjeni softver ima bilo kakav uticaj na usklađenost uređaja sa zahtevima iskazanim u preporukama ETSI. Konfiguracija opreme, takođe, mora pratiti zahteve iskazane u preporukama ETSI i ne sme zavisiti od ispravnog izbora korisnika određene zemlje za rad i moda rada, kao i od bilo kog podešavanja koje korisnik može uneti u uređaj.

Proizvođač mora da objavi koje je mere preduzeo kako bi bio usaglašen sa zahtevima iskazanim u klauzulama EN 301 598 koje se odnose na sigurnost i zaštitu uređaja.

10. NAČINI I NIVOI ZAŠTITE DTT SERVISIA OD STRANE TVWS UREĐAJA

Računanje verovatnoće pokrivanja lokacije u procesu planiranja terestričke difuzne mreže za prijem digitalnog TV signala bazira se na nekoliko usvojenih pretpostavki, koje se često previde, a koje se, pre svega, tiču uslova prijema digitalnog TV signala. Uobičajna praksa je da se izvrši podela prema načinima prijema signala na fiksni prijem, portabilni prijem u spoljnjem okruženju i portabilni prijem unutar objekta. Svaki od ovih načina prijema opisan je određenim parametrima koji opisuju performanse prijemnika DTT signala, uključujući i karakteristike prijemne antene.

Međutim, gledaoci (i slušaoci) TV (i radio) programa nisu u obavezi da koriste svoje prijemnike kao što je to pretpostavljeno u proračunu zona pokrivanja predajnika, kao ni da instaliraju svoje antene kako je to predviđeno u proračunima verovatnoće pokrivanja lokacije DTT signalom. Iako je proračun izvršen uz pretpostavljeni fiksni prijem DTT signala, važno je prepoznati da:

- Pomeranjem od granica zone pokrivanja ka lokaciji predajnika DTT signala, prvo je moguće ostvariti prijem i u portabilnom modu rada u spoljnjem okruženju a daljim približavanjem i u portabilnom režimu rada unutar objekta. Zapravo, u praksi, korisnici često i koriste ovakve načine prijema DTT signala;
- Porast nivoa polja DTT signala u blizini predajnika omogućava da se ostvari uspešan prijem čak i u onim slučajevima kada je prijem lošiji usled nestručne instalacije antene pri fiksnom prijemu DTT signala ili usled lošeg položaja prijemne antene.

Kada bi se ovi načini korišćenja uzeli u obzir, znatno manja verovatnoća (pokrivanja) lokacije piksela bi se ostvarila u odnosu na standardne pretpostavke o korišćenju. Smetnja koju stvara TVWS uređaj ne bi imala, možda, veliki uticaj na gledaoca koji digitalni TV signal prima kao fiksni korisnik. Međutim, korisnici koji primaju TV signal na druge načine mogu imati znatno veće smetnje usled rada TVWS uređaja. Ipak treba napomenuti da regulatorna agencija ne može štititi ove korisnike odnosno štititi druge načine prijema DTT signala osim fiksnog ili uvodeći neke druge zaštitne nivoe koji nisu definisani međunarodnim standardima i sporazumima (npr. GE06). Bilo kakav drugi vid zaštite morao bi biti predmet lokalne regulative usklađene sa međunarodnom ili na osnovu bilateralnih sporazuma sa susednim zemljama ako su smetnje rezultat rada u pograničnim područjima.

Difuzija digitalnog TV signala osnovni je servis koji koristi spektar u opsegu od 470MHz do 790MHz. Da bi se definisali elementi potrebni za zaštitu DTT predajnika, kao primarnih korisnika spektra, od TVWS uređaja, neophodno je znati:

- Kako se postojeće DTT mreže planiraju uzimajući u obzir i zaštitu od potencijalne interferencije unutar DTT sistema emitovanja;
- Kako se ista metodologija može primeniti da se izračuna maksimalna dozvoljena snaga emitovanja TVWS uređaja, odnosno da DTT sistem ne trpi degradaciju usled emitovanja jednog TVWS uređaja (ometača);
- Kako da se uračuna dodatna zaštitna margina kako bi se kompenzovao uticaj smetnje koju

stvaraju sumarno signali svih TVWS uređaja (proširenje ideje da postoji samo jedan TVWS uređaj).

10.1. METODE PLANIRANJA DTT SISTEMA

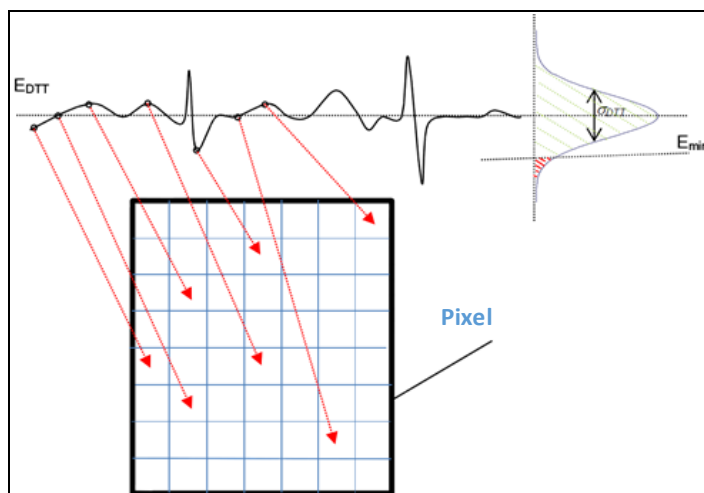
Ukupna zona pokrivanja DTT sistema podeljena je u zone koje se označavaju kao pikseli. Tipična veličina piksela je $100\text{m} \times 100\text{m}$ ali je moguće da bude i manji, u skladu sa rezolucijom digitalnog modela terena koji se koristi i promeni nivoa polja DTT signala. Kvalitet prijema signala može se menjati u zavisnosti od lokacije prijemnika DTT signala i opisuje se brojem uređaja koji mogu primiti signal u svakom od piksela (od ukupnog broja). Ovaj broj predstavlja verovatnoću lokacije za posmatrani piksel. Pokrivanje teritorije DTT signalom se obično planira tako da se ista oblast pokriva sa više od jedne lokacije predajnika digitalnog TV signala. Međutim, pri planiranju zaštite emitovanog TV signala u obzir se uzima samo signal sa najvišim nivoom (signal koji se najbolje prima). Takođe, prisustvo signala u susednim regijama unutar države, kao i prisustvo u pograničnim područjima susednih zemalja ne predstavljaju signale koji se štite.

Verovatnoća lokacije određuje se pomoću odnosa snage nosioca primljenog korisnog signala i sume šuma i neželjenih signala (interferencije) tj. $C/(I+N)$. Snaga nosioca korisnog signala menja se od lokacije do lokacije, kao i snaga ometajućih signala. Stoga se za pojedinačnu lokaciju opisuju statističkim parametrima i to medijanom i standardnom devijacijom snaga. Verovatnoća lokacije za piksel se izračunava uzimajući u odnos varijacije signala (posmatrajući njihove statističke parametre) u okviru piksela i procenjujući da li piksel ima dovoljno veliki $C/(I+N)$ da bi bila moguća demodulacija digitalnog TV signala.

Primer na Sl.10.1.1 iz [CEPT,186] prikazuje kako se snaga signala, opisana električnim poljem E_{DTT} može menjati u okviru piksela zajedno sa odgovarajućom normalnom raspodelom.

U realnosti, performanse DTT mreže biće degradirane usled šuma i interferencije iz drugih regija u kojim DTT predajnici koriste isti kanal kao i u posmatranom. Važno je uključiti u izračunavanje i šum i interferenciju i izračunati odnos za svaki piksel. Dodatnu složenost celokupnom izračunavanju doprinosi vremenska zavisnost interferencije. Određeni atmosferski uticaji, na primer kao što je *ducting* u letnjim mesecima, mogu dovesti do lošijeg odnosa $C/(I+N)$ i manje verovatnoće lokacije. Ovakav efekat može biti vrlo redak, sa verovatnoćom dešavanja od 1% godišnje i teško predvidiv. Zbog *ducting*-a, procenat verovatnoće lokacije može dostići vrednost do 99%.

Verovatnoća lokacije, u principu, raste sa približavanjem centru zone pokrivanja DTT predajnika tj. samom stubu na kom je DTT uređaj. Ovo je i očekivano jer je nivo signala na prijemu veći ako je rastojanje između predajnika i prijemnika kraće. Zona pokrivanja određena je pikselima u kojima verovatnoća lokacije pada ispod zadatog procenta određenog od strane regulatorne agencije. U većini evropskih zemalja, kao i u Srbiji, smatra se da je 95% verovatnoće, da na datoj lokaciji postoji zadovoljavajući nivo signala za prijem, minimum koji se mora poštovati prilikom projektovanja zone pokrivanja.



Sl.10.1.1 – Varijacija jačine električnog polja unutar piksela.

Uobičajeno je da radio-emiteri kao što su Emisiona tehnika i veze (ETV), planiraju sa očekivanom verovatnoćom od 99%, uzimajući u obzir 1% vremena u kom će prijem biti ugrožen interferencijom, što pruža krajnjim korisnicima nivo signala koji prevazilazi minimalne propisane standarde. Na taj način se ostvaruje pokrivanje granice zone pokrivanja od smetnji izvan zone sa verovatnoćom od 95% lokacija (prijem signala skoro svuda) i 99% u toku vremena (prijem signala skoro uvek) tj. $(L, T)=(99\%, 95\%)$

Da bi se izvršio proračun verovatnoće da će na određenoj lokaciji biti moguć prijem DTT signala potrebno je poznavati karakteristike DTT prijemnika i prijemne antene. Zbog toga je potrebno usvojiti pretpostavke o karakterističnim uređajima i antenama (pošto podaci o pojedinačnim uređajima i antenama nisu dostupni i nemaju smisla) za različite slučajeve prijema (fiksni, portabilni, mobilni) i različitim okruženjima (ruralnim, suburbanim, urbanim). Za svaki od ovih slučajeva veličina zone prijema je različita i mora se uzeti u razmatranje.

Primer proračuna veličine zone pokrivanja DTT predajnika, za različite uslove prijema, prikazana je u Tab.10.1.1.

Tab.10.1.1 – Izračunavanje veličine zone pokrivanja predajnika digitalnog TV signala.

Parametar	Fiksni prijem HDTV (DVB-T2) Urbana sredina	Mobilna TV (DVB-H) Urbana sredina	Komentar
Širina kanala [MHz]	7.77	7.60	
Spektralna gustina snage termičkog šuma [dBm/Hz]	-173.98	-173.98	kT ₀

Parametar	Fiksni prijem HDTV (DVB-T2) Urbana sredina	Mobilna TV (DVB-H) Urbana sredina	Komentar
Faktor šuma prijemnika [dB]	7	6	NF prema preporuci ITU-R BT.1368
Snaga šuma (uključujući faktor šuma) u kanalu [dBm]	-98.07	-99.17	$P_n = kTB + NF$ plus bilo koji razlog za podizanje praga šuma
Verovatnoća pokrivanja lokacije na granici ćelije	95%	95%	[CEPT,30,159 186]
Faktor pouzdanosti za <i>Gauss</i> -ovu raspodelu	1.645	1.645	
Standardna devijacija slabljenja usled senčenja [dB]	5.5	5.5	Prema preporuci ITU-R P.1546
Standardna devijacija slabljenja zida [dB]	0	5.5	GE06
Standardna devijacija ukupnog slabljenja [dB]	5.5	7.78	Koren sume varijansi svih slabljenja
Margina usled gubitaka [dB]	9.05	12.79	L_{margina}
Minimalni potrebni S/N (SNR) na granici ćelije [dB]	21	15.5	Prema preporuci ITU-R BT.1368
Željeni srednji nivo primljenog signala [dBm]	-68.02	-70.88	$P_{\text{target}} = (P_n + \text{SNR}) +$ L_{margina}
EIRP [dBm]	79.15	79.15	P
Srednja vrednost slabljenja zida [dB]	0	8.0	L_w
Dobitak prijemne antene (uključujući slabljenje kablova) [dBi]	9.15	-6.85	G_a (Prema preporuci ITU-R BT.1368)
Maksimalno dozvoljeno propagaciono slabljenje [dB]	156.32	135.18	$L_p = (P - L_w + G_a) -$ P_{target}

Parametar	Fiksni prijem HDTV (DVB-T2) Urbana sredina	Mobilna TV (DVB-H) Urbana sredina	Komentar
Visina DTT predajnika [m]	200	200	H _t
Visina prijemnika DTT signala [m]	10	1.5	H _r
Poluprečnik ćelije [km]	52.8	8.2	Prema preporuci ITU-R P.1546
Minimalni intenzitet medijanskog električnog polja pri 650 MHz [dB μ V/m]	56.21@10m	77.49@1.5m	

Kod SFN mreža minimalna medijanska vrednost polja je obično manja zbog dobitka u SFN. U njima su standardna devijacija slabljenja usled senčenja i rezultujuća margina manje. Dodatno, snaga signala sa više predajnika treba da se sumira što ima pozitivan uticaj na prijem DTT signala. Zbog toga se vrednosti prikazane u Tab.10.1.1 odnose samo na slučaj kada postoji samo jedan DTT predajnik i baziraju se na analizama sprovedenim od strane CEPT-a.

Zaštitni odnosi i pragovi pri kojima dolazi do preopterećenja prijemnika DTT signala usled smetnje koju stvara TVWS uređaj nisu bili poznati u vreme izrade izveštaja CEPT-a i preporuke EN 301 598 [ETSI EN 301 598] zbog nepoznatih ili nedovoljno poznatih specifikacija TVWS opreme. Primetno je da i danas mali broj proizvođača TVWS opreme čini specifikaciju svoje opreme javno dostupnom i ne stupa u kontakt sa nacionalnim regulatornim agencijama kako bi sertifikovao i testirao svoju opremu. Zbog toga, prilikom uticaja TVWS uređaja na prijemnike DTT signala, i to prevashodno na prijemnike DVB-T signala, svi CEPT izveštaji prikazuju rezultate analiza na osnovu podataka prikazanih u CEPT ECC Izveštaju 148 [CEPT,148] gde su navedeni faktori u slučaju uticaja LTE sistema na DTT sisteme. Samim tim, pomenuti izveštaji, indirektno, sadrže u sebi pretpostavku da će signali TVWS uređaja (koji nisu bazirani na LTE standardu) biti vrlo slični LTE signalu, posebno kada se posmatraju vrednosti ACLR-a ometajućeg LTE signala koji je opisan u [CEPT,148]. Vrednosti ACLR-a se mogu pronaći u pomenutom izveštaju ali i u okviru Aneksa 1 [CEPT,159].

10.2. UTICAJ TVWS UREĐAJA NA PRIJEMNIK DTT SIGNALA I PLANIRANI DTT SISTEM

TVWS uređaj može raditi u dva režima rada. Prvi režim podrazumeva autonomni rad pri kom TVWS uređaj samostalno, bez komunikacije sa WSDB, određuje postojanje DTT signala u kanalima i oblasti od interesa. Drugi režim podrazumeva da TVWS prijemnik komunicira sa WSDB i da konsultuje WSDB pre i tokom emitovanja TVWS signala. Prva metoda, bazirana na osluškivanju spektra od strane TVWS uređaja u cilju detekcije DTT signala, pokazuje mane usled

relativno skromne uspešnosti detekcije signala. Zbog toga se ovaj režim rada TVWS uređaja i ne razmatra i ne smatra prihvatljivim pri trenutnom tehnološkom stanju TVWS uređaja. Međutim, postojeća regulativa i preporuke analiziraju i ovaj problem imajući u vidu da i ovaj režim rada uz uspešnu detekciju DTT signala može biti prihvatljiv regulatornim agencijama.

Drugi režim, uz konsultaciju WSDB, smatra se trenutno najboljim i zapravo jedinim prihvatljivim režimom rada TVWS uređaja. Zbog toga je ovaj režim posebno analiziran sa stanovišta uticaja TVWS uređaja na prijemnik DTT signala kroz degradaciju verovatnoće pokrivanja lokacije.

10.2.1. DETEKCIJA SPEKTRA DTT SIGNALA TVWS UREĐAJA U AUTONOMNOM REŽIMU RADA

Prag detekcije

Vrednost električnog polja koja se osluškuje na anteni TVWS uređaja nije konstantne vrednosti već se menja u skladu sa određenom statistikom koja je opet određena položajem tj. lokacijom TVWS uređaja i vremenski promenljivim propagacionim efektima. Uobičajni način opisivanja ovih promena jeste uz pomoć normalne raspodele koja je opisana svojom srednjom vrednošću i standardnom devijacijom.

Varijacija signala, na visini na kojoj je planiran prijem TV signala, određena je svojom srednjom vrednošću (koja je jednaka medijani u slučaju kada se pojave modeluju normalnom raspodelom kao u ovom slučaju) $E_{med,plan}$ i standardnom devijacijom σ_{plan} . Za osluškivanje spektra na visini antene ili visini TVWS uređaja, važni parametri su srednja vrednost električnog polja E_{sense} na toj visini i standardna devijacija σ_{sense} .

Kada se računa prag osetljivosti osluškivanja spektra (detekcije DTT signala od strane TVWS uređaja) mora se usvojiti i odgovarajuća verovatnoća detekcije signala prilikom osluškivanja. U slučaju da TVWS uređaj ne detektuje postojanje DTT signala, interferencija koju izazove emitovanjem može da omete veći broj prijemnika digitalnog TV signala. Da bi se ovo predupredilo, verovatnoća uspešne detekcije DTT signala od strane TVWS uređaja se postavlja na vrlo visok nivo, obično na 99.99% u oblasti od interesa. Očigledno je da je ovo najvažniji parametar kada se posmatra pouzdanost detekcije DTT signala iznad određenog praga prijema da bi se utvrdilo da li je kanal zauzet od strane primarnog korisnika ili ne.

Za izračunavanje praga detekcije za TVWS uređaj, prvo je potrebno odrediti nivo polja na anteni TVWS uređaja, E_{med} , koja se dobija kada se oduzme gubitak usled razlike u visini između DTT uređaja, H_{DTT} , i TVWS uređaja, H_{TVWS} , označena u (10.2.1) kao $L_{H_{DTT}-H_{TVWS}}$, od planirane (očekivane) jačine polja $E_{med,plan}$:

$$E_{med} [\text{dB}\mu\text{V/m}] = E_{med,plan} [\text{dB}\mu\text{V/m}] - L_{H_{DTT}-H_{TVWS}} [\text{dB}] \quad (10.2.1)$$

Gubitak usled razlike u visini se može odrediti u skladu sa preporukom ITU-R P.1546. Kada se odredi E_{med} , može se definisati prag detekcije E_{sense} kao,

$$E_{sense} [\text{dB}\mu\text{V/m}] = E_{med} [\text{dB}\mu\text{V/m}] - \mu_{sense}\sigma_{sense} \quad (10.2.2)$$

Snaga DTT signala koju TVWS uređaj treba da detektuje, P_{sense} , može se izvesti posmatrajući učestanost, f_{sense} , dobitak antene uređaja, G_{sense} i polarizacione gubitke L_{pol} koji su posledica odstupanja usklađenosti polarizacije između antenskog sistema predajnika DTT signala i antene TVWS uređaja. Takođe, za mobilne TVWS uređaje uvodi se i margina gubitaka usled apsorpcije u ljudskom telu (tzv. *body loss* gubici) L_{body_loss} ,

$$P_{sense} [\text{dBm}] = E_{sense} [\text{dB}\mu\text{V/m}] - 20 \times \log_{10} f_{sense} [\text{MHz}] - 77.2 + G_{sense} [\text{dB}] - L_{pol} [\text{dB}] - L_{body_loss} [\text{dB}] \quad (10.2.3)$$

Kada se definiše prag detekcije DTT signala potrebno je da regulatorna agencija utvrdi primarni cilj emitera, odnosno TV stanica – da li je to kapacitet multipleksa ili domet i veličina zone pokrivanja? Ako je cilj ostvariti veliko pokrivanje a broj multipleksa, broj kanala u multipleksu i protok nisu kritični, neki emiteri se odlučuju na modulacije manje kompleksnosti poput 16-QAM. Ovo svakako nije kritično pitanje za implementaciju ali je važno sa stanovišta računa prikazanog u Tab.10.2.1.

Prag detekcije za TVWS uređaj u spoljnjem okruženju

Prag detekcije za referentnu konfiguraciju vrši se u skladu sa jednačinom (10.2.3) uz uslov da se radi o samo jednom predajniku i da u slučaju SFN mreže ovaj prag može biti i niži. Takođe, proračun prikazan u Tab.10.2.1 je tek približan jer su proizvoljno usvojeni dobitci antena kao i visine antena i uređaja u spoljnjem okruženju tako da se model izračunavanja može primeniti ali se vrednosti moraju uzeti sa rezervom, kao vrednosti za potrebe demonstracije. Sam model je primenljiv bez obzira da li je DTT signal po standardu DVB-T ili DVB-T2. Prema izveštajima [CEPT,159,185] preporučuju da se polarizacioni gubici usvoje u opsegu od 13dB ako su polarizacije ortogonalne do -3dB ako su kolinearne.

Tab.10.2.1 – Određivanje praga detekcije za TVWS uređaj u spoljnjem okruženju.

Način primene DTT uređaja u spoljnjem okruženju	Fiksni, namenjen radu u suburbanom području		Portabilni uređaj	Mobilna TV (DVB-H)
	Mobilni uređaj	Fiksni uređaj		
Verovatnoća (pokrivanja) lokacije [%]	95		95	90
Visina antene prijemnika DTT signala [m]	10		1.5	1.5
Način primene TVWS uređaja u spoljnjem okruženju	Mobilni uređaj	Fiksni uređaj	Mobilni uređaj	Fiksni uređaj
Visina antene TVWS uređaja [m]	1.5	30	1.5	1.5
$E_{med,plan} [\text{dB}\mu\text{V/m}]$	56.21	56.21	61.21	56.00

Način primene DTT uređaja u spolnjem okruženju	Fiksni, namenjen radu u suburbanom području		Portabilni uređaj	Mobilna TV (DVB-H)
$L_{HDTT-HTVWS}$ [dB]	17.01	-9.84	0.00	0.00
E_{med} [dB μ V/m]	39.20	66.05	61.21	56.00
Pouzdanost detekcije [%]	99.99%	99.99%	99.99%	99.99%
$\sigma_{1,5m}$ [dB]	5.50	5.50	5.50	5.50
μ_{sense} [dB]	3.72	3.72	3.72	3.72
$\mu_{sense} \cdot \sigma_{1,5m}$ [dB]	20.46	20.46	20.46	20.46
f_{sense} [MHz]	650.00	650.00	650.00	650.00
G_{sense} [dBi]	0.00	0.00	0.00	0.00
L_{pol} [dB]	3.00	3.00	3.00	3.00
L_{body_loss} [dB]	3.00	0.00	3.00	3.00
E_{sense} [dB μ V/m]	18.74	45.59	40.75	35.54
$P_{sense_1,5m}$ [dBm]	-120.71	-90.86	-98.70	-103.91

Prag detekcije za TVWS uređaj u objektu

Uzimajući u obzir slabljenje zidova u zgradi (*Building Propagation Loss*, BPL) i njegovu standardnu devijaciju, σ_{BPL} , može se izvesti izmenjen izraz za prag detekcije DTT signala od strane TVWS uređaja. Varijacija nivoa DTT signala u zatvorenom prostoru posledica je tri faktora:

- Promene nivoa signala u spolnjem okruženju usled refleksije od objekata u spolnjem okruženju;
- Promene slabljenja signala pri propagaciji kroz zidove i druge predmete u objektu;
- Promene nivoa signala u zatvorenom prostoru usled refleksije od predmeta u objektu.

Pri planiranju prijema DTT signala portabilnim uređajima, GE06 uzima u obzir samo prve dve vrste promena u obzir da bi se izvela ukupna standardna devijacija DTT signala. Prema pretpostavkama u istom dokumentu, optimalna pozicija za prijem DTT signala nalazi se pomeranjem antene 0.5m u bilo kom pravcu. Optimalna položaj antene zavisi i od učestanosti na kojoj se signal emituje. Takođe, antena TVWS uređaja može biti u takvom položaju da je DTT signal ortogonalan u odnosu na polarizaciju antene TVWS uređaja. U tom slučaju se antena TVWS uređaja (ili sam uređaj) neće pomerati da bi se pronašao optimalna nivo prijema DTT signala jer signal nije ni detektovan i TVWS uređaj nije svestan njegovog postojanja. Pošto TVWS uređaj može da bude u situaciji da nije svestan postojanja DTT signala, potrebno je uzeti u obzir i treći efekat koji utiče na propagaciju DTT signala u zatvorenom prostoru, refleksiju od objekata standardne devijacije σ_{indoor} . U budžetu linka i neke od ostalih vrednosti slabljenja uključuju ovaj efekat refleksije na objektima u zatvorenom prostoru pa kada se one uzimaju u obzir onda ne treba razmatrati ovu refleksiju kako se efekti ne bi računavali dvostruko.

$$P_{\text{sense}} = (E_{\text{med,plan}} - L_{\text{plan,H_TVWS}}) - \text{BPL} - \mu_{\text{sense}} \sqrt{(\sigma_{\text{H_TVWS}}^2 + \sigma_{\text{BPL}}^2 + \sigma_{\text{indoor}}^2)} - (10.2.4) \\ - 20 \times \log_{10} f_{\text{sense}} - 77.2 + G_{\text{sense}} - L_{\text{pol}} - L_{\text{body_loss}} \text{ (dB)}$$

Izveštaj [CEPT,159] daje prag detekcije za standardni primer kada je BPL 8dB sa standardnom devijacijom od 5.5dB ($\sigma_{\text{BPL}} = 5.5\text{dB}$) i dodatnom varijacijom signala u zatvorenom prostoru od 3.5dB ($\sigma_{\text{indoor}} = 3.5\text{dB}$), kao što je prikazano u Tab.10.2.2. Vrednosti u izveštaju pokazuju da su potrebni nivoi detekcije vrlo zahtevni i da predstavljaju izuzetan izazov za TVWS uređaje koji su koriste u zatvorenim prostorima (*indoor*).

Tab.10.2.2 – Primer određivanja praga detekcije za TVWS uređaj u zatvorenom prostoru.

Način primene DTT uređaja u spoljnjem okruženju	Fiksni, namenjen radu u suburbanom području	Portabilni uređaj		Mobilna TV (DVB-H)
Verovatnoća (pokrivanja) lokacije [%]	95%	95%	70%	90%
Visina antene prijemnika DTT signala [m]	10	1.5	1.5	1.5
Način primene TVWS uređaja u spoljnjem okruženju	Mobilni uređaj u zatvorenom prostoru	Mobilni uređaj u zatvorenom prostoru	Mobilni uređaj u zatvorenom prostoru	Mobilni uređaj u zatvorenom prostoru
Visina antene TVWS uređaja [m]	1.5	1.5	1.5	1.5
$E_{\text{med,plan}}$ [dB μ V/m]	56.21	61.21	47.00	56.21
$L_{\text{HDTT}} - \text{HTVWS}$ [dB]	17.01	0.00	0.00	0.00
E_{med} [dB μ V/m]	39.20	61.21	47.00	56.21
$\sigma_{1.5\text{m}}$ [dB]	5.50	5.50	5.50	5.50
BPL [dB]	8.00	8.00	8.00	8.00
σ_{BPL} [dB]	5.50	5.50	5.50	5.50
σ_{indoor} [dB]	3.50	3.50	3.50	3.50
Pouzdanost detekcije [%]	99.99%	99.99%	99.99%	99.99%
μ_{sense} [dB]	3.72	3.72	3.72	3.72
$\mu_{\text{sense}} \sqrt{(\sigma_{1.5\text{m}}^2 + \sigma_{\text{BPL}}^2 + \sigma_{\text{indoor}}^2)}$ [dB]	31.72	31.72	31.72	31.72
f_{sense} [MHz]	650.00	650.00	650.00	650.00
G_{sense} [dBi]	0.00	0.00	0.00	0.00
L_{pol} [dB]	3.00	3.00	3.00	3.00

Način primene DTT uređaja u spoljnjem okruženju	Fiksni, namenjen radu u suburbanom području	Portabilni uređaj		Mobilna TV (DVB-H)
L_{body_loss} [dB]	3.00	3.00	3.00	3.00
E_{sense} [dB μ V/m]	-0.52	21.49	7.28	16.49
$P_{sense_1.5m}$ [dBm]	-140.0	-118.0	-132.2	-123.0

Prikazani prag detekcije odnosi se na omnidirekcionu antenu dobitka 0dBi. Ako se u praksi koristi antena drugog dobitka onda je, svakako, potrebno korigovati prikazanu kalkulaciju. Kao i u slučaju rada TVWS uređaja u spoljašnjem okruženju, potrebno je usvojiti i određene vrednosti za odsustvo idealne kolinearnosti polarizacija. Zbog toga je u zavisnosti od položaja TVWS antene moguće uzeti različite vrednosti slabljenja, od +13dB za potpuno poklapanje polarizacija do -3dB kada su ortogonalni signal i polarizacije antene.

Na osnovu prethodnih izračunavanja prikazanih u tabelama, kao i na osnovu celokupne prethodne diskusije, može se jasno zaključiti da ne postoji jedinstvena vrednost praga detekcije DTT signala jer je sama vrednost jako zavisna od usvojenih pretpostavki prilikom radio-planiranja i planirane zaštite DTT uređaja. Da bi se ipak uvele određene smernice, CEPT izveštaji koriste opsege snaga u cilju određivanja nivoa signala koje treba TVWS uređaj da detektuje. Ove vrednosti nisu duži vremenski period menjane i stoga važe kako za DVB-T tako i za DVB-T2 i iznose:

- Za fiksne TVWS uređaje sa antenom na visini od 30m:
 - -91dBm (da bi se detektovao DTT signal emitovan sa predajnika čija je antena na 10m visine, sa verovatnoćom lokacije od 95%)
 - -101dBm (da bi se detektovao DTT signal emitovan sa predajnika čija je antena na 30m visine, sa verovatnoćom lokacije od 95%)

Treba napomenuti i da ranije analize CEPT-a razmatraju i slučaj kada se antena DTT predajnika nalazi na visini od 30m, uz verovatnoću (pokrivanja) lokacije od 70% ali je ovo slučaj koji nije previše realan jer se verovatnoća lokacije od 70% može prihvatiti eventualno u ruralnoj sredini dok se antena na visini od 30m sreće češće u urbanim sredinama. Ako bi se ovakav scenario ipak dogodio, zahtevani prag prijema DTT signala kod TVWS uređaja trebao bi da bude -107dBm.

- Za mobilne i portabilne TVWS uređaje sa antenom na visini od 1.5m (u zatvorenom prostoru):
 - -140 dBm (da bi se detektovao DTT signal emitovan sa predajnika čija je antena na 10m visine, sa verovatnoćom lokacije od 95% u suburbanom okruženju), i
 - -155 dBm (da bi se detektovao DTT signal emitovan sa predajnika čija je antena na 10m visine, sa verovatnoćom lokacije od 70%).

Ponovo, ako bi se i u ovom slučaju razmatrala kombinacija visine antene predajnika DTT

signala na 30m od tla i verovatnoće (pokrivanja) lokacije od 70%, zahtevani prag detekcije DTT signala od strane TVWS uređaja iznosio bi -165dBm.

10.3. METODOLOGIJA ODREĐIVANJA MAKSIMALNE SNAGE EMITOVANJA TVWS UREĐAJA PRI AUTONOMNOM RADU

10.3.1. METODOLOŠKI PRISTUPI

Mogu se definisati dva generalna pristupa pri određivanju ograničenja snage emitovanja TVWS uređaja. Prvi pristup predviđa određivanje maksimuma u zavisnosti od lokacije DTT uređaja. Ovo znači da se maksimalna snaga emitovanja TVWS uređaja računa za svaku tačku prijema DTT signala i u datoj tački za svaku vrstu DTT prijemnika koji se na toj lokaciji može naći.

Drugi pristup bazira se na određivanju fiksne vrednosti maksimalne snage emitovanja. Moguće je da u WSDB postoji nekoliko vrsta portabilnih ili fiksnih TW+VWS uređaja za koje su poznate glavne karakteristike i za koje su definisana ograničenja, odnosno maksimalni dozvoljeni nivoi emitovanja signala izvan zaštićenih zona. Te maksimalne dozvoljene snage emitovanja mogu biti različite u zavisnosti da li se emitovanje vrši u susednim kanalima ili nekim udaljenijim od kanala u kom se emituje DTT signal. Ovakav pristup limitiranju snage predaje usvojio je američki FCC.

Prvi metod je prilagođen upotrebi WSDB. Za utvrđivanje maksimalne dozvoljene snage emitovanja na osnovu praga detekcije, neophodno je u razmatranje uzeti nesigurnost tačnog određivanja snage signala, položaja uređaja i niz drugih parametara. Dosadašnja istraživanja i izveštaji CEPT-a ukazuju da oslanjanje samo na prag detekcije DTT signala od strane TVWS uređaja nije pouzdano i ne obezbeđuje zadovoljavajući nivo zaštite primarnog korisnika spektra. Iste studije pokazuju da samostalno sprovedena detekcija zauzetosti spektra od strane TVWS uređaja nije dovoljna da bi TVWS uređaj mogao da odredi svoju maksimalnu EIRP.

Maksimalna dozvoljena EIRP u bloku kanala koji je dozvoljen za emitovanje jednog TVWS uređaja koja obezbeđuje potrebnu zaštitu DTT prijemnika, kako na istom kanalu tako i na susednom kanalu određuje se na osnovu minimalne snage emitovanja DTT uređaja na sledeći način:

$$\begin{aligned} P_{f_B}^{WSDB}(f_{WSDB}) = & P_{\min}^{BS}(f_{BS}) + \mu\sigma_{BS} - PR(f_{WSDB} - f_{BS}) - q\sqrt{(\sigma_{BS}^2 + \sigma_{WSDB}^2)} - MI - SM + D_{dir} + D_{pof} - G_i + L_f \\ & + L_{WSDB(\mathcal{H}_{WSDB})-BS(\mathcal{H}_{DTT})}(d_{WSDB-BS}) \end{aligned}$$

(10.3.1)

U slučaju kada se ne razmatra istokanalna interferencija, isti izraz se može iskazati i u funkciji ACS i ACLR. Imajući u vidu da u slučaju istokanalnog rada, ACLR ima beskonačnu vrednost a ACS nultu onda primena izraza sa ACS i ACLR nije pogodna kao prethodni izraz.

$$P_{IB}^{WSD}(f_{WSD}) = P_{min}^{BS}(f_{BS}) + \mu\sigma_{BS} - PR(0) - 10 \log_{10} \left(10^{\frac{-ACLR_{BS}(f_{WSD}-f_{BS})}{10}} + 10^{\frac{-ACLR_{WSD}(f_{WSD}-f_{BS})}{10}} \right) - q\sqrt{(\sigma_{BS}^2 + \sigma_{WSD}^2)} - MI - SM + D_{dir} + D_{pol} - G_i + L_f + L_{WSD(H_{WSD})-BS(H_{DTT})}(d_{WSD-BS}) \quad (10.3.2)$$

U gornjim izrazima su:

- f_{BS} : detektovana radna učestanost predajnika DTT signala u MHz;
- f_{WSD} : ciljana (željena) učestanost emitovanja TVWS uređaja u MHz;
- $P_{IB}^{WSD}(f_{WSD})$: maksimalna dozvoljena EIRP u dozvoljenom opsegu kanala TVWS uređaja koji emituje na učestanosti f_{CR} (dBm);
- $P_{min}^{BS}(f_{BS})$: minimalna snaga DTT signala na ulazu u prijemnik DTT signala na učestanosti f_{BS} (dBm);
- $PR(f_{WSD}-f_{BS})$: Odgovarajući zaštitni faktor DTT uređaja za frekvencijski pomeraj od $f_{CR}-f_{BS}$ da bi se zaštitio DTT prijemnik od smetnji TVWS predajnika, iskazan u dB. U situacijama kada je zaštićeni nivo signala bliži pragu prijema (osetljivosti prijemnika) što je slučaj kada TVWS uređaj emituje u blizini granice zone pokrivanja predajnika DTT signala, ovaj faktor treba da uključi dodatna 3dB da bi se uračunao efekat degradacije osetljivost prijemnika [CEPT,148,159];
- $PR(0)$: kokanalna (istokanalna) zaštita DTT sistema;
- d_{WSD-BS} : Rastojanje između TVWS uređaja i DTT prijemnika (m);
- $L_{CR(H_{WSD})-BS(H_{DTT})}(d_{WSD-BS})$: propagaciono slabljenje na rastojanju d_{CR-BS} TVWS uređaja sa antenom na visini H_{WSD} i prijemnika DTT signala sa antenom na visini H_{DTT} (dB);
- σ_{BS} : standardna devijacija senčenja između predajnika i prijemnika digitalnog TV signala (dB);
- σ_{WSD} : standardna devijacija senčenja između TVWS uređaja i prijemnika digitalnog TV signala (dB);
- μ : Gauss-ov faktor pouzdanosti povezan sa verovatnoćom (pokrivanja) lokacije DTT signalom;
- q : Gauss-ov faktor pouzdanosti povezan sa verovatnoćom (pokrivanja) lokacije kada se razmatra zaštita DTT prijemnika od signala TVWS uređaja;
- $\mu\sigma_{BS}$: margina senčenja (dB) povezana sa varijacijom željenog (DTT) signala;

- $q\sqrt{(\sigma_{BS}^2 + \sigma_{WSD}^2)}$: margina senčenja (dB) povezana sa varijacijom razlike između nivoa interferirajućeg signala TVWS uređaja i DTT signala;
- $P_{\min}^{BS}(f_{BS}) + \mu\sigma_{BS}$: minimalna medijana snage signala koji emituje DTT predajnika na ulazu u DTT prijemnik, na učestanosti f_{BS} (dBm);
- M_I : Margina usled postojanja više ometača i koja se uzima iz opsega vrednosti od 3-6 dB i uzima u obzir TVWS uređaje koji emituju signale na istom ili susjednim kanalima, u istom vremenskom intervalu (3 dB za 2 ometajuća TVWS uređaja, 5 dB – 3 ometača, 6 dB – 4 TVWS ometača);
- M_S : zaštitna margina (dB) kojom se uzimaju u obzir izvori smetnji kao što su udaljeni predajnici DTT signala, čiji signal doseže do zone pokrivanja predajnika DTT signala od interesa, impulsivne smetnje i drugih primarnih korisnika spektra u susjednim opsezima. Veličina margine može biti vrlo različita i iznositi od 4dB do 20dB a neke regulatorne agencije ovu marginu ne razmatraju odnosno smatraju da je 0dB;
- D_{dir} : Diskriminacija predajne antene predajnika DTT signala u odnosu na signal TVWS uređaja (dB);
- D_{pol} : Diskriminacija prijemne antene prijemnika DTT signala u odnosu na signal TVWS uređaja (dB);
- G_i : Dobitak izotropne antene prijemnog antenskog sistema prijemnika DTT signala;
- L_f : Gubici u vodovima u prijemnom sistemu prijemnika DTT signala;
- $ACS^{BS}(f_{WSD} - f_{BS})$: Selektivnost u odnosu na susjedni kanal (*Adjacent Channel Selectivity*, ACS) prijemnika DTT signala za pomeraj frekvencija jednak $f_{CR} - f_{BS}$ (dB). $ACS(0) = 0$ dB;
- $ACLR^{WSD}(f_{WSD} - f_{BS})$: Faktor curenja spektra u susjedni kanal (*Adjacent Channel Leakage Ratio*, ACLR) signala TVWS uređaja za frekvencijski pomeraj jednak $f_{CR} - f_{BS}$ (dB). $ACLR(0) = \infty$ dB;

Maksimalna EIRP izvan dozvoljenog bloka kanala za emitovanje TVWS signala određuje se kao:

$$P_{OOB}^{CR} = P_{IB}^{CR}(f_{CR}) - ACLR^{CR} \quad (10.3.3)$$

gde je,

- P_{OOB}^{CR} : maksimalna dozvoljena EIRP u opsegu izvan dozvoljenih kanala za emitovanje TVWS uređajima (dBm);
- $P_{IB}^{CR}(f_{CR})$: maksimalna dozvoljena EIRP u opsegu kanala dozvoljenim za emitovanje

TVWS uređaja, na učestanosti f_{CR} (dBm);

- $ACLR^{WSD}$: Faktor curenja spektra signala u susedne kanale za TVWS uređaj (dB).

ACS je inherentna osobina prijemnika digitalnog TV signala. Može se izvesti iz merenja vezanih za zaštitne odnose (margine), kao što je u slučaju merenja vezanih za LTE ili UMTS interferenciju prijemniku DTT signala uz uslov da su ACLR ometajućeg uređaja i DTT predajnika poznati zbog izračunavanja zaštitnih faktora. Dva se pristupa mogu usvojiti po ovom pitanju:

- ACS je nezavisan od izvora interferencije tj. vrednosti ACS-a dobijene na osnovu različitih merenja su iste;
- ACS zavisi od izvora interferencije. Zbog toga je važno da se pravilno odaberu referentna merenja.

Da bi se ograničila maksimalna dozvoljena EIRP u bloku kanala u koji je emitovanje TVWS uređaja dozvoljeno i da bi se izbeglo prezasićenje prijemnika DTT signala, kada prijemnik gubi sposobnost da izdvoji korisni signal u prisustvu ometajućeg, primenjuje se sledeća jednačina:

$$P_{IB}^{WSD}(f_{WSD}) = O_{th}^{BS}(f_{WSD} - f_{BS}) + D_{dir} + D_{pol} - G_i + L_f + L_{WSD(H_{WSD})-BS(H_{DTT})}(d_{WSD-BS}), \quad (10.3.4)$$

gde: $O_{th}^{BS}(f_{WSD} - f_{BS})$: odgovarajući prag prezasićenja (zasićenja) prijemnika DTT signala za pomeraj učestanosti jednak $f_{CR} - f_{BS}$ (dBm);

U opštem, maksimalna dozvoljena EIRP u bloku kanala u kom je dozvoljeno emitovanje TVWS uređaja jednaka je minimalnoj EIRP izračunatoj u okviru dozvoljenog bloka kanala za emitovanje, na osnovu zaštitnih faktora, selektivnosti signala u susednim kanalima i praga zasićenja prijemnika za različite pomeraje učestanosti. Time se osigurava ispravan prijem DTT signala i pravilna zaštita smetnji koje se pojavljuju u istom ili susednim kanalima

Pretpostavke

Pri primeni prethodne jednačine mora se načiniti pretpostavka po pitanju zaštitnih faktora za susedne kanale u odnosu bilo kakvih merenja kako bi se faktori izveli u slučaju emitovanja TVWS uređaja i prijema od strane prijemnika DTT signala. Dosadašnja praksa primene TVWS uređaja u opsegu od 470MHz do 790MHz je podrazumevala da se koriste za širokopojasni pristup Internetu. Najčešći korišćeni standardi u realizaciji TVWS uređaja koriste OFDM pa je zbog toga moguće koristiti aproksimaciju prvog reda, kao što je prikazano u ECC izveštaju 148 i ECC izveštaju 159.

U jednačinama (10.3.2) i (10.3.3) potrebno je usvojiti pretpostavke u odnosu na vrednost ACLR za TVWS uređaj. Jedna mogućnost je da se pretpostavi da je „teret“ frekvencijske selektivnosti jednako raspodeljen između TVWS uređaja i prijemnika digitalnog TV signala. U tom slučaju, jednačina (10.3.5) postaje,

$$\begin{aligned} \mathcal{P}_{IB}^{WSD}(f_{WSD}) = & \mathcal{P}_{\min}^{BS}(f_{BS}) + \mu\sigma_{BS} - \mathcal{PR}(0) - 3 + \mathcal{ACS}^{BS}(f_{WSD} - f_{BS}) \\ & - q\sqrt{(\sigma_{BS}^2 + \sigma_{WSD}^2)} - MI - SM + \mathcal{D}_{dir} + \mathcal{D}_{pol} - \mathcal{G}_i + \mathcal{L}_f + \mathcal{L}_{WSD(\mathcal{H}_{WSD})-BS(\mathcal{H}_{DTT})}(d_{WSD-BS}) \end{aligned} \quad (10.3.5)$$

Dok jednačina (10.3.3) postaje

$$P_{OOB}^{CR} = P_{IB}^{CR}(f_{CR}) - ACS^{BS} \quad (10.3.6)$$

Međutim, iako CEPT izveštaji definišu ove jednačine, pre njihove primene je neophodna vrlo ozbiljna potvrda i verifikacija predloženog.

U slučaju kada je ACLR TVWS uređaja manji od ACS-a prijemnika DTT signala, dozvoljena EIRP TVWS uređaja mora biti smanjena. Zbog toga se može pretpostaviti da tipične vrednosti ACS-a prijemnika DTT signala moraju biti 60dB ili veće. Druga mogućnost je da se ACLR postavi na neku odgovarajuću referentnu vrednost, ‘ $ACLR_{Const}$ ’, dobijenu na osnovu numeričkih izračunavanja i izvedene vrednosti za ACS:

$$P_{OOB}^{CR} = P_{IB}^{CR}(f_{CR}) - Const \quad (10.3.7)$$

Ograničenje EIRP-a

Autonomni TVWS uređaj treba pouzdano da detektuje nepostojanje DTT signala, odnosno prijema DTT signala u neposrednoj blizini ali i na određenoj udaljenosti od svoje lokacije kako bi se izbegla istokanalna interferencija prijemnika digitalnog TV signala koja bi bila moguća na zadatoj udaljenosti od TVWS uređaja. Ovaj komplikovani opis odgovara slučaju kada se TVWS uređaj nalazi izvan zone pokrivanja određenog predajnika digitalnog TV signala ali u blizini granice zone pokrivanja i prijemnika DTT signala koji se nalazi u zoni, uz samu granicu zone pokrivanja, pri čemu se TVWS uređaj koristi kanal za emitovanje u kom se emituje i DTT signal u posmatranoj zoni pokrivanja. Verovatnoća otkrivanja DTT signala u bliskom okruženju TVWS uređaja može biti unapređeno uzimajući u obzir margine „skrivnog čvora“ tj. umanjivanjem praga detekcije. Međutim, i dalje ostaje veliki problem kako da TVWS uređaj samostalno utvrdi postojanje ili nepostojanje prijema i prijemnika DTT signala u nekom širem okruženju.

Na osnovu jednačina (10.3.4) i (10.3.7) vidljivo je da preporučeni pristup zahteva znanje propagacionih parametara. Ova informacija a priori nije poznata TVWS uređaju koji radi autonomno. Posebno, u jednačinama (10.3.2), (10.3.4) i (10.3.5) moguća rastojanja “ d_{WSD-BS} ” između TVWS uređaja i prijemnika DTT signala, profil terena i morfološke karakteristike (*clutter*) duž putanje prostiranja signala, a samim tim i propagaciono slabljenje i diskriminacija “ D_{dir} ” antene prijemnika DTT signala nisu poznati. Zbog toga, zbog nepoznavanja ovih osnovnih geografskih podataka, nemoguće je da TVWS uređaj pouzdano postavi svoja ograničenja prilikom emitovanja. Zbog toga bi se pri autonomnom radu TVWS uređaja morali usvojiti najnepovoljniji, najkonzervativniji, parametri predaje (emitovanja) i prijema signala kako bi se predupredila interferencija, iako je to situacija koja nije česta u praksi.

Postoje dva opšta zahteva koje TVWS uređaj mora da zadovolji:

- TVWS uređaju nije dozvoljeno da emituje u okviru zone pokrivanja predajnika DTT signala koji emituje na istom kanalu;
- TVWS uređaj može da emituje signal u zoni pokrivanja predajnika koji ne koristi isti TV kanal, uz uslov da je prijem ovog DTT signala, koji može biti u susednom kanalu u odnosu na kanal emitovanja TVWS uređaja, zaštićen.

Ovi kriterijumi dozvoljavaju da se kreiraju različiti dometi i uticaji interferencije na prijem DTT signala, na osnovu postojanja istokanalne i susednokalne interferencije. Međutim, mora se napomenuti da minimalna medijanska vrednost DTT signala mora biti zaštićena bez obzira da li TVWS uređaj radi u okviru zone pokrivanja posmatranog predajnika ili izvan nje.

Rastojanje između TVWS uređaja i prijemnika DTT signala, d_{WSD-BS} definiše minimalno operativno rastojanje od TVWS uređaja do antene prijemnika DTT signala. Ovo rastojanje, zajedno sa definisanim zaštitnim kriterijumom (npr. degradacija verovatnoće pokrivanja kolokacija) omogućava da se izračunaju ograničenja snage emitovanja TVWS signala.

Na osnovu navedenih problema koje TVWS uređaj koji autonomno radi može imati, kao i mala snaga emitovanja koja se može ostvariti ako se žele poštovati konzervativna ograničenja koja proističu iz autonomnog rada čine ovakav vid rada neefikasnim i teško ostvarivim u praksi. Zbog toga se autonomni rad TVWS uređaja može smatrati lošijim od rada uz kontrolu WSDB. Tehnike kolaborativnog osluškivanja spektra, u kojima više TVWS uređaja razmenjuje informacije o kanalima koji se koriste i vremenima kada se koriste, još uvek nisu usaglašene u potpunosti i ne mogu se smatrati, još uvek, efikasnijim od rada pod kontrolom WSDB.

Ograničenja DTT

Istokanalni rad DTT predajnika i TVWS uređaja

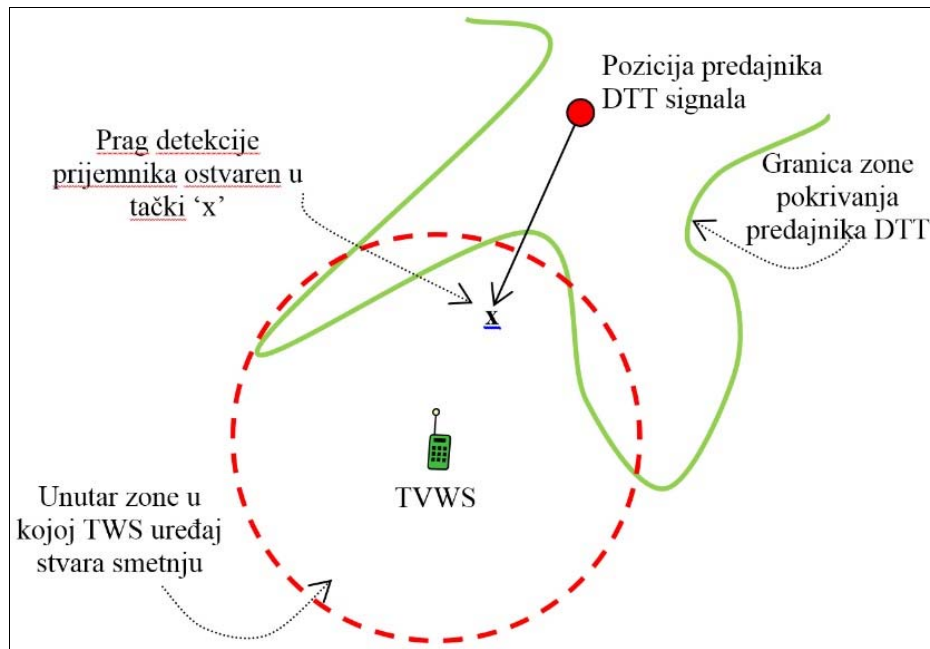
Ukoliko je EIRP TVWS uređaja „velika“, potencijalna oblast u kojoj TVWS uređaj stvara interferenciju prijemnicima DTT signala koji primaju signal na istom kanalu, može biti takođe vrlo velika. Na primer, ako je domet istokanalne interferencije TVWS uređaja više kilometara, tada se rad TVWS uređaja mora zabraniti, na istom kanalu, u okviru celokupne zone pokrivanja predajnika DTT signala kao i značajno izvan same zone pokrivanja DTT predajnika, Sl.10.3. 1.

Problemi sa pragom detekcije DTT signala u istom kanalu

U slučaju kada se prijem DTT signala štiti od istokanalne interferencije TVWS uređaja koji se nalazi izvan zone pokrivanja predajnika DTT signala, problem detekcije DTT signala, zato što je TVWS uređaj, izvan zone pokrivanja, u opštem slučaju, stvara interferenciju u vrlo širokom području. Zbog toga,

- Prag detekcije DTT signala TVWS uređaja može biti znatno manje osetljiv nego što je potreban nivo DTT signala za ispravan prijem;
- Kontura (granice zone) pokrivanja DTT signalom može uticati nepovoljno na prag detekcije DTT signala, Sl.10.3.1.

Na Sl.10.3.1, nivo polja u tački x je jednak pragu prijema signala. TVWS uređaj se nalazi iza lokacije x u odnosu na predajnik digitalnog TV signala. Zona u kojoj TVWS signal predstavlja interferenciju preseca zonu pokrivanja predajnika DTT signala. TVWS uređaj stvara interferenciju u preseku zona pokrivanja predajnika DTT signala i zone koja označava domet (smetnje) TVWS signala.



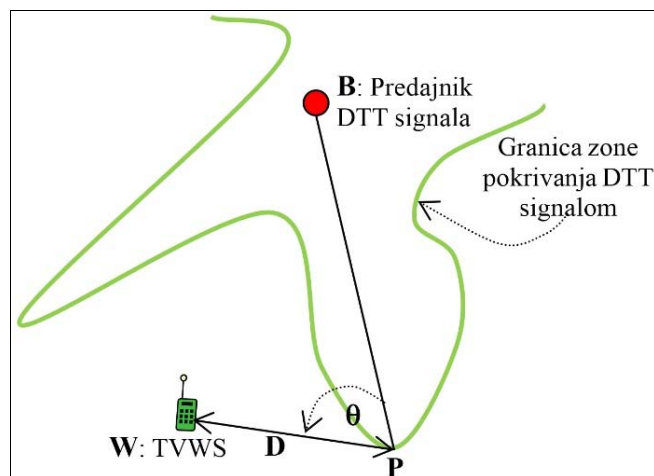
Sl.10.3.1 – Zaštita zone pokrivanja predajnika DTT signala i njenih granica

Drugi opisani slučaj kada izgled konture pokrivanja DTT signalom utiče na prag detekcije može se pojaviti u slučaju kada je TVWS uređaj pozicioniran iza lokacije u kojoj je izmeren nivo DTT signala u nivou minimalnog nivoa potrebnog za ispravan prijem (praga prijema), ali je udaljenost TVWS uređaja do najbliže tačke na granici zone pokrivanja manje od zone u kojoj TVWS signal stvara interferenciju. Način da se prijemnik DTT signala zaštiti od interferencije u takvom slučaju jeste da se utvrdi da li je TVWS uređaj:

- Unutar zone pokrivanja predajnika DTT signala, kada se TVWS uređaju zabranjuje upotreba dotičnog kanala koji koristi predajnik DTT signala, ili
- Izvan zone pokrivanja predajnika DTT signala, kada je potrebno znanje o položaju granica zone pokrivanja DTT predajnika i metodi da se izračuna rastojanje između TVWS uređaja i tačaka na granici zone pokrivanja (geometrijsko mesto tačaka koje su ometane od strane TVWS uređaja).

U drugom slučaju, ograničenje EIRP TVWS uređaja je funkcija rastojanja i relativnog položaja TVWS uređaja, položaja predajnika DTT signala i tačaka na konturi granice zone pokrivanja predajnika digitalnog TV signala. Geometrijski položaj učesnika u komunikaciji prikazan je na

Sl.10.3.2. Koordinate predajnika digitalnog TV signala i konture pokrivanja DTT signalom moraju biti smeštene u nekoj bazi, npr. WSDB. Takođe, mora postojati i model proračuna rastojanja D , od TVWS uređaja, položaj W , do svake tačke konture pokrivanja DTT signalom, P , i relativnog diskriminacionog ugla prijemne antene (ugao između vektora $\vec{P_i}$ i $\vec{P_W}$). Izračunavanje ugla se može lako izvršiti ako su poznate koordinate predajnika DTT signala, TVWS uređaja i tačaka duž granice zone pokrivanja predajnika DTT signala. Ugao θ na Sl.10.3.2 je ugao između lokacije predajnika DTT signala, B , i lokacije TVWS uređaja, W , viđen iz tačke P sa granice zone pokrivanja DTT signalom.



Sl.10.3.2 – Geometrija učesnika u komunikaciji pri zaštiti zone pokrivanja predajnika DTT signala.

Kako TVWS uređaju koji radi autonomno, nisu dostupne geografske informacije (informacije o lokacijama), deluje da se ovaj specifičan ali važan slučaj, ne može rešiti bez upotrebe geolokacijske baze tj. WSDB, jer direktna metoda praga detekcije se ne može smatrati pouzdanom.

Analiza interferencije u susednim kanalima

Ako je EIRP TVWS uređaja velika, tada se slična analiza kao i u slučaju istokanalne interferencije može primeniti. To znači da je potrebno da se za TVWS uređaj izvan zone pokrivanja predajnika DTT signala analizira interferencija koja se stvara u susednim kanalima (što može uticati na prijemnike DTT signala unutar zone pokrivanja). Ako je EIRP dovoljno mala da ne stvara interferenciju DTT signalima u susednim kanalima, u susednim zonama pokrivanja, tada je jedino ograničenje koje se odnosi na EIRP ono koje se bavi zaštitom prijema DTT signala, zaštićenog nivoa polja i horizontalnog „zaštitnog rastojanja“, pd , koje je nekoliko metara. U ovom slučaju, rastojanje “ $d_{TVWS-BS}$ ” za izračunavanje gubitaka u jednačinama (10.3.2-5), je

$$d_{TVWS-BS} = \{pd^2 + \Delta h^2\}^{1/2}, \quad (10.3.8)$$

gde je Δh razlika visina iznad tla TVWS uređaja (recimo 1.5m iznad nivoa tla) i antene prijemnika DTT signala (npr. 30m iznad nivoa tla) a pd zaštitno rastojanje (obično 1 ili 2m). Diskriminacija prijemne antene prijemnika DTT signala, u slučaju fiksnog prijemnika, određena je uglom diskriminacije,

$$\varphi = \arctan(\Delta h/pd). \quad (10.3.9)$$

Na osnovu prethodno opisanog, jasno je da autonomni rad TVWS uređaja ne garantuje detekciju DTT signala u istom i susednim kanalima od strane TVWS uređaja, zbog čega postoji veliki rizik stvaranja smetnji primarnim korisnicima spektra. Stoga se upotreba geolokacijskih baza smatra obaveznom da bi se izbegla interferencija. Potrebni pragovi detekcije, koji su u rasponu od -91dBm do -155dBm, su praktično teško ostvarivi a istovremeno ne garantuju neometani rad primarnih korisnika sa dovoljnom verovatnoćom. Zbog toga, jasno je da je upotreba geolokacijskih baza neophodna u cilju postizanja rada TVWS uređaja uz izbegavanje interferencije prema primarnim korisnicima. U slučajevima kada je moguće postići zadovoljavajući nivo zaštite primarnih korisnika upotrebom geolokacijskih baza, primena osluškivanja spektra se smatra čak i nepotrebnom. Zajednička upotreba geolokacijskih baza i osluškivanja spektra može doneti nove prednosti i povećati zaštitu primarnih korisnika spektra, međutim, trenutno nema jasnih izveštaja i studija regulatornih i standardizacionih tela koji bi potvrdili takav pristup i objektivno prikazali benefite koji bi se mogli ostvariti.

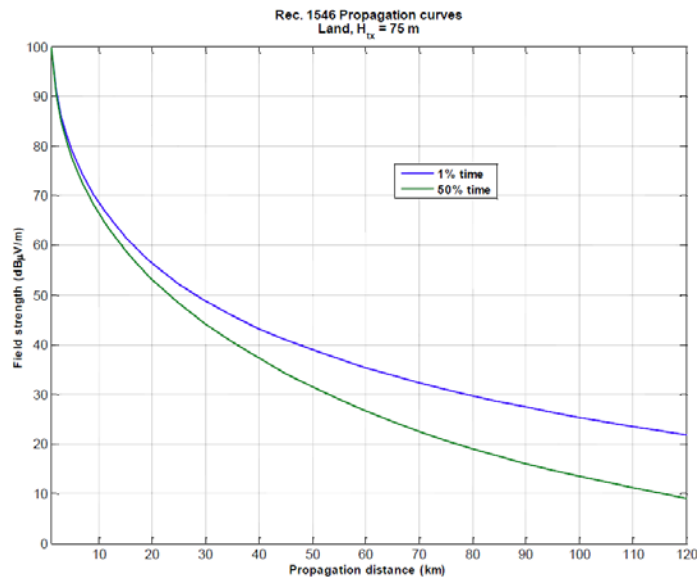
10.3.2. VEROVATNOĆA POSTOJANJA SIGNALA NA PROCENTU LOKACIJA U PROCENTU VREMENA

Kao što je prikazano na Sl.10.1.1, nivo električnog polja u okviru piksela (u kome se posmatra DTT signal) prati normalnu raspodelu opisanu svojom srednjom vrednošću i standardnom devijacijom. TV signal odlikuje se stabilnim nivoom na prijemu, kada je značajno iznad nivoa praga, u prisustvu isključivo termičkog šuma. Uticaj šuma na signal nije vremenski promenljiv. Vremenska promenljivost smetnji TV signalu generalno je povezana sa istokanalnom interferencijom koja potiče iz drugog regiona a koje je kratkotrajna i obično do 3 dana u toku godine (do 1% vremena).

Pouzdanost prijema signala određena je odnosom snage nosioca i snage šuma tj. C/N (CNR). U laboratorijskim uslovima se utvrđuje zahtevani odnos, $(C/N)_{ref}$ pri kom je prijem signala takav da omogućava dobar servis odnosno kvalitetnu sliku na prijemniku odnosno TV uređaju. U samoj laboratoriji se merenje vrši koristeći konstantne vrednosti snaga signala i šuma, što se često označava kao konstantni uslovi. Za željeni signal, ovi „privremeno“ konstantni uslovi su uglavnom najčešći (dominantni su) u zoni pokrivanja predajnika digitalnog TV signala u smislu da se radio planiranje bazira na ovoj pretpostavci. Zbog toga, preporuka ITU-R P.1546-5 [ITU-R P.1546-5] prikazuje propagacione krive za 1% i 50% vremena. Kriva za određeni procenat vremena daje medijansku jačinu nivoa polja, E_{med} , na nekoj lokaciji (vrednost prevaziđena na 50% lokacija), koja je prevaziđena u zadatom procentu vremena (1%, 10%, 50%). Kriva koja prikazuje medijansku jačinu polja (u odnosu na lokacije) koja je prevaziđena u 99% vremena, $E_{99\%}$, je praktično identična krivoj za 50% vremena i zato se i ne razmatra u preporuci P.1546. Zbog toga, birajući $(E_{med}/N) \geq (C/N)_{ref}$ isto je kao da se posmatra $(E_{99\%}/N) \geq (C/N)_{ref}$. Drugačije posmatrano,

zahtevani odnos $(C/N)_{ref}$ je prevaziđen u 99% vremena tj. praktično uvek pa se može jačina signala smatrati konstantnom sa stanovišta prevazilaženja potrebne vrednosti za dobar prijem. Za ometajuće signale iz susjednih regiona (alotmenta) referentne krive su krive sa 1% vremena (gde je signal prevaziđen na 50% lokacija). Na osnovu krivih prikazanih u preporuci P.1546, može se zaključiti da krive za male procenete, odnosno krive za 1% vremena favorizuju velika rastojanja ali da na malim rastojanjima signali koji prate ove krive imaju minimalni uticaj. Za mala rastojanja, do 3km, razlika između propagacionih krivih za 1% i 50% vremena je mala i ispod 1dB. Kako rastojanje raste i razlike između krivih su uočljivije, pa tako za rastojanja od 5km do 100km, razlike su od 2dB do 10dB.

Važno je napomenuti i da propagacija radio-signalna ne prati normalnu raspodelu (kao u slučaju šuma) koja je lako opisiva. Zbog toga, preporuka P.1546 pri prikazu svojih krivih već uzima u obzir ove komplikovane statističke pojave. Na Sl.10.3.3 prikazane su uporedno krive za 1% i 50% vremena, za predajnik snage 1kW (EIRP) koji emituje na 600MHz sa visine od 75m,



Sl.10.3.3 – Poređenje između propagacionih krivih za 1% i 50% vremena, za predajnik snage 1kW, koji emituje na 600MHz sa visine od 75m.

Verovatnoća da signal prevazilazi zahtevani nivo na odgovarajućoj lokaciji, ili verovatnoća lokacije, definiše se nad jedinstvenom jedinicom površine koja se naziva piksel. Tako piksel može imati različite dimenzije, od 500m×500m, preko 100m×100m pa sve do rezolucije digitalnog modela terena na kom se vrši izračunavanje. Izbor veličine piksela imaće uticaj na tačnost propagacionog modela pri određivanju nivoa polja za dati piksel i na složenost i trajnost izračunavanja [Fanana2017]. Ova verovatnoća definiše deo piksela gde je zahtevani minimalni $C/(I+N)$ prevaziđen za određene slučajeve prijema i u različitom okruženju.

Verovatnoća lokacije od 100% znači da signal uvek može biti primljen u pikselu koji se posmatra. Verovatnoća od 50% ukazuje da na samo polovini lokacija unutar piksela je moguće ostvariti zadovoljavajući $C/(I+N)$ da bi prijem DTT signala bio moguć. U idealnom slučaju,

verovatnoća lokacije je 100% u blizini stuba sa kog emituje predajnik DTT signala i 0% izvan zone pokrivanja. Verovatnoća od 95% je prihvaćena širom Evrope kao standardna vrednost za verovatnoću lokacije (piksela) na ivici zone pokrivanja. Verovatnoća lokacija na ivici ćelije je standardna metoda procene kvaliteta pokrivanja koja se koristi ne samo u sistemima difuzije već i pri planiranju drugih radio-sistema, uključujući i sisteme mobilnih komunikacija. Smatra se, i može se pokazati matematičkim izračunavanjem, da 95% verovatnoća lokacija na ivici ćelije odgovara verovatnoći 99% lokacija (površine) unutar zone pokrivanja. Pored toga, intuitivno je jasno da ako je na ivicama zone pokrivanja ostvarena verovatnoća lokacija od 95% da je unutar zone pokrivanja taj procenat najmanje jednak, a svakako da se očekuje i da je veći. Da bi se odredio kvalitet pokrivanja u servisnoj zoni DTT predajnika (zapravo protok signala), verovatnoća lokacija se obično izračunava za piksele dimenzija 100m×100m, na teritoriji celokupne države. Pojava bilo kakve interferencije dovodi do smanjenja verovatnoće lokacije i zato ova verovatnoća predstavlja dobru metriku za ocenu kvaliteta prijema signala. Samim tim, verovatnoća lokacije je dobra metrika i da se oceni i specificiraju limiti vezani za emitovanje TVWS uređaja kao sekundarnih korisnika spektra.

Da bi WSDB mogla da izračuna maksimalne dozvoljene snage emitovanja za TVWS uređaje za sve TV kanale i na svim lokacijama gde je DTT signal prisutan WSDB mora da ima određene podatke o:

- Kvalitetu pokrivanja DTT signalom teritorije zemlje na nivou prihvaćene rezolucije (na nivou piksela, npr. 100m x100m).
- Odgovarajućem kriterijumu ili metrici za kvantifikovanje i izračunavanje nivoa interferencije TVWS uređaja koju prijemnik DTT signala može da primi a da se ne ometa prijem DTT signala.
- Definisanim referentnim geometrijama između ometača (TVWS uređaja) i DTT prijemnika, za koje ograničenja zračenja TVWS uređaja, postavljenih od regulatorne agencije, obezbeđuju da se ne dolazi do interferencije pri kojoj se prekida prijem DTT signala.
- Odgovarajućim vrednostima zaštitnih odnosa između TVWS uređaja i prijemnika DTT signala kao i o pragu zasićenja DTT prijemnika koji se definišu kao funkcija pomeraja centralnih učestanosti kanala u kojima signal emituje ometač (TVWS) i prijemnika DTT signala. Odnos C/I DTT signala se takođe može koristiti.
- Usvojenoj metodologiji za izračunavanje odgovarajućeg nivoa zračenja TVWS uređaja.

Imajući u vidu da je za izračunavanja u WSDB potrebno kreirati matematički model, verovatnoća lokacije može se analitički opisati na sledeći način, kao što je to preporučeno u [CEPT,186]. Ako se posmatra piksel gde je verovatnoća da je DTT signal zadovoljavajućeg nivoa za prijem jednaka q_1 u prisustvu interferencije i šuma, tada se q_1 može izraziti kao:

$$q_1 = \text{Prob} \left\{ P_S \geq P_{S,\min} + \sum_{i=1}^K r_{U,i} \times P_{U,i} \right\} = \text{Prob} \{ P_S \geq U \}, \quad (10.3.10)$$

gde je sa Prob označena verovatnoća željenog događaja (umesto samo sa P ili Pr) kako bi

se razlikovala od snage željenog signala P_s . $P_{s,min}$. Prag osetljivosti prijemnika DTT signala u prisustvu termičkog šuma, $P_{U,i}$ je snaga i -tog neželjenog signala koji prima DTT prijemnik shodno krivoj za 1% vremena a $r_{U,i}$ je zaštitni faktor za i -ti neželjeni signal. Pri planiranju mreža za prenos digitalnog TV signala, P_s i svaki individualni signal $P_{U,i}$, prikazan u dBm modeluju se kao slučajna promenljiva sa *Gauss*-ovom raspodelom. Veličina U predstavlja slučajnu promenljivu koja je suma snaga individualnih izvora interferencije i $P_{s,min}$.

U jednačini (10.1.1), statistički promenljive snage su direktno sumirane u linearnom domenu i zbog toga nije moguće dobiti rešenje ove jednačine u zatvorenoj formi. Zbog toga, najprecizniji način izračunavanja verovatnoće q_l jeste upotrebom *Monte Carlo* simulacione metode. Kada god potpun skup ishoda nije poznat, ili nije moguće pronaći rešenje u zatvorenoj formi, *Monte Carlo* simulacije se mogu primeniti jer vrše izuzetno veliki broj simulacija, sa vrednostima parametara koji učestvuju u simulaciji izabranih u skladu sa njihovim *Gauss*-ovim raspodelama.

Kada se planira širokodužna mreža (npr. u skladu sa RRC-06 ili nekim drugim dokumentom) uobičajno se zaštitne margine za međunarodnu koordinaciju određuju u odnosu na $(L,T)=(50\%, 50\%)$ i uz pretpostavku da signal smetnje prati krivu sa 1% vremena uz nivo signala prevaziđen na 50% lokacija. Kao što je prikazano na Sl.10.1.1, razlika između krivih za 1% i 50% vremena je praktično nula. Ovo znači da signali TVWS uređaja koji se nalaze unutar zone pokrivanja predajnika digitalnog TV signala, dolaze do prijemnika DTT signala praktično konstantnim nivoom jer se radi o malim rastojanjima između DTT prijemnika i TVWS uređaja. Ovo znači da su efekti interferencije praktično takvi da se mogu smatrati kontinualnim pa ako prijemnik DTT signala ne može da primi signal sa zadovoljavajućim odnosom $C/(I+N)$ to onda znači da će taj odnos uvek i sve vreme postojanja signala TVWS uređaja biti ispod minimalnog zahtevanog nivoa. Zbog ovog razloga, kada god se razmatra interferencija koja potiče od TVWS uređaja udaljenog manje od 1km ili 2km od prijemnika DTT signala, i kada se nivo TVWS signala može smatrati konstantnim, vrlo striktna ograničenja verovatnoće lokacije se moraju primeniti. Kod starih analognih TV sistema, uobičajeno pravilo je bilo da se doda 10dB zaštitne margine kako bi se ostvario zadovoljavajući odnos u slučaju postojanja kontinualne smetnje. Kontinualnu smetnju moguće je opisati kao neželjeni signal koji prati krivu koja opisuje postojanje signala 50% vremena umesto 1%.

Metodologije za izračunavanje dozvoljene snage signala TVWS uređaja na određenoj lokaciji

Kvalitet digitalnog TV signala na mestu prijema može se opisati verovatnoćom lokacije koja uzima u obzir šum i interferenciju od drugih predajnika digitalnog TV signala, kako istokanalnu tako i susednokalnu. Interferencija unutar DTT sistema kompenzuje se usvajanjem zaštitnih margina. Ove margine (nivoi zaštite) određene su na osnovu selektivnosti prijemnog filtra u prijemniku digitalnog TV signala, načina prijema TV signala (fiksni, portabilni ili mobilni) i karakteristika interferirajućeg signala. Pošto prethodno opisani model uzima u obzir interferenciju koju stvaraju drugi predajnici digitalnog TV signala na signal željenog, isti model se može proširiti da u obzir uzme i dodatne efekte usled interferencije koju stvaraju TVWS uređaji. Uključivanje u proračun interferencije koju stvaraju TVWS uređaji će neumitno dovesti do smanjenja verovatnoće lokacije unutar piksela. Granica do koje je degradacija verovatnoće lokacije

prihvatljiva i samim tim smanjenje zone pokrivanja predajnika digitalnog TV signala, definiše regulatorna agencija. Degradacija od 0.1% bila bi neprimetna dok bi degradacija od 50% bila neprihvatljiva jer bi 50% korisnika na lokacijama u pikselu bili u nemogućnosti da prate TV program kada TVWS uređaji emituju signale. Dakle, na regulatornoj agenciji je da proceni dozvoljenu granicu na osnovu percepcije krajnjih korisnika.

Verovatnoća da je zahtevani intenzitet signala prevaziđen na datoj lokaciji, q_2 , u pikselu, uzimajući u obzir i interferenciju koja potiče od TVWS uređaja određena je kao:

$$q_2 = \text{Prob} \left\{ P_S \geq P_{S,\min} + \sum_{i=1}^K r_{U,i} \times P_{U,i} + r(\Delta f) \times G \times P_{IB} \right\} = \text{Prob} \left\{ P_S \geq U + r(\Delta f) \times G \times P_{IB} \right\}, \quad (10.3.11)$$

gde je $r(\Delta f)$ zaštitna margina (zaštitni odnos) za interferirajući TVWS za frekvencijski pomeraj jednak Δf od željenog DTT signala, G je dobitak usled sprege (prijema) TVWS signala interferirajućeg TVWS uređaja i DTT prijemnika koji je ometen TVWS signalom dok je P_{IB} ograničenje emitovane snage (EIRP) u opsegu (tzv. *in-block*) za konkretni TVWS uređaj. Sve veličine u jednačini (10.3.11) prikazane su u linearnoj srazmeri.

Da bi se odredio dobitak sprege između TVWS predajnika i DTT prijemnika koji je ometen prijemom TVWS signala, G , potrebno je detaljno poznavanje lokacija TVWS uređaja i prijemnika DTT signala. Kako ove lokacije ne mogu biti precizno određene, potrebno je načiniti određene pretpostavke o mogućim lokacijama. U slučajevima kada TVWS uređaj emituje signal u okviru istog piksela u kom se nalazi i prijemnik DTT signala, primenjuje se metoda referentne geometrije. Referentna geometrija definiše moguću geometriju pri sprezi TVWS uređaja i DTT prijemnika i u idealnom slučaju uzima u obzir minimalno potrebno rastojanje između ova 2 uređaja da ne dođe do smetnji prijemniku DTT signala. Referentna geometrija će zavisiti od načina primene TVWS uređaja (mobilni uređaj, fiksni uređaj, bazna stanica tj. *master* uređaj) i mogućih scenarija između TVWS uređaja i DTT prijemnika i vrednosti dobitka G koji se vezuje za ove scenarije u skladu sa modelom opisanim u Prilogu 2 izveštaja ECC 186, [CEPT,186], i [Pahl2016]. Rastojanje između TVWS uređaja i prijemnika digitalnog TV signala, d_{WSD_DTT} , karakteristike antena i razlika u izabranim kanalima rada (ukoliko postoji) između TVWS uređaja i DTT prijemnika omogućavaju da se G izračuna.

Važno je napomenuti da proizvod $r(\Delta f) \times G \times P_{IB}$ predstavlja snagu primljenog interferirajućeg TVWS signala skaliranu zaštitnim faktorom (marginom) koji uzima u obzir selektivnost prijemnog filtra DTT uređaja i karakteristike ometajućeg TVWS signala. Ovaj član opisuje efektivno primljenu snagu ometajućeg signala. TVWS uređaj koji emituje na učestanosti udaljenijoj od centralne učestanosti kanala DTT signala imaće veću Δf pa samim tim i manji uticaj na verovatnoću lokacije. Zbog veće razlike između učestanosti emitovanja TVWS uređaja i DTT signala koji se prima, karakteristika prijemnog filtra DTT uređaja je selektivnija pa je i potrebna zaštita manja.

Smanjenje verovatnoće lokacije i posledično smanjenje zone pokrivanja signalom digitalne TV, Δq , može se izraziti kao:

$$\Delta q = q_1 - q_2 = \text{Prob}\{P_S \geq U\} - \text{Prob}\{P_S \geq U + r(\Delta f) \times G \times P_{IB}\}. \quad (10.3.12)$$

Primljeni interferirajući signal koji emituje TVWS uređaj određuje degradaciju verovatnoće lokacije i budžet linka neophodan za rad TVWS uređaja. Dozvoljena efektivno izračena snaga (EIRP), P_{IB} , TVWS uređaja određena je dobitkom sprege, G , i zaštitnom marginom. Različiti TVWS uređaji imaju i različito G i $r(\Delta f)$. Uređaji koji su potencijalni izvori veće smetnje predajnicima digitalnog TV signala će zahtevati i veću zaštitu odnosno primenu većih margina pa će samim tim i dozvoljena P_{IB} u njihovom slučaju biti manja.

Kada je potrebno odrediti nivo degradacije verovatnoće lokacije, Δq_{lim} , koji je dozvoljen, regulatorna agencija može usvojiti dva pristupa. Prvi pristup predviđa da se usvoji fiksna vrednost dozvoljene degradacije verovatnoće lokacije. Aneks 5 izveštaja ECC 186 [CEPT,186] predviđa da je fiksna degradacija jednaka 0.1% (u izveštaju $\Delta LP=0.1\%$). Fiksna redukcija verovatnoće lokacije odnosi se na celu zonu pokrivanja i na najzahtevniji način prijema DTT signala u odgovarajućem okruženju (npr. fiksni prijem sa antenom na vrhu krova, portabilni prijem u spoljnjem okruženju, portabilni prijem u unutrašnjosti objekta itd.). Drugi pristup podrazumeva da se definišu vrednosti verovatnoće lokacije koje predstavljaju minimalnu prihvatljivu vrednost verovatnoće za određene načine prijema DTT signala u različitim okruženjima (isto kao i u prvom slučaju, fiksni prijem sa antenom na vrhu krova, portabilni prijem u spoljnjem okruženju, portabilni prijem u unutrašnjosti objekta itd.). U oba pristupa, bilo da se definiše fiksna degradacija ili minimalno potrebna verovatnoća lokacije, regulatorna agencija treba da proceni koji je to dozvoljeni nivo degradacije kako bi balansirala između efikasnog korišćenja belog spektra, maksimizacije iskorišćenja spektra i zaštite primarnih korisnika spektra.

Dodatno, Aneks 5 izveštaja ECC 186 [CEPT,186] definiše i EIRP TVWS uređaja koja mora imati određen apsolutni limit koji će zavisiti od snage koja dovodi prijemnik DTT signala u zasićenje (*overload*), O_{th} , pojedinačno za svaki način prijema signala i bliskost kanala koji koristi TVWS uređaj u odnosu da kanal u kom se emituje digitalni TV signal (multipleksni signal). Ovaj zahtev se analitički može prikazati kao:

$$\text{Prob}\{G \times P_{IB} > O_{th}\} < \Delta q_{lim}. \quad (10.3.13)$$

Tri načina prijema DTT signala, preko fiksne antene na krovu kuće, portabilni u spoljašnjem okruženju i portabilni iz objekta mogu se štititi progresivno, od ivice zone pokrivanja pa ka unutar zone do stuba na kom je lociran predajnik ili predajna antena (antenski sistem) predajnika digitalnog TV signala. Prilog 4 izveštaja ECC186 prikazuje više o ovakvom vidu prikaza zone pokrivanja, pri čemu se zona pokrivanja raščlanjuje na delove u kojima je određeni način prijema signala moguć uz minimalan potreban nivo polja DTT signala (ili snage DTT signala). Ova metoda definiše maksimalni EIRP za jedan TVWS uređaj koji se nalazi u istom pikselu sa prijemnikom digitalnog TV signala. U slučaju kada postoji više TVWS uređaja koji emituju svoje signale, vrlo verovatno će biti potrebno da se izvrši dodatna redukcija snaga emitovanja TVWS uređaja kako bi se izbegla nedozvoljena redukcija verovatnoće lokacije.

Metode izračunavanja interferencije TVWS uređaja

Interferencija koju TVWS uređaj stvara prijemniku digitalnog TV signala može se posmatrati u dva scenarija. Prvi scenario podrazumeva da se prijemnik digitalnog TV signala i TVWS uređaj koji stvara interferenciju nalaze u istoj zoni pokrivanja predajnika DTT signala. Zbog vrlo velike verovatnoće da će rad TVWS uređaja izazvati interferenciju predajnicima digitalnog TV signala, emitovanje TVWS uređaja biće ograničeno na susedne kanale u odnosu na onaj u kome se emituje DTT signal. Ovaj scenario odgovara slučaju malog rastojanja između TVWS uređaja i prijemnika DTT signala. Izveštaj [CEPT,186] razrađuje limite u ovakvom scenariju i opisuje različite tipove smetnji. Drugi scenario podrazumeva da interferenciju stvara TVWS uređaj koji se nalazi izvan zone pokrivanja predajnika DTT signala. Zbog većeg rastojanja između TVWS uređaja, koji stvara interferenciju, i prijemnika DTT signala, istokanalna interferencija i dalje ostaje najveća briga, ali i interferencija koja je posledica rada u susednim kanalima se mora analizirati. Veće rastojanje između prijemnika DTT signala i TVWS predajnika određuju koja će ograničenja biti usvojena (u skladu sa propagacionim krivama iz preporuke P.1546) i koja će biti dozvoljena maksimalna efektivno izračena snaga (EIRP). *Monte Carlo* simulacione metode se mogu koristiti zajedno sa jednačinom (10.3.13) kako bi se odredila maksimalna EIRP za svaki scenario. Dobitak sprege, G u jednačini (10.3.13), određuje se na osnovu konkretnog rastojanja između TVWS uređaja i piksela koji se posmatra u analizi. U izveštajima CEPT-a, ovo rastojanje se označava kao nereferencirana ili nereferentna geometrija jer se koristi samo da bi se odredio dobitak G .

Kao što je prethodno navedeno, dozvoljeni nivo degradacije verovatnoće lokacije određuje regulatorna agencija na osnovu nekoliko kriterijuma. Na osnovu ove degradacije, korišćenjem referentne i nereferentne geometrije određuje se maksimalna EIRP za TVWS uređaj (predajnik). Da bi izračunali maksimalnu dozvoljenu smetnju koju prima prijemnik DTT signala, potrebno je rešiti jednačinu (10.3.13). Pošto jednačinu nije moguće rešiti u zatvorenoj formi, moraju se koristiti metode analitičke matematike ili *Monte Carlo* simulacija.

Monte Carlo simulacija koristi se kada postoji više statističkih promenljivih čiji ishodi nisu u potpunosti poznati. U slučaju analize maksimalne EIRP TVWS uređaja, relevantni parametri koji učestvuju u *Monte Carlo* simulaciji su:

- $E_{W,med}$, σ_W – Medijana intenziteta električnog polja željenog DTT signala i standardna devijacija;
- $r_{U,i}$ – Odgovarajuće zaštitne margine (odnosi) koje odgovaraju različitim frekvencijskim odstupanjima (*offset-ima*) Δf ;
- $E_{TVWS,med,j}$, $\sigma_{TVWS,j}$ – Medijane intenziteta električnog polja interferirajućih TVWS signala i devijacija za j ometača;
- POL_j , ATT_j , $DISC_j$ – Polarizaciona diskriminacija, slabljenja predajne antene (jedne ili više) i diskriminacija prijemne antene (jedne ili više).

U *Monte Carlo* simulaciji vrši se veliki broj izbora vrednosti parametara i izračunavanja za tako izabrane skupove. Na osnovu velikog broja ponavljanja moguće je izračunati verovatnoću lokacije koja je od interesa. Posle svakog pojedinačnog (slučajnog) izbora parametara vrše se sledeća izračunavanja:

- Slučajne vrednosti jačine polja željenog signala koristeći izraz:

$$E_W = E_{W,med} + random(Gauss, \sigma_W), \quad (10.3.14)$$

gde *random* podrazumeva generisanje *Gauss*-ove raspodele sa standardnom devijacijom σ_W , i izbora jedne vrednosti iz date raspodele (slučajnim izborom);

- Slučajne vrednosti jačine polja TVWS signala, za svakog ometača *j*, po jednačini

$$E_{TVWS,j} = E_{TVWS,med,j} + random(Gauss, \sigma_{TVWS,j}); \quad (10.3.15)$$

Odgovarajućih ometajućih polja u smislu [CEPT,186], $NU_{WSD,j}$, koristeći $E_{WSD,j}$ i odgovarajuće zaštitne odnose (margine) *POL*, *DIR* itd.. U slučaju *Monte Carlo* simulacija koristi se trenutno ometajuće polje dok se kod analitičkog pristupa radi o medijanskoj vrednosti polja. Vrednost ometajućeg polja za *i*-ti TVWS uređaj izračunava se kao

$$NU_i = E_i + r_{U,i}(\Delta f) - POL - DIR, \quad (10.3.16)$$

gde su E_i i $r_{U,i}(\Delta f)$ jačina električnog polja *i*-tog ometajućeg TVWS signala i zaštitni odnos (margina) za frekvencijsko odstupanje jednako Δf između željenog DTT signala i ometajućeg TVWS signala;

Sumu snaga za ometajuće polje $NU_{TVWS,j}$ i ometajuće polje za šum, NU_N , koji se koriste za svako ponavljanje u okviru *Monte Carlo* simulacije, što vodi dobijanju ukupnog ometajućeg polja NU_{sum} , koje se koristi za poređenje sa E_W . Ukupno polje koje se računa kao suma snaga ometajućeg polja jednog ili više TVWS uređaja i ometajućeg polja šuma mora biti manje od jačine električnog polja željenog signala,

$$E_W > NU_{TVWS,j} \oplus NU_N. \quad (10.3.17),$$

gde \oplus predstavlja sabiranje po snazi;

Odnos broja ishoda (ponavljanja) gde je $E_W \geq NU_{sum}$ i ukupnog broja ponavljanja koji daje verovatnoću lokacije u prisustvu interferirajućeg TVWS signala i šuma.

U slučajevima kada se degradacija verovatnoće lokacije računa po uvođenju ometačkog signala TVWS uređaja, neophodno je da se sprovedu 2 Monte Carlo simulacije. Jedna simulacija treba da simulira početnu situaciju bez ometačkog signala TVWS uređaja. Druga Monte Carlo simulacija treba da odredi verovatnoću lokacije kada postoji signal TVWS uređaja koji stvara smetnju. Razlika između određene verovatnoće lokacije prve i druge simulacije daje degradaciju verovatnoće lokacije tj. ΔLP .

Kada se sprovodi analitičko izračunavanje interferencije TVWS uređaja, može se krenuti od izraza (10.3.10) i prikazati ga u pojednostavljenoj formi kao:

$$q_1 = \text{Pr ob} \left\{ P_S \geq \sum_{i=0}^K r_{U,i} \times P_{U,i} \right\}, \quad (10.3.18)$$

gde je $r_{U,0}=r_N=10^{(C/N)/10}$, sa minimalnim zahtevanim odnosnom C/N i $P_{U,0}=P_N$ snaga šuma.

Verovatnoća q_1 predstavlja verovatnoću lokacije, odnosno verovatnoću da je snaga željenog DTT signala veća od sumarne snage svih interferirajućih DTT signala. Ako se pored DTT signala pojavljuje i ometajući TVWS signal, snage $P_{TVWS,RX}$, sa zaštitnim faktorom (marginom) r_{TVWS} , verovatnoća lokacije će se smanjiti na vrednost q_2 , pri čemu je

$$q_2 = \text{Prob} \left\{ P_S \geq \sum_{i=0}^K r_{U,i} \times P_{U,i} + r_{TVWS} \times P_{TVWS,RX} \right\}. \quad (10.3.19)$$

Ovo je jednačina koja je pojednostavljena jednačina (10.3.11). Međutim, za potrebe proračuna, mogu se uvesti dve slučajne promenljive, Z i Z' koje se definišu kao

$$Z = P_S - \sum_{i=0}^K r_{U,i} \times P_{U,i} \quad \text{i} \quad Z' = \begin{cases} Z, & Z > 0 \\ 0, & Z < 0 \end{cases} \quad (10.3.20)$$

Promenljiva Z' , izražena u dBm, slučajnom promenljivom sa log-normalnom raspodelom Z' dBm koja ima srednju vrednost $m_{Z',dBm}$ i standardnu devijaciju $\sigma_{Z',dB}$. Tada se, verovatnoća q_2 i maksimalna EIRP TVWS uređaja mogu izraziti kao,

$$q_2 = q_1 \times \text{Prob} \left\{ P_{TVWS,TX,dBm} \leq Z'_{dBm} - r_{TVWS,dB} - G_{TVWS,dB} \right\} \quad (10.3.21)$$

i

$$P_{TVWS,TX,dBm} \leq m_{Z',dBm} - m_{G,dB} - r_{TVWS,dB} - \sqrt{2} \times \text{erfc}^{-1} \left[2 \left(1 - \frac{q_2}{q_1} \right) \right] \times \sqrt{\sigma_{Z',dBm}^2 + \sigma_{G,dB}^2}. \quad (10.3.22)$$

Izrazu (10.2.11) može se dodati margina IM_{dB} , koja će uračunati signale višestrukih aktivnih TVWS uređaja ili kao dodatna rezerva datom uslovu. Posmatrajući jednačinu (10.3.21) može se zaključiti:

- Postojeća interferencija (predstavljena medijanom snage interferencije $m_{Z',dBm}$, normalnom raspodelom sa standardnom devijacijom $\sigma_{Z',dBm}$) vodi ka q_1 procenata verovatnoće lokacije za prijem DTT signala;
- Jedan dodatni ometač (npr. TVWS uređaj), predstavljen maksimalnom emitovanom EIRP, $P_{TVWS,TX,dBm}$, sa medijanskom vrednošću dobitka sprege $m_{G,dB}$, log-normalnom raspodelom sa standardnom devijacijom $\sigma_{G,dB}$ i zaštitnim odnosom $r_{TVWS,dB}$, vodi ka q_2 procenata verovatnoće lokacije za prijem DTT signala, pri čemu je $q_2 < q_1$;

- Rezultujuća degradacija iznosi $\Delta LP = q_1 - q_2$;
- Ukoliko je zadana degradacija ΔLP , tada se zamenom u prethodnim izrazima za $q_2 = q_1 - \Delta LP$ može dobiti maksimalna EIRP za jedan TVWS uređaj čija interferencija vodi smanjenju verovatnoće lokacije koja neće biti veća od zahtevanog ΔLPI . Potpuni matematički dokaz prikazan je u Prilogu 12 izveštaja ECC 186, [CEPT,186]. Važno je napomenuti da aproksimacije korištene pri analitičkom izračunavanju u izveštaju ECC 159 [CEPT,159] nisu precizne i da ih ne bi trebalo koristiti jer mogu dati pogrešan rezultat i do 10dB.

Ograničenje snage emitovanja TVWS uređaja u kanalima izvan dozvoljenog opsega

Zaštitni odnosi, margine, koji štite prijemnik digitalnog TV signala uzimaju u obzir i karakteristike TVWS uređaja prilikom emitovanja izvan dodeljenog opsega (kanala koje WSDB dodeli TVWS uređaju za emitovanje). Samim tim su te iste tehničke karakteristike (npr. karakteristika izlaznog filtra TVWS uređaja) indirektno uključene u izraz (10.3.22) jer je zaštitni odnos funkcija kako curenja spektra TVWS predajnika tako i spektralne selektivnosti prijemnika digitalnog TV signala. Konkretno, zaštitni odnos $r(\Delta f)$, u linearnoj skali, definiše se kao

$$\begin{aligned} r(\Delta f) &= \frac{P_S^*}{P_{AC}^*} = \frac{P_S^*}{P_I^*} \times \frac{P_S^*}{P_I^*} = r(0) \times \frac{1}{ACIR(\Delta f)} = \\ &= r(0) \times [ACLR_{CR}^{-1}(\Delta f) + ACS_{DTT}^{-1}(\Delta f)], \end{aligned} \quad (10.3.23)$$

gde * označava veličinu pri kojoj prijemnik ne uspeva da primi signal, P_I je snaga interferencije, P_{AC} je snaga ometača u susednom kanalu, $ACIR$ odnos interferencije iz susednog kanala a $ACLR_{CR}$ je odnos curenja TVWS uređaja u susedni kanal dok je ACS_{DTT} selektivnost DTT prijemnika u susednom kanalu. Po definiciji, maksimalna dozvoljena snaga emitovanja TVWS uređaja izvan dozvoljenog opsega od strane WSDB, P_{OOB}^{CR} , određena je sledećim izrazom, gde su sve vrednosti prikazane u logaritamskoj skali,

$$P_{OOB}^{CR}(\Delta f) = P_{IB}^{CR} - ACLR_{CR}(\Delta f). \quad (10.3.24)$$

Ako su potrebna ograničenja emitovane snage za TVWS uređaje sa nižim ACLR-om, zaštitni odnos koji se koristi se mora povećati kako bi se kompenzovao viši nivo interferencije. ETSI BRAN projekat definiše 2 ili više ACLR klasa za rad u opsezima od 3.4GHz-3.8GHz [ETSI EN 302 774, ETSI TR 102 742] i razmatra uvođenje 4 klase, dok izveštaj [CEPT,186] definiše ACLR1 i ACLR2 ispod i iznad učestanosti kanala koji se posmatra.

Metode za uračunavanje uticaja sumirane interferencije više TVWS uređaja

Kada postoji više TVWS uređaja koji emituju svoje signale i stvaraju interferenciju prijemniku digitalnog TV signala, potrebno je izvršiti sumiranje interferencije svih uređaja i uključiti tako sumiranu smetnju u proračun dozvoljenih snaga emitovanja TVWS uređaja i zaštitne margine, IM , za zaštitu DTT prijemnika. Zaštitna margina IM se može koristiti na više načina, kao:

- Fiksna predefinisana vrednost zaštitne margine određene na osnovu potencijalnog maksimalnog broja TVWS uređaja koji stvaraju interferenciju prijemniku DTT signala, za svaku učestanost od interesa (svaki kanal) u oblasti od interesa, za isti vremenski trenutak tj. za simultani rad TVWS uređaja;
- Fleksibilna zaštitna margina čija se vrednost određuje na osnovu maksimalnog broja aktivnih (prisutnih) TVWS uređaja koji stvaraju interferenciju prijemniku DTT signala u zoni od interesa, u istom vremenskom periodu (simultano);
- Fleksibilna minimalizovana zaštitna margina čija se vrednost određuje na osnovu stvarnih karakteristika svakog od aktivnih TVWS uređaja koji stvaraju interferenciju prijemniku DTT signala, koji rade na svim mogućim učestanostima (u skladu sa operativnim parametrima i dostupnim kanalima) u oblasti od interesa (zoni pokrivanja) i u isto vreme.

Izraz (10.3.22) izveden je da bi se odredila gornja granica za slučaj kada postoji jedna TVWS uređaj koji stvara smetnju prijemniku DTT signala. Naravno, ovo ograničenje nije dovoljno da spreči nedozvoljenu degradaciju verovatnoće lokacije i neodgovarajući prijem DTT signala u slučaju kada postoje 2 ili više TVWS uređaja koji ometaju rad prijemnika DTT signala emitujući signal maksimalnom EIRP određenom za slučaj postojanja samo jednog aktivnog TVWS uređaja. Kao što je već navedeno, dodatna margina, IM_{dB} , uračunava se kada postoje višestruki ometači i izraz (10.3.22) menja se tako da postaje,

$$P_{TVWS,TX,dBm} \leq m_{Z',dBm} - m_{G,dB} - r_{TVWS,dB} - \sqrt{2} \times \operatorname{erfc}^{-1} \left[2 \left(1 - \frac{q_2}{q_1} \right) \right] \times \sqrt{\sigma_{Z',dBm}^2 + \sigma_{G,dB}^2} - IM_{dB}.$$

(10.3.25)

Treba primetiti da je rastojanje (*offset*) između centralne učestanosti kanala DTT signala i centralnih učestanosti kanala u kojima emituju TVWS uređaji uračunato u zaštitnom faktoru $r_{TVWS,dB}$. Ovo znači, na primer, da 3 ometajuća signala TVWS uređaja mogu imati isti uticaj na željeni DTT signal iako se emituju u istom, susednom ili drugom kanalu od željenog jer se emituju različitim snagama. Međutim, pošto je njihov uticaj jednak, tada će se primeniti ista vrednost faktora IM_{dB} za svaki od ovih signala kada se kreira margina da se kompenzuje njihov ukupni uticaj.

Ako se niz TVWS uređaja (bazna stanica ili korisnički terminali) nalazi izvan zone pokrivanja predajnika DTT signala, njihove snage emitovanja će biti smanjene tako da se obezbedi željena verovatnoća lokacije (pokrivanja) na rubu zone pokrivanja, u odnosu na slučaj da postoje samo TVWS uređaji (odnosno da nema DTT signala). Jedan od načina da se reši ovo pitanje jeste da se uvede fiksna višestruka margina za interferenciju, IM , u jednačinu (10.3.22), koja razmatra jednog ometača. Time bi se postigao kumulativni efekat zaštite za više ometača. Vrednost margine se može usvojiti na osnovu pretpostavljenog broja TVWS uređaja koji rade istovremeno i stvaraju smetnju prijemniku DTT signala. Ako je N broj TVWS uređaja koji stvaraju smetnju, vrednost margine se može odrediti kao

$$IM_{dB} = 10 \times \log_{10} N, \quad (10.3.26)$$

pri čemu će ova margina biti previše velika ako je broj simultano aktivnih uređaja manji od N i posledično premala ako je više od N istovremeno aktivnih TVWS uređaja.

CEPT izveštaji definišu tri načina na koje se može (približno) odrediti vrednost IM_{dB} , u slučaju više TVWS baznih stanica (*master* uređaja) i korisničkih terminala (*slave* uređaja) u TVWS mreži kako bi se obezbedila zadovoljavajuća zaštita difuzije digitalnog TV signala (multipleksa) kao primernog korisnika spektra. Prve dve metode dalje razrađuju početnu pretpostavku da se za N ometača margina može odrediti u skladu sa izrazom (10.3.26).

Fiksna predefinisana vrednost margine interferencije

Metoda sa usvajanjem fiksne predefinisane zaštitne margine zasniva se na poznavanju potencijalnog broja TVWS ometača u svim frekvencijskim opsezima, u svakoj geografskoj oblasti (zoni) od interesa, u istom vremenskom trenutku i definiše se kao:

$$IM_{dB} = 10 \times \log_{10} N_{\text{Broj_potencijalnih_ometača}} \quad (10.3.27)$$

Na geolokacijskoj bazi (WSDB) je da odredi koji je to potencijalni „maksimalni broj“ TVWS ometača. Mana ove metode jeste što taj „maksimalni broj“ TVWS uređaja ne znači i da svih N uređaja rade istovremeno. Time bi se samo uvela dodatna, nepotrebna, margina i ograničenje pri radu TVWS uređaja.

Fleksibilna vrednost margine interferencije

Ova metoda se zasniva na maksimalnom broju aktivnih (stvarnih) TVWS ometača u svim frekvencijskim opsezima, u oblastima od interesa, koji rade istovremeno. Margina se definiše kao,

$$IM_{dB} = 10 \times \log_{10} N_{\text{Broj_aktivnih_ometača}} \quad (10.3.28)$$

I u slučaju ove metode WSDB mora da utvrdi maksimalan broj aktivnih TVWS uređaja koji stvaraju interferenciju. Nedostatak ove metode jeste da aktivni TVWS uređaji mogu da rade značajno ispod nivoa maksimalno dozvoljene EIRP. Zbog toga, opet može doći do stvaranja nepotrebno velike margine i ograničenja u radu TVWS uređaja, međutim ipak manje nego u prvom slučaju kada se određuje unapred definisana fiksna IM . Jasno je da se u ovom slučaju metoda zasniva na broju aktivnih uređaja umesto na broju potencijalnih ometačkih TVWS uređaja.

Fleksibilna minimalizovana vrednost margine interferencije

Metoda fleksibilne minimalizovane IM zasniva se na karakteristikama svakog aktivnog TVWS ometača, registrovanog u WSDB u svim frekvencijskim opsezima, u svakoj zoni od interesa i u vremenskom intervalu kada svi ometači emituju TVWS signal istovremeno. Fleksibilna margina određuje se tako da odgovara broju aktivnih TVWS ometača i njihovim odgovarajućim snagama

šuma koje stvaraju interferenciju prijemniku željenog TVWS signala. Da bi se znale snage šuma (koje se mogu dovesti u vezu sa ometajućim poljem šuma iz izraza (10.3.16)), modul za izračunavanje u WSDB mora proveriti i uzeti u obzir sve promene u broju aktivnih TVWS ometača na svakoj učestanosti (u svakom opsegu) od interesa gde se razmatraju slučajevi kada, uslovno rečeno, novi TVWS uređaj počinje da radi, stari TVWS uređaj prestaje da radi i kada TVWS uređaj pređe iz aktivnog stanja u stanje kada ne emituje ili kada je u modu čuvanja energije. Zbog toga je ovu marginu teže opisati samo jednim izrazom i to se obično čini u više koraka:

- Izabere se prihvatljivi nivo degradacije verovatnoće (pokrivanja) lokacije;
- Izabere se T test piksela, $l=1, 2, \dots, T$ (npr. duž granice zone pokrivanja predajnika digitalnog TV signala) u kojima se računa interferencija. U svakom pikselu se izračunava dozvoljena snaga ometajućeg polja (ometajuća snaga) za prijemnik DTT signala smeštenom u l -tom pikselu, $P_{dozvoljena_smetnja,l}$;
- Postojeća verovatnoća pokrivanja, q_{1l} , izračunava se za svaki piksel uzimajući u obzir svu interferenciju koja postoji, izuzev one koja potiče od TVWS uređaja;
- Za svaki od K TVWS uređaja, registrovanih u WSDB, $j=1, 2, \dots, K$, EIRP $P_{TVWS,TX,lj}^{SE}$ za pojedinačni TVWS uređaj se računa za svaki piksel u skladu sa jednačinom (10.3.25), koristeći q_1 , $q_2=q_1-\Delta LP$ i druge poznate parametre konkretnog (j -tog) TVWS uređaja;
- Za svaki TVWS uređaj se izabere “probna” EIRP kao minimalna $P_{TVWS,TX,lj}^{SE}$ u svih T piksela tj.

$$P_{Probna,TX,j}^{SE} = \min_{l=1,2,\dots,T} (P_{TVWS,TX,lj}^{SE}); \quad (10.3.29)$$

- U l -tom pikselu, ometajuća snaga j -tog TVWS uređaja $P_{smetnja,lj}^{SE}$ na mestu prijemnika DTT signala računa se kao,

$$P_{smetnja,lj}^{SE} = P_{probna,TX,lj}^{SE} + G_{lj}, \quad (10.3.30)$$

- gde je G_{lj} dobitak sprege za j -ti TVWS uređaj u odnosu na l -ti piksel.
- Za q_2 procenata verovatnoće (pokrivanja) lokacije, sledeća nejednačina važi za svaki piksel l i ometajuću snagu TVWS uređaja j (gde SE označava jedan TVWS uređaj):

$$P_{dozvoljena_smetnja,l} \geq P_{smetnja,lj}^{SE} \quad (10.3.31)$$

- Za svaki piksel l može se definisati maksimalna dozvoljena ometajuća snaga

$$P_{smetnja,l}^{MAX} = P_{dozvoljena_smetnja,l} \quad (10.3.32)$$

- Ukupna snaga pojedinačnih snaga ometajućih šumova svakog od K TVWS uređaja ($j=1,2,\dots,K$) se računa u svakom pikselu l , dajući ukupnu ometajuću snagu u svakom od T piksela ($l=1,2,\dots, T$),

$$P_{smetnja,l}^{UKUPNO} = 10 \times \log_{10} \left(\sum_{j=1}^K 10^{\frac{P_{smetnja,lj}^{SE}}{10}} \right) \quad (10.3.33)$$

Fleksibilna minimalizovana margina, α , definiše se kao minimalna razlika između vrednosti snaga ometajućih šumova iz izraza (10.3.31) i (10.3.32), $P_{smetnja,l}^{MAX} - P_{smetnja,l}^{UKUPNO}$, za sve testne piksele tj.

$$\alpha = \min_{l=1,2,\dots,T} \left(P_{\sum,l}^{MAX} - P_{\sum,l}^{UKUPNO} \right), \quad (10.3.34)$$

gde α predstavlja fleksibilni (promenljivi) član koji omogućava da se IM_{dB} minimizira svaki put kada se pojavi interferencija ili se promeni u odnosu na prethodno određivanje IM_{dB} (npr. nov TVWS uređaj počinje svoje emitovanje i povećava interferenciju ili aktivni uređaj prekida emitovanje pa interferencija pada).

Maksimalna dozvoljena EIRP j -tog TVWS uređaja, $P_{TX,j}^{MAX_Dozvoljeno}$, $j=1,2,\dots,K$, određuje se kao,

$$P_{TX,j}^{MAX_Dozvoljeno} \leq P_{probna,TX,j}^{SE} + \alpha \quad (10.3.35)$$

Kada se upoređi složenost metoda određivanja IM , može se reći da je metoda fleksibilne minimizovane margine svakako najpovoljnija sa stanovišta određivanja limita za TVWS uređaje ali da je istovremeno i najzahtevnija sa stanovišta potrebnih resursa za izračunavanje, Tab.10.3.1.

Tab.10.3.1 – Složenost metoda izračunavanja IM .

Metoda	Složenost izračunavanja	Kompleksnost sistema	Kapacitet TVWS mreže
Fiksna predefinisana margina	Mala	Mala	Mali
Fleksibilna margina	Srednja	Srednja	Srednji
Fleksibilna minimizovana margina	Velika	Velika	Veliki

Kada se uporede metode određivanja interferencije i margine primenom *Monte Carlo* simulacije i analitičkog izračunavanja, može se reći da obe metode koriste degradaciju verovatnoće lokacije da bi se izračunala maksimalna snaga zračenja TVWS uređaja. Pri *Monte Carlo* simulaciji WSDB pokušava da prati sumarnu interferenciju koju trpi ometani prijemnik DTT signala i da ograniči snagu emitovanja TVWS uređaja kao se broj aktivnih uređaja povećava. Analitički pristup je znatno manje kompleksan, zbog manjeg broja izračunavanja, od *Monte Carlo* simulacije i zbog toga je pogodnija metoda za izračunavanje fiksne vrednosti IM . Takođe, analitička metoda obično podrazumeva da neće sve zone pokrivanja predajnika digitalnog TV signala biti zaštićene. Na primer, kod višefrekvencijskih mreža (*Multi-Frequency Networks*, MFN), na granicama zona pokrivanja gde postoji preklapanje pokrivanja iz dve zone, metode vode računa o zaštiti samo jedne zone pokrivanja (jednog od predajnika). Kod jednofrekvencijskih mreža (*Single Frequency Networks*, SFN) ovaj problem ne postoji.

11. PREGLED TIPOVA PMSE OPREME KOJA RADI U UHF TV OPSEGU U SRBIJI I EVROPI I MOGUĆNOST RADA OVIH UREĐAJA NA RAZLIČITIM FREKVENCIJAMA UNUTAR POMENUTOG OPSEGA

11.1. ZAŠTITA PMSE UREĐAJA U OPSEGU OD 470MHZ DO 790MHZ

Oprema namenjena kreiranju programa i specijalnim događajima (*Programme Making and Special Events*, PMSE) obuhvata različite vrste bežične produkcijske opreme koja radi u raznim frekvencijskim opsezima. Kada se razmatra rad TVWS uređaja, bežični mikrofonski sistemi koji rade u opsegu od 470MHz do 790MHz su najugroženiji potencijalnom interferencijom. Ovi sistemi su najčešće označeni kao profesionalni bežični mikrofonski sistemi (*Professional Wireless Microphone Systems*, PWMS). PWMS obuhvata bežične mikrofone (obično one koji se drže u ruci ili se kače na telo), slušalice u ušima (*In-Ear Monitoring*, IEM) i druge audio sisteme uključujući i fiksne sisteme tačka-tačka namenjene prenosu snimljenog programa.

Ne postoji jedinstveni scenario po kom se koristi PMSE oprema te stoga bilo kakva analiza kompatibilnosti i koegzistencije mora biti sveobuhvatna. Podaci koji su potrebni da se proslede WSDB zavise od namene PMSE opreme i načina (scenarija) njene upotrebe. Tako u slučaju upotrebe opreme u spoljnom okruženju, sa uređajima postavljenim na nekoj visini, zaštitna zona će biti znatno veća nego kada se oprema koristi u studiju ili nekoj prostoriji.

Prijemnik PMSE uređaja može imati fiksnu poziciju kao u slučaju radio-mikrofona ili promenljivu (mobilnu) kao u slučaju IEM uređaja i u slučaju kada se OMSE praćenje sportskih događaja vrši iz vazduha. U slučaju kada se PMSE oprema koristi za praćenje događaja u zatvorenim prostorima ili u spoljnom okruženju ali ne uz upotrebu letelica, uobičajena visina antena je od 1.5m do 10m ili eventualno do 30m, dok je u slučaju letelica ta visina i znatno veća. Naravno, uz upotrebu dronova, visina je vrlo različita i može biti od 10m pa do vrlo velikih visina.

Mogu se izdvojiti dva slučaja kada se posmatra geolokacija PMSE uređaja:

- Stacionarne lokacije, kao što su studiji, pozorišta, koncertne sale ili stadioni. U ovoj kategoriji PMSE se koristi kako u unutrašnjem prostoru tako i u spoljnjem okruženju ali tipična primena bi podrazumevala pokrivanje jedne ili nekoliko zgrada ili oblasti vrlo ograničene veličine. Ovo su lokacije koje se ne menjaju i na kojima se PMSE koriste svakodnevno ili vrlo često;
- Privremene lokacije kao što su izložbe, sportski događaji, intervjui na terenu u sklopu raznih programa i slično. Na ovakvim lokacijama PMSE se, takođe, koristi u zatvorenim prostorima i u spoljnoj sredini, kao fiksni ili kao mobilni uređaji ali je priroda njihove primene privremena; nisu u potrebi svakodnevno ili vrlo često.

Da bi se zaštitili PMSE uređaji od smetnji izazvanih radom TVWS opreme, neophodno je primeniti kako ograničenja vezana za rad samih TVWS uređaja tako i administrativna ograničenja

i kreirati potrebna pravila u WSDB.

11.1.1. ADMINISTRATIVNA OGRANIČENJA PRI ZAŠTITI PMSE OPREME

Posmatrajući sa administrativne strane, izuzetno je važno da vlasnici PMSE opreme mogu jednostavno registrovati svoje uređaje (i njihove lokacije, što je najvažnije) u bazi regulatorne agencije odnosno u WSDB. Taj proces mora biti jednostavan i brz da bi se omogućila primena PMSE opreme jer industrija zabave i TV stanice često imaju kratke rokove za pripremu za praćenje određenih događaja. Pitanje za vlasnika i upravljača WSDB, kao i za regulatornu agenciju ako ona sama ne upravlja bazom, jeste koliko često treba osvežavati podatke u bazi i tražiti prijavu PMSE opreme kao i koliko često će TVWS uređaji vršiti upit u WSDB da bi primili parametre koji uključuju i zaštitu PMSE uređaja na određenoj lokaciji. Ovo je posebno kritično u slučajevima kada se organizuju ili prate događaji na otvorenom (npr. kada se svake nedelje u drugom gradu organizuje TV emisija na otvorenom, kada se na otvorenom prostoru organizuje svakodnevno kviz takmičenje, kada se reporteri kreću gradom i prijavljuju novosti studiju). Za same vlasnike PMSE opreme bilo bi vrlo korisno kada bi registracija uključivala datum i vreme kada će PMSE oprema biti u funkciji i tačna lokacija svakog prijemnika PMSE signala tokom upotrebe, kada je potrebna zaštita uređaja.

Za ovakve prilike, poželjno je da regulatorna agencija pripremi formular koji će vlasnici i korisnici PMSE opreme popunjavati a koji će omogućiti da se sakupe svi potrebni podaci za zaštitu PMSE uređaja. Formular može biti štampan ali je preporučljivo zbog jednostavnosti i ubrzanja procedure da bude u elektronskom obliku ili *web* forme na sajtu regulatorne agencije.

11.1.2. OGRANIČENJA VEZANA ZA TEHNIČKE PARAMETRE TVWS UREĐAJA PRI ZAŠTITI PMSE

Izveštaj ECC 185 [CEPT,185] definiše niz parametara koji mogu uticati na stvaranje interferencije između TVWS u OMSE uređaja. Bez obzira na metodu zaštite primarnih korisnika spektra koja se koristi, u obzir se moraju uzeti sledeći elementi:

Osigurani kanali

Nacionalna regulatorna agencija primenjuje metod „sigurne luke“ (engleski „*safe harbour*“), što podrazumeva određivanje kanala za primenu PMSE uređaja, u skladu sa Odeljkom 5.6 izveštaja ECC 159, [CEPT,159]. Kada regulatorna agencija ovo uradi (kao što su uradile regulatorne agencije u Evropi, uključujući i Srbiju), WSDB će jednostavno isključiti ove kanale iz liste kanala za rad TVWS uređaja i primeniti zaštitne faktore za rad u susednim kanalima.

11.1.3. PRINCIPI ZAŠTITE

Kako stacionarni tako i mobilni PMSE uređaji traže zaštitu. Smetnja koju stvara TVWS uređaj PMSE uređaju može dovesti do degradacije osetljivosti prijemnika PMSE uređaja pa regulatorna agencija mora da uvede dozvoljeni nivo degradacije. Da bi se definisao maksimalni dozvoljeni

nivo degradacije osetljivosti prijemna PMSE uređaja, obično je potrebno da smetnja proizvedena od strane TVWS uređaja bude ispod nivo šuma PMSE uređaja. Maksimalni nivo snage smetnje koju trpi PMSE uređaj može se izračunati iz ovog odnosa interferencija/šum (I/N) ako se zna koliko iznosi dozvoljena degradacija osetljivosti PMSE prijemnika. Koristeći tada odgovarajući propagacioni model, moguće je odrediti oblasti u kojima se TVWS uređaji mogu nalaziti i raditi i koje su zone zabranjene za rad TVWS uređaja.

Slično prethodnom proračunu, limiti vezani za EIRP TVWS uređaja se mogu izračunati za rad u susednom kanalu znajući ACS PMSE prijemnika i ACLR TVWS prijemnika za razliku između centralnih učestanosti kanala OMSE uređaja i TVWS uređaja. Tada se koristi isti pristup baziran na odnosu I/N ali se nivo smetnje koji PMSE uređaj trpi računa uz pomoć vrednosti ACS i ACLR.

Istokanalna interferencija

Na osnovu prethodnih opisa jasno je da rad u istom kanalu od strane TVWS i PMSE uređaja je krajnje nepraktičan i necelishodan. Zbog toga je preporučljivo uvesti zaštitnu zonu u okolini PMSE uređaja. Ekskluzivna zona u kojoj mogu da rade samo PMSE uređaji menja se u zavisnosti od snage emitovanja TVWS uređaja, vrste uređaja i širine opsega koji koristi. Na primer, u izveštaju ECC 185, [CEPT,185] simulacije i merenja su pokazali da:

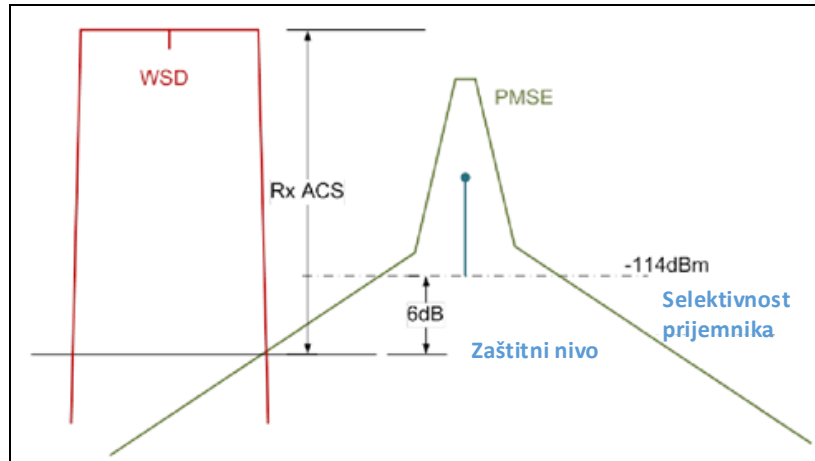
- Vrednosti rastojanja od 650m za snagu TVWS uređaja od 100mW (20dBm), uz promenu rastojanja do 1km i smanjenje opsega do 1MHz, može u 5% slučajeva (verovatnoća smetnje je 5%) izazvati smetnju PMSE uređaju. Ovi rezultati su dobijeni na osnovu simulacije u *Seamcat* alatu. Povećanje ovih rastojanja za 10% (uz zadržavanje istog opsega) smanjuje verovatnoću pojave interferencije i obezbeđuje zaštitnu marginu;
- Merenja prikazana u izveštaju [CEPT,185] ukazuju da je rastojanje od 400m bilo neophodno da bi se zaštitili PMSE uređaji koji su radili u zatvorenom okruženju od TVWS uređaja koji su emitovali 400mW izračene snage, u gustoj urbanoj sredini.

Selektivnost na učestanosti susednog kanala (ACS) PMSE prijemnika

Kvalitet selektivnosti prijemnika PMSE uređaja opisuje se kroz zaštitne odnose između minimalnog nivoa snage željenog PMSE signala na mestu prijema i neželjene smetnje tj. TVWS signala, pri kojima je rad PMSE uređaja i dalje moguć. Zaštitni faktori zavise od pomaka učestanosti između kanala koje koriste PMSE i TVWS uređaji, ACLR-a TVWS uređaja kao i od karakteristike prijemnika PMSE signala kako bi se odredila tačka njegovog zasićenja. Karakteristika zasićenja prijemnika PMSE uređaja može biti detaljno modelovana ili pojednostavljena tako da se samo odredi tačka zasićenja usled preopterećenja prijemnika (prevelike snage signala na ulazu u prijemnik). Iz ovih odnosa je moguće odrediti koliko treba da iznosi ACS PMSE prijemnika.

Na osnovu rezultata merenja prikazanih u Aneksu 10 izveštaja [CEPT,185], gde je više različitih prijemnika testirano, tipična vrednost ACS-a nalazila se u opsegu od 45dB do 65dB za prvi susedni kanal. Zasićenje prijemnika PMSE uređaja se obično dešavalo za vrednosti interferirajućeg signala u opsegu od -20dBm do 0dBm.

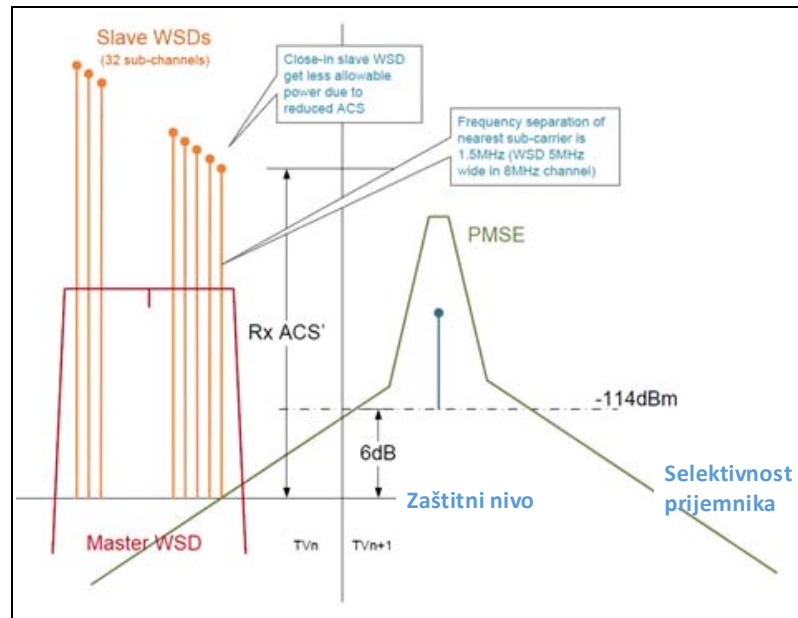
Na Sl.11.1.1 crvenom bojom je prikazan signal TVWS uređaja dok je plavo-zelenom bojom prikazan signal PMSE uređaja, koji se nalaze u susednim kanalima. Karakteristika selektivnosti prijemnika PMSE uređaja prikazana je zelenom bojom. Isprekidana linija predstavlja nivo šuma prijemnika. Horizontalna tamno plava linija ispod isprekidane linije predstavlja efektivni nivo TVWS interferencije koja degradira osetljivost prijemnika MSE uređaja. Ona se određuje oduzimanjem vrednosti ACS-a (iskazanog u dB) od nivoa primljene snage ometajućeg TVWS signala. Maksimalna dozvoljena vrednost je poznata kao „zaštitni nivo“ i određuje je izabrana vrednost odnosa I/N.



Sl.11.1.1 – ACS prijemnika PMSE uređaja.

Za širokopoljasne TVWS signale, koje možemo definisati kao signale minimalnog opsega od 5MHz širine u jednom TV kanalu, potrebno je uvesti korekcionni faktor jer se neće celokupni signal (tj. snaga signala) pojaviti na ulazu u demodulator u prijemniku PMSE uređaja. Uobičajna širina opsega PMSE signala i prijemnika koji prima signal je 200kHz. Zbog toga, korekcionni faktor se određuje sledećom jednačinom:

$$BW_{korekcija} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{BW_{PMSE}}{BW_{TVWS}} \right). \quad (11.1.1)$$



Sl.11.1.2 – Grafički prikaz uticaja ACS-a PMSE prijemnika u slučaju uskopojasnih TVWS signala.

Tada je maksimalna dozvoljena snaga TVWS signala na ulazu u prijemnik PMSE uređaja jednaka:

$$P_{RX}^{TVWS} [dB] = \psi + BW_{korekcija} + ACS_{RX}^{PMSE}. \quad (11.1.2)$$

U prethodnom izrazu ψ predstavlja zaštitni faktor PMSE uređaja iskazan u dB (nivo šuma prijemnika uvećan za izabranu vrednost odnosa I/N), $BW_{korekcija}$ je korekcionni faktor za opseg iskazan u dB a ACS_{RX}^{PMSE} je ACS PMSE uređaja iskazana u dB.

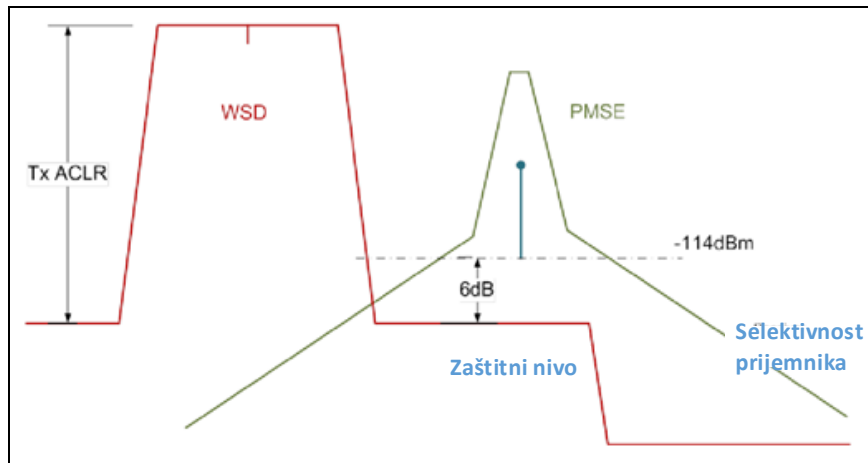
ACS u slučaju postojanja više uskopojasnih signala TVWS slave uređaja

Pored standardnog TVWS širokopojasnog signala, neophodno je razmotriti prenos informacija i primenom uskopojasnih signala TVWS uređaja. Ovakav model je realan u slučaju potreba za malim protocima kao što je slučaj kod IoT sistema namenjenih pametnim gradovima, telemetrijskim sistemima, LoRa uređajima i sličnim uređajima i sistemima. U ovom slučaju je širina kanala TVWS uređaja manja ili uporediva sa širinom kanala PMSE uređaja. Zbog toga, PMSE uređaj prima celokupan TVWS signal i celokupna snaga TVWS uređaja predstavlja smetnju PMSE uređaju. Dodatno, kako se rastojanje između centralnih učestanosti opsega TVWS i PMSE signala smanjuje, to je i efekat ACS drastično smanjen.

Curenje spektra predajnika TVWS signala u susedne kanale

Različite kategorije TVWS uređaja definišu se na osnovu načina emitovanja, sa ciljem da se

zadovolje određene vrednosti ACLR-a. Prethodno opisane klase definisane su upravo da bi različiti uređaji mogli biti definisani za rad u različitim situacijama. Na primer, jeftini baterijski napajani uređaj neće moći da zadovolji najviše zahteve po pitanju ACLR-a. Merenja su pokazala da će ACLR ometajućeg uređaja (u našem slučaju TVWS uređaja) biti od ključnog značaja i da će odrediti nivo smetnje učinjene PMSE uređaju a samim tim, posredno, i kvalitet rada PMSE uređaja. Ovo je posledica činjenice da se tipične vrednosti selektivnosti i visoke vrednosti ACS-a ostvaruju kod većine profesionalnih PMSE uređaja te stoga razliku pravi samo ACLR ometajućeg uređaja. Na Sl.11.1.3 prikazan je ACLR za TVWS uređaj koji emituje signal u susednom kanalu u odnosu na PMSE uređaj.



Sl.11.1.3 – Curenje spektra TVWS uređaja u susedni kanal (vizualizacija ACLR-a).

Prijemnik PMSE uređaja ne obezbeđuje nikakvo potiskivanje TVWS signala jer se sa stanovišta PMSE uređaja TVWS signal detektuje kao susednokanalni signal. Maksimalna snaga TVWS signala na lokaciji PMSE uređaja, kojom se obezbeđuje zaštita rada PMSE uređaja, može se odrediti kao

$$P_{Rc}^{TVWS} [dBm] = \psi + ACLR \quad (11.1.3)$$

gde je ψ zaštitni nivo PMSE uređaja, iskazan u dBm, što je nivo šuma prijemnika PMSE uređaja uvećan za prihvatljivi odnos I/N , a ACLR je ACLR TVWS predajnika iskazan u dB. Intermodulacioni produkti opisani su i analizirani u Aneksu 10 izveštaja ECC 185 [CEPT,185].

Izbor propagacionog modela prilikom planiranja TVWS sistema i koegzistencije sa PMSE uređajima

PMSE uređaji se mogu koristiti kako u zatvorenom prostoru tako i u spoljnoj sredini. Kada se koriste u zatvorenom prostoru, objekat u kome se koriste obezbeđuje dodatnu zaštitu PMSE uređaja slabljenjem svojih zidova. Sa druge strane, ako se radi o poluotvorenom prostoru ili čak o slučaju kada je otvoren prozor u prostoriji u kojoj se koriste PMSE uređaji, propagacioni uslovi mogu biti vrlo slični uslovima rada u spoljnoj sredini. Regulatorna agencija može usvojiti posebne

marginu za primene PMSE uređaja u zatvorenom i spoljašnjem prostoru, u slučaju da su poznati prostori na kojima se primenjuju uređaji (poznate lokacije studija u kojima se koristi PMSE oprema). U suprotnom, potrebno je posmatrati najnepovoljniji slučaj čime će se ostvariti u značajnom broju slučajeva bespotrebno velika zaštita PMSE uređaja.

CEPT regulativa ne definiše jedan propagacioni model kao preporučeni i jedini. Sama regulativa spominje veći broj propagacionih modela ali definiše metodologiju koju treba primeniti pri zaštiti PMSE uređaja. CEPT regulativa pominje:

- Slabljenje u slobodnom prostoru;
- *Ibrahim-Parsons* propagacioni model;
- *Hata* propagacioni model u ruralnim, suburbanim sredinama.

Ovde svakako treba pridodati [ITU,1546-5] i aktuelni model koji bilo koja regulatorna agencija koristi za modelovanje propagacionog slabljenja u TV opsegu. Poslednji model je verovatno i najvažniji, imajući u vidu da je regulatorna agencija u mogućnosti da kalibriše propagacioni model za signale u TV opsegu.

Svaki od ovih modela predstavlja propagacione uslove u određenoj sredini a je zato kalibrisani model koji razvije samo regulatorno telo ujedno i najprecizniji, posebno imajući u vidu da regulatorna agencija može odrediti i opsege slabljenja TV signala za određene morfološke karakteristike terena. Naime, visina drveća u celoj državi nije ista (nije ista visina zimzelenog i listopadnog drveća, visina stabala je različita od visine drveća u suburbanim sredinama i slično). Samim tim, može postojati više propagacionih modela, shodno regionima i godišnjim dobima. Na primer, *Seamcat* u Aneksu 13 izveštaja ECC 186, [CEPT,186], i u izveštaju ECC 185, [CEPT,185], prikazuje značajno različite domete TVWS signala u zavisnosti od izbora propagacionog modela. Tako u slučaju izbora slobodnog prostora prikazuje domet od 25km dok pri izboru *Hata* modela za urbanu sredinu daje domet od samo 650m, pri istim parametrima uređaja.

Zbog toga CEPT u svojim izveštajima sugeriše ispravno određivanje morfoloških karakteristika (*clutter-a*) terena na kom se koriste PMSE uređaji. Imajući u vidu postojanje digitalnih modela terena sa morfološkim karakteristikama, određivanje sredine u kojoj se nalazi PMSE uređaj ne predstavlja problem za regulatornu agenciju. Ako se kao propagacioni model izabere neki od *Hata* modela, kao što je to urađeno u pojedinim primerima CEPT izveštaja, tada nije ni potrebno poznavati visinu *clutter-a*.

11.2. METODOLOGIJA ZAŠTITE PMSE UREĐAJA

Geolokacijska baza deluje kao jedino praktično rešenje koje omogućava zaštitu rada PMSE uređaja. Međutim, WSDB se mora kontinualno osvežavati kako bi se zaštitila kako stalne lokacije PMSE opreme tako i privremene lokacije u odgovarajućim vremenskim intervalima. Poznate stalne lokacije PMSE uređaja (fiksni i mobilni) se mogu registrovati u WSDB koristeći koordinate lokacija ili adrese (ako je baza referencirana). Privremene lokacije se moraju registrovati i to može biti vrlo zahtevan i kontinualan proces u zavisnosti od broja događaja na

kojima se koristi PMSE oprema. Dodatno, u obzir se mora uzeti i neodređenost ili neprecizno određivanje lokacije mobilnih uređaja.

Osnovni pristup zaštiti PMSE uređaja zasniva se na postavljanju ograničenja po pitanju emitovane snage TVWS uređaja za određene lokacije (za svaki od TV kanala dostupnih na lokaciji) kako bi se nivo smetnji održao ispod kritičnih. Svaka jedinstvena lokacija, opisana kao piksel mora sadržati informaciju o dozvoljenoj snazi TVWS uređaja u tom pikselu kako bi se zaštitili prijemnici PMSE signala.

11.2.1. ZAŠTITNI NIVO

Kao što je rečeno, da bi se izvršila zaštita PMSE uređaja, neophodno je uvesti ograničenje EIRP TVWS uređaja na određenoj lokaciji (na lokaciji na kojoj se održava događaj na kom se koristi PMSE oprema). Suština metode zaštite nije u nepostojanju TVWS signala već u određivanju dozvoljenog nivoa degradacije PMSE signala tako da ne dođe do značajne degradacije. Ovaj pristup je često poznat kao pristup baziran na odnosu interferencije i šuma (I/N) jer se poredi nivo interferencije sa termičkim šumom i matematički se može iskazati kao

$$\delta = 10 \times \log_{10} [10^{\gamma/10} - 1], \quad (11.2.1)$$

gde je δ nivo snage TVWS signala relativno iskazan u odnosu na nivo šuma prijemnika PMSE uređaja iskazanog u dB (I/N) a γ je degradacija osetljivosti prijemnika PMSE uređaja iskazana u dB. Iz prethodne jednačine je moguće zaključiti da za degradaciju osetljivosti PMSE prijemnika od samo 1dB, potrebno je da je snaga TVWS signala 6dB ispod praga šuma PMSE prijemnika. Ukupan nivo smetnje na ulazu u prijemnik PMSE uređaja može se iskazati kao

$$\psi [dBm] = 10 \times \log_{10} (k \times T) + v + 10 \times \log_{10} [\beta \times (10^{\gamma/10} - 1)] \quad (11.2.2)$$

gde je ψ zaštitni nivo za PMSE prijemnik (iskazan u dB), k je Boltzmann-ova konstanta 1.3806×10^{-23} J/K, T je temperatura u K, v je faktor šuma PMSE prijemnika iskazan u dB (iako se faktor šuma u literaturi često označava sa F , u ovom slučaju je izabrana druga oznaka kako bi se izbeglo da se pomeša sa pomerajem učestanosti tj. brojem kanala), β je širina kanala PMSE uređaja iskazana u Hz) a γ je degradacija osetljivosti prijemnika PMSE uređaja kao i u jednačini (11.2.1). Zaštitni nivo za PMSE prijemnik predstavlja maksimalni dozvoljeni nivo smetnje tako da se ostvari ograničena i kontrolisana degradacija prijema PMSE signala. Tako, na primer, za uređaj na sobnoj temperaturi od 290K i faktorom šuma od 7dB, za degradaciju od 1dB, zaštitni nivo ψ iznosi -120dBm, tj. ukupna interferencija na ulazu u prijemnik ne sme preći -120dBm.

11.2.2. PREVENCIJA ISTOKANALNE I SUSEDNOKANALNE INTERFERENCIJE

Za PMSE i TVWS uređaj na međusobnom rastojanju R , interferencija na ulazu u PMSE prijemnik iznosi,

$$\psi[W] = P_{IB} \times G(R, h_{PMSE}, h_{TVWS}) \leq v \times k \times T \times \delta \quad (11.2.3)$$

gde je $G(R, h_{PMSE}, h_{TVWS})$ dobitak sprege između antena TVWS i PMSE uređaja. Kada se prethodna jednačina reši po P_{IB} , dobija se

$$P_{IB} = \frac{v \times k \times T \times \beta \times \beta}{G(R, h_{PMSE}, h_{TVWS})} \quad (11.2.4)$$

Uvođenjem odnosa interferencije iz susednog kanala (*Adjacent Channel Interference Ratio*, ACIR) moguće je izračunati P_{IB} koja je zavisna od lokacije na bilo kojoj lokaciji, kao u jednačini (11.2.5). U praktičnim uslovima rada, u okviru modula WSDB za proračun interferencije, i istokanalna i susednokanalna interferencija se moraju uzeti u obzir prilikom određivanja zaštite PMSE uređaja kao primarnih korisnika spektra. Za konkretan piksel se mora uzeti kao merodavan najrestriktivniji zahtev među svim PMSE uređajima na lokaciji i za sve moguće susedne kanale kanalima koje koriste PMSE uređaji.

Susednokanalna interferencija razmatrana je više puta kada su analizirane selektivnost PMSE prijemnika i curenje spektra TVWS signala u susedne kanale. Generalno govoreći, na osnovu (11.2.4) može se reći da je snaga smetnje koju prima PMSE prijemnik određena izrazom,

$$P_{IB} = \frac{v \times k \times T \times \beta \times \beta}{G(R, h_{PMSE}, h_{TVWS})} \times ACIR \quad (11.2.5)$$

gde je ACIR definisan kao

$$ACIR = \frac{1}{\frac{1}{ACS} + \frac{1}{ACLR}} \quad (11.2.6)$$

11.2.3. MARGINA ZA INTERFERENCIJU

Kao i u slučaju prijemnika DTT signala, tako i u slučaju PMSE uređaja je potrebno odrediti marginu za interferenciju. WSDB pruža informaciju o ograničenju snage TVWS uređaja za svaku izabranu lokaciju zemlji. To u praktičnoj realizaciji znači da je ograničenje vezano za svaki pojedinačni piksel. Koristeći jednačine (11.2.3)-(11.2.5) moguće je izračunati ograničenja koja su uslovljena zahtevanim nivoima istokanalne i susednokanalne interferencije. Ova metoda uzima u obzir rad samo jednog TVWS uređaja i njegov uticaj na jedan ili više PMSE uređaja koji se nalaze u oblasti (pikselu) od interesa. Međutim, kada se razmatra uticaj više TVWS uređaja koji istovremeno emituju signale i stvaraju interferenciju PMSE uređajima, potrebno je dodati marginu interferencije koja će biti određena brojem TVWS uređaja koji su aktivni i utiču na PMSE uređaje:

$$IM_{dB} = 10 \times \log_{10} N_{Broj_aktivnih_ometača} \quad (11.2.7)$$

Ovaj izraz identičan je izrazu (10.2.17) kada se određuje margina interferencije za DTT prijemnike i važi ista definicija za aktivne ometače. Ponovo, kao i u slučaju DTT prijemnika, regulatorna agencija može da uzme fiksnu marginu umesto ovakve varijabilne.

11.2.4. INTERMODULACIONI EFEKTI I DISTORZIJA AUDIO SIGNALA

Intermodulacioni produkti koji su posledica pojave TVWS signala na ulazu u PMSE prijemnik moraju biti dovoljno male snage da ne izazovu interferenciju PMSE uređajima. Koliko je značajan problem u pitanju govori i činjenica da izveštaj ECC 185, [CEPT,185], posebno naglašava ovaj problem u svom Aneksu 10. Poslednja verzija ETSI EN 301 598 definiše određena ograničenja za TVWS uređaje po pitanju intermodulacionih produkata. Tako je definisano da vrednost neželjenog signala mora biti 40dB ispod nivoa maksimalne vrednosti snage željenog TVWS signala (P_{TBmax}), kao što je navedeno u naslovu 8.1.2.1 Studije gde se razmatraju parametri koje razmenjuju TVWS uređaj i WSDB. Neželjeni signal takođe se definiše kao kontinualni signal čija je centralna učestanost pomerena ± 8 MHz od centralne učestanosti željenog signala. TVWS uređaj mora imati RIM3 veći od 45dB.

Signali koji su delimično ili u potpunosti izvan opsega od 470MHz do 790MHz se isključuju iz analize.

11.3. REGISTRACIJA PMSE UREĐAJA U WSDB

PMSE uređaji u opsegu od 470MHz do 790MHz generalno mogu raditi u jednom od tri režima rada. PMSE uređaji se mogu koristiti u režimu bez dozvole odnosno bez dodele kanala (učestanosti), uz regularno licenciranje tj. uz jasnu dozvolu regulatornog tela i u režimu nekog pojednostavljenog licenciranja kada postoji dozvola ali sa ograničenim informacijama.

U slučajevima kada PMSE oprema prolazi bilo proces standardnog dobijanja dozvola ili neki skraćeni postupak, potrebni podaci za unos i opis PMSE uređaja u WSDB postoje i nema posebnih tehničkih problema da se uz a priori poznate podatke izvrši analiza uticaja TVWS uređaja na te PMSE uređaje. Dakle, prethodno opisani procesi izračunavanja smetnji i margine se mogu u potpunosti primeniti. Međutim, kada PMSE uređaji rade u režimu u kom dozvola nije potrebna tada regulatornoj agenciji nisu poznati ni lokacije ni kanali koje PMSE uređaji koriste. Samim tim, zaštita takvih uređaja predstavlja izuzetan problem za regulatora.

Imajući u vidu da sekundarna upotreba spektra u Srbiji nije dovoljno poznata široj javnosti i da svakako postoji ograničeno interesovanje za ovakav rad usled nedostatka informacija, regulatorna agencija može ponuditi vlasnicima PMSE uređaja pregled koji je spektar dostupan za rad PMSE uređaja i da im ponudi opciju da registruju svoje uređaje odnosno njihovu upotrebu, na osnovu čega bi kasnije mogli da računaju i na zaštitu njihovog rada od interferencije izazvane emitovanjem TVWS uređaja. Ovaj problem je svakako specifičan jer u slučaju sistema digitalne televizije, prijemnici DTT signala su sveprisutni, sa drugačijim nivoima signala koji se primaju, sa drugačijim antenama i scenarijima primene i znatno su jasnije opisani i definisani nego PMSE uređaji.

Vlasnicima (i korisnicima) PMSE uređaja se može ponuditi pomenuta registracija sa ciljem utvrđivanja lokacije i opsega koji konkretni uređaji koriste u opsegu od 470MHz do 790MHz. Vlasnicima uređaja se može ponuditi pristup bazi registrovanih PMSE uređaja upotrebom API-ja koji bi RATEL definisao a koji bi imao za svrhu da omogući unos u bazu relevantnih parametara PMSE opreme i koji bi omogućio proizvođačima PMSE opreme (njihovim zastupnicima na teritoriji Republike Srbije) i vlasnicima uređaja da dobiju listu raspoloživih kanala za određenu teritoriju (počev od izabrane oblasti, npr. okruga do nacionalnog nivoa odnosno celokupne teritorije republike Srbije). Sa druge strane, prijavljeni PMSE uređaji bi tada bili registrovani za korišćenje pomenutih opsega (kanala). Ovo rešenje je posebno korisno u slučaju javnih skupova kao što su veliki muzički koncerti, filmski setovi i slična dešavanja koja su stalnog karaktera, dugotrajna i koja se periodično ponavljaju. Primeri ovakvih skupova i dešavanja su muzički koncerti na Ušću u Beogradu (festivali koji se periodično ponavljaju svake godine) ili filmski studiji koji poseduju zatvoren i otvoren deo za snimanje filmskog programa, kakvi postoje u slučaju RTS-a u Košutnjaku ili u slučaju TV Pink-a u Šimanovcima. Tada vreme korišćenja uređaja u smislu tačnih datuma početka i kraja događaja (uključujući i korišćenje 365 dana u godini), kao i definisanja da li se PMSE uređaji koriste na otvorenom (npr. Ušće ili Gitarijada u Zaječaru) ili u zatvorenom prostoru (npr. studio u Šimanovcima) jasno određuju i kako će WSDB odrediti ograničenja za rad TVWS uređajima.

Postojeći portal RATEL-a se može proširiti u smislu jasnijeg opisa odnosno direktnijeg upućivanja privremenih korisnika PMSE opreme da utvrde koji su kanali raspoloživi u oblasti od interesa za njihov rad. Ovo bi omogućilo da se izbegne interferencija u slučajevima kada se organizuje koncert ili kakvo drugo dešavanje na nekoj lokaciji po prvi put (npr. TV kuće koje letnji program organizuju u različitim gradovima po Srbiji ili muzički koncerti koji nisu tradicionalni). Registracija PMSE uređaja bi mogla biti podržana i aplikacijom za pametne telefone gde bi se mogla iskoristiti mogućnost GPS lociranja korisnika koji vrši prijavu uređaja. Ovo bi zapravo trebalo da omogući korisnicima sa samo jednim ili malim brojem PMSE uređaja da se jednostavno registruju i tako celokupan proces registracije učine neopterećujućim za vlasnike PMSE uređaja ali i za RATEL koji bi posao registracije praktično u potpunosti preneo na vlasnike i korisnike PMSE uređaja. U idealnom slučaju portal bi bio doraden da omogući korisniku da pored perioda u kom koristi PMSE uređaje označi i poligonom oblast u kojoj se uređaji koriste. Takođe, potrebno je tada pratiti broj prijave kako bi se izbegla situacija sa registracijom nepostojećih uređaja („tek reda radi“) u smislu rezervisanja spektra iako nema stvarne upotrebe od strane PMSE uređaja. U slučaju takvih pojava potrebno je uvesti i naknadu za prvo registrovanje PMSE uređaja ili čak i za svako registrovanje. Takva nadoknada bi morala da bude relativno mala kako bi stimulisala vlasnike i korisnike PMSE opreme da se prijave ali i dovoljno velika da onemogući zloupotrebu. Zato je predlog autora Studije, da ako se uoče zloupotrebe, da prve registracija korisnika bude veća dok kod ponovljenih registracija da nadoknada ili ne postoji ili da bude višestruko niža od prve.

11.3.1. PARAMETRI PMSE UREĐAJA KOJI TREBA DA SE REGISTRUJU

Naravno, bitno je da se definiše i jedinstveni skup PMSE uređaja koji se registruju u okviru baze. Za svaki PMSE uređaj registrovan u bazi registruju se kanali (učestanosti) koje PMSE uređaj koristi. Zatim se za svaku učestanost (kanal) registruju i sledeći podaci:

- Lokacija svakog PMSE prijemnika. Lokacija može biti samo jedna, sa poznatim koordinatama, ali može biti i očekivana zona u kojoj se očekuje rad PMSE uređaja;
- Maksimalni dozvoljeni nivo interferencije na ulazu u PMSE prijemnik. Ovo je vrednost koja je poznata iz kataloga opreme ali može biti i vrednost koja se proračunava po prethodno opisanom postupku za određeni nivo degradacije audio signala;
- ACS PMSE prijemnika;
- Visina antene PMSE prijemnika;
- Osetljivost PMSE prijemnika;
- Period u kom se koristi PMSE uređaj.

11.3.2. PRIMENA METODOLOGIJE

Proračun potrebnih vrednosti u okviru same metodologije može se podeliti u tri faze ili tri koraka. Oni sami po sebi nisu previše složeni i mogu se izvršiti vrlo brzo. Samim tim podaci u WSDB mogu biti pravovremeno prosleđeni TVWS uređajima od interesa.

Prvi korak podrazumeva određivanje rastojanja između predajnika TVWS signala i PMSE prijemnika od interesa ili piksela od interesa. Pretpostavka je da su koordinate TVWS uređaja i visina antene uređaja, kao i ostali parametri iz WSDB poznati. Dakle, na osnovu razlike koordinata TVWS uređaja i središta piksela ili koordinata konkretnog prijemnika PMSE signala može se odrediti rastojanje između posmatranih uređaja.

Zatim je, poznajući rastojanje i uzimajući u obzir izabrani propagacioni model (po preporuci autora Studije, postojeći model koji se koristi pri određivanju propagacionog slabljenja za DTT signal, kalibrisani propagacioni model ili slabljenje određeno u skladu sa preporukom ITU P.1546, [ITU,1546-5], moguće je odrediti i nivo TVWS signala u pikselu od interesa ili na ulazu u prijemnik PMSE signala.

Za određivanje nivoa TVWS signala na ulazu u PMSE prijemnik potrebno je koristiti usvojenu dozvoljenu degradaciju na ulazu u PMSE prijemnik (shodno jednačini (11.2.2)) i odrediti dozvoljeni nivo interferirajućeg signala na lokaciji PMSE prijemnika. Koristeći izraz (11.2.4) izračunava se i ograničenje snage TVWS signala na lokaciji od interesa. Znajući propagaciono slabljenje i karakteristike antena PMSE i TVWS uređaja, moguće je odrediti i snagu na izlazu iz TVWS predajnika.

Ovaj korak se ponavlja za svaki PMSE uređaj koji se nalazi u posmatranom pikselu ili u blizini TVWS uređaja kako bi se utvrdila minimalna vrednost među dozvoljenim nivoima snage TVWS signala. Takođe, ovaj postupak je validan u slučaju jednog TVWS predajnika. Ako postoji više aktivnih TVWS uređaja (koji mogu uticati na prijem PMSE uređaja) potrebno je uračunati i marginu interferencije u skladu sa izrazom (11.2.7). Alternativno, pošto je korak sa izračunavanjem interferencije ponovljen za svaki PMSE uređaj, može se ponoviti i za svaki TVWS uređaj pa se stvarni nivoi snage signala iz različitih TVWS predajnika mogu dodati ukupnom nivou signala na lokaciji PMSE prijemnika i tako dobiti potrebna margina za interferenciju.

Drugi korak podrazumeva da se izračuna maksimalni dozvoljeni nivo snage TVWS signala u susednim kanalima uzimajući u obzir vrednosti za ACS i ACLR. Ako su u bazama PMSE opreme i WSDB upisane vrednosti za ACS i ACLR, tada se mogu zameniti vrednosti direktno u jednačinu (11.2.6) i zatim iskoristiti u jednačini (11.2.5) na osnovu koje se može izračunati ograničenje snage za TVWS signal za lokaciju od interesa i za poznati frekvencijski pomeraj između kanala koje koriste PMSE i TVWS uređaji. Proračun u okviru WSDB ili ručno (u slučaju da se postupak izračunavanja vrši ručno) mora da se ponovi za svaki od PMSE prijemnika u blizini TVWS predajnika koji se posmatra kako bi se odredila minimalna vrednost snage.

U trećem koraku je potrebno odrediti maksimalnu dozvoljenu snagu TVWS signala na ulazu u prijemnik PMSE signala uzimajući u obzir reverzne intermodulacione produkte. Kada su poznate intermodulacione karakteristike PMSE i TVWS uređaja moguće je odrediti i distorziju usled intermodulacionih produkata.

Intermodulacioni produkti između višestrukih TVWS uređaja i TVWS uređaja i mikrofona se moraju uzeti u obzir i izračunati. Koristeći propagacioni model i rastojanje između TVWS uređaja ili mikrofona i PMSE prijemnika, može se odrediti nivo interferirajućeg signala na ulazu u prijemnik i uporediti sa potrebnim zaštitnim nivoom PMSE prijemnika. Kada se zna koliko iznosi potrebni RIM3 onda se može dodatno smanjiti snaga TVWS uređaja da bi se ostvario zadovoljavajući nivo zaštite.

U poslednjem, četvrtom, koraku potrebno je upisati nove vrednosti snaga TVWS signala u WSDB. Mogući dozvoljeni nivoi signala TVWS uređaja za istokanalnu i susednokanalnu interferenciju se upisuju u WSDB i te se snage koriste prilikom upita TVWS uređaja ka WSDB.

11.4. PREGLED FREKVENCIJSKOG OPSEGA NAMENJENOG ZA RAD PMSE OPREME I OSVRT NA RAD TVWS UREĐAJA

Frekvencijski opseg za rad PMSE opreme predstavlja predmet raznih analiza, kako strukovnih organizacija tako i regulatornih tela. Osnovni problem sa spektrom namenjenim radu PMSE uređaja jeste što spektar nije ekskluzivan u opsegu od 470MHz do 790MHz. Samim tim, PMSE uređaji nisu ekskluzivni korisnici. Sa digitalnom dividendom I i digitalnom dividendom II, strukovna udruženja ističu da će rad PMSE opreme biti u značajnoj meri ograničen pa čak i ugrožen. Iako EU kroz svoju regulativu 2014/641/EU navodi 59MHz za svakodnevne potrebe PMSE uređaja, strukovna udruženja ističu da su redovne potrebe npr. u Nemačkoj 96MHz a da u slučaju Olimpijskih igara i sličnih događaja postoji potreba za čak 270MHz spektra. Samim tim, sa implementiranim digitalnim dividendama, spektar raspoloživ za rad PMSE uređaja postaje vrlo ograničen po mišljenju strukovnih udruženja.

Preporuka [CEPT,25-10] definiše opsege koji su trenutno u upotrebi u Evropi za potrebe rada PMSE opreme. Očito je da je opseg namenjen radu PMSE opreme različit i da nije jedinstveno određen na evropskom tlu. Preporučeni opsezi uzeti u razmatranje ili u upotrebi u Evropi obuhvataju učestanosti prikazane u Tab.11.4.1.

Tab.11.4.1 – Opsezi namenjeni radu PMSE opreme.

Vrsta komunikacije	Preporučeni opsezi
Radio mikrofoni i prijemnici u uvu	174-216MHz 470-862MHz 1785-1805MHz
Bežične kamere	2025-2110 / 2200-2500MHz 10-10.6GHz 21.2-24.5GHz 47.2-50.2GHz
Portabilni video linkovi	2025-2110 / 2200-2500MHz 2500-2690MHz 10-10,6GHz
Mobilni video linkovi (na letelicama i vozilima)	2025-2110 / 2200-2500MHz 2500-2690MHz 3400-3600MHz
Privremeni video linkovi tipa tačka – tačka	10-10.6GHz 21.2-24.5GHz

Ako se razmatraju opsezi namenjeni radu mikrofona i bežičnih prijemnika, do 1805MHz, tada je sa stanovišta primene PMSE oprema ključna podrška proizvođača opreme koji treba svojim proizvodima da podrže sve moguće izmene. Takođe, regulatorni okvir bi trebao da bude jasan i što ujednačeniji kako bi se utvrdio koliko-toliko jedinstveni evropski pristup ovom pitanju imajući u vidu pojavu TVWS opreme.

U implementaciji svoje odluke, EU je učinila dostupnim frekvencijski opseg od 823MHz do 832MHz i od 1785MHz do 1805MHz za bežične audio PMSE uređaje kao i dodatnih 30MHz na osnovu zahteva korisnika najmanje 30MHz u opsezima koje nacionalne regulatorne agencije odrede, Tab.11.4.2.

Tab.11.4.2 – Pregled dostupnosti spektra za PMSE sisteme do 1805MHz.

Opseg [MHz]	Podrška proizvođača	EIRP [mW]	Komentar
29.7 – 47	Nebitna	20 / 50	Namenjeno za amatersku upotrebu. Nije dostupan opseg u svim zemljama EU
174 – 216	Solidna	50	Opseg sa dosta šuma, sa ograničenim spektrom u zemljama gde postoji DAB
823 – 832	Dobro podržan opseg	20 / 100	Dosta interferencije iz mobilnih sistema

Opseg [MHz]	Podrška proizvođača	EIRP [mW]	Komentar
470 – 694 (DTT) 694 – 703 (LTE zaštitni opseg)	Najbolje podržan opseg	50 (na pojasu) 10mW (radio mikrofona)	Naviše spektra raspoloživo. Opseg oko 700MHz podložan smetnji iz mobilnih sistema
1350 – 1400	Možda bude podržan od strane nekih proizvođača	20 / 50	Nedostupan u pojedinim evropskim zemljama
1492 – 1518	Podržava samo 1 proizvođač	50	Namenjen mobilnim sistemima
1518 – 1525	Podržava samo 1 proizvođač	50	Raspoloživo do 7MHz spektra ali je ograničenje dostupna oprema
1785 – 1805	Podržava nekoliko proizvođača	20 / 50	Do 20MHz raspoloživo ali uz dosta tehničkih ograničenja
960 – 1164	Bez podrške trenutno ali neki proizvođači ispituju mogućnosti opsega	50	Opseg podržan samo u Velikoj Britaniji a u razmatranju u okviru CEPT FM51

Očito će biti neophodno da se sprovedu konsultacije sa zainteresovanim vlasnicima i korisnicima PMSE opreme kako bi se utvrdile njihove potrebe. Imajući u vidu iskorišćenost spektra za potrebe prenosa digitalnog TV signala (broja multipleksa u upotrebi) kao i činjenice da se u Republici Srbiji ne očekuje održavanje Olimpijskih igara, svetskih prvenstava u fudbalu ili sličnih manifestacija koje obuhvataju veliki broj korisnika na istoj lokaciji ili na više lokacija širom zemlje, može se zaključiti da će u republici Srbiji biti moguće organizovati rad PMSE i TVWS opreme tako da se izbegne interferencija.

11.5. ANALIZA POTREBE I NAČINA ZAŠTITE PMSE OPREME OD STRANE TVWS UREĐAJA

Istraživanje uticaja TVWS uređaja na PMSE uređaje pre svega se fokusira na analizu i utvrđivanje zaštitnih nivoa između uređaja. Postojeće analize u literaturi najčešće se baziraju na klasi 5 TVWS uređaja, u skladu sa ETSI standardom EN 301 598. Svrha izračunavanja je utvrđivanje maksimalnog nivoa emitovanja TVWS uređaja unutar bloka dozvoljenih kanala, koji se kasnije koristi u okviru WSDB kao jedan od parametara za određivanje i ograničavanje snage emitovanja.

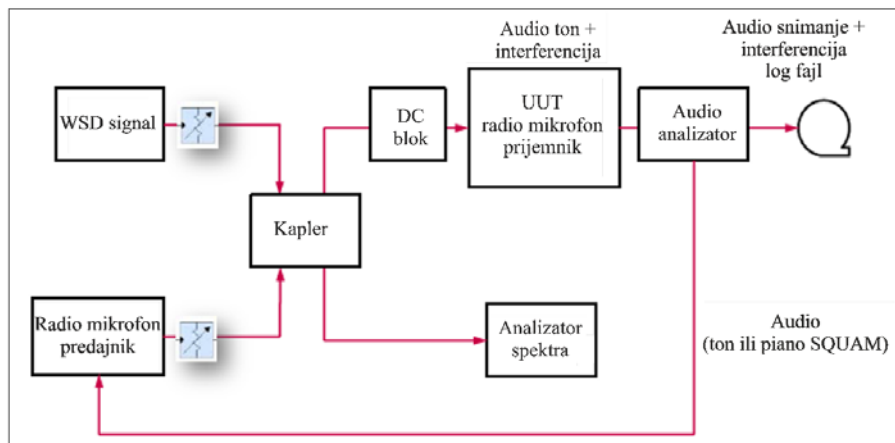
U suštini, imajući u vidu mali broj TVWS mreža, rezultati se dobijaju najčešće laboratorijskim merenjima. Može se dodati da se faktori mogu odrediti i proveriti merenjima na pilot lokacijama i u pilot mrežama TVWS uređaja. Prilikom merenja, neophodno je analizirati istokanalnu i

susednokanalnu interferenciju na skupu izabranih bežičnih mikrofona.

Dominantni PMSE uređaji u Srbiji, kod medijskih kuća, su *Sennheiser* mikrofoni i ostala oprema. Zbog toga se regulatorna agencija u Srbiji može fokusirati prilikom merenja na, recimo, seriju G4 PMSE uređaja pomenutog proizvođača. Ovim bi bio pokriven značajan deo PMSE uređaja u Srbiji. Za potrebe ispitivanja drugih uređaja, Agencija može izvršiti upit pre merenja kod medijskih kuća o samoj PMSE opremi, što može biti interesantno u slučaju malih korisnika opreme. Ako nije drugačije navedeno, P_s i C , i P_x i I se koriste međusobno kako bi ukazali na poželjan PMSE i nepoželjan WSD nivo snage unutar blokova, respektivno. Indeks "M" se koristi za označavanje mernih parametara.

Predlog scenarija merenja prikazan na Sl.11.5.1 predviđa laboratorijska merenja bez zračenja (provodna merenja). Ovaj vid merenja treba koristiti kada god je moguće i ako se sprovede prva, inicijalna merenja, jer daju ponovljive i stabilne rezultate što kod vremenski ograničenih merenja sa zračenjem signala nije moguće ostvariti sa zadovoljavajućim kvalitetom. U okviru predložene šeme, 3dB četvoroportni kapler (sprežnjak) se koristi da kombinuje PMSE signal i WSD smetnju. Koristi se audio analizator da generišemo test radio signal koji je konstantan ton za potrebe testiranja zaštitnih odnosa.

Za potrebe merenja je potrebno i definisati trenutak u kome se smatra da je nastupila degradacija. To je uobičajno ona tačka u kojoj je audio kvalitet i dalje dobar, a slušaoci tek da mogu da primete neku degradaciju zvučnog signala.



Sl.11.5.1 – Provodna merenja zaštitnih odnosa za bežične mikrofone.

PMSE oprema dostupna na testu treba da bude sakupljena od zainteresovanih strana za merenje. Sama agencija nema potrebu da vrši nabavku PMSE opreme imajući u vidu da je celokupna inicijativa oko korišćenja spektra na sekundarnoj bazi određena potrebom uvođenja novih servisa u limitiranom okruženju. Sličnu proceduru usvojio je i OFCOM u svojoj studiji o koegzistenciji TVWS i PMSE opreme. Tom prilikom su proizvođači PMSE opreme dostavili modele svojih uređaja za potrebe testiranja. Prilikom testiranja potrebno je obaviti testove za analognu i digitalnu opremu. Analogna oprema je još uvek česta u upotrebi. U poređenju sa digitalnom opremom,

analogna oprema trpi manju redukciju kvaliteta na nižim nivoima interferencije. Zaštitni odnosi koji se dobiju iz merenja na analognoj opremi su sasvim zadovoljavajući za primenu na digitalnoj opremi. Slična iskustva su pokazana i na testovima koje je OFCOM sprovodio. Tom prilikom je OFCOM usvojio najosetljiviji mikrofoni od svih dostupnih i na osnovu njega su određeni zaštitni odnosi. Referentna osetljivost tog mikrofona iznosila je -88dBm. Ovo se smatra uobičajenim za produkcijski audio kvalitet u pozorištima.

Realno izmereni zaštitni odnos je kombinacija efekata ACLR koji potiče od TVWS uređaja i ACS PMSE opreme. Kako bi se razumeo uticaj selektivnosti susednih kanala PMSE (ACS), interferirajući signal se bira sa veoma visokim ACLR, tako da efekti ACLR ne dominiraju u rezultatima merenja zaštitnog odnosa. Sa druge strane, primećeno je u literaturi da su fine strukture modulacije WSD signala i propusnog opsega manje važne nego njihov radni ciklus pri smanjenju PMSE audio kvaliteta. Zbog toga se prilikom merenja može koristiti aditivni beli Gauss-ov šum (AWGN) iz generatora signala (sa radnim ciklusom 100%) kao aproksimacija za TVWS signal u slučaju da regulatorna agencija ne poseduje TVWS opremu. Poželjno je da se koristi filter propusnik opsega da se potisne odlivanje signala u susedne kanale sa signal generatora ili TVWS uređaja, i postigne viši ACLR.

ACLR AWGN test signala se meri kao

$$ACLR_M = \frac{P_{X(5MHz)}}{P_{OOB(200kHz)}} \quad (11.3.1)$$

gde je P_x snaga unutar bloka u kom se emituje AWGN (u opsegu 5MHz ili širem dok je širina kanala 8MHz), a POOB je snaga van bloka AWGN iznad 200kHz (shodno EN 301 598). Primetimo da se snaga izvan bloka meri iznad 200kHz da bi se reflektovao propusni opseg prijemnika PMSE. Proces generisanja AWGN i detaljna konfiguracija filtra je definisan u PMSE koegzistencijalnom test izveštaju.

11.5.1. MERENJE ZAŠTITNIH ODNOSA

U testu koegzistencije PMSE i TVWS uređaja, neophodno je proceniti performanse PMSE uređaja kada radi sa audio kvalitetom koji je sličan praktičnim primenama. Iz ovog razloga, usvaja se pristup koji se zasniva na ocenjivanju kvaliteta zvuka subjektivnim slušanjem.

U subjektivnim testovima, razvija se subjektivna mera kvaliteta koja se mapira u numeričke vrednosti, sa ciljem da se uvede objektivnost u ovako subjektivno baziran parametar ocene kvaliteta. Jedan od najpoznatijih primera je svakako MOS koji je korišten za opis kvaliteta govora u javnoj fiksnoj telefonskoj mreži. Uz istu logiku, OFCOM je, na primer, za potrebe svojih merenja razvio instrumentalnu audio metriku (IAM) za rangiranje smanjenja kvaliteta audio signala u odnosu na poznati, referentni audio signal. Smanjenje kvaliteta se ocenjuje na skali od 5 podeoka. 5.0 – neprimetno, 4.0 – primetno ali ne ometa slušanje, 3.0 – pomalo ometa slušanje, 2.0 – ometa slušanje, 1.0 – veoma ometa slušanje.

U kontekstu karakterizacije performanse PMSE prijemnika u prisustvu emitovanja TVWS

uređaja, OFCOM je usvojio tačku neuspeha (prethodno definisanu kao onu tačku u kojoj je audio kvalitet i dalje zadovoljavajući, a slušaoci tek da mogu da primete smanjenje kvaliteta zvuka) kao onaj nivo kvaliteta koji slušaoci ocenjuju sa 4.5 na subjektivnoj skali audio kvaliteta. Ovakav pristup je u osnovi podložan subjektivnom uticaju slušaoca ali može poslužiti kao osnova za merenja. Regulatornoj agenciji ostaje mogućnost da se obrate stručnjacima u oblasti akustike ili medicinskim stručnjacima koji se bave oštećenjem sluha na Univerzitetu u Beogradu kako bi odredili granicu od interesa za Republiku Srbiju (umesto vrednosti 4.5). Iskustvo autora Studije ukazuje da se kod različitih grupa stanovništva i nacionalnosti javljaju određene razlike. Razlike su posledica raznih profesionalnih oštećenja sluha, različite životne dobi i drugih uticaja. Stoga, granica od 4.5 može značiti različite nivoe razumljivosti za različite grupe slušalaca.

Prilikom merenja, OFCOM je merio zaštitne odnose za TVWS-PMSE pri razdvajanju kanala od $\Delta F = 0, +1, +2, +3, +4, +5, +6, +7, +10, +15$ i $+22$. Pozitivno razdvajanje kanala znači da je TVWS signal na višoj frekvenciji. Pretpostavljeni su slični zaštitni odnosi za negativno razdvajanje kanala. DTG *Testing* iz Velike Britanije prijavio je merenja koja su sprovedena za $\Delta F = 0, +1, +2, +3, +9$ u slučaju analize TV slike (merenja su sprovedena u saradnji sa OFCOM-om) tako da se može reći da su posmatrani slični slučajevi pri čemu je nešto veća pažnja posvećena analizi PMSE uređaja.

Tab.11.5.1 prikazuje izmerene zaštitne odnose $r_M(C, \Delta F)$ PMSE prijemnika (bežični mikروفon) na specifičnim PMSE nivoima snage signala i za opseg razdvajanja kanala koje koriste TVWS i PMSE uređaji, prijavljeni od strane OFCOM-a.

Tab.11.5.1 – Zaštitni odnosi za TVWS i uređaj i bežični mikروفon.

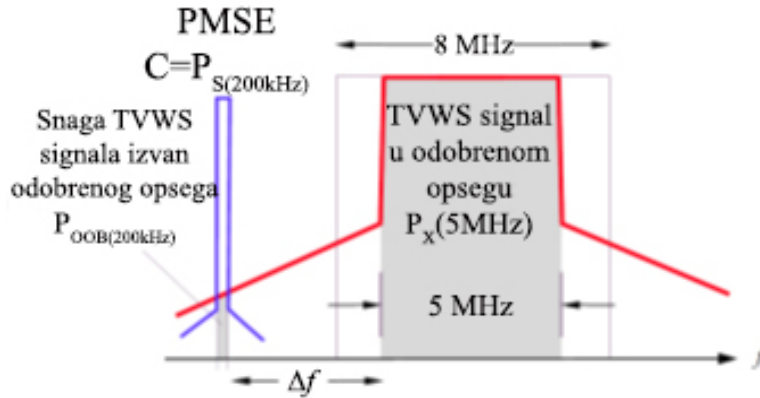
Izmereni zaštitni odnos za izabrani mikروفon (C, ΔF) (dB)					
Razdvajanje kanala, ΔF	Razdvajanje od jedne do druge granične učestanosti kanala, Δf (MHz)	Željeni nivo snage signala, C (dBm/200kHz)			
		-75	-65	-55	-40
± 1	1.5	-49.1	-47.1	-40.1	-29.1
± 2	9.5	-62.1	-54.1	-46.1	-35.1
± 3	17.5	-65.1	-58.1	-50.1	-35.6
± 4	25.5	-67.6	-59.6	-52.6	-42.6
± 5	33.5	-69.6	-62.6	-55.6	-45.6
± 6	41.5	-70.6	-64.6	-57.6	-48.6
± 7	49.5	-71.6	-65.6	-59.6	-49.6
± 10	73.5	-74.6	-68.6	-63.6	-54.6
± 15	113.5	-77.6	-71.6	-64.6	-54.6
± 22	169.5	-81.6	-75.6	-69.6	-62.6

11.5.2. IZVOĐENJE SELEKTIVNOSTI NA UČESTANOSTIMA SUSEDNIH KANALA

Selektivnost na učestanostima susednih kanala, ACS ($C, \Delta F$) testiranog PMSE prijemnika može da se izvede iz izmerenih istokanalnih i susednokanalnih zaštitnih odnosa, i iz izmerenog odnosa i curenja neželjenog signala u susedne kanale koji se koristio u testiranju. Iz definicije ACS imamo (u linearnom domenu),

$$P_{I(200kHz)} = P_{OOB(200kHz)} + \frac{P_{X(5MHz)}}{ACS(C, \Delta F)} \quad (11.3.2)$$

gde je P_X snaga unutar bloka nepoželjnog signala, P_{OOB} je snaga izvan bloka nepoželjnog signala, Sl.11.5.2, a P_I je empirijska snaga interferencije. Jednačina (11.3.2) zapravo definiše interferenciju kao snagu u opsegu rada PMSE uređaja koja potiče od TVWS uređaja koja potiče od emitovanja izvan bloka dodeljenih kanala za taj uređaj kao i od neželjenog TVWS signala uređaja koji emituje u tom opsegu kao i PMSE uređaj.



Sl.11.5.2 – Odnos P_X i P_{OOB} .

Iz definicije za odnos interferencije iz susednih kanala (ACIR), jednačina (11.2.5), takođe imamo (u linearnom domenu),

$$ACIR_M(C, \Delta F) = \frac{P_{X(5MHz)}}{P_{I(200kHz)}} \quad (11.3.3)$$

na tački greške prijemnika. Kombinujući jednačine (11.3.2) i (11.3.3) dobija se

$$\frac{1}{ACIR_M(C, \Delta F)} = \frac{P_{OOB(200kHz)}}{P_{X(5MHz)}} + \frac{1}{ACS(C, \Delta F)} = \frac{1}{ACLR_M(\Delta F)} + \frac{1}{ACS(C, \Delta F)} \quad (11.3.4)$$

$$ACS(C, \Delta F) = \left\{ ACIR_M^{-1}(C, \Delta F) - ACLR_M^{-1}(\Delta F) \right\}^{-1}, \quad (11.3.5)$$

gde je $ACLR_M(C, \Delta F)$ izmereni odnos curenja spektra signala u susedne kanale za 5MHz-ni TVWS test signal prema curenju spektra kanala PMSE uređaja iznad 200kHz. Konačno, iz definicije ACIR imamo (u linearnom domenu),

$$ACIR_M(C, \Delta F) \frac{P_{X(5MHz)}}{P_{I(200kHz)}} = \frac{P_{X(5MHz)}}{P_{S(200kHz)}} \times \frac{P_{S(200kHz)}}{P_{I(200kHz)}} = \frac{1}{r_M(C, \Delta F)} \times SIR \equiv \frac{1}{r_M(C, \Delta F)} \times r'_M(0) \quad (11.3.6)$$

gde je $r_M(C, \Delta F)$ izmeren zaštitni odnos susednih kanala, a SIR je odnos signala i interferencije u tački neuspeha. Primitimo da je $r'_M(0)$ izmereni istokanalni zaštitni odnos sa prilagođenom širinom opsega, prema 200kHz PMSE kanalu (slično jednačini (11.3.1)). Možemo da izvedemo njegovu vrednost iz izmerenog istokanalnog zaštitnog odnosa $r(0)$. Posebno, ako je P_X snaga istokanalnog nepoželjnog signala iznad 5MHz (kanal širine 8MHz),

$$r'_M(0) = \frac{P_{S(200kHz)}}{P_{X(200kHz)}} \equiv \frac{P_{S(200kHz)}}{P_{I(200kHz)}} = \frac{P_{S(200kHz)}}{\frac{0.2}{5} P_{X(5MHz)}} = \frac{5}{0.2} \frac{P_{S(200kHz)}}{P_{X(5MHz)}} = \frac{5}{0.2} r_M(0) \quad (11.3.7)$$

Kombinovanjem jednačina od (11.3.5) - (11.3.7) dobija se

$$ACS(C, \Delta F) = \left\{ \frac{0.2}{5} \frac{r_M(C, \Delta F)}{r_M(0)} - ACLR_M^{-1}(\Delta F) \right\}^{-1} \quad (11.3.8)$$

Kao primer očekivanih vrednosti, izmereni istokanalni zaštitni odnos $r_M(0)$, i zaštitni odnos sa prilagođenom širinom kanala $r'_M(0)$ za PMSE prijemnik koji je OFCOM koristio u svojoj analizi su 11.9 dB i 25.9dB respektivno. Tab.11.5.2 prikazuje izvedene vrednosti za ACS i mikrofon koji je izabrao OFCOM.

Tab.11.5.2 – Izvedene vrednosti za ACS za izabrani mikrofon.

ACS (C, ΔF) (dB)					
Razdvajanje kanala, ΔF	Razdvajanje od jedne do druge granične učestanosti kanala, Δf (MHz)	Željeni nivo snage signala radio mikrofona, C (dBm/200kHz)			
		-75	-65	-55	-40
±1	1.5	78.0	74.7	63.3	55.0
±2	9.5	88.7	80.1	72.0	61.0
±3	17.5	91.1	84.0	76.0	61.5
±4	25.5	93.5	85.5	78.5	68.5
±5	33.5	95.5	88.5	81.5	71.5

ACS (C, ΔF) (dB)					
Razdvajanje kanala, ΔF	Razdvajanje od jedne do druge granične učestanosti kanala, Δf (MHz)	Željeni nivo snage signala radio mikrofona, C (dBm/200kHz)			
		-75	-65	-55	-40
± 6	41.5	96.5	90.5	83.5	74.5
± 7	49.5	97.5	91.5	85.5	75.5
± 10	73.5	100.5	94.5	89.5	80.5
± 15	113.5	103.5	97.5	90.5	80.5
± 22	169.5	107.5	101.5	95.5	88.5

11.5.3. IZRAČUNAVANJE ZAŠTITNIH ODNOSA ZA ODREĐENU KLASU

Zaštitni odnos vezan za određenu klasu, $r(C, \Delta F)$, pri nekom zahtevanom nivou snage signala C, i razdvajanju kanala ΔF , može se izračunati uzimajući u obzir izvedene selektivnosti PMSE prijemnika ACS (C, ΔF), i ACLR (ΔF) TVWS uređaja koji zavisi od klase, kao što je definisano u ETSI EN 301 598.

Treba primetiti da izvodimo zaštitne odnose koji zavise od klase korišćenjem ACLR TVWS uređaja koji takođe zavise od klase, sa širinom opsega unutar bloka od 8MHz.

Po definiciji (u linearnom domenu),

$$\begin{aligned}
 r(C, \Delta F) &= \frac{P_{S(200kHz)}}{P_{X(8MHz)}} = \frac{P_{S(200kHz)}}{P_{I(200kHz)}} \times \frac{P_{I(200kHz)}}{P_{X(8MHz)}} = r'_M(0) \times \frac{1}{ACIR(C, \Delta F)} \\
 &= r'_M(0) \times (ACLR^{-1}(\Delta F) + ACS^{-1}(C, \Delta F))
 \end{aligned}
 \tag{11.3.9}$$

gde je P_S snaga poželjnog signala unutar bloka, P_X je snaga nepoželjnog signala unutar bloka, a P_I je empirijska snaga interferencije. Koristili smo definiciju ACIR da izvedemo poslednju jednačinu koja opisuje odnos sa ACLR koji zavisi od klase, i izvedeni ACS. Treba primetiti da je $r'_M(0)$ istokanalni zaštitni odnos sa prilagođenom širinom opsega. Možemo da izvedemo njegovu vrednost iz izmerenog istokanalnog zaštitnog odnosa $r_M(0)$, kao što je objašnjeno ranije. Konkretno,

$$r'_M(0) = \frac{5}{0.2} \times r_M(0)
 \tag{11.3.10}$$

Zaštitni odnosi koji zavise od klase mogu se izračunati na osnovu jednačine (11.3.9) iz izmerenog istokanalnog zaštitnog odnosa, izmerenog ACS i ACLR TVWS uređaja koji zavisi od klase.

Tab.11.5.3 prikazuje vrednosti ACLR(ΔF) za pet klasa spektralne emisije TVWS. Za

razdvajanje kanala $\Delta F = \pm 1, \pm 2$ i ± 3 , vrednosti ACLR(ΔF) su definisane u EN 301 598 (za veća rastojanja između kanala ograničenja u EN 301 598 ostaju pri svojim vrednostima za $\Delta F = \pm 3$). Treba primetiti da su nivoi snage izvan bloka u EN 301 598 sa spektralnim gustinama u dBm/(100kHz). Ovde smo prilagodili vrednosti za 3dB kako bi prikazali da radimo sa snagama izvan bloka u opsegu 200kHz. Da bismo objasnili praktične maske spektra pretpostavljen je porast ACLR od 10dB na 8MHz za $|\Delta F| > 3$. Pretpostavljeno je da je maska spektra ravna za $|\Delta F| > 9$.

Naredne tabele prikazuju izračunate vrednosti za $r(C, \Delta F)$, kao što se vidi u jednačini (11.3.9).

Isti zaštitni odnos može se koristiti za neke druge tipove PMSE, na primer monitor u uhu, radio programe, audio linkove i data linkove, po preporuci OFCOM-a i na osnovu njihovog istraživanja sa dostupnim PMSE uređajima.

Tab.11.5.3 – ACLR koji zavise od klase.

ACLR(ΔF)		Klasa TVWS emisije spektra				
Razdvajanje kanala, ΔF	Razdvajanje od jedne do druge granične učestanosti kanala, Δf (MHz)	TVWS klasa 1	TVWS klasa 2	TVWS klasa 3	TVWS klasa 4	TVWS klasa 5
± 1	1.5	71	71	61	51	40
± 2	9.5	76	71	71	61	50
± 3	17.5	81	71	81	71	61
± 9	65.5	141	131	141	131	121
$ \Delta F \geq 10$	73.5	151	141	151	141	131

Tab.11.5.4 – Zaštitni odnosi koji zavise od klase, bežični mikrofoni, $C = -75$ dBm.

$r(C, \Delta F)$, $C = -75$ dBm		Izabrani bežični mikrofoni				
Razdvajanje kanala, ΔF	Razdvajanje od jedne do druge granične učestanosti kanala, Δf (MHz)	TVWS klasa 1	TVWS klasa 2	TVWS klasa 3	TVWS klasa 4	TVWS klasa 5
± 1	1.5	-44.3	-44.3	-35.0	-25.1	-14.1
± 2	9.5	-49.9	-45.0	-45.0	-35.1	-24.1
± 3	17.5	-54.7	-45.1	-54.7	-45.1	-35.1
± 4	25.5	-63.2	-54.9	-63.2	-54.9	-45.1
± 5	33.5	-65.8	-63.8	-68.5	-63.8	-55.0

$r(C, \Delta F)$, $C=-75\text{dBm}$		Izabrani bežični mikrofoni				
Razdvajanje kanala, ΔF	Razdvajanje od jedne do druge granične učestanosti kanala, Δf (MHz)	TVWS klasa 1	TVWS klasa 2	TVWS klasa 3	TVWS klasa 4	TVWS klasa 5
± 6	41.5	-70.5	-69.3	-70.5	-69.3	-64.0
± 7	49.5	-71.6	-71.4	-71.6	-71.4	-70.0
$\Delta F = \pm 8$	57.5	-72.6	-72.6	-72.6	-72.6	-72.4
$\Delta F = \pm 9$	65.5	-73.6	-73.6	-73.6	-73.6	-73.6
$\Delta F = \pm 10$	73.5	-74.6	-74.6	-74.6	-74.6	-74.6
$\Delta F = \pm 15$	113.5	-77.6	-77.6	-77.6	-77.6	-77.6
$\Delta F = \pm 22$	169.5	-81.6	-81.6	-81.6	-81.6	-81.6

Tab.11.5.5 – Zaštitni odnosi koji zavise od klase, bežični mikrofoni, $C=-65\text{dBm}$.

$r(C, \Delta F)$, $C=-65\text{dBm}$		Izabrani bežični mikrofoni				
Razdvajanje kanala, ΔF	Razdvajanje od jedne do druge granične učestanosti kanala, Δf (MHz)	TVWS klasa 1	TVWS klasa 2	TVWS klasa 3	TVWS klasa 4	TVWS klasa 5
± 1	1.5	-43.6	-43.6	-34.9	-25.1	-14.1
± 2	9.5	-48.7	-44.6	-44.6	-35.1	-24.1
± 3	17.5	-53.4	-49.9	-53.4	-44.9	-35.1
± 4	25.5	-58.5	-53.8	-58.5	-53.8	-45.0
± 5	33.5	-62.4	-60.7	-62.4	-60.7	-54.4
± 6	41.5	-64.6	-64.2	-64.6	-64.2	-61.8
± 7	49.5	-65.6	-65.6	-65.6	-65.6	-65.1
± 8	57.5	-66.6	-66.6	-66.6	-66.6	-66.5
± 9	65.5	-67.6	-67.6	-67.6	-67.6	-67.6
± 10	73.5	-68.6	-68.6	-68.6	-68.6	-68.6
± 15	113.5	-71.6	-71.6	-71.6	-71.6	-71.6
± 22	169.5	-75.6	-75.6	-75.6	-75.6	-75.6

Tab.11.5.6 – Zaštitni odnosi koji zavise od klase, bežični mikrofoni, $C=-55\text{dBm}$.

$r(C, \Delta F)$, $C=-55\text{dBm}$		Izabrani bežični mikrofoni				
Razdvajanje kanala, ΔF	Razdvajanje od jedne do druge granične učestanosti kanala, Δf (MHz)	TVWS klasa 1	TVWS klasa 2	TVWS klasa 3	TVWS klasa 4	TVWS klasa 5
± 1	1.5	-39.1	-39.1	-34.0	-25.0	-14.1
± 2	9.5	-44.7	-42.6	-42.6	-34.8	-24.1
± 3	17.5	-48.9	-43.9	-48.9	-43.9	-35.0
± 4	25.5	-52.4	-50.7	-52.4	-50.7	-44.4
± 5	33.5	-55.6	-55.1	-55.6	-55.1	-52.3
± 6	41.5	-57.6	-57.5	-57.6	-57.5	-56.9
± 7	49.5	-59.6	-59.6	-59.6	-59.6	-59.5
± 8	57.5	-60.9	-60.9	-60.9	-60.9	-60.9
± 9	65.5	-62.3	-62.3	-62.3	-62.3	-62.3
± 10	73.5	-63.6	-63.6	-63.6	-63.6	-63.6
± 15	113.5	-64.6	-64.6	-64.6	-64.6	-64.6
± 22	169.5	-69.6	-69.6	-69.6	-69.6	-69.6

Tab.11.5.7 - Zaštitni odnosi koji zavise od klase, bežični mikrofoni, $C=-40\text{dBm}$.

$r(C, \Delta F)$, $C=-40\text{dBm}$		Izabrani bežični mikrofoni				
Razdvajanje kanala, ΔF	Razdvajanje od jedne do druge granične učestanosti kanala, Δf (MHz)	TVWS klasa 1	TVWS klasa 2	TVWS klasa 3	TVWS klasa 4	TVWS klasa 5
± 1	1.5	-29.0	-29.0	-28.1	-23.7	-14.0
± 2	9.5	-35.0	-34.7	-34.7	-32.1	-23.8
± 3	17.5	-35.6	-35.1	-35.6	-35.1	-32.3
± 4	25.5	-42.6	-42.4	-42.6	-42.4	-42.7
± 5	33.5	-45.6	-45.6	-45.6	-45.6	-45.1
± 6	41.5	-48.6	-48.6	-48.6	-48.6	-48.5
± 7	49.5	-49.6	-49.6	-49.6	-49.6	-49.6
± 8	57.5	-51.3	-51.3	-51.3	-51.3	-51.3
± 9	65.5	-52.9	-52.9	-52.9	-52.9	-52.9
± 10	73.5	-54.6	-54.6	-54.6	-54.6	-54.6

$r(C, \Delta F)$, C=-40dBm		Izabrani bežični mikrofon				
Razdvajanje kanala, ΔF	Razdvajanje od jedne do druge granične učestanosti kanala, Δf (MHz)	TVWS klasa 1	TVWS klasa 2	TVWS klasa 3	TVWS klasa 4	TVWS klasa 5
±15	113.5	-54.6	-54.6	-54.6	-54.6	-54.6
±22	169.5	-62.6	-62.6	-62.6	-62.6	-62.6

11.6. PROSTORNA I VREMENSKA SEPARACIJA TVWS I PMSE UREĐAJA

Sa stanovišta analize sprovedene od strane OFCOM-a, u saradnji sa BBC-jem, zaštita uređaja unutar objekta je manje kritična od zaštite uređaja u spoljašnjoj sredini. Razlog je dodatno slabljenje usled postojanja zidova i raznih drugih objekata u studijima. Primećeno je da je nivo PMSE signala u zatvorenom prostoru nešto veći i to 4-6dB u proseku u okviru izvršenog eksperimenta. Takođe, primećeno je da je dolet PMSE opreme od 35m do 100m, u zavisnosti od toga da li su korisnici mikrofona okruženi publikom ili ne. Primećeno je da je u odsustvu publike, pri rastojanju od 35m i 100m između mikrofona i centra gde se signal primao, razlika u slabljenju signala bila oko 10dB. Takođe, bez publike, 100m je i maksimalni dolet PMSE opreme dok je sa publikom, na otvorenom, taj dolet smanjen na maksimalnih 35m. Postojanje publike unosi dodatnu izolaciju od 20dB. Mikrofonu u ušima i slična oprema imaju manji dolet od samih mikrofona i zbog toga služe presenterima da kada čuju vrlo loš prijem preko takvih uređaja da znaju da se bliže krajnjem doletu samog mikrofona.

U okviru sprovedenog testa, TVWS signal emitovan je u neposrednoj blizini privremenog centra gde se nalazio prijemnik PMSE signala sa bežičnih uređaja, na oko 8 metara, sa visinom antene istom kao i visinom antene privremenog centra za prijem PMSE signala. Korišten je TVWS uređaj klase 3, shodno EN 301 598. Uočeno je da nema uticaja TVS signala na rad PMSE opreme. Tab.11.6.1 prikazuje vrednosti izmerene pri rastojanju između *master* TVWS uređaja i centra za prijem PMSE signala od samo 8m. Rezultati pokazuju da nema uticaja na PMSE opremu kada TVWS uređaj ne emituje u susednom kanalu a da i pri emitovanju u susednom kanalu, u praktičnoj primeni, nije bilo izmerene degradacije audio signala već su uticaji izmereni u laboratorijskim uslovima. U laboratoriji je pri snazi TVWS signala od 24dBm zabeležena vrednost od 4.5 za prethodno definisanu metriku, što se smatra tačkom kada PMSE signal postaje degradiran.

U ovom slučaju radi se o uređajima kojima su antene postavljene na visinu od 3m, pri čemu je antena ometača bila usmerena put antene PMSE prijemnika (maksimalno nepovoljan uslov). Sva merenja u Tab.11.6.1 obavljena su za TVWS uređaj klase 3 i PMSE uređaj koji emituje u kanalu centralne učestanosti 606.6MHz.

Tab.11.6.1 – Uticaj TVWS signala na PMSE prijem kada su TVWS opemat i PMSE prijemnik udaljeni 8m jedan od drugog u spoljašnjem okruženju.

Razmak između kanala, ΔF	Dozvoljena EIRP, P_{REG} [dBm/8MHz]	TVWS EIRP P_1 [dBm/8MHz]	Margina [dB]
1	31	24-36	-7<M<+5
2	36	> 36	> 0
3	36	> 36	> 0
11	36	> 36	> 0

Snaga P_{REG} računa se kao minimalna snaga iz izraza

$$P_{REG} = \min(P_{s,0} - G - r(\Delta F), 36) \text{ dBm/8MHz} \quad (11.4.1)$$

gde je $P_{s,0} = -65$ dBm/8MHz, G je slabljenje u slobodnom prostoru (npr. za 8m rastojanja i datu učestanost $G = -46$ dB) i $r(\Delta F)$ je zaštitni odnos (margina) za TVWS uređaja klase 3. Ova jednačina važi u slučaju postojanja PMSE signala dok bi u slučaju postojanja i DTT signala u oblasti u kojoj emituje i predajnik DTT signala (i prijemnik DTT signala prima signal) u obzir bila uzeta i zaštita za DTT signal i izabrana minimalna vrednost od sve 3. Snaga P_1 predstavlja onu snagu TVWS signala pri kojoj su slušaoci audio signala ocenili da je došlo do degradacije (slučaj kada je vrednost 4.5 usvojene metrike). Na osnovu izvršenih merenja jasno je da u praktičnim uslovima nije uočena smetnja koja bi ograničavala rad PMSE uređaja u slučaju kada se kanali ne poklapaju.

U slučaju kada se posmatra rad PMSE uređaja u unutrašnjosti objekta, analiza je pokazala da su rezultati nešto povoljniji. OFCOM, na osnovu čije metodologije se bazira i ETSI metodologija, obavio je merenja u više objekata u Velikoj Britaniji. Merenja su sprovedena u različitim objektima i u različitim situacijama. Ono što je primetno jeste da se ometanje PMSE uređaja pojavilo prilikom direktnog emitovanja TVWS signala sa predajnika unutar objekta, na TV kanalu koji obuhvata i PMSE kanal. U tom slučaju je došlo do prekida komunikacije. Primećeno je da što je objekat veći to je i medijanska vrednost PMSE signala veća. Ovo je važna informacija imajući u vidu da je PMSE oprema pokazala veću osetljivost na smetnju u situacijama kada nije primala PMSE signal (npr. mikrofoni se nije koristio već je skupljao smetnju iz okoline) nego kada je bila korištena (govornik govori u mikrofoni).

U Tab.11.6.2 prikazani su parametri TVWS signala na ulazu u PMSE prijemnik, uključujući dobitak sprege između antena TVWS i PMSE uređaja tokom programa koji se održava uživo i na osnovu laboratorijskih merenja curenja spektra izvan opsega određenog za emitovanje TVWS uređaja. Primer vrednosti preuzet je iz eksperimenta koji je izvršio OFCOM.

Tab.11.6.2 – Parametri TVWS uređaja.

Opis	Vrednost	Jedinica	Komentar
EIRP TVWS uređaja	29	dBm (u opsegu 8MHz)	
Dobitak sprege između antena TVWS i PMSE uređaja	55	dB	
Nivo TVWS signala na ulazu u prijemnik PMSE uređaja	-26	dBm (u opsegu 8MHz)	Razlika između EIRP TVWS uređaja i dobitka sprege
Opseg između centralnih učestanosti kanala PMSE uređaja i susednog kanala koji koristi TVWS uređaj	4.5	MHz	
ACLR ⁻¹ TVWS uređaja na učestanosti rada PMSE uređaja	-65.1	dBc	
Curenje spektra TVWS signala u susednom kanalu	-91	dBm (u opsegu 200kHz)	Zbir vrednosti za ACLR ⁻¹ i snage TVWS signala na ulazu u PMSE uređaj
Opseg između centralnih učestanosti PMSE uređaja i drugog (do susednog) kanala TVWS uređaja	12.1	MHz	
ACLR ⁻¹ za drugi susedni kanal (kanal do susednog)	-91.3	dBc	
Curenje spektra TVWS signala u drugom susednom kanalu	-122	dBm (u opsegu 200kHz)	Zbir vrednosti za ACLR ⁻¹ i snage TVWS signala na ulazu u PMSE uređaj

Podaci u prethodnoj tabeli ukazuju da je utvrđeno da curenje spektra TVWS signala u susednom kanalu iznosi oko -91dBm u opsegu od 200kHz na ulazu u PMSE prijemnik. Na osnovu ovoga se može zaključiti da je potreban *scquelch* na anteni PMSE uređaja oko -90dBm. Takođe, kada se posmatra naredni TV kanal, interferencija koju stvara TVWS uređaj iznosi oko -122 dBm u opsegu od 200kHz što je vrednost koja je ispod nivoa šuma i detekcije PMSE prijemnika.

Ako se posmatraju realni uslovi rada, za dobitak antene TVWS uređaja od 0dBi i 10dBi za PMSE uređaj, nivo TVWS signala na mestu PMSE uređaja je oko -81dBm što je u nivou osetljivosti bežičnog mikrofona kada se ne koristi (prezenter ne priča direktno u mikrofona). Očito da u takvim slučajevima može doći do degradacije audio signala i može se pojaviti interferencija u PMSE sistemu. Međutim, ovo se dešava kada mikrofona tj. PMSE uređaj nije u funkciji i iako postoji interferencija, auditorijum (publika) ne čuje samu smetnju ili degradaciju kvaliteta PMSE signala.

Zapravo, u svrhu testiranja, ispitan je uticaj TVWS uređaja na PMSE uređaje u jednom londonskom pozorištu pri čemu je rastojanje između PMSE prijemnika i TVWS uređaja koji emituje signal bilo samo 10m a kasnije samo 2m. U oba slučaja utvrđeno je da i sa pomerajem učestanosti $\Delta F=1$ subjektivni utisak o kvalitetu audio signala kod korisnika nije padoo ispod 4.8, Tab.11.6.3. PMSE uređaj primao je signal na učestanosti 669.7MHz a TVWS uređaj je bio klase 3. Vrednost snage P_1 ista je u slučaju rastojanja 2m i 10m.

Tab.11.6.3 – Subjektivni osećaj kvaliteta za audio signal u prisustvu TVWS signala.

Rastojanje između kanala koje koriste TVWS i PMSE uređaji	Ograničena EIRP, P_{REG} [dBm/8MHz]		TVWS EIRP, P_1 [dBm/8MHz]	Subjektivni osećaj kvaliteta audio signala	
	10m	2m		10m	2m
1	32	18	26.7	4.8	4.8
2	36	28	26.9	4.8	5
3	36	32	27.1	5	5
11	36	36	25	5	5

Slični rezultati merenja ostvareni su i u slučaju WISE projekta u Helsinkiju kada je analiziran uticaj TVWS uređaja na PMSE opremu u dva pozorišta. Opšti zaključci projekta ukazuju da je veliki značaj načina na koji se mikروفon koristi. Primećeno je da propagaciono slabljenje može biti i do 30dB veće ukoliko se koristi mikروفon zakačen na pojasu ili ukoliko postoje prepreke i prolaznici, u odnosu na slučaj kada je mikروفon nepomičan i nema prepreka do prijemnika signala. Ovo su zapravo i veće vrednosti u odnosu na vrednosti od 20dB koje je OFCOM prijavio u slučaju upotrebe mikrofona u spoljnoj sredini.

Mikrofoni su najčešće radili sa nivoom signala u rasponu od -58dBm do -68dBm, što je za oko 20dB više od uobičajnih osetljivosti PMSE uređaja koja je oko -85dBm u opsegu od 200kHz. Slične rezultate prijavio je i OFCOM uz prijavljene osetljivosti PMSE opreme od takođe -85dBm u opsegu od 200kHz.

Kao i u slučaju analize OFCOM-a unutar pozorišta u Londonu, rad TVWS uređaja na istom kanalu, u prisustvu publike („živ“ događaj) uz nivoe signala od -15dBm do 5dBm u opsegu od 8MHz dovoljan je da izazove smetnje PMSE opremi. Za prvi susedni kanal je utvrđeno da nivoi od 30dBm u kanalu širine 8MHz mogu izazvati smetnje dok je u drugom susednom kanalu taj nivo čak 40dBm. Ovo su vrednosti za slučajeve bliskog postavljanja TVWS uređaja i mikrofona. Utvrđeno je da, praktično bilo gde u okviru pozorišnih zgrada, postavljanjem TVWS uređaja nivoi signala od nekoliko dBm mogu stvoriti određene smetnje.

Za udaljenosti od 100m i TVWS uređaje postavljene izvan zgrade pozorišta, smetnja pri radu na istom kanalu je vidljiva pri nivoima signala od 30dBm do 35dBm u kanalu širine 8MHz. U slučaju susednih kanala ti nivoi su najmanje 42dBm ali sama TVWS oprema nije mogla da proizvede tako visoke nivoe signala tako da očekivanja nisu mogla da budu potvrđena. Na

udaljenosti od 560m od zgrade pozorišta nije bilo moguće proizvesti smetnju mikrofonima iako je TVWS uređaj radio na istom kanalu kao i sami mikrofoni (kanali su se preklapali).

Pri analizi uticaja interferencije posmatran je i nivo TVWS signala na ulazu u prijemnik PMSE uređaja. Utvrđeno je da je unutar objekta nivo TVWS signala obično oko -60dBm u opsegu od 8MHz što odgovara vrednosti od -76dBm u kanalu širine 200kHz. Takođe, primećena je linearna zavisnost između smanjenja korisnog signala i potrebnog umanjavanja interferirajućeg signala. Tako, ako se PMSE signal smanji za 10dB (slabljenje se poveća sa 10dB) tada i TVWS signal na ulazu u PMSE prijemnik mora biti 10dB manji da bi se zadržao isti kvalitet audio signala.

Primećeno je da su položaji mikrofona bili uočljivi kada se njihov signal detektovao spektralnim analizator. Na svim pozicijama na kojima se koristio spektralni analizator bilo je moguće utvrditi postojanje i intenzitet PMSE signala. Tako je posredno bilo moguće locirati i PMSE uređaje. To je ujedno vrlo blaga indikacija da je možda moguće detektovati prisustvo PMSE opreme osluškivanjem spektra (*spectrum sensing*), međutim, dalja merenja nisu vršena i nema jasne potvrde da je to zaista i moguće realizovati. Za sada, nema jasnih opredeljenja regulatornih tela u Evropi da je detekcija PMSE uređaja osluškivanjem spektra dovoljno pouzdana metoda da se može koristiti kao pouzdana samostalna metoda rada TVWS uređaja.

Iskustva iz OFCOM-ovih merenja i WISE projekta svojim merenjima potvrđuju preporuke definisane u okviru [CEPT,159]. Naime, prilikom analize degradacije audio signala, usvojena je vrednost od 1dB degradacije kao prihvatljive i utvrđeno je da se takva degradacija dešava pri snagama PMSE signala od -90 do -95dBm u opsegu od 200kHz. Ovi PMSE prijemnici su podvrgnuti interferenciju TVWS uređaja i utvrđeno je da nivoi snaga TVWS signala od -113dBm i -116dBm u opsegu od 200kHz ne izazivaju degradaciju PMSE signala odnosno da ne utiču na osetljivost PMSE prijemnika. Zbog toga, vrednost od -115dBm data u [CEPT,159] u poglavlju 5.13 je sasvim prihvatljiva i potvrđena ovim merenjima kao dozvoljena vrednost TVWS signala kada se preklapaju kanali PMSE i TVWS opreme. Takođe, laboratorijska merenja u okviru WISE projekta su pokazala i da kada se posmatra slabljenje signala u kanalu sa fedingom da se ista referentna vrednost može koristiti jer nema bitnih promena.

11.6.1. ZONE ZAŠTITE

Imajući u vidu *squelch Sennheiser* PMSE opreme koja je najčešća kod velikih medijskih kuća u Srbiji, koji se kreće od oko -81dBm do -103dBm može se reći da je moguće da se pojavi interferencija kod PMSE uređaja. Iskustvo sa tržišta ukazuje da oprema boljih proizvođača ima i veću osetljivost. Uobičajena osetljivost srednje kvalitetne opreme na tržištu je u rasponu od -75dBm do -85dBm ali kvalitetnija oprema može imati i bolju osetljivost. Zbog toga, regulatorna agencija može odrediti zone zaštite. Međutim, vidljivo je da ako se izuzme rad u kanalima koji se preklapaju, PMSE i TVWS oprema mogu koegzistirati pri radu u susednim kanalima i na vrlo malim međusobnim rastojanjima. Vidljivo je iz svih praktičnih merenja da već pri radu snagom do 30dBm u TV kanalu, TVWS uređaji neće izazvati interferenciju PMSE opremi.

Usmerenje TVWS antene svakako dodatno može uticati na smanjenje interferencije. U prethodno opisanim slučajevima razmatrane su izračene snage a u slučaju WISE projekta korištena

je i Yagi antena dobitka 12dBi. Odnos napred-nazad kod antene je bio 17dB što dodatno doprinosi izolaciji i smanjenju interferencije. Kako su merenja pokazala, smanjenje nivoa PMSE signala traži jednako smanjenje TVWS signala da bi se zadržao isti nivo kvaliteta audio signala. Promena dobitaka antena vodi i smanjenju dobitka sprege između TVWS i PMSE uređaja, što za posledicu ima i manju mogućnost smetnje. Imajući u vidu da je jedan od parametara koji se upisuje u WSDB i dobitak antene, zajedno sa njenim dijagramom zračenja (tabelarni unos vrednosti dobitka antene za odabrani korak u stepenima od pravca maksimalnog dobitka antene), pri svim proračunima je moguće uzeti u obzir stvarni dobitak antene znajući poziciju TVWS uređaja i PMSE uređaja ili centralne tačke piksela od interesa. Imajući to u vidu, orijentacija antene i njen dobitak su uključeni u proračun nivoa TVWS signala i interferencije koja se može stvoriti PMSE uređajima.

11.6.2. RAZMATRANJE DUŽINE KORIŠĆENJA I SPECIFIČNIH LOKACIJA GDE SE KORISTI PMSE OPREMA

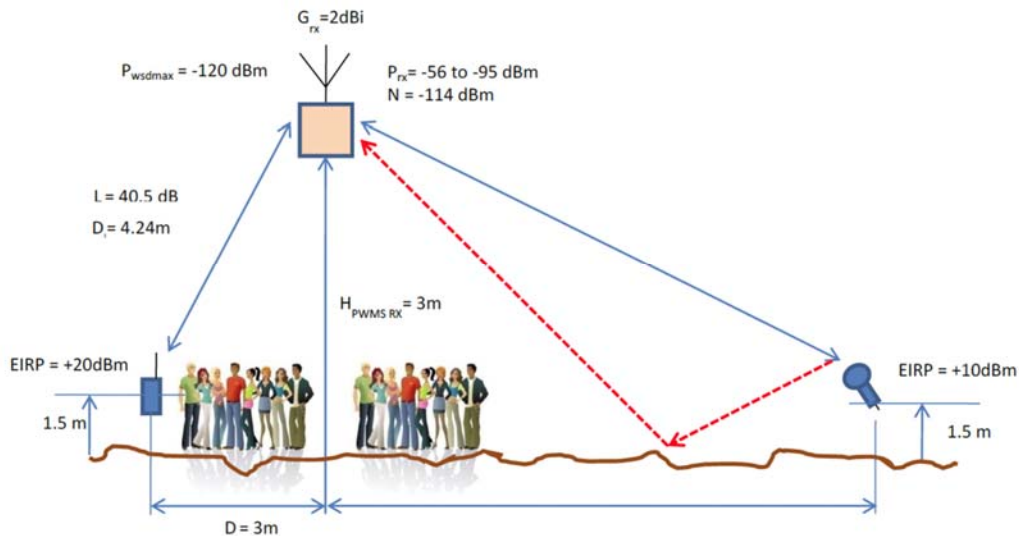
Kao što je već spomenuto, PMSE oprema se koristi u različitim situacijama i različitim okruženjima. PMSE oprema se može koristiti kako unutar objekata kao što su pozorišta, koncertne i sportske dvorane tako i spoljašnjoj sredini – na stadionima, u parkovima i u gradu na ulicama. Period u kom se koristi PMSE oprema na pojedinim lokacijama je različit. U pozorištima se oprema koristi praktično stalno (svakodnevno). Na sportskim događajima se koristi ređe, nekoliko puta ili jednom nedeljno i čak i ređe, dok su specijalni događaji specifični zbog činjenice da se održavaju jednokratno. Pojedini događaji, kao što su muzički festivali, dešavaju se periodično i zahtevaju upotrebe PMSE opreme nekoliko dana zaredom. Lokacije na kojima se koristi PMSE oprema obuhvataju:

- Zgrade višestruke namene kao što je sportska arena na Novom Beogradu, u kojoj se održavaju sportski i muzički događaji;
- Auto-trke, uključujući trkališta namenski pravljeni za trke kao i ulične trke kada se PMSE oprema koristi jednokratno (na primer prilikom trka na Ušću);
- Produkcijske lokacije TV kuća koje obuhvataju lokacije otvorenih i zatvorenih studijskih prostora;
- Restorane i kafiće u kojima se u toku večeri održavaju koncerti;
- Muzičke dvorane i slični prostori poput nekadašnje dvorane Doma sindikata;
- Terene za golf, kakvi postoje na Adi Ciganliji i na Divčibarama;
- Poslovne zgrade i zgrade državnih institucija u kojima se povremeno mogu organizovati događaji ili postoji sistem ozvučenja za razne druge potrebe;
- Hotele sa konferencijskim salama;
- Političke skupove koji se mogu održavati i na otvorenom i u zatvorenom prostoru;
- Stadione i druge sportske objekte;
- Pozorišta i tematske parkove.

Lokacije na kojima se može koristiti ili se koristi PMSE oprema, a da čak i nije poznato široj

javnosti je zaista širok i raznolik. U toku prethodne analize zaštite PMSE uređaja opisani su slučajevi korišćenja PMSE opreme na otvorenom, u okruženju koje je nalik parku, kao i u zatvorenom prostoru koji obuhvata više pozorišta različite geometrije i stadiona.

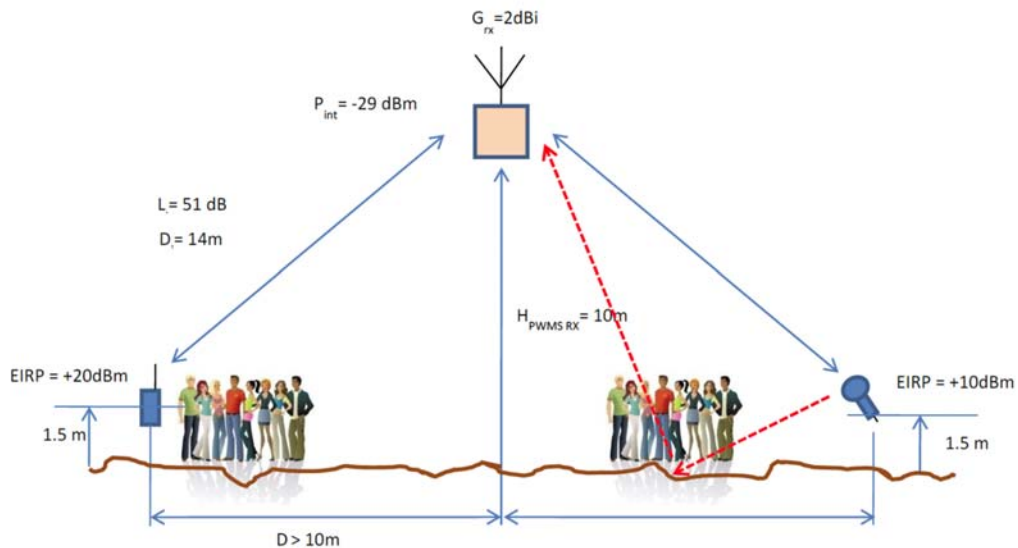
U cilju olakšanja prepoznavanja lokacija za primenu PMSE opreme i davanja određenih sugestija CEPT je u [CEPT,186] definisao pojedine slučajeve primene PMSE opreme, dok su u okviru [CEPT,159] dati primeri proračuna potrebnog razdvajanja TVWS i PMSE uređaja. Prvi scenario podrazumeva rad na otvorenom prostoru kada se koristi više od jednog PMSE kanala. Ovakav scenario odgovara slučajevima kada se održava politički skup i kada više novinarskih ekipa boravi ispred objekta, kada se održava sportski događaj na otvorenom koji prati više novinara iz iste ili iz različitih TV kuća, ili kada se održava vašar na otvorenom prostoru u gradu. U ovakvim slučajevima, kao što je već opisano kod dešavanja u parku u Velikoj Britaniji, očekuje se veliki broj gledalaca i posetilaca koji stoje ili prolaze između mikrofona i prijemnog centra PMSE signala, sa malim rastojanjem između posetilaca i prezentera koji koriste PMSE opremu. U prethodnim analizama je utvrđeno da kod istokanalnog rada TVWS i PMSE uređaja se može očekivati smetnja, dok kod susednokalnog i većeg razdvajanja kanala između TVWS i PMSE uređaja interferencija je zanemarljiva. Takođe, analize pokazuju da je razdvajanje od nekoliko metara pa do nekoliko desetina i stotina metara više nego dovoljno da se eliminiše interferencija. U ovakvim slučajevima, razdvajanje između PMSE i TVWS opreme se može učiniti nemogućim (nije moguće izmestiti TVWS opremu ili pomeriti događaj) pa je rešenje u frekvencijskom razdvajanju (davanju na upotrebu kanala koji su dovoljno međusobno razmaknuti, odnosno već drugi susedni kanal obezbeđuje dovoljnu izolovanost) kao i da se izvrši podizanje antene PMSE prijemnika na višu lokaciju. Time bi se obezbedili bolji propagacioni uslovi za PMSE opremu i izbeglo bi se dodatno slabljenje od 20-30dB usled postojanja posetilaca i njihovog prolaženja u blizini PMSE opreme, Sl.11.6.1. Takođe, ako TVWS uređaj koristi usmerenu antenu obezbedilo bi se dodatno razdvajanje usled činjenice da položaj PMSE prijemnika ne bi bio u pravcu ose maksimalnog dobitka antene TVWS uređaja.



Sl.11.6.1 – Upotreba TVWWS i PMSE opreme u spoljašnjoj sredini.

Drugi scenario primene koji je prethodno analiziran podrazumeva primenu TVWS opreme i PMSE uređaja u zatvorenim dvoranama, Sl.11.6.2. Ovo je upravo tipičan primer primene PMSE opreme u pozorištu. Iskustva OFCOM-a i WISE projekta daju precizne smernice oko rastojanja između opreme unutar objekta. U ovakvim objektima je ostvareno razdvajanje posetilaca (gledalaca) i PMSE prijemnika i to bar 10m. Zbog toga nema direktnih prepreka između PMSE opreme. U ovim situacijama je moguće koristiti usmerene antene kod PMSE opreme kako bi se unapredio budžet linka. Antene bi bile usmerene put pozornice gde se i koriste mikrofoni. Na pojedinim mestima prijemnici PMSE signala su locirani u sobi sa projektorom ili izvan same sale sa pozornicom. Ovakve instalacije su posebno osetljive na TVWS signale imajući u vidu da je veliko slabljenje pri propagaciji PMSE signala od mikrofona do prijemnika i da se TVWS uređaji mogu naći na putanji između PMSE predajnika i prijemnika. U ovakvim situacijama čak ni usmerene antene PMSE opreme nemaju pozitivan efekat.

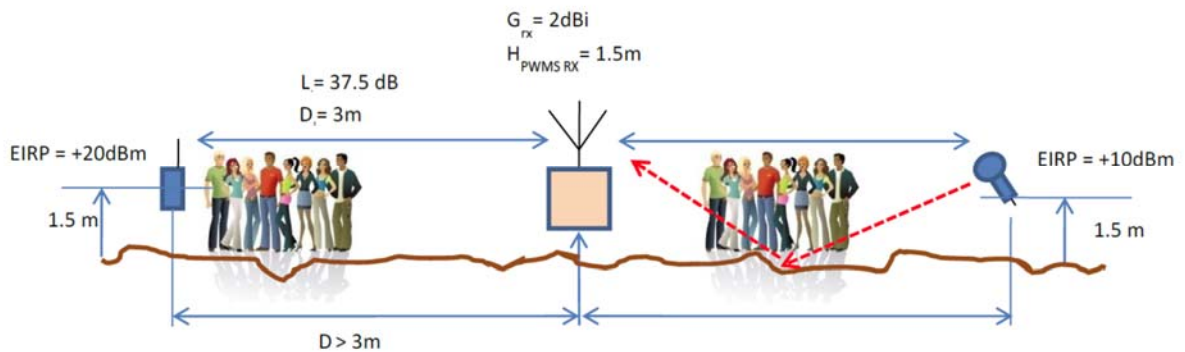
U ovakvim slučajevima je poželjno da je PMSE oprema u istoj sali (da se primakne predajnicima), po mogućstvu sa usmerenim antenama. TVWS oprema ne sme raditi u kanalima koji se preklapaju sa kanalima koje koristi PMSE oprema na konkretnoj lokaciji. Usmerene antene će omogućiti dodatnu izolaciju između PMSE opreme i TVWS uređaja. Isto tako, PMSE prijemnik se može podići u odnosu na TVWS uređaj kako bi se omogućila bolja izolacija između opreme različitih tehnologija. Prema navedenim iskustvima, dovoljno je koristiti drugi susedni kanal za TVWS opremu u odnosu na PMSE kanale tako da se izbegne interferencija.



Sl.11.6.2 – Primena PMSE opreme u pozorištima i zatvorenim prostorima.

Treći scenario koji CEPT prepoznaje jeste primena PMSE opreme u poslovnim salama i na poslovnim konferencijama u zatvorenom prostoru, Sl.11.6.3. U ovom slučaju, PMSE oprema je deo postojeće instalacije (npr. hotelske instalacije u salama za sastanke) ili se montira samo za

potrebe samog događaja. Upravo kod privremenih instalacija može doći do problema pošto se kod instalacije kod izgradnje objekta očekuje da je PMSE oprema dovoljno zaštićena. Međutim, u ovom drugom slučaju se može očekivati da je rastojanje između PMSE i TVWS opreme do 50m. U ovom slučaju najveći problem može predstavljati da neko od posetilaca nosi i koristi neki od TVWS uređaja.



Sl.11.6.3 – Upotreba PMSE opreme u konferencijskim salama i poslovnim skupovima.

Za ovaj scenario sam CEPT ne daje nikakve smernice oko rešenja problema interferencije. U ovakvim slučajevima upotreba usmerenih antena nije od pomoći već je potrebno obezbediti dovoljno razdvajanje u spektru između PMSE i TVWS uređaja. Dovoljnim razdvajanjem u frekvencijskom domenu obezbediće se dovoljna selektivnost da se izbegne interferencija čak i ako neko od posetilaca koristi TVWS uređaj.

Sa stanovišta vremena korišćenja, već je napomenuto da korišćenje može biti jednokratno, periodično i stalno. Zbog toga je najbolje rešenje za ovakve slučajeve, registracija korisnika PMSE opreme gde imaju priliku da prijave događaj i da odrede vremenski interval u kom bi se oprema koristila (jednokratno, višednevno ili stalno). Tako bi se omogućilo da kada oprema nije u upotrebi da se slobodan spektar iskoristi za rad TVWS uređaja.

Dodatno na postojeće scenarije primene, DSA u svom uputstvu za planiranje TVWS sistema preporučuje da se usvoji dodatnih 7dB slabljenje u slučajevima kada je bilo PMSE bilo TVWS uređaj u zatvorenom prostoru (a drugi uređaj u spoljnoj sredini). U slučaju kada su i PMSE i TVWS uređaj u različitim prostorijama ili čak i u različitim objektima, DSA smatra da je potrebno uključiti dodatno slabljenje od 14dB

11.7. PMSE OPREMA U UPOTREBI U REPUBLICI SRBIJI I PREGLED LICENCIRANJA U EVROPI

Najčešće korišćena oprema kod velikih TV i produkcijских kuća u Srbiji je oprema proizvođača *Sennheiser*. U prilogu Studije nalazi se katalog PMSE opreme ovog proizvođača. Bez obzira na proizvođača opreme, čak i kod manje poznatih i kvalitetnih proizvođača, može se usvojiti da je osetljivost PMSE prijemnika od 5dB μ V do 25dB μ V. Ono u čemu se oprema može razlikovati pri testiranju jeste kvalitet filtriranja i selektivnost samih uređaja pri prijemu PMSE signala.

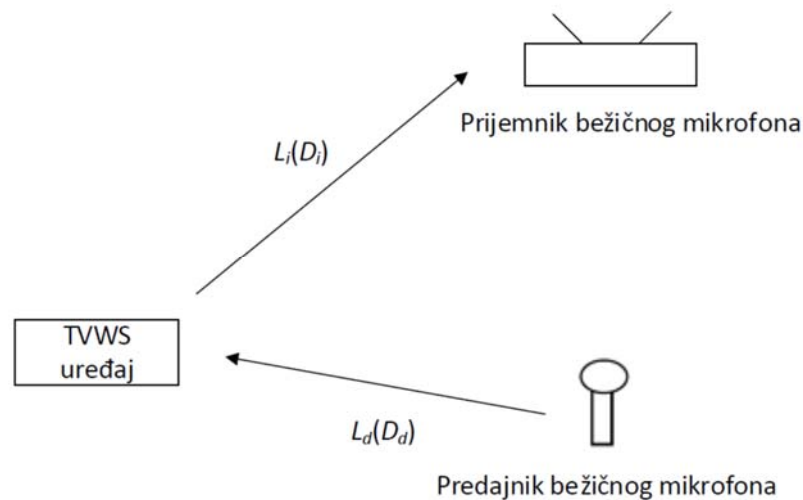
Licenciranje PMSE opreme u Evropi je različito regulisano jer se određuje na nacionalnom nivou. Primetno je da se u pojedinim zemljama PMSE oprema registruje ali se ne plaća nadoknada, u nekima se vrši registracija i naplata (kao na primer u Švedskoj) dok u pojedinim zemljama je upotreba slobodna. Pregled dostupnih frekvencijskih opsega za PMSE opremu i način licenciranja za izabrane Evropske i vanevropske zemlje prikazan je u prilogu Studije. Izveštaj je izrađen od strane profesionalnog udruženja proizvođača programa Nemačke i prikazuje stanje na kraju juna 2018. godine.

Konačno, imajući u vidu da je preporučena registracija PMSE opreme i u Srbiji, u prilogu se nalazi i primer obrasca koji koristi danski regulator za potrebe registracije PMSE opreme. Ovaj formular je sveobuhvatan i pomaže u cilju sagledavanja potrebnih podataka za registraciju PMSE opreme.

11.8. DETEKCIJA PMSE OPREME OD STRANE TVWS UREĐAJA

Već ranije je navedeno da autonomni rad TVWS uređaja koji se zasniva na detekciji PMSE uređaja (kao i DTT uređaja) nije preporučljiv imajući u vidu da precizna tehnologija detekcije primarnih korisnika spektra zahteva složenu metodu detekcije i veliku osetljivost TVWS uređaja. To za posledicu ima skup TVWS uređaj i stoga nepraktičan za masovnu primenu. Međutim, [CEPT,159] definiše nekoliko scenarija primena i detekcije PMSE uređaja i potrebno razdvajanje između TVWS i PMSE uređaja.

U procesu analize razmatraju se bežični mikrofoni koji se nose na pojasu, standardni bežični mikrofoni kao i prijemnici u uvu. Generalno, svaki od ovih slučajeva se može opisati Sl.11.8.1.



Sl.11.8.1 – Scenario detekcije PMSE uređaja od strane TVWS predajnika.

Da bi se obezbedila zaštita PMSE uređaja, odnosno da bi se zaštitio prijem PMSE signala, od

interesa su dva linka. Prvi link je veza između interferirajućeg TVWS uređaja i prijemnika PMSE signala. Propagaciono slabljenje na ovom linku je L_i dok je snaga ometačkog TVWS signala na ulazu u PMSE prijemnik P_{INT} . Proračun nivoa snage ometačkog signala prati jednostavan postupak kreiranja budžeta linka. U ovom slučaju, kao i u prethodnim slučajevima analize, treba voditi računa da je snaga ometačkog signala zapravo spektralna gustina snage ometačkog signala sumirana u opsegu širine kanala PMSE signala koji PMSE prijemnik prima. Stoga se P_{INT} može izračunati kao,

$$P_{INT} = P_{TX}^{TVWS} + G_{RX}^{PMSE} - L_B^{TVWS} - 10 \times \log_{10} \left(\frac{B_{TVWS}}{B_{PMSE}} \right) - L_i, \quad (11.9.1)$$

gde je P_{TX}^{TVWS} EIRP TVWS predajnika a L_B^{TVWS} slabljenje usled apsorpcije tela. Dobitak prijemne antene PMSE uređaja iznosi G_{RX}^{PMSE} a B_{TVWS} i B_{PMSE} su opsezi u kojima emituje TVWS uređaj i signal prima PMSE uređaj.

U ovom slučaju su namerno usvojene drugačije oznake od ostatka poglavlja kako bi se sugerisalo da se radi o metodi detekcije (*sensing-a*) PMSE signala.

Drugi link od interesa je veza između PMSE predajnika i TVWS uređaja koji u stvari opisuje detekciju PMSE uređaja od strane TVWS uređaja. Propagaciono slabljenje na ovom linku iznosi L_d . Svrha ovog procesa je detekcija PMSE emisije i određivanje snage PMSE signala na ulazu u TVWS uređaj, P_{DET} . Snaga PMSE signala na ulazu u TVWS uređaj može se odrediti kao:

$$P_{DET} = P_{TX}^{PMSE} + G_{RX}^{TVWS} - L_B^{PMSE} - L_d. \quad (11.9.2)$$

Dobitak antene TVWS uređaja je G_{RX}^{TVWS} , EIRP PMSE uređaja je P_{TX}^{PMSE} a L_B^{PMSE} je slabljenje usled apsorpcije tela PMSE signala. Sve vrednosti prikazane su u logaritamskoj razmeri.

Imajući u vidu da je željeni link zapravo veza između predajnika i prijemnika PMSE signala, potrebno je odrediti prag detekcije PMSE signala tako da TVWS uređaj registruje PMSE signal i da istovremeno ne stvori interferenciju PMSE sistemu. Prag prijema PMSE signala P_{PD} treba da bude takav da kada P_{INT} dostigne maksimalnu vrednost P_{INT}^{MAX} da tada P_{DET} treba da dostigne nivo praga prijema PMSE signala P_{PD} . Stoga jednačina (11.9.1) se može napisati kao

$$P_{INT}^{MAX} [\text{dBm}] = P_{TX}^{TVWS} + G_{RX}^{PMSE} - L_B^{TVWS} - 10 \times \log_{10} \left(\frac{B_{TVWS}}{B_{PMSE}} \right) - L_i \quad (11.9.3)$$

a jednačina (11.9.2) kao

$$P_{PD} [\text{dBm}] = P_{TX}^{PMSE} + G_{RX}^{TVWS} - L_B^{PMSE} - L_d \quad (11.9.4)$$

tako da prag prijema postaje

$$\begin{aligned}
 P_{PD} &= P_{DET} - (P_{INT} - P_{INT}^{MAX}) = \\
 &= P_{INT}^{MAX} + \left(P_{TX}^{PMSE} - P_{TX}^{TVWS} - 10 \times \log_{10} \left(\frac{B_{TVWS}}{B_{PMSE}} \right) \right) + G_{RX}^{TVWS} - G_{RX}^{PMSE} - (L_B^{PMSE} - L_B^{TVWS}) - (L_d - L_i)
 \end{aligned}
 \tag{11.9.5}$$

Iz jednačine (11.9.5) prag detekcije se može odrediti kao funkcija razlike propagacionog slabljenja ΔL između TVWS uređaja i PMSE predajnika sa jedne i PMSE prijemnika sa druge strane.

Za osetljivost PMSE prijemnika se može uzeti vrednost od -95dBm. Međutim za poznavanje slabljenja potrebno je odrediti i L_d i L_i i zbog toga nema jedinstvene vrednosti praga detekcije PMSE signala već se računanje mora vršiti za različite tipove PMSE uređaja. Izveštaj [CEPT,159] za 5 scenarija prikazuje vrednosti od -80dBm do -167dBm za potrebne pragove detekcije što je izuzetno velika varijacija a najniži potrebni nivoi su takvi da je njihova realizacija u praktičnim uređajima krajnje nepraktična, teška ili realno nemoguća.

11.9. ZAKLJUČAK

Primenom digitalne dividende, opseg namenjen radu PMSE uređaja se znatno smanjio. Međutim, imajući u vidu broj multipleksa TV signala u Srbiji, može se zaključiti da postoji dovoljan frekvencijski opseg na raspolaganju. U Republici Srbiji nema značajnijih događaja koji zahtevaju izuzetno veliko angažovanje PMSE opreme pa tako se ne očekuje da će postojati potreba za istovremenim angažovanjem velikog opsega kanala.

Postojeći praktični eksperimenti pokazuju da PMSE i TVWS oprema mogu da egzistiraju u opsegu od 470MHz do 790MHz. Zona zaštite oko PMSE uređaja određuje se na osnovu maksimalnog dozvoljenog nivoa TVWS signala (koji je najkritičniji odnosno najmanji) po više kriterijuma – istokanalne interferencije, susednokalne interferencije i distorzije usled intermodulacionih produkata. Ovo u praktičnim slučajevima znači da je u slučaju preklapanja kanala u spektru potrebna zaštitna zona najmanje 550-600m za uređaje u objektu, dok kod susednokalnog rada TVWS i PMSE opreme to može biti i rastojanje od 10m do 100m. Slična očekivanja prikazana su u ECC Izveštaju 186, na osnovu simulacije u okviru SEAMCAT programskog paketa. Rezultati simulacije ukazuju da je potrebno razdvajanje od 500m do čak 1km.

Regulatorna agencija treba da razmotri nekoliko aktivnosti kada su u pitanju PMSE uređaji. Prva aktivnost podrazumeva utvrđivanje svakodnevnih potreba korisnika PMSE opreme za spektrom, kao i u slučaju vanrednih događaja. Zatim je potrebno organizovati registraciju korišćenja PMSE opreme. Za to se preporučuje promena postojećeg portala RATEL-a koji bi omogućio vlasnicima PMSE uređaja da se registruju. Na agenciji je da utvrdi da li je nadoknada potrebna kao i u kom iznosu.

Za potrebe testiranja interferencije u Srbiji, regulatorna agencija treba da započne komunikaciju sa korisnicima PMSE opreme i zastupnicima proizvođača iste. Svakako da agencija ne može testirati svaki model uređaja koji se može pojaviti u Srbiji. Zbog toga je od interesa da se izvrši testiranje opreme koju poseduju najveće TV kuće u Srbiji. U prilogu Studije nalazi se katalog serije bežičnih mikrofona *Sennheiser*-a, koji su i najzastupljeniji u Srbiji. Takođe, u prilogu Studije se nalazi i poslednji pregled opsega odobrenih u pojedinim evropskim i vanevropskim državama, sa prikazom stanja na kraju juna 2018. godine

12. PREGLED OGRANIČENJA ZA NEŽELJENE EMISIJE TVWS UREĐAJA

12.1. EMITOVANJE TVWS UREĐAJA IZVAN OPSEGA 470-790 MHz

Prilikom emitovanja TVWS uređaja u graničnim kanalima opsega od 470MHz do 790MHz moguće je da dođe do pojave interferencije i izvan opsega namenjenog radu TVWS uređaja. ETSI EN 301 598 definiše dozvoljene snage emitovanja izvan pomenutog opsega, Tab.12.1.1. Limiti specificirani u standardu se odnose na ukupnu emisiju TVWS uređaja i za sve moguće konfiguracije i primene.

Tab.12.1.1 – Neželjena emisija TVWS uređaja izvan opsega od 470MHz do 790MHz.

Frekvencijski opseg [MHz]	Maksimalna snaga [dBm]	Opseg u kom se meri [kHz]
30 – 47	-36	100
47 – 74	-54	100
74 – 87.5	-36	100
87.5 – 118	-54	100
118 – 174	-36	100
174 – 230	-54	100
230 – 470	-36	100
790 – 862	-54	100
862 – 1000	-36	100
1000 – 4000	-30	1000

Vrednosti u Tab.12.1.1 odnose se na snagu signala na antenskom portu i na snagu emitovanu kod kabineta. Ako TVWS uređaj nema antenski port i ima integrisanu antenu onda se limit odnosi na nivo emitovanja samog uređaja (opreme).

12.1.1. UTICAJ NA SPEKTAR NA UČESTANOSTIMA IZNAD 790MHz

Merenja sprovedena od strane OFCOM-a na sisteme mobilnih komunikacija u opsegu iznad 790MHz pokazala su da TVWS uređaji sa prethodno opisanim limitima nemaju mogućnost ometanja mobilnih sistema izuzev u slučaju kada TVWS uređaji koriste TV kanal 60 i kada bi u pojedinim slučajevima moglo doći do ometanja korisničkih terminala u mobilnim sistemima (LTE mobilnih uređaja).

LTE bazne stanice koje emituju u opsegu između 790MHz i 800MHz mogu emitovati svoj signal sa EIRP koja iznosi 61dBm u opsegu od 5MHz. LTE bazne stanice koje emituju na višim učestanostima mogu emitovati signal čija je EIRP do 64dBm u opsegu od 10MHz. TVWS uređaji

mogu emitovati signal uz EIRP do 36dBm u opsegu od 8MHz. Vrednosti ACLR-a za TVWS uređaje koji emituju na učestanosti u okolini 800MHz (izvedeni na osnovu EN 301 598) su vrlo slični ili čak i strožiji od onih za LTE bazne stanice koje emituju u istom opsegu (u skladu sa ECC/DEC/(09)03). Signali TVWS uređaja koji emituju u 59. TV kanalu biće dodatno oslabljeni za 50dB od strane filtra u mobilnom terminalu, što se neće desiti sa LTE signalom.

Stoga se može zaključiti da je u praksi maksimalna EIRP TVWS uređaja za 25dB manja od maksimalne EIRP LTE bazne stanice, što upućuje da će i interferencija koju stvara TVWS uređaj na učestanostima iznad 790MHz takođe biti bar 25dB manje snage. Samim tim, TVWS uređaj ne stvara interferenciju LTE mobilnom terminalu. Međutim, imajući u vidu da se vodi računa o koordinaciji rada LTE baznih stanica i LTE terminala, dok se isto ne čini za TVWS uređaje i LTE terminale, vrlo je moguće da se korisnik sa LTE terminalom nađe u neposrednoj blizini TVWS uređaja (recimo TVWS *master* uređaja). Tada, TVWS uređaj može stvoriti interferenciju LTE mobilnom terminalu.

Prethodna analiza u skladu je i sa analizom i simulacijom prikazanom u [CEPT,185]. Preporuka 3GPP TS 36.101 opisuje ACS LTE uređaja. Primetno je da je slabljenje signala u TV kanalima ispod 60. takvo da je bar 45dB. Sa druge strane, slabljenje signala u 60. TV kanalu nije tako veliko i konstantno. Naime, prema pomenutoj preporuci 3GPP-a, slabljenje je u najbližih 1.5MHz graničnoj učestanosti u kojoj se emituje LTE signal samo 33dB a zatim postaje 45dB. To znači da je prosečno slabljenje signala u 60. TV kanalu samo 34dB. Za ovaj kanal se može usvojiti i da je slabljenje dupleksnog filtra u LTE uređaju malo. Tako se u ECC Izveštaju 185 se pretpostavljaju vrednosti prikazane u Tab.12.1.2.

Tabela 12.1.2 – Vrednosti ACS-a pri analizi uticaja TVWS signala emitovanog u opsegu širine 8MHz na LTE uređaj, [CEPT,185].

Broj TV kanala	Selektivnost prijemnika [dB]	Slabljenje dupleksnog filtra [dB]	Ukupni ACS [dB]
60	34	3	37
59	45	25	70
58	45	35	80
57	45	45	90
56 i niži	45	50	95

Može se reći da su vrednosti u Tab.12.1.2 čak i nešto nepovoljnije jer se smatra da dupleksni filter u mobilnom LTE terminalu nema za sve kanale jednako slabljenje od 50dB ali je jasno vidljivo da za niže TV kanale od kanala 60 postoji dovoljno velika selektivnost LTE terminala.

Na osnovu prethodnog, može se javiti potreba da se kanal 60 ograniči ili zabrani za upotrebu za TVWS uređaje. Regulatorna agencija treba svakako da se drži preporuke EN 301 598 kao merodavne ali i da istovremeno bude svesna mogućeg scenarija kada može doći do eventualne smetnje LTE mobilnim terminalima. U slučaju da do takvih smetnji dođe, RATEL će biti svestan

problema po prijavi operatora i problem će se brzo i jednostavno rešiti ograničavanjem upotrebe TV kanala 60. Kontrola snage u ovom kanalu bi bila komplikovana zbog mobilnosti LTE terminala koji bi trpeli interferenciju te je najjednostavnije rešenje zabrana upotrebe kanala 60 za TVWS uređaje.

Počev već od 59. TV kanala, očekivani nivo TVWS signala je 3 reda veličine niži od onog koji bi TVWS signal emitovao u kanalu 60. Samim tim, nema potrebe za bilo kakvim ograničavanjima po pitanju upotrebe ostalih TV kanala od strane TVWS uređaja.

12.1.2. UTICAJ NA SPEKTAR NA UČESTANOSTIMA NIŽIM OD 470MHZ

Uzimajući u obzir dozvoljenu izračenu snagu za opseg od 230MHz do 470MHz u skladu sa EN 301 598, ACLR TVWS uređaja i maksimalnu snagu emitovanja TVWS opreme od 36dBm u kanalu širine 8MHz, Tab.12.1.3 prikazuje najnepovoljnije vrednosti za opsege u okolini 470MHz, za različite klase TVWS uređaja.

Tab.12.1.3 – Snage TVWS signala izvan opsega dozvoljenog za emitovanje.

P _{OOB} [dBm/25kHz]	TVWS				
	Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3	Klasa 4	Klasa 5
Uticaj TVWS signala u TV kanalu od 21. do 24.					
21 → 469.9375	-44	-44	-42	-42	-42
22 → 469.9375	-49	-44	-44	-42	-42
23 → 469.9375	-54	-44	-54	-44	-42
24 → 469.9375	-64	-54	-64	-54	-44

Rezultati prikazani u Tab.12.1.3, bazirani na merenjima OFCOM-a, upućuju da je moguće da se pojavi interferencija kod korisnika koji koriste spektar ispod učestanosti od 470MHz u pojedinim slučajevima ako snaga TVWS signala nije jednaka ili niža od -44dBm, u opsegu od 25kHz. Za kanale počev od 24. TV kanala nema potrebe ni za kakvim ograničenjima uzimajući u obzir uslove definisane u [ETSI EN 301 598].

Druge studije koje se bave ovom tematikom takođe opisuju da je uticaj TVWS uređaja koji emituju u najnižim UHF TV kanalima mali. Tako se u [CEPT,185] opisuju rezultati analize uticaja na TETRA sisteme i ukazuje da je uticaj praktično nepostojeći i da TETRA sistemi ne trpe bilo kakvu degradaciju usled rada TVWS uređaja u TV kanalu broj 21.

U slučaju CDMA sistema koji rade u opsegu od 450MHz do 470MHz, rezultati simulacija ukazuju na potencijalni rizik pojave interferencije. Ovaj scenario nije kritičan u slučaju Republike Srbije zbog drugačije namene opsega. Međutim, čak i u slučaju primene CDMA sistema u opsegu od 450MHz do 470MHz, simulacije pokazuju da je dovoljno redukovati snagu emitovanja TVWS uređaja na 30dBm ili na 20dBm (u zavisnosti od tipa signala i poluprečnika ćelije CDMA sistema).

Ponovo, RATEL se može pridržavati EN 301 598 kao važeće preporuke i vrednosti od -36dBm u opsegu od 100kHz, bez restrikcija za konkretne kanale. U slučaju da se korisnici u opsegu ispod 470MHz požale na smetnje, RATEL će biti svestan problema i može izvršiti dodatno ograničenje na -44dBm u opsegu od 100kHz. Ovaj zahtev bi se mogao implementirati u TVWS i vršilo bi se ograničenje snage emitovanja TVWS uređaja u slučaju rada u TV kanalima počev od 12. a zaključno sa 23. TV kanalom.

12.1.3. PREGLED OGRANIČENJA ZA NEŽELJENE EMISIJE TVWS UREĐAJA UNUTAR OPSEGA 470-790 MHz ALI VAN DODELJENOG KANALA (VAN BLOKA)

O emitovanju TVWS uređaja van opsega dodeljenih kanala za emitovanje ali i dalje unutar opsega od 470MHz-790MHz u Studiji je pisano sa stanovišta potencijalne interferencije prijemnicima DTT i PMSE signala. Zbog toga će ovde biti prikazan samo zajednički uslov za emitovanje izvan opsega dodeljenih kanala, u skladu sa EN 301 598. Po pomenutom standardu, EIRP TVWS uređaja (jednog ili svih aktivnih uređaja) P_{OOB} , merena u opsegu širine 100kHz mora biti manja od -84dBm ili od vrednosti EIRP u dozvoljenom opsegu umanjene za vrednost ACLR tj.,

$$P_{OOB} [\text{dBm}/100\text{kHz}] = \max \{ P_{IB} [\text{dBm}/8\text{MHz}] - ACLR [\text{dB}], -84 [\text{dBm}/100\text{kHz}] \} \quad (12.2.1)$$

Vrednosti ACLR-a, u zavisnosti od vrste TVWS uređaja, mogu imati vrednosti prikazane u Tab.12.2.4, preuzete iz [ETSI EN 301 598].

EIRP neželjene TVWS emisije posmatra se u odnosu na PIB koja potiče iz najbližeg korišćenog TV kanala (odobrenog za upotrebu TVWS uređaju i koji uređaj koristi). Ako se dogodi slučaj u kome su dva korišćena i odobrena kanala jednako pomerena u odnosu na kanal koji se posmatra i za koji se računa POOB, uzima se onaj kanal koji ima manju PIB. Da bi se proračun obavio korektno, potrebno je da proizvođač opreme deklarise kojoj klasi pripada TVWS uređaj, u skladu sa Tab.12.1.4. Ova klasa jeste jedan od parametara koji se upisuju u WSDB o TVWS uređaju.

Tab.12.1.4 – ACLR za različite klase TVWS uređaja (različite emisije), širina kanala je 8MHz.

P _{OOB} u n-tom susednom kanalu u odnosu na najbliži odobreni i korišćeni)	ACLR [dB]				
	TVWS klase 1	TVWS klase 2	TVWS klase 3	TVWS klase 4	TVWS klase 5
n = ±1	74	74	64	54	43
n = ±3	79	74	74	64	53
n > 3 ili n < -3	84	74	84	74	64

Način ispitivanja usklađenosti TVWS opreme sa datim zahtevom prikazan je u EN 301 598. U okviru standarda jasno se definišu procedure za slučajeve kada TVWS predajnik emituje signal u jednom kanalu, više susednih kanala i više nesusednih kanala u okviru odobrenog opsega kanala.

12.1.4. ZAŠTITA RADIO-ASTRONOMSKE SLUŽBE U OPSEGU 608 – 614MHZ

U frekvencijskom opsegu od 608MHz do 614MHz (TV kanal 38) kao sekundarni korisnici spektra određeni su uređaji koji se koriste u okviru radio-astronomske službe (RAS). Ovaj opseg koristi se u nekoliko evropskih zemalja dok se u Republici Srbiji TV kanal 38 koristi za emitovanje TV signala. Imajući u vidu da se može javiti potreba za međunarodnom koordinacijom u slučaju da se u nekoj od susednih zemalja kanal 38 koristi ili počne u budućnosti da se koristi za radio-astronomsku službu, opisane su osnovne aktivnosti koje treba preuzeti u cilju zaštite RAS uređaja.

Merenja i zaključci opisani u Izveštaj [CEPT,159] za istokanalni i susednokanalni (kanali 37 i 39) rad TVWS uređaja ukazuju da rastojanje između RAS uređaja i TVWS uređaja u mnogome zavisi od vrste radio-astronomske posmatranja i izračene snage TVWS uređaja. Za TVWS uređaj koji ima pristup WSDB, moguće je odrediti zaštitne zone na nacionalnom i regionalnom nivou kada je u pitanju korišćenje TV kanala 37, 38 i 39. Uputstva za određivanje zaštitnih zona mogu se pronaći u Izveštaj [CEPT,159], mada se sam izveštaj oslanja na sprovedena merenja i ne daje posebno precizna uputstva.

Korišćenjem ACLR-a moguće je odrediti snagu TVWS signala koja potiče iz susednih kanala kanalu 38, kao razliku snage TVWS uređaja koja je umanjena za ACLR, dok za udaljenije kanale to nije posebno efikasno jer je potrebno praviti dodatne pretpostavke. Pre svega to se odnosi na pretpostavke kako izgleda spektralna maska u predajniku TVWS signala, kakva je selektivnost RAS uređaja itd.

Simulacije i kalkulacije u okviru ECC izveštaja pokazuju da se prostorna razdvojenost može preneti i na teritoriju susednih država i da zato zaštita RAS uređaja može zahtevati i bilateralne dogovore sa susednim zemljama.

ECC Izveštaj takođe prikazuje i maksimalne vrednosti polja TVWS signala na ulazu u prijemnik RAS signala. Vrednosti su određene na osnovu TVWS uređaja koji emituje signal u opsegu od 5MHz i koji generalno ima karakteristike LTE signala. Na osnovu sprovedenih izračunavanja može se zaključiti da za autonomne TVWS uređaje (koji ne koriste WSDB) preporučuje se da se TV kanal 38 potpuno isključi iz upotrebe. Ovu preporuku je moguće ignorisati ako je sam uređaj postavljen u takvom okruženju da nije u mogućnosti da ometa RAS uređaje.

Kod uređaja koji konsultuju WSDB, može biti potrebno da se regulacija korišćenja TV kanala 38 obavi između više evropskih zemalja bilateralnim sporazumima ili na centralnom evropskom nivou u slučaju da postoji saglasnost da je radio-astronomske servis od panevropskog značaja.

Kod TVWS uređaja sa autonomnim radom, TV kanali 37 i 39 takođe treba da budu isključeni iz skupa dozvoljenih kanala za rad. Ponovo, kao i u slučaju upotrebe 38. kanala kod TVWS uređaja sa autonomnim radom ako je uređaj svestan svoje geografske lokacije i ako nije u mogućnosti da ometa RAS uređaje, tada je moguće i dozvoliti ovu uslovnu upotrebu TV kanala 37 i 39. Kod uređaja koji konsultuju WSDB moguće je u okviru baze definisati zaštitnu zonu u skladu sa nivoima polja koja se štite (recimo u skladu sa vrednostima datim u izveštaju [CEPT,159]) i koordinisati rad i zaštitu RAS sistema se mogu sprovesti kao i u slučaju drugih korisnika spektra.

Da bi se ova zaštita sprovela, u okviru WSD je potrebno smestiti sledeće podatke vezane za svaki pojedinačni RAS uređaj:

- Lokaciju RAS uređaja (geografske koordinate ili adresu uređaja);
- Maksimalni nivo interferirajućeg signala na ulazu u prijemnik RAS uređaja (za tu potrebu može se koristiti preporuka ITU-R RA.769 ako nisu poznati podaci za konkretne uređaje);
- Karakteristike antene RAS uređaja (dobitak, usmerenost, tabelarno prikazan dijagram zračenja antene).

Za svaki TVWS uređaj koji uputi upit WSDB za parametre emitovanja, baza bi proverila na osnovu koordinata uređaja sledeće: da li se uređaj nalazi u zoni u okviru koje bi emitovanjem mogao da ometa RAS uređaj i kako bi se izračunao mogući uticaj. Na osnovu predefinisane snage emitovanja TVWS uređaja, baza bi već imala potrebno rastojanje na kom TVWS uređaj može potencijalno da ometa RAS uređaj. To rastojanje bi bilo različito za slučaj emitovanja u kanalu 38, kao i za emitovanje na kanalima 27 i 39, i konačno za emitovanje na ostalim kanalima. U obzir bi se pored rastojanja uzela i stvarna snaga emitovanja TVWS uređaja i maksimalni dozvoljeni nivo ometačkog signala na ulazu u prijemnik RAS signala.

12.2. ZAKLJUČAK

ETSI EN 301 598 jasno daje uslove koje TVWS oprema mora poštovati prilikom emitovanja izvan opsega od 470MHz do 790MHz. Preporuka jasno određuje vrednosti kako za spektar učestanosti niži od 470MHz tako i za spektar učestanosti viši od 790MHz. Imajući u vidu da je pomenuta preporuka važeća i u Republici Srbiji i da trenutno nema odluke ili pravilnika regulatorne agencije koji bi bio primenjen umesto ove preporuke, može se tvrditi i da su vrednosti iz preporuke važeće i u Republici Srbiji. Stoga, regulatorna agencija treba prilikom definisanja svojih pravilnika i pravila rada da sledi EN 301 598.

Postojeća merenja i izračunavanja ipak navode slučajeve kada bi, i pored poštovanja preporuke EN 301 598, moglo doći do smetnji izvan opsega od 470MHz do 790MHz a uzrokovanih radom TVWS uređaja. Ovi slučajevi mogu biti retki, međutim regulatorna agencija mora biti svesna da pomeranjem mobilnih LTE terminala (prilaženjem LTE korisnika *master* TVWS uređaju) može doći do interferencije. U slučaju prijave velikog broja takvih smetnji koje trpe LTE korisnički terminali, RATEL treba da ograniči upotrebu 60. TV kanala i da praktično zabrani njegovo korišćenje od strane TVWS uređaja. Ovaj uticaj moguće je proveriti organizovanjem pilot projekta i jednostavnim primicanjem LTE korisničkog terminala *master* TVWS uređaju i merenjem kvaliteta LTE signala. Rad TVWS uređaja u ostalim TV kanalima nema uticaja na rad sistema u opsegu iznad 790MHz, prema sprovedenim izračunavanjima i merenjima.

U opsegu učestanosti nižih od 470MHz situacija je donekle komplikovanija. Preporuka EN 301 598 ponovo jasno definiše dozvoljeni nivo TVWS signala, međutim praktična merenja pokazuju da pri radu uređaja u opsegu odmah ispod 470MHz može doći do smetnji. Zbog toga, RATEL

treba da prati situaciju u slučaju da organizuje pilot projekat kao i da kod potencijalno komercijalnog rada uoči moguće probleme i da ih preventivno reši limitirajući snagu TVWS uređaja u TV kanalima 21, 22 i 23. Može se reći da regulatorna agencija ima jasno definisana pravila za primenu TVWS uređaja i zaštitu uređaja koji rade izvan TVWS opsega. Takođe, čak i u slučaju pojave interferencije, jasni su koraci koji se mogu primeniti da se interferencija eliminiše.

13. PREDLOG KORAKA PRI FORMIRANJU NACIONALNE WSDB

13.1. PRETHODNE AKTIVNOSTI I KORACI PRI REALIZACIJI WSDB

Prilikom kreiranja nacionalne baze namenjene upravljanjem i kontroli rada TVWS uređaja, regulatorna agencija ima dve mogućnosti. RATEL se može odlučiti za samostalan razvoj WSDB, što je najkomplikovaniji i najzahtevniji izbor. Alternativno, RATEL se može odlučiti i za kupovinu WSDB od strane nekog od proizvođača softvera koji raspolažu odgovarajućim rešenjem. U ovom slučaju, implementacija regulatornog okvira u okviru WSDB je nešto jednostavniji ali i dalje zahtevan sa stanovišta tehničke realizacije. Preporučuje se da, u ovom slučaju, regulatorna agencija dopuni postojeći softverski alat (ATDI ICS *Telecom*) modulom za realizaciju WSDB. Na ovaj način bi regulatorna agencija minimizirala napor da realizuje WSDB, izbegli bi se potencijalni problemi oko nekompatibilnosti različitih alata korištenih za regulisanje TVWS uređaja i sistemima i izbeglo bi se značajnije angažovanje stručnjaka regulatorne agencije. U slučaju kreiranja integrisanog rešenja istog proizvođača bi se minimizirali i troškovi održavanja softverskog rešenja. Obe ove opcije implicitno podrazumevaju da će se RATEL baviti i održavanjem WSDB i pružanjem usluga vlasnicima i korisnicima TVWS uređaja.

Druga mogućnost jeste da RATEL ustupi pod komercijalnim uslovima, na jedan od prethodno opisanih načina, upravljanje WSDB-om kompaniji zainteresovanoj za izgradnju i upravljanjem bazom. Ovaj scenario pred RATEL postavlja nešto lakše tehničke uslove imajući u vidu da je konkretna realizacija baze na kompaniji koja saraduje sa RATEL-om. Međutim, regulatorni okvir i kontrola izabrane kompanije koja bi tada upravljala WSDB-om je i dalje u domenu RATEL-a.

Bez obzira na izabrano rešenje, regulatorna agencija mora da obezbedi tačne i precizne podatke o uređajima primarnih korisnika spektra. Takođe, RATEL je u obavezi da odredi preporučene propagacione modele za računanje propagacionog slabljenja TVWS signala, kao i da definiše ograničenja za specifične slučajeve primene TVWS uređaja ili za izabrane kanale koji su od posebnog interesa za RATEL i Republiku Srbiju (ako takvi slučajevi i kanali postoje).

Imajući u vidu da republička agencija raspolaže elektronskim sistemom dozvola, digitalnim bazama dozvola koje obuhvataju tehničke parametre uređaja za koje su izdate dozvole i odgovarajućim alatom za upravljanje spektrom i radio-planiranjem, to je moguće da agencija izvrši projektovanje WSDB. Takođe, agencija poseduje i kopije projekata predajnika DTT signala (čiji su sastavni deo elaborati radio-pokrivanja DTT signalom).

Bez obzira na izabrani način realizacije WSDB, RATEL će svakako imati trošak ažuriranja i provere postojećih sistema primarnih korisnika, kao i dopune skupa podataka potrebnih za proračun u okviru WSDB. Konkretno, RATEL mora imati informaciju za svaki predajnik DTT signala informaciju o dijagramu zračenja antenskog sistema, slabljenja kablova na svakoj od lokacija, a poželjno je imati podatke i o realnoj zoni pokrivanja DTT signalom sa svake od lokacija predajnika DTT signala. Takođe, potrebno je proveriti tačnost podataka prikazanih u važećim dozvolama za emitovanje DTT signala. Ovo podrazumeva prikupljanje podataka iz projekata

izvedenog stanja za predajnike DTT signala kao i odlazak na lokaciju u cilju utvrđivanja trenutnog stanja ili u svrhu prikupljanja podataka koje nije moguće prikupiti uvidom u projekte izvedenog stanja. Provera tačnosti podataka o uređajima primarnih korisnika spektra predstavlja i prvi korak u realizaciji WSDB.

Druga aktivnost odnosi se na ažuriranje podataka o PMSE uređajima. Trenutno, ne postoji precizna baza PMSE uređaja. Stoga, RATEL treba da izvrši javni poziv korisnicima i vlasnicima PMSE opreme da se registruju. Kreiranje baze PMSE uređaja je svakako trošak RATEL-a, kako u finansijskim sredstvima tako i u angažovanju zaposlenih, a da bi se omogućila popuna baze PMSE uređaja potrebno je izvršiti i izmene postojećeg portala RATEL-a ili kreiranje novog kako bi se korisnicima PMSE opreme omogućilo da registruju svoje uređaje i označe oblast u kojoj ih koriste.

Dodatni trošak koji nije direktno vidljiv podrazumeva i dodatno angažovanje zaposlenih u RATEL-u na kontroli ispravnosti podataka u bazi PMSE uređaja kao eventualno i u bazi predajnika DTT signala. Provera ispravnosti unetih podataka je treći korak koji prethodi samoj realizaciji WSDB.

U slučaju samostalnog razvoja WSDB, RATEL mora da angažuje arhitektu sistema i baze podataka, developere (programere) koji će se baviti kreiranjem odgovarajućeg koda, eksperta za vizualizaciju, za kreiranje interfejsa (*interface*), telekomunikacione (radio) inženjere koji će se baviti kreiranjem proračuna u WSDB i telekomunikacione (mrežnih) inženjera koji će se baviti povezivanjem baze sa Internetom i TVWS uređajima kao i bezbednošću iste. Za samostalno kreiranje baze potrebno je:

- Jedan sistem-arhitekta, za kreiranje strukture WSDB, definisanje tabela i definisanje strukture sistema, u periodu do 3 meseca angažovanja;
- Tri developera (programera) koji će se baviti razvojem koda i odgovarajućih API-ja za povezivanje sa postojećim sistemima za radio-planiranje, upravljanje spektrom, portalom RATEL-a i drugim poslovima, u periodu od 6 meseci;
- Jedan programer zadužen za izradu potrebnih interfejsa i vizualizaciju, u periodu od 2 meseca;
- Jedan grafički dizajner za potrebe dizajna interfejsa i vizualizaciju u periodu od 2 meseca;
- Tri telekomunikaciona inženjera zadužena za definisanje pravila proračuna, kreiranje pravila i odgovarajućih jednačina za proračun u okviru WSDB. Ovi inženjeri će ujedno saradivati sa sistem-arhitektom oko strukture tabela i baze. Takođe, njihov zadatak je i procena kvaliteta integracije sa postojećim alatima za radio-planiranje i upravljanje spektrom koji se koriste u RATEL-u. Angažman ovih inženjera traje tokom celog projekta, do 12 meseci, kao i kasnije, u toku perioda održavanja i upravljanja WSDB-om;
- Dva telekomunikaciona inženjera zadužena za bezbednost mreže i mrežnu konektivnost čiji angažman u toku projekta se procenjuje na 3 meseca. Ovi inženjeri bili bi angažovani u smanjenom obimu i u periodu upravljanja WSDB-om;
- U slučaju da ne postoje raspoloživi resursi u RATEL-u, potrebno je nabaviti i jedan server, svič i *firewall*.

U slučaju da se RATEL odluči na kupovinu gotovog rešenja WSDB koju je potrebno prilagoditi konkretnim zahtevima RATEL-a.

Potrebno je:

- Izvršiti nabavku WSDB od komercijalnog proizvođača softvera (pripremiti tendersku dokumentaciju i model ugovora);
- Definisati uslove integracije sa postojećim alatima za radio-planiranje i upravljanje spektrom u RATEL-u;
- Nadgledati projekat i verifikovati kvalitet WSDB na kraju projekta;
- Angažovati telekomunikacione (mrežne) inženjere na realizaciji mreže i zaštiti WSDB od napada sa Interneta.

Treba napomenuti da bez obzira na način nabavke WSDB, neophodno je angažovanje telekomunikacionih inženjera na održavanju sadržaja WSDB, njenom pravilnom funkcionisanju i zaštiti.

13.2. ELEMENTI WSDB

Prilikom kreiranja WSDB, potrebno je da se definiše struktura same baza. Ovo je, takođe, potrebno uraditi i u slučaju gotovog rešenja WSDB, za potrebe tenderske dokumentacije. WSDB mora sadržati niz tabela pri čemu se svaka odnosi na uređaje određene kategorije. Tabela podataka o predajnicima DTT signala mora sadržati sve podatke koji se već prijavljuju u zahtevu za dozvolu za rad uređaja. Tu su najvažniji podaci lokacija predajnika (geografske koordinate uključujući i nadmorsku visinu), visina antene predajnika iznad tla, snaga emitovanja predajnika. Potrebno je da tabela bude dopunjena dobitkom antenskog sistema, slabljenjem kablova (dužinom i slabljenjem po metru), dijagramom antene datim u tabelarnoj formi sa dobitkom za svaki stepen azimuta. Dodatno, potrebni su tehnički parametri DTT predajnika koji će omogućiti da se preciznije odredi kakav se signal emituje (kodni količnik, modulacija, protok itd.) kako bi mogli da se odrede kasnije u proračunu parametri radio-pokrivanja i odredi servisna zona predajnika DTT signala. Poželjno je da je poznata i maska predajnika u RF stepenu, prilikom emitovanja signala, kako bi se znao detaljan izgled spektra za konkretan uređaj.

Tabela treba da sadrži i karakteristike DTT prijemnika kako bi se odredila granica servisne zone. U ovom slučaju moguće je koristiti podatke o konkretnim uređajima ili podatke iz važećih standarda poštovanih prilikom planiranja mreže DTT predajnika. U prvom slučaju, kada su poznati parametri konkretnih prijemnika, moguće je detaljnije odrediti servisne zone predajnika DTT signala što omogućava i efikasnije korišćenje spektra. Drugi slučaj predstavlja alternativno rešenje koje obezbeđuje da se bez obzira na konkretan model prijemnika izvrši određivanje servisne zone i malo pojednostavi proračun zaštite prijemnika DTT signala. Potrebno je u tabeli imati i podatke o vlasniku samog uređaja sa kontakt podacima kako bi se lakše održavala komunikacija sa primarnim korisnicima spektra.

Za prijemnik DTT signala potrebno je poznavati nivo polja koji se smatra minimalnim,

potrebnim za ispravan prijem DTT signala. Za isti uređaj je poželjno znati i karakteristiku prijemnog filtra kako bi se odredila selektivnost u susednim kanalima (potiskivanje neželjenih emisija u susednim kanalima), kao i osetljivost samog uređaja. Ono što nije poznato i ne treba očekivati da će postojati u bazi o prijemnicima DTT signala jeste dobitak antene koju korisnik koristi, njen azimut i elevaciju, visinu iznad tla, karakteristiku antenskog dijagrama sa dobitkom za svaki stepen azimuta i slabljenje kabla od antene do prijemnika. Uz koordinate lokacije prijemnika DTT signala moglo bi se ostvariti idealno planiranje koegzistencije primarnih i sekundarnih korisnika, ali kao što je rečeno, ove podatke nije moguće sakupiti i uvrstiti u tabelu o prijemnicima DTT signala. Alternativno, RATEL raspolaže sa demografskim slojem za Republiku Srbiju tako da se za svaki piksel, za koji se vrši izračunavanje, može upisati i broj prijemnika DTT signala. U kasnijoj fazi realizacije WSDB, moguće je pretpostaviti (prema tipu klatera) i na kojim visina se nalaze antene prijemnika DTT signala (npr. u ruralnoj sredini na 5m visine, u urbanoj sredini su antene sobne ili na vrhu objekta što je iz sloja klatera sa visinama zgrada moguće odrediti za svaki piksel kao srednju vrednost).

Druga tabela treba da sadrži podatke o PMSE uređajima u upotrebi. Ova tabela, kao što je navedeno prilikom analize interferencije koju TVWS uređaji mogu stvoriti PMSE uređajima, mora da sadrži podatke o vlasniku PMSE uređaja. Zatim je potrebno uneti podatke koji se odnose na model konkretnog PMSE uređaja, osetljivost PMSE prijemnika i tip prijemnika (uređaj za stavljanje u uvo, bežični mikrofoni itd.), kao i selektivnost uređaja (karakteristiku prijemnog filtra uređaja kako bi se odredio ACS), dobitak antene uređaja prilikom prijema i eventualno dijagram zračenja antene. Ovde je potrebno imati opciju da se antena označi kao omnidirekciona ako dijagram nije poznat (što je najverovatniji slučaj). Takođe, za predajnik PMSE uređaja potrebno je odrediti snagu emitovanja (koja ne mora biti maksimalna za dozvoljeni opseg). U slučaju da snaga emitovanja nije određena, potrebno je automatski uneti maksimalnu vrednost za dati opseg u kom se oprema koristi. Potrebno je omogućiti i unos visine antene PMSE uređaja mada je za očekivati da ovaj podatak za većinu PMSE uređaja nije relevantan i da je 1.5m. Ono što je važno jeste da se za svaki uređaj mora odrediti (uneti) i oblast u kojoj će se uređaj koristiti. Za ovo polje bi se koristili podaci sa portala za registraciju PMSE opreme gde bi se poligon koji vlasnik ili korisnik uređaja označi na mapi, pretvarao u niz koordinata. Ove koordinate bi se koristile kao potencijalne lokacije prijemnika PMSE signala.

Potrebno je kreirati i nekoliko tabela (očekivano bi bilo da se kreiraju 3 tabele, kao što je opisano u Studiji, shodno 3 grupe podataka koje WSDB i TVWS uređaji razmenjuju) koje bi opisivale parametre TVWS uređaja. Ove tabele odnosile bi se na karakteristike TVWS uređaja, sa svim parametrima i podacima o TVWS uređaju koji su navedeni u okviru Studije i EN 301 598. One bi uključivale kako tehničke karakteristike uređaja, tako i operativne, uključujući i parametre dodeljene TVWS predajniku, sa tačnim vremenom kada su parametri odobreni i da li je uređaj aktivan ili ne. Ovde je potrebno dodati i podatke o vlasniku uređaja kako bi se lakše stupilo u komunikaciju sa vlasnicima u slučaju tehničkih ili nekih drugih vrste problema. Operativni podaci o radu TVWS uređaja omogućavaju da se prati istorija rada uređaja i eventualna pojava interferencije. Ovo ima značaj kada se zna konkretan model TVWS uređaja. Tada je moguće odrediti vrlo precizne karakteristike uređaja i preduprediti interferenciju u budućnosti. Takođe je moguće fino podešavanje parametara emitovanja na osnovu ponašanja uređaja u prošlosti a moguće je i posredno kontrolisati rad uređaja za potrebe praćenja usklađenosti uređaja sa EN 301

598 i ograničenjima koje bi regulatorna agencija mogla da nametne na nacionalnom ili regionalnom nivou na teritoriji Republike Srbije.

Posebna tabela treba da sadrži pravila i vrednosti parametara koji učestvuju u kontroli rada uređaja a koji nisu striktno vezani za uređaje koji učestvuju u analizi interferencije. To podrazumeva da je potrebno definisati propagacioni model koji se koristi i parametre modela (pojedinačno polje za svaki parametar modela, npr. slabljenje za svaki tip klatera), da li je *Monte Carlo* simulacija ili se koristi izabrani analitički model, vremenski interval posle kog TVWS uređaj mora ponovo zatražiti podatke za nastavak emitovanja, Granice piksela za koje se vrši proračun na teritoriji Republike Srbije i za koje važi pojedinačni proračun (sa jedinstvenim identifikatorom svakog piksela). Takođe, jedno polje bi predstavljalo i vreme posle kog je neophodno osvežiti podatke o predajnicima DTT i PMSE signala

Zadatak da precizno definišu parametre i odgovarajuće tabele imali bi sistem-arhitekta zadužen za kreiranje (dizajn) baze i telekomunikacioni (radio) inženjeri koji bi se bavili definisanjem proračuna i njihovom kontrolom kasnije u toku eksploatacije WSDB. Ovaj tim posebnu pažnju mora da posveti sinhronizaciji baze. Proces translacije WSDB podrazumeva da se svi proračuni vrše nad tačno i pravovremeno upisanim podacima u WSDB. Zastareli podaci o primarnim korisnicima spektra mogu za posledicu imati pojavu smetnji ili neefikasno korišćenje spektra.

Podaci u tabeli sa rezultatima moraju uključiti maksimalni dozvoljeni nivo TVWS signala, odnosno svih sekundarnih korisnika za svaki piksel na teritoriji Republike Srbije. U proračun se moraju uzeti u obzir i emisija TVWS uređaja u kanalima koji bi im bili odobreni za emitovanje kao i u susednim kanalima (emisija izvan dodeljenog opsega), kao i neodređenost lokacije TVWS uređaja što znači da je potrebno označiti oblast (kružnicu) u kojoj se TVWS uređaj nalazi sa sigurnošću. Poluprečnik zone neodređenosti čini nepreciznost određivanja koordinata TVWS uređaja (npr. greška GPS-a prilikom određivanja lokacije). Tada se u proračun moraju uključiti svi pikseli u kojima se TVWS uređaj može nalaziti a krajnji rezultat podrazumeva da je izabran najnepovoljniji slučaj položaja TVWS uređaja.

Proračun za zaštitu svake vrste primarnog servisa (DTT, PMSE, RAS) se dodeljuje pikselu od interesa i najnepovoljniji (sa najstrožim ograničenjima) se usvaja i na osnovu ovih ograničenja se prosleđuju parametri TVWS uređaju (ovo su parametri koji se upisuju kao odobreni TVWS uređaju i upisuje se datum i vreme odobrenja).

Pored kreiranja WSDB, regulatorna agencija mora da definiše listu autorizovanih WSDB (čak i ako je WSDB održavana od strane RATEL-a) jer *master* TVWS uređaj prvo putem Interneta pravi uvid u listu (*web* listu) i nalazi podatke o autorizovanim WSDB i adresama na kojima može da im pristupi (obaveza proizvođača TVWS opreme jeste da implementira adresu ove liste na kojoj uređaj vrši upit). To je ujedno i prvi korak koji preduzima *master* TVWS uređaj pre nego što započne bilo kakvo emitovanje. Zatim na osnovu podataka iz liste kontaktira WSDB i dostavlja podatke o sebi koji su definisani u Studiji i u EN 301 598. WSDB određuje vrednosti parametara koje prosleđuje *master* TVWS uređaju za sam uređaj kao i za *slave* uređaje (generičke podatke, generalne prirode za sve *slave* uređaje). *Master* uređaj analizira primljene podatke od WSDB, bira iz skupa dozvoljenih podataka (kanal, snaga emitovanja) i obaveštava WSDB o tome. Zatim

master uređaj emituje generičke podatke za *slave* uređaje kao *broadcast* poruku. *Slave* uređaji od *master* uređaja primaju generičke podatke za emitovanje osluškivanjem i povezuju se sa *master* uređajem koristeći upravo te generalne podatke za emitovanje. U ovom trenutku *master* uređaj ne zna ništa o *slave* uređajima sa kojima se povezuje. *Slave* uređaji prosleđuju *master* uređaju svoj jedinstveni identifikator ili potpuni skup podataka kao što je opisano u Studiji i u EN 301 598. Po prijemu ovih podataka, *master* uređaj zahteva od WSDB parametre emitovanja za svaki *slave* uređaj ponaosob ako su poznate koordinate *slave* uređaja i detalji oko antena (visina, usmerenost, dobitak itd.) i ostalih parametara uređaja. WSDB prosleđuje odobrene vrednosti *master* uređaju a *master* uređaj svakom *slave* uređaju ponaosob. U slučaju da koordinate nisu poznate, WSDB može odrediti da *slave* uređaji nastave emitovanje korišćenjem generičkih vrednosti parametara.

EN 301 598 ne definiše protokol komunikacije između WSDB i *master* TVWS uređaja pa je potrebno da ga RATEL definiše. Preporuka je da se implementira IETF-ov PAWS protokol koji u sebi sadrži potrebne smernice za definisanje komunikacije, uključujući njenu zaštitu, sprečavanje presretanja i zlonamerne izmene podataka.

Ovo je procedura koju WSDB mora da prati prilikom komunikacije i stručni tim koji razvija bazu mora da prati ovu proceduru.

13.3. ZAKLJUČAK

U okviru Studije opisani su ključni parametri kako predajnika DTT signala tako i PMSE uređaja. Takođe, detaljno su opisani parametri TVWS uređaja koji moraju biti sadržani u WSDB i način proračuna dozvoljenog nivoa polja, kao i drugih parametara koji definišu ograničenja rada TVWS uređaja. Osnovni zaključak jeste da kvalitet WSDB zavisi od dva ključna elementa. Prvi element je kvalitet (tačnost i pouzdanost) podataka koji se unose u WSDB a drugi element je tačnost proračuna koji se izvršavaju u okviru WSDB.

Prvi problem sa kojim se RATEL suočava je nepostojanje dovoljno pouzdanih informacija o PMSE uređajima u Republici Srbiji. Kreiranje odgovarajućeg registra PMSE uređaja bio bi najteži zadatak RATEL-a pri kreiranju elemenata WSDB-a.

Drugi problem sa kojim se RATEL suočava je izbor propagacionog modela za potrebe određivanja dozvoljenog nivoa TVWS signala u pikselu od interesa. Razni izvori preporučuju različite modele. Tako razni izveštaji CEPT-a navode prošireni *Hata* model, P.1546, kao još 3-4 druga propagaciona modela. Alijansa za dinamičku upotrebu spektra (*Dynamic Spectrum Alliance*, DSA) preporučuje *Longley-Rice* propagacioni model. Iskustva autora Studije su da neki od proizvođača TVWS opreme koriste model za slabljenje u slobodnom prostoru kojem dodele fiksnu vrednost dodatnog slabljenja. Sa druge strane, ako se TVWS sistemi posmatraju kao sistemi mobilnih komunikacija, kao što se posmatraju kod određivanja parametara za prekograničnu koordinaciju, tada je moguće zaključiti da je moguće koristiti i druge propagacione modele. Na spisak modela koji se mogu koristiti treba dodati i propagacioni model koji sama agencija može definisati koristeći merenja i iskustva eventualnog pilot-projekta. Takođe, postavlja se pitanje da li je potrebno uraditi *Monte Carlo* simulaciju i posmatrati rezultate za više slučajnih scenarija ili

se osloniti da analitičke modele, morfološke karakteristike terena i demografske mape. Dakle, ne postoji saglasnost koji je propagacioni model najbolji i nema jasne preporuke po tom pitanju, niti postoji saglasnost o metodologiji same primene. Stoga, regulatorna agencija može započeti testni period rada WSDB koristeći kalibrisani propagacioni model. Ako agencija nije u prilici da izvrši kalibraciju modela, najjednostavnije rešenje bi bilo da se primeni propagacioni model opisan u ITU preporuci P.1546. Ovaj model prihvaćen je od strane ITU i telekomunikacione industrije a namenjen je frekvencijskom opsegu koji obuhvata i opseg od 470MHz do 790MHz.

14. MEĐUNARODNA KOORDINACIJA I PRIKAZ REZULTATA ANALIZA RADIO-POKRIVANJA TVWS UREĐAJA

14.1. REFERENTNI PROPAGACIONI MODEL

Prilikom vršenja proračuna u okviru WSDB, potrebno je odrediti propagaciono slabljenje TVWS signala kako bi se odredila zona pokrivanja *master* TVWS uređaja ali i da bi se odredile snage emitovanja svih TVWS uređaja u mreži. Isto tako, potrebno je znati nivo DTT signala i PMSE signala u pikselima od interesa. Postojeća literatura ne definiše jedinstven model za upotrebu u okviru WSDB, za uređaje ova tri tipa korisnika spektra. Međutim, primetno je da u važećim standardima i preporukama nema jedinstvene preporuke koji propagacioni model koristiti. Nema ni jasne preporuke da li koristiti *Monte Carlo* simulacije ili analitički model. Razne studije i eksperimenti koji su do sada vršeni sa ciljem analize rada TVWS sistema pokazuju da su u proračunima korišteni razni modeli i da su u najvećem broju slučaju korišteni analitički modeli. Tako se u raznim izveštajima CEPT-a navode, modifikovani (prošireni) *Hata* model, *Ibrahim-Parson*, model slabljenja u slobodnom prostoru ali i propagacioni model opisan u ITU preporuci P.1546. DSA preporučuje *Longley-Rice* propagacioni model u svom uputstvu za planiranje TVWS sistema. Ovde treba dodati mogućnost agencije da koristi i propagacione modele koji su kalibrisani na osnovu prethodnog iskustva (npr. prilikom provere pokrivanja DTT signalom) ili na osnovu iskustava iz eventualnog budućeg pilot-projekta. Sa druge strane, TVWS sistemi podsećaju po svojoj strukturi na mobilne ćelijske sisteme a standardi predviđaju da su korisnički terminali kako stacionarni tako i mobilni. Zbog toga se u razmatranje za izbor optimalnog propagacionog modela mogu uključiti i modeli koji se koriste za javne sisteme javnih mobilnih komunikacija.

Iskustva po pitanju planiranja komercijalnih i pilot TVWS mreža su skromna i nema propagacionog modela koji se dominantno koristi prilikom planiranja. Pojedini proizvođači opreme i sami koriste model slabljenja u slobodnom prostoru koje dodaju fiksni marginu. Bilo koja regulatorna agencija koja planira uvođenje TVWS sistema i mreža u rad imaće problem izbora optimalnog propagacionog modela. S obzirom na to da je TVWS nova tehnologija za RATEL je najjednostavnije da započne proračune koristeći neki od standardnih modela, često primenjivanih u praksi i potvrđenih od relevantnih standardizacionih tela. Tu se, pre svih, nameće propagacioni model prikazan u P.1546 kao najbolji izbor. Ovaj model namenjen je za opseg od 470MHz do 790MHz. Postoje primeri gde se ovaj model koristi za određivanje propagacionog slabljenja u komercijalnim sistemima mobilnih komunikacija ali i u sistemima fiksno bežičnog pristupa. Model je priznat i u akademskoj sredini i u standardizacionim telima kao relevantan i pouzdan model. U literaturi se mogu naći zaključci da model u određenim situacija potcenjuje domet signala, međutim, u slučaju TVWS uređaja, gde je očekivani poluprečnik zone pokrivanja TVWS signalom u urbanim sredinama ispod 1km, a u ruralnim samo nekoliko kilometara (obično manje od 5km), to se ovaj propagacioni model može primeniti uz zadovoljavajuću tačnost predikcije.

RATEL može sprovesti merenja nivoa signala u slučaju pilot projekta i izvršiti modifikacije terena tako da se precizno uključe morfološke karakteristike terena i (slabljenje *clutter*-a) čime bi se popravila pouzdanost i preciznost propagacionog modela. Još jednom treba napomenuti da se radi o novoj tehnologiji i da nema praktičnih iskustava u njenoj primeni. U isto vreme, nije poznato

ni kakav će uspeh ova tehnologija imati na tržištu. Zbog toga RATEL treba da ograniči svoje napore, a time i troškove, na kreiranju propagacionog modela namenjenog radu TVWS sistema i mreža dok se ne pokažu značajnije zastupljeni (ili dok se ne pojavi značajnije interesovanje za njihovu primenu) i da izabere propagacioni model P.1546.

U slučaju propagacije DTT signala, situacija je nešto jednostavnija jer već postoje iskustva projektovanja DTT mreže nacionalnog nivoa. Ova mreža je u funkciju već dovoljno dugo da postoje iskustva vezana za njihovo planiranje i najprecizniji propagacioni model. Stoga, RATEL u ovom slučaju može preuzeti propagacioni model koji je korišten prilikom planiranja DTT mreže ili iskoristiti svoja iskustva bazirana na merenjima i kreirati sopstveni model.

PMSE oprema ima skroman domet i često se koristi u zatvorenim prostorima (*indoor* okruženju). Zbog toga je planiranje dometa ovih uređaja specifično. Takođe, kod ovih uređaja je slabljenje usled apsorpcije ljudskog tela neodvojivi deo propagacionih slabljenja. ITU propagacioni model za *indoor* okruženje deklarisan je za opsege od 900MHz do 2.4GHz pa se ne može direktno preuzeti za potrebe proračuna slabljenja PMSE signala u *indoor* okruženju. Praktično nije razmatran problem propagacije PMSE signala jer se radi o malim rastojanjima gde uglavnom postoji linija optičke vidljivosti između predajnika i prijemnika PMSE signala. Ako i ne postoji, ona je posledica kretanja osobe koja koristi PMSE uređaj i potrebno je dodati slabljenje apsorpcije ljudskog tela. U idealnom slučaju, kada se PMSE oprema nalazi u *indoor* okruženju ali u različitim prostorijama, napredni *ray tracing* modeli bi da najbolji rezultat ali su teški za implementaciju i zahtevaju izuzetno dobro poznavanje okruženja u kom se uređaji nalaze. Zbog toga za PMSE uređaje se može usvojiti slabljenje u slobodnom prostoru uvećano za slabljenje ljudskog tela (3dB za slušalicu u uvu i 20dB za mikrofona na telu).

14.2. PRISTUP ZA ODREĐIVANJE LIMITA TVWS EMISIJE UZIMAJUĆI U OBZIR EMITOVANJE KA SUSEDNIM DRŽAVAMA I IZ SUSEDNIH DRŽAVA

Prilikom proračuna koegzistencije TVWS uređaja sa DTT sistemima, potrebno je uzeti u obzir i rad DTT predajnika u susednim zemljama kao i mogućnost ometanja prijemnika digitalnog TV signala u susednim zemljama. Trenutno u Republici Srbiji ima 399 važećih dozvola za predajnike DTT signala na svim nivoima, od nacionalnog do lokalnog. Postojanje stanje ukazuje da se 14 TV kanala ne koristi, odnosno da se ne pojavljuju u postojećim dozvolama za DTT predajnike. Dok se kanali iznad 48. kanala, iako slobodni izuzev 55. kanala, mogu smatrati u dužem periodu nedostupni zbog digitalne dividende, U opsegu ispod 700MHz postoje 2 TV kanala koji nisu tretirani postojećim dozvolama.

Međutim, Srbija ima internacionalne obaveze vezano za razvoj bilo kog servisa koji zahteva korišćenje novih frekvencija, što uključuje i primenu TVWS. Prema članu 5 pravilnika ITU *Radio Regulations*, primarna alokacija servisa u UHF opsegu (470 do 790MHz) je radio-difuzija. TVWS se može smatrati da pada u oblast mobilnih servisa, pa se stoga smatra sekundarnim servisom prema članu 5.296 pravilnika ITU *Radio Regulations*. Svakako je za očekivati da neograničeni rad TVWS uređaja blizu granica Republike Srbije može da izazove štetnu interferenciju za DTT prijem u susednim zemljama. Zbog toga je potrebno razmotriti ograničenje rada TVWS predajnika

u pograničnom području. Rezultate ograničenja emitovanja u pograničnim zonama potrebno je kombinovati sa ograničenjima emitovanja u cilju zaštite prijemnika digitalnog TV signala i PMSE prijemnika. Ukupni rezultati i ograničenja smeštaju se u WSDB. Potrebno je rešiti pitanje emitovanja TVWS uređaja i određenim bilateralnim dogovorima sa susednim državama. Međutim, imajući u vidu da se radi o novoj tehnologiji, da nije široko prihvaćena i implementirana, može se očekivati da susedne zemlje nemaju implementirana rešenja i pravilnike za rad TVWS uređaja pa i komunikacija i saradnja sa njima na koordinaciji rada TVWS uređaja može biti ograničena. Saradnja sa susednim zemljama može obezbediti harmonizaciju rada u pograničnom području a time i povećanje iskorišćenosti raspoloživog spektra, odnosno povećanje spektralne efikasnosti.

Republika Srbija je potpisala Ženevski sporazum o digitalnoj radio-difuziji (GE06, GE12) koji postavlja pravila UHF planiranja i implementacije i redovan je učesnik svih kasnijih konferencija organizovanih u svrhu koordinacije rada predajnika DTT signala i prekogranične koegzistencije. To uključuje, gde je zahtevano, restrikcije na primenu novih DTT predajnika u Srbiji u cilju zaštite radio-difuznih servisa u susednim zemljama. Ako emiter u Srbiji instalira novi predajnik DTT signala, GE06 plan zahteva da Srbija traži novi dogovor o koordinaciji u određenim slučajevima. Ipak, ovaj zahtev se ne primenjuje u svakom slučaju. GE06 dozvoljava primenu nekih novih predajnika, koji su manje snage ili su dalje od granice, bez internacionalne koordinacije. Specifični kriterijum je da njihov nivo polja na granici mora da bude ispod određenog nivoa (prag nivoa polja snage za pokretanje koordinacije).

Ovi pragovi su od posebnog značaja u kada se analizira rad TVWS uređaja jer svakako da RATEL ne želi da vrši koordinaciju sa susednim zemljama za TVWS uređaje, svaki pojedinačno i za mreže TVWS uređaja. Pragovi polja za pokretanje međunarodne koordinacije su prikazani u Tab.14.2.1. CEPT Izveštaj 29 definiše takođe 25dB μ V/m na granici država kao maksimalni dozvoljeni nivo kako bi se zaštitio prijem DTT signala u susednoj državi, na visini od 10m, za opseg učestanosti izvan 790MHz. ECC Izveštaj 60 definiše ograničenja snaga emitovanja u različitim opsezima a za opseg od 470MHz do 694MHz definisano je ograničenje od -42dBm u kanalu širine 8MHz a rezolucija 760 sa WRC-15 bavi se prekograničnom koordinacijom mobilnih sistemima u opsegu od 790MHz do 862MHz.

Tabela 14.2.1 – GE06 Pragovi za pokretanje međunarodne koordinacije

Radio-difuzni sistem	Prag polja snage [dB μ V/m]		
	Opseg IV - kanali 21-34 (470-582MHz)	Opseg V – kanali 35-51 (582-718MHz)	Opseg V - kanali 52-69 (718-862MHz)
DVB-T	21 dB μ V/m	23 dB μ V/m	25 dB μ V/m

Ako primljena DTT emisija prevaziđe ove granične nivoe, zvanična koordinacija je neophodna. Zadužene administracije analiziraju svaki slučaj kako bi utvrdili svaku nekompatibilnost sa registrovanim servisima, i u većini slučajeva bilateralni sporazumi rezultiraju u prihvatljivim nivoima odlaznog/dolaznog polja između obe strane zajedničke granice.

14.2.1. PRISTUP ZA IZRAČUNAVANJE LIMITA TVWS EMISIJE

TVWS nema zvanično prepoznat frekvencijski plan ili ugovor o upravljanju registracijom, primenom, mogućnostima pojave interferencije ili zahtevima za koordinacijom. Srbija se internacionalno obavezuje GE06 sporazumom da osigura da DTT servisi susednih zemalja nisu ugroženi štetnom interferencijom sekundarnih servisa iz Srbije kojima, kao što je pomenuto, pripada i TVWS.

Iako su nivoi pokretanja koordinacije iz Tab.14.2.1 kreirani za potrebe upravljanja DTT-DTT interferencijom, obezbeđuju dobru referentnu tačku za utvrđivanje limita TVWS emisije kojima bi se osigurala mala verovatnoća interferencije ka drugim zemljama.

Osnova za ovakav pristup jeste činjenica da se fiksni TVWS uređaji mogu smatrati veoma slični po svojoj primeni DTT predajniku ili releju male snage. Mobilni TVWS uređaji rade najčešće sa manjom snagom (a generalno su limitirani na 23dBm ako prate ECC Izveštaj 60) pa je stoga manja verovatnoća da će izazvati prekograničnu interferenciju. Međutim, ovi nivoi pokretanja koordinacije se odnose na sve TVWS uređaje, bilo fiksne ili mobilne.

Prema tome, potrebo je da se izračuna maksimalno dozvoljena snaga TVWS uređaja na bilo kojoj lokaciji i u bilo kom kanalu, tako da pragovi pokretanja GE06 internacionalne koordinacije ne budu prevaziđeni u susednim zemljama. Ove restrikcije se mogu definisati za niz karakterističnih primena TVWS uređaja kako bi se utvrdila ograničenja a kasnije se mogu interpolirati ili računati po potrebi za druge parametre TVWS uređaja.

Imajući u vidu da se najveća snaga TVWS uređaja emituje u opsegu dozvoljenih kanala, cilj proračuna jeste da se odredi maksimalna EIRP TVWS signala emitovanog u dozvoljenom TV kanalu (F_{TVWS}) za emitovanje tj. P_{IB} , na datoj lokaciji i , u Srbiji, pod uslovom da rezultujuća polja na prijemu u susednim zemljama ne prevazilaze nivo praga pokretanja koordinacije. Prilikom proračunavanja primenjujemo maksimalnu dozvoljenu EIRP od 36dBm/(8 MHz). Ova snaga predstavlja najnepovoljniji slučaj emitovanja *master* TVWS uređaja.

Lokacije TVWS uređaja treba predstaviti kao tačke u centrima piksela širom Srbije. Postojeći digitalni model terena koji RATEL koristi može omogućiti da pikseli budu veličine 20m×20m, što je previše precizno tako da se može usvojiti piksel dimenzija 100m×100m. Veličina piksela utiče na složenost izračunavanja te stoga pikseli previše malih dimenzija stvaraju preobimna izračunavanja koja ne doprinose posebno preciznosti izračunavanja. Potrebno je zatim odrediti veličinu (dubinu) zaštitne zone uz granicu Republike Srbije u okviru koje će se vršiti proračun za TVWS uređaje. Ta zona ne bi trebala da bude veće dubine od 25km. Ova dubina zaštitne zone određena je i položajem antene TVWS uređaja (tiltom, azimutom, dobitkom i usmerenošću antene, dozvoljenom snagom emitovanja zbog postojećih prijemnika DTT signala u Srbiji, u pograničnom području i slično). Pored maksimalne snage, može se usvojiti i visina TVWS uređaja od 10m iznad tla a za ostale visine se proračuni mogu ponoviti (1.5m, 5m, 15m, 20m, 30m iznad nivoa tla). U praktičnim uslovima, za visine antena TVWS uređaja od 10m, realno je za očekivati da je domet TVWS signala do 10km. Posle inicijalnih proračuna u zoni od 25km, vrlo je moguće da će biti usvojeno jednostavno pravilo da koliko je metara visina antene iznad tla, toliko je i dubina zaštitne zone (10m -10km, 20m -20km, 30m -25km ili 30km).

Propagacija TVWS signala može se opisati preporukom P.1546. Simulacija (proračun) može biti izvršen za svaki TV kanal ponaosob ali može se izvršiti i za referentne učestanosti u preporuci od 100MHz, 600MHz i 2000MHz a da se zatim iskoristi jednačina za interpolaciju vrednosti na druge učestanosti u opsegu od 470MHz do 790MHz, data u preporuci. Time se značajno štedi u broju proračuna koje je potrebno sprovesti. Proračune je potrebno sprovesti za sve tačke granice sa susednom državom (što je računarski izuzetno zahtevan posao) ili za izabrane tačke na granici sa susednom državom. Broj izabranih tačaka je konačan (npr. 50 tačaka) i izabrane su tako da se prvo biraju tačke u pravcu maksimuma zračenja antene TVWS uređaja i koje su najbliže po rastojanju samom uređaju a koje se nalaze na granici sa susednim zemljama.

Imajući u vidu da RATEL raspolaže sa ICS *Telecom* softverom za radio-planiranje koji podržava uvođenje vektora na mapu, granica Republike Srbije može se učitati kao vektor, sa tačkama koje određuju vektor i u kojima će se vršiti proračun. Ovakvo rešenje bi omogućilo RATEL-u komforan i efikasan rad a na RATEL-u bi bilo da odluči da li će za izabrani TVWS uređaj proveravati nivo polja na granici ili ne. Izračunati nivo polja (ili snage u opsegu širine TV kanala) poredi se sa graničnim dozvoljenim nivoom polja za koji je potrebno započeti postupak koordinacije sa susednim zemljama. U slučaju da nivo nije prevaziđen, nema potrebe za koordinacijom a u slučaju da jeste, potrebno je uvesti ograničenje po pitanju emisije TVWS signala. Znajući maksimalnu EIRP TVWS signala kojom je pretpostavljeno za proračun da uređaj radi P_{IB} , moguće je izvršiti korekciju snage emitovanja TVWS uređaja shodno ograničenju koje nameće GE06 (za odgovarajući broj TV kanala).

Regulatorna agencija treba da izračuna ograničenja emitovanja odnosno P_{IB} za sve piksele u zaštitnoj zoni, za svaki kanal ponaosob (ili da interpolira za svaki kanal kao što je navedeno) i za sve pomenute visine antene TVWS uređaja. Za slučaj visine antene TVWS uređaja koja je niža od 2m, može se smatrati da TVWS uređaj radi iz zatvorenog prostora pa je preporučljivo usvojiti dodatno propagaciono slabljenje za TVWS signal od 7dB (propagacija kroz jedan zid). Ovako dobijeni nivo P_{IB} se mora uporediti sa svim drugim ograničenjima (po pitanju smetnji primarnim korisnicima spektra) i upisuje se u WSDB najkritičnija vrednost.

Potencijalno veći dometi mogu biti očekivani u ravničarskim predelima gde propagacija signala u opsegu ispod 700MHz može biti značajna po dometu. U brdskim predelima je za očekivati da će zbog tilta TVWS antene i njenog usmerenja biti mnogo manja verovatnoća za interferenciju. Nema značajnijih iskustava po pitanju prekogranične koordinacije rada TVWS uređaja jer je njihova zastupljenost u praksi trenutno vrlo mala. Jedino je u Velikoj Britaniji primenjen sličan proces izloženom, uz posmatranje piksela većih dimenzija i fokusa na propagaciju signala preko obala Velike Britanije ka susednim državama. U njihovom slučaju nije bilo posebnih komentara susednih zemalja na sprovedenu analizu. Za očekivati je da i u slučaju Srbije i same regulatorne agencije da susedne zemlje još uvek nisu spremne za bilo kakvu raspravu o prekograničnoj koordinaciji rada TVWS uređaja. Ove diskusije bi trebale da budu usmerene u pravcu da se omogući proračun samo za one kanale koji se koriste u oblasti od interesa u susednoj državi (umesto svih kanala) i da se eventualno odredi broj tačaka i eventualno njihove koordinate u kojima bi bio vršen proračun TVWS signala.

14.3. UTICAJ SEDDIF NA DOSTUPNOST KANALA

Razmatrajući trenutno stanje rasporeda kanala po alotmentima (regijama) u Srbiji, uključujući i predajnike DTT signala manje snage, kao i činjenicu da se pojedini predajnici iz jednog alotmenta geografski mogu naći u granicama drugog alotmenta, prema podacima Emisione tehnike i veza (ETV), najviše kanala angažuje se u geografskom alotmentu Besna Kobila i to ukupno 19 TV kanala. Ovi TV kanali su tako raspoređeni po lokacijama da ih je moguće u određenom delu alotmenta i ponovo iskoristiti zbog povoljne geografske izolovanosti između lokacija u alotmentu. U ostalim regijama (geografskim alotmentima) broj angažovanih TV kanala ide od 3 pa do 12.

Uticaj SEDDIF-a ogleda se u promeni korišćenja određenih broja TV kanala kako u već postojećim alotmentima u Republici Srbiji, tako i u alotmentima u susednim zemljama koji se graniče sa Republikom Srbijom. Ova promena podrazumeva da je sporazumom praktično omogućena implementacija digitalne dividende II u zemljama potpisnicama sporazuma. Promena iz postojećeg stanja ka stanju kojim će se osloboditi kanali u opsegu iznad 694MHz, zahvaljujući sporazumu, treba da bude relativno jednostavna za emitere digitalnog TV signala ali će takođe obuhvatiti i određeni vremenski period u kom će se izvršiti tranzicija. Sama tranzicija neće biti trenutna i sprovodiće se planski u skladu sa smernicama određenim u SEDDIF sporazumu. Pojedini alotmenti dobiće nove kanale u opsegu od 470MHz do 694MHz na upotrebu ali će u konačnom stanju posle tranzicije pojedini alotmenti ostati sa manjim brojem kanala posle sprovođenja digitalne dividende II.

Imajući u vidu i tranzicioni period u kom će se sprovoditi replaniranje i reorganizacija alotmenta, odnosno kanala korištenih u okviru alotmenta, broj kanala koji su korišćeni (koje predajnici DTT signala koriste) se procenjuje na maksimalno od 7 do 21 TV kanala, u zavisnosti od alotmenta. Ovde treba razdvojiti dva slučaja. Prvi slučaj predviđa dodavanje novih kanala u već postojeći alotment u Republici Srbiji (i kasnije oslobađanje kanala u opsegu iznad 694MHz). U ovom slučaju, korišćenje novog TV kanala od strane DTT predajnika podleže standardnim procedurama planiranja izbegavanja interferencije koju može prouzrokovati TVWS signal. Imajući u vidu broj angažovanih kanala po alotmentima i broj raspoloživih TV kanala, potencijalno ograničenje za kanal 60 i za kanal 38 (koji je trenutno u upotrebi u Srbiji), može se oceniti da je najmanji dostupan spektar za rad TVWS uređaja 144MHz.

Sam SEDDIF sporazum neće drastično uticati na raspoloživost TV kanala koje TVWS uređaji mogu koristiti u smislu novih ograničenja jer se radi o implementaciji prethodno donete odluke o sprovođenju digitalne dividende II. Digitalne dividende I i II ograničavaju broj potencijalnih kanala koje TVWS uređaji mogu da koriste. Međutim, radi se o inicijativama koje su poznate od ranije, čak i pre nego što je započeto istraživanje o sekundarnoj upotrebi spektra namenjenog emitovanju TV signala. Kada se u obzir uzme nova raspodela TV kanala u skladu sa SEDDIF sporazumom, broj raspoloživih kanala po postojećim alotmentima u Republici Srbiji može ići od 7 do 18 TV kanala, koje bi TVWS sistemi mogli da koriste. U ovom slučaju radi se o gruboj analizi, posmatrajući postojeće geografske alotmente. Koordinacija sa PMSE uređajima nije uzeta u obzir prilikom procene pomenutog dostupnog spektra jer primena PMSE uređaja nije dovoljno poznata (kada, gde, koliko dugo, koliko uređaja itd.). Pretpostavka je da ukupni navedeni opseg za rad TVWS sistema nije kontinualan (ne čine ga obavezno susedni TV kanali).

Posle implementacije digitalne dividende II, u pojedinim alotmentima je moguće da će doći do promena u dostupnom spektru, međutim gruba procena je da bi navedena širina spektra (ukupni opseg) i dalje bila dostupna. Za detaljnu analizu potrebno je izvršiti radio planiranje pokrivanja sa postojećih lokacija u Republici Srbiji, kao i sa lokacija susednih zemalja, sa konkretnim parametrima. Takođe, treba imati u vidu i različite lokacije na kojima se TVWS uređaji mogu naći, visine antena *master* uređaja, njihove dijagrame zračenja kao i položaje fiksnih *outdoor slave* uređaja i njihovih antena. Treba posebno razmotriti i upotrebu *indoor slave* uređaja. Tada je moguće utvrditi i određene oblasti u kojima se, unutar alotmenta, može vršiti ponovna upotreba nekog od TV kanala koji se već koriste za emitovanje DTT signala.

U ovom trenutku, imajući u vidu postojeće predloge za ograničenje emitovanja u kanalima 21, 22 i 23, kao i dostupnost drugih TV kanala po alotmentima, ne postoji potreba za rezervisanjem TV kanala za rad TVWS uređaja. Upotreba TV kanala 21, 22 i 23 od strane TVWS uređaja se trenutno ne može smatrati kritičnom jer bi TVWS uređaji radili takvom snagom da se izbegne koordinacija sa susednim zemljama i da se izbegne interferencija korisnicima spektra u opsegu ispod 470MHz. Imajući u vidu da su DTT sistemi primarni korisnici a da je koncept belog spektra upotreba spektra na sekundarnoj osnovi kada je dostupan, nema potrebe za rezervisanje kanala za njihov rad. Naime, svi TV kanali mogu biti korišteni od strane predajnika DTT signala pa se ne može ni govoriti o rezervaciji kanala za rad DTT sistema. Sadašnje stanje omogućava rad TVWS sistema i u slučaju korišćenja više TV kanala, tako da ne postoji izrazita potreba za definisanjem rezervnih DTT kanala u sklopu SEDDIF sporazuma. Zapravo, jedan od osnovnih problema koji ograničavaju implementaciju TVWS sistema jeste činjenica da potreban spektar ne može biti garantovan. U zavisnosti od primenjene tehnologije, TVWS uređaji imaju mogućnost da koriste i više nesusednih kanala za svoje emitovanje. Za optimalan raspored DTT kanala u smislu optimlanog iskorišćenja spektra za potrebe sekundarnih korisnika potrebno je izvršiti detaljnu analizu. Ova analiza bila bi deo projekta kojim bi se odredile mape dostupnosti spektra za korišćenje na sekundarnoj bazi. Tada bi moglo da se sprovede i planiranje DTT kanala koji koriste predajnici DTT signala u zemlji i u pograničnim delovima susednih zemalja da bi se eventualno maksimizirala dostupnost spektra za sekundarnu upotrebu u Republici Srbiji.

Planiranje korišćenja novih TV kanala za uvođenje četvrtog i petog multipleksa nema poseban značaj jer svi vlasnici i korisnici TVWS uređaja i servisa prihvataju korišćenjem spektra na sekundarnoj bazi da može nastati situacija u kojoj se ne mogu koristiti prethodno korišćeni kanali. Dodatno, u ovom trenutku nema jasne predstave o interesovanju alternativnih operatera da implementiraju TVWS sisteme tako da se ne može govoriti o dovoljnom ili ograničenom broju TV kanala koje bi koristili TVWS sistemi na sekundarnoj bazi. Svakako se može reći da najnepovoljniji slučaj kada je dostupno samo 7 TV kanala može predstavljati problem za TVWS sisteme. Moguće je izvršiti radio planiranje sa 7 TV kanala, međutim, takav TVWS sistem bi imao značajna ograničenja po pitanju maksimalnog dostupnog protoka koji bi mogao da se ponudi krajnjim korisnicima. Takav sistem bi bio slabo konkurentan LTE sistemima ili 5G sistemima u budućnosti. Sa druge strane, 18 TV kanala omogućavaju jednostavnije planiranje i mogućnost da se korisnicima ponudi usluga u TVWS sistemima u kojima bi TVWS uređaji koristili agregaciju kanala i velike protoke, konkurentne aktuelnim tehnologijama.

Analizom stanja na Internet stranici ETV-a i spiska važećih dozvola za predajnike DTT signala,

primetno je da se TV kanali 44, 46 i 51, za koje ne postoje validne dozvole na portalu RATEL-a, pojavljuju na Internet stranici ETV-a u alotmentima Avala (kanal 51), Cer (kanal 46) i Jastrebac (kanal 44). Ovde značajnu ulogu može imati i prekogranična koordinacija sa susednim zemljama jer emisije DTT signala iz susednih zemalja koje nisu usklađene sa ograničenjima koje određuje RATEL za teritoriju Srbije i bilateralnim sporazumima sa susednim zemljama mogu onemogućiti upotrebu određenih kanala od strane TVWS uređaja.

Stoga, potrebno je izvršiti proveru dozvola i stvarno stanje na terenu kako bi se izbegla neusklađenost i greške u WSDB. TVWS uređaji koji imaju mogućnost osluškivanja spektra imaju mogućnost da informišu bazu o eventualnoj grešci (odobren kanal je zauzet) dok uređaji koji se samo oslanjaju na WSDB neće biti u mogućnosti ovakav problem da prijave. Može se ipak zaključiti da sam SEDDIF sporazum ne donosi ograničenja primeni TVWS sistema u Srbiji koja bi onemogućila njihovu primenu.

14.4. PROVERA POKRIVANJA UZIMAJUĆI U OBZIR BAZU PODATAKA O STANOVNIŠTVU

RATEL raspolaže ATDI ACS *Telecom*-om kao alatom za radio-planiranje i odgovarajućim modulom za upravljanje spektrom istog proizvođača softvera. Ovaj alat ima mogućnost da se učita demografski sloj koji prikazuje gustinu stanovništva u određenim oblastima. Demografski sloj može prikazivati dnevne promene u broju stanovnika u određenim oblastima (na primer, stanovništvo iz prigradskih opština radno vreme provodi u Beogradu) i daje informaciju o broju stanovnika (gustini naseljenosti) za određeni, predefinisani segment sloja. Uobičajno je da sloj ima rezoluciju od 1km×1km ali može biti i veća (npr. 5km×5km). Retko kada je rezolucija demografskog sloja manja jer zahteva precizno poznavanje naseljenosti.

Demografski sloj prilikom radio-planiranja i proračuna radio-pokrivanja ima višestruki značaj. Gustina naseljenosti omogućava RATEL-u da utvrdi ispunjenost uslova iz dozvola za razne korisnike spektra – da li je pokriven određen procenat stanovništva i da li je neka populacija ugrožena ometanjem emisijama iz susednih zemalja. U slučaju planiranja TVWS sistema, demografski sloj omogućava da se utvrdi koliko će stanovnika Republike Srbije biti u servisnoj zoni TVWS mreža. Na ovaj način se može proceniti ekonomski potencijal TVWS mreža. Što je veća pokrivenost teritorije i stanovništva, to je potencijalni broj korisnika sistema veći a samim tim i finansijska stabilnost vlasnika TVWS mreže je bolja.

Sa druge strane, podatak o gustini stanovništva može zameniti pretpostavke raznih preporuka i studija o broju prijemnika DTT prijemnika u standardnom pikselu (100m×100m). Pošto postoji podatak o gustini stanovnika u određenoj oblasti, moguće je odrediti i realnu gustinu stanovništva u pikselu koji se koristi za proračun nivoa TVWS signala. Zatim se na osnovu penetracije DTT servisa može odrediti i broj korisnika sa nekom vrstom DTT prijemnika (TV-om, *set top-box*-om i sl.) a na osnovu morfoloških karakteristika terena se može taj broj i skalirati. Morfološke karakteristike (urbano, ruralno, suburbano) ukazuju na način prijema TV signala. U visoko urbanim sredinama stanovništvo dominantno prima TV signal putem žičnih sistema (kablovska TV, IPTV) a manje terestrički. Zbog toga se broj prijemnika DTT signala može skalirati na realan

broj. Sa druge strane, u ruralnoj sredini dominantan način prijema TV signala je terestrički i u takvim sredinama je efekat smetnje TVWS signala na DTT signal mnogo vidljiviji i sa većim posledicama po stanovništvo.

Kako RATEL raspolaže odgovarajućim demografskim slojem (*layer-om*) proračun nivoa polja TVWS uređaja se može obaviti i u ICS *Telecom*-u a ne direktno u okviru WSDB. Rezultati analize se moraju izvesti i preneti u WSDB za potrebe koordinacije rada TVWS uređaja. U slučaju nabavke WSDB istog proizvođača softvera, RATEL bi morao da zatraži integraciju baze sa alatom za radio-planiranje i upravljanjem spektrom tako da bi se proračun vršio u okviru celokupnog sistema i bio dostupan u WSDB.

14.5. IZRADA MAPA SPEKTRA DOSTUPNIH ZA JAVNE KONSULTACIJE

Dinamičko korišćenje spektra, koje podrazumeva višestruke korisnike istog frekvencijskog opsega od strane više korisnika sa različitim pravima, još uvek je velikoj meri nepoznanica široj javnosti i znatnom broju aktera na telekomunikacionom tržištu. Zbog toga je naviše mesta u Studiji preporučeno RATEL-u da pokrene kampanju kojom bi se alternativnim telekomunikacionim operatorima omogućilo da se upoznaju sa konceptom koordinisane zajedničke upotrebe spektra, opsezima u kojima je deljenje spektra moguće i mogućim tehnološkim rešenjima.

U sklopu kampanje, potrebno je i vizuelno prikazati mogućnosti tehnologija. Takođe, prikaz mogućnosti TVWS tehnologija, sa prikazom pokrivanja, protoka u zonama pokrivanja i grubom procenom broja primenjenih TVWS uređaja predstavlja osnovu i motiviše alternativne operatore da se zainteresuju i utvrde tehničke i finansijske preduslove za eventualnu primenu TVWS tehnologija.

U slučaju da postoji interesovanje za izgradnju TVWS mreža, potrebno je izvršiti i javne konsultacije. Svrha ovih konsultacija jeste da se šira javnost upozna sa uslovima primene TVWS uređaja, načinom rada i eventualnim uticajem na stanovništvo i postojeće sisteme. Za tu priliku je potrebno izraditi mape pokrivanja koje neće prikazati samo nivo TVWS signala ili maksimalno dozvoljeni nivo signala već i broj dostupnih TV kanala za rad TVWS sistema.

Imajući u vidu da RATEL već raspolaže sa alatom za radio-planiranje koji podržava planiranje TVWS mreža, kao i analizu interferencije prema uređajima primarnih korisnika spektra, ne postoji potreba za investicijom u neko drugo rešenje.

ICS *Telecom* u kategoriji *Spectrum* nudi prikaz dostupnosti spektra za TVWS sisteme na svakom delu mape, analizu interferencije prema DTT i PMSE sistemima, raspored dodeljenih kanala TVWS uređajima. Takođe, u softveru postoji i analiza koja prikazuje broj dostupnih servera (za slučaj da je jedan *slave* uređaj u zoni pokrivanja više *master* uređaja), a nudi opciju i reverznog pokrivanja koje podrazumeva da se za očekivani nivo polja na prijemu odredi snaga emitovanja.

Kako je u ovom trenutku jasno da će RATEL imati određene troškove u slučaju da započne uvođenje TVWS uređaja u upotrebu na teritoriji Republike Srbije, autori Studije su mišljenja da nema potrebe da se vrši nabavka novog softvera ili da se dodatno troše ljudski i finansijski resursi

RATEL-a. Postojeći alat za radio-planiranje pruža sve potrebne funkcionalnosti koje bi bile potrebne za izradu mapa pokrivanja, dostupnosti spektra i broja TV kanala, kao i za primenu ograničenja prilikom proračuna interferencije i zone pokrivanja TVWS uređaja, potrebnih u postupku javnih konsultacija.

14.6. DEFINISANJE PROTOKOLA ZA TVWSD AUTORIZACIJU

Protokol za komunikaciju TVWS uređaja (*master* uređaja) sa WSDB-om nije definisan standardom EN 301 598. Naprotiv, standard eksplicitno navodi da način komunikacije između WSDB i *master* uređaja, i *master* i *slave* uređaja nije predmet standardizacije. Stoga postoji potpuna sloboda proizvođača opreme i vlasnika WSDB-a da kreiraju svoje protokole za komunikaciju. Međutim, ovakav pristup nema posebnog smisla jer vodi povećanju nekompatibilnosti opreme koja je već i ovako nekompatibilna ako je proizvedena od strane različitih proizvođača. Zbog toga se IETF-ov PAWS, protokol za pristupanje bazi belog spektra, nameće kao najkorisnije u najefikasnije rešenje. PAWS je protokol koji definiše strukturu poruka koje razmenjuju *slave* i *master* TVWS uređaji i *master* uređaji i WSDB. Protokol takođe daje smernice za implementaciju zaštite komunikacije između TVWS uređaja i između uređaja i baze preporukom da se primeni TLS. IETF PAWS se može smatrati trenutno najboljim rešenjem za uređenje komunikacije unutar TVWS mreže (na nivou kontrolne ravni).

14.7. ZAKLJUČAK

Međunarodna koordinacija pominje se u više dokumenata, među kojima je i ECC Izveštaj 236, koji je kreiran sa idejom da se koristi kao uputstvo za implementaciju celokupnog tehničkog i regulatornog okvira za uvođenje TVWS sistema u rad na nacionalnom nivou. Međutim, čak i ovo uputstvo nema jasno uputstvo kako se vrši prekogranična koordinacija rada TVWS uređaja. Nacionalne regulatorne agencije su upućene na bilateralne sporazume bez da ETSI ili CEPT definišu smernice i osnove na kojima bi se mogla obaviti ova koordinacija.

U Studiji je predložen pristup prekogranične koordinacije koji se zasniva na principima već primenjenih koordinacija DTT sistema i sistema javnih mobilnih komunikacija. Međutim, imajući u vidu da nema dokumenata koja regulišu pitanje prekogranične koegzistencije TVWS sistema, ostaje nejasno kako će susedne zemlje reagovati na bilo kakav predlog RATEL-a.

Postojeći alati koji su RATEL-u na raspolaganju su takvi da poseduju potrebne funkcionalnosti za kreiranje mapa dostupnog spektra, analizu interferencije i izračunavanje odnosa C/I i I/N koji se koriste prilikom proračuna interferencije i nivoa TVWS signala. U istim alatima RATEL može da prikaže i pokrivenost stanovništva TVWS signalom kao i da odredi nešto preciznije kakvi su tipovi prijemnika DTT signala prisutni i koji i koliki deo stanovništva može biti pogođen ometanjem prijemnika DTT signala u određenim oblastima u slučaju neodgovarajućeg emitovanja TVWS signala.

Važno je još jednom napomenuti da DTT sistemi ostaju primarni korisnici spektra i da ne postoji bilo kakvo ograničenje planiranja njihovog daljeg razvoja ili restrikcija po pitanju upotrebe

spektra u opsegu od 470MHz do 790MHz. Stoga, bilo kakve aktivnosti RATEL-a po pitanju koordinacije rada DTT sistema sa susednim zemljama, reorganizacijom raspodele TV kanala i davanjem dozvola za rad predajnicima DTT signala ne mogu biti uslovljene potrebom uvođenja TVWS sistema u upotrebu na teritoriji Republike Srbije.

15. ULOGA REGULATORA U POSTUPKU IMPLEMENTACIJE TVWS PRORAČUNA

15.1. ULOGA REGULATORA U DEFINISANJU ALGORITMA PRORAČUNA

Uloga regulatorne agencije u postupku implementacije proračuna nivoa signala TVWS uređaja (ali i ostalih korisnika spektra) je ključna. Bez obzira na način formiranja WSDB, da li je regulatorna agencija sama kreira ili kupuje gotovo tehničko rešenje, ili koristi usluge partnera koji će kreirati i upravljati WSDB-om, RATEL ima zadatak da obezbedi tačnost proračuna. Ta se tačnost i pravovremenost obezbeđuje bilo kroz rad RATEL-ovih zaposlenih na održavanju baze bilo kroz kontrolu partnerske kompanije. Čak i u slučaju kada partnerska kompanija pruža usluge WSDB-a, regulatorna agencija je ta koja obezbeđuje pravila proračuna i algoritme. Partnerska kompanija zapravo i nema ovlašćenje da menja bilo kakvu metodologiju, način proračuna ili ograničenja koje je primila od regulatorne agencije.

RATEL mora implementirati algoritam kojim se proračunava nivo TVWS signala *master* uređaja i potrebni parametri za emitovanje signala. Kao najbolji primer se može navesti algoritam koji OFCOM opisuje u svom predlogu ugovora sa potencijalnim upravljačima WSDB-a. Algoritam izračunavanja parametara *master* TVWS uređaja i nivoa signala u skladu sa zahtevima da se ne stvori interferencija prijemnicima DTT i MSE signala obuhvata ukupno 40 koraka. Ovi koraci opisani su u okviru Studije a podrazumevaju da se proračun vrši na digitalnom modelu terena u odgovarajućem formatu (u slučaju RATEL-a koristio bi se WGS84). Bazi se predaju raspoloživi TV kanali za emitovanje. Ovo mogu biti svi TV kanali ili ograničeni broj ako se RATEL odluči da zabrani pristup TVWS uređajima određenim kanalima (na primer kanalu 60 zbog interferencije ka LTE sistemima na učestanostima većim od 790MHz ili kanalu 38 ako bi se pojavili RAS sistemi u upotrebi i sl.). Za prijavljene koordinate TVWS uređaja određuje se zatim maksimalni dozvoljeni EIRP koji TVWS uređaj ne sme da prevaziđe u kanalu širine 8MHz. Ovde se razmatraju pikseli dimenzije 100m×100m, a zatim se razmatra nesigurnost određivanja lokacije TVWS uređaja, na način kao što je to prethodno opisano u Studiji u Glavi 8.

Za piksele od interesa, WSDB čita nivoe signala (vrednosti EIRP) DTT signala. U slučaju da u WSDB nema informacije o snazi DTT signala, WSDB usvaja 0mW u opsegu od 8MHz. Zatim se čitaju primljeni podaci o *master* uređaju (visina antene uređaja) i to za slučaj da je uređaj tipa A ili tipa B shodno EN 301 598. Algoritam daje i detalje koje visine se usvajaju ako *master* uređaj ne prijavi visinu svoje antene. U slučaju OFCOM-a taj skup mogućih visina je nešto manji nego što je to preporučeno u Studiji. Zatim se određuje dozvoljeni nivo signala *master* TVWS signala. Postupak se ponavlja i za PMSE opremu uz izmenu da su dimenzije piksela tada 10m×10m. U slučaju RATEL-a, imajući u vidu rezoluciju digitalnog modela terena kojim RATEL raspolaže, taj korak može bit 5m×5m u urbanoj sredini ili 20m×20m u ruralnoj sredini.

Interesantno je što navedeni algoritam i sam ugovor OFCOM-a sa partnerskim kompanijama koje upravljaju WSDB-om ne definiše koji se propagacioni model koristi za proračun nivoa DTT signala ili TVWS signala. Jasno je da je uloga regulatorne agencije ključna u specifikaciji koraka algoritma koji se primenjuje kao i u postupku određivanja nivoa signala uređaja primarnih i sekundarnih korisnika spektra.

15.1.1. ULAZNI PODACI ZA PRORAČUN

Regulatorna agencija definiše skup podataka koji se koriste u proračunu TVWS signala. Međutim, imajući u vidu da preporuka EN 301 598 jasno definiše koje parametre razmenjuju WSDB i *master* TVWS uređaj, da jasno definiše koje parametre uređaj prijavljuje WSDB, ne postoji posebna odgovornost regulatorne agencije da definiše podatke koji se razmenjuju. Dovoljno je da se obezbedi poštovanje EN 301 598 a da regulatorna agencija preuzme na sebe da definiše vrednosti parametara koje TVWS uređaj i WSDB nisu razmenili. To se, na primer, odnosi na slučaj kada nedostaje visina antene uređaja ili tip TVWS uređaja. Za takve slučajeve regulatorna agencija mora imati utvrđenu proceduru koje se vrednosti usvajaju i kako se vrši proračun. Tako se može usvojiti skup visina antene uređaja koji je dat u Studiji (počev od 1.5m pa na više u zavisnosti od tipa uređaja). Potrebno je napomenuti da se bira slučaj koji daje najveća ograničenja. Takođe, važno je izbeći i nepotrebne proračune. Na primer, ako je uređaj tipa A tada se može računati sa visinom antene od 5m ili 10m. Nije pogrešno vršiti proračun i za visinu uređaja od 1.5m, međutim, rezultati za 5, i 10m će tražiti veća ograničenja za TVWS uređaj pa je proračun za visinu antene uređaja od 1.5m praktično nepotreban i samo produžava vreme donošenja odluke o mogućim vrednostima parametara koji se prosleđuju TVWS uređaju. Odgovornost RATEL-a upravo je na definisanju referentnih vrednosti u slučaju kada vrednost nekog od parametara nedostaje i na izboru broja i vrste proračuna kako bi se proračuni ubrzali.

TVWS uređaji ne smeju započeti emitovanje pre nego što prime skup mogućih vrednosti za parametre potrebne za emitovanje signala. To znači da emitovanje ne sme početi pre nego što uređaj primi brojeve slobodnih TV kanala za emitovanje i dozvoljene snage emitovanja. WSDB ne sme proslediti podatke potrebne za emitovanje uređajima kod kojih se vrši manuelno podešavanje vrednosti parametara emitovanja uređaja pre nego što za to dobije saglasnost regulatora. Ovakvi uređaji, u suštini, mogu biti deo dinamičke upotrebe spektra samo u prelaznoj fazi jer zbog nemogućnosti da dinamički promene parametre emisije, nisu pogodni za rad u opsegu gde je potrebno koordinisati rad uređaja u istom frekvencijskom opsegu. Takođe, TVWS uređaji moraju biti u skladu sa EN 301 598 (sertifikovani od strane ETSI-ja) i rad drugih uređaja ne treba ni dopustiti što je jedan od zadataka RATEL-a.

15.1.2. PRIKAZ REZULTATA

U cilju transparentnosti i popularizacije TVWS sistema, kao i kognitivnog radija uopšte, RATEL bi u slučaju da dozvoli rad TVWS uređajima u Republici Srbiji, trebao da implementira i portal na kojoj bi javnost mogla da vidi slobodne kanale u određenoj oblasti. Ovim se postiže povećanje poverenja primarnih korisnika spektra u agenciju sa sekundarnim korisnicima i zainteresovanim operatorima se omogućava da provere mogućnosti za instalaciju svojih TVWS sistema.

15.2. PREGLED PRAVILA I PARAMETARA KOJA SU POJEDINI REGULATORI POSTAVILI U ALATU ZA PRORAČUNE

Osnovna karakteristika TVWS sistema jeste da ne postoji jedinstveni standard i da ne postoji

kompatibilnost između opreme različitih proizvođača. Samim tim, ne postoji jedinstveni skup vrednosti za samu TVWS opremu. Dodatno, standard EN 301 598 i postojeći izveštaji CEPT-a koji tretiraju rad TVWS sistema, ne bave se tehnološkim rešenjima već isključivo EIRP-om i nivoima signala. Svrha svih dosadašnjih analiza bila je da se odrede ograničenja kako bi se zaštitili primarni korisnici spektra. U tu svrhu nije potrebno detaljno poznavanje primenjene tehnologije. Dva standarda su dominantna u slučaju TVWS. To su IEEE 802.11af i LTE. U slučaju LTE-a, radio-interfejs je standardni (npr. širina kanala je u skladu sa 3GPP specifikacijama) ali kod pojedinih proizvođača opreme postoje izmene na višim slojevima. Ove promene su nestandardne i zbog toga proračun protoka koje ostvaruju korisnici nisu isti onima u 4G mobilnim sistemima. Ove promene i nije moguće modelovati u softverima za radio-planiranje (sem kroz neko skaliranje protoka) jer se radi o promeni protokola na višim slojevima. U slučaju standarda IEEE 802.11af, ponovo se radi o slučaju kada se ukupni protok u kanalu u suštini skalira u odnosu na protoke signala u saglasnosti sa drugim standardima iz familije IEEE 802.11.

Prikaz ekrana i podešenih parametara (mada ne parametara emisije TVWS signala) dostupni su ECC izveštajima 159, 185, 186 i 236, za SEAMCAT. Ovi prikazi odnose se na proračune koji su obavljani u svrhu analize interferencije između TVWS uređaja i prijemnika DTT i PMSE signala.

15.3. PREDNOSTI PILOT PROGRAMA TESTIRANJA U CILJU PROVERE PRAVILA KOJA REGULATOR POSTAVLJA KAKO BI SE ZAŠTITILI DTT I PMSE KORISNICI OD ŠTETNE SMETNJE OD STRANE NOVIH SERVISA

Izgradnja pilot TVWS sistema koji bi poslužio za analizu kvaliteta proračuna omogućila bi RATEL-u da stekne određeno iskustvo vezano za rad TVWS sistema i pojedinačnih uređaja. Takođe, RATEL bi bio u mogućnosti da proveri tačnost, preciznost i brzinu svojih proračuna koji se obavljaju u okviru WSDB. Pilot projekat bi omogućio RATEL-u da razvije potrebne procedure za planiranje i kontrolu rada TVWS sistema. Da bi se proverili i uticaj sinhronizacije podataka u WSDB o DTT i PMSE uređajima, potrebno je da pilot -projekat traje više meseci.

Pored pozitivnih efekata pilot-projekta, mogu se uočiti i problemi pri njegovog realizaciji. Prvi problem odnosi se na odsustvo standarda. Oprema različitih proizvođača bazirana je na različitim standardima. Zbog toga, za potrebe pilot-projekta bi bilo potrebno imati na raspolaganju opremu najzastupljenijih proizvođača na tržištu a najmanje jednog koji proizvodi opremu baziranu na LTE standardu i jednog koji koristi IEEE 802.11af standard kao referentni. Takođe, oprema različitih proizvođača pokazuje različite karakteristike po pitanju curenja spektra u susedne kanale. Na osnovu praktičnih iskustava autora Studije, ACLR se može prikazati kao frekvencijski zavisna veličina kod određenih proizvođača opreme. Ovo znači da ta oprema (u konkretnom slučaju) ima bolje performanse na nižim nego na višim učestanostima unutar opsega od 470MHz do 790MHz. Ovakve specifičnosti mogu imati uticaj na proračun interferencije koja se stvara uređajima primarnih korisnika spektra i utiče na optimalno korišćenje spektra sa stanovišta zajedničke koegzistencije primarnih i sekundarnih korisnika.

TVWS tehnologija nema trenutno značajnu ulogu u modernim telekomunikacijama i može se reći da predstavlja jedan od segmenata kognitivnog radija. Još jedna, indirektna, korist za RATEL

jeste i upoznavanje sa kognitivnim radijom kao tehnološkim principom koji će u budućnosti biti sve zastupljeniji. Iskustvo rada opreme različitih tehnologija u okviru istih ili koegzistirajućih mreža omogućuje RATEL-u i da se upozna sa principima heterogenih mreža koje će u budućnosti imati značajno mesto u oblasti telekomunikacija. Međutim, prisutnost TVWS sistema na telekomunikacionom tržištu je trenutno izuzetno mala sa neizvesnom perspektivom. Zbog toga, RATEL ne bi trebao da izdvaja posebna sredstva za nabavku TVWS opreme za pilot-projekat. Sredstva za finansiranje pilot-projekta trebala bi da budu iz evropskih IPA fondova ili ustupljena od strane proizvođača opreme.

15.4. PREDLOG TESTIRANJA UTICAJA TVWS UREĐAJA NA DTT PRIJEM

Preporuka ETSI 301 598 definiše testne procedure za TVWS uređaje i potrebne tehničke specifikacije. Preporučuje se da regulatorna agencija prati prilikom bilo kakvog testiranja procedure ETSI kao i iskustva WISE projekta, finskog regulatora, i iskustva OFCOM-a, kako bi se dobili uporedivi rezultati merenja i kako bi se postojeća saznanja mogla korelisati.

15.4.1. PRETHODNO SPROVEDENE STUDIJE I MERENJA

Izveštaj CEPT-a pokazao je da autonomni rad TVWS uređaja nije moguć a da se istovremeno garantuje neometani rad primarnih korisnika spektra. Prema različitim scenarijima primene, pragovi detekcije DTT signala nalaze se u rasponu od -91dBm do -155dBm što predstavlja izuzetan izazov za trenutne TVWS uređaje. Prema postojećim studijama i analizama, čak i niži pragovi detekcije DTT signala ne garantuju zadovoljavajuću pouzdanost detekcije. Zbog toga je osnovni zaključak da primena TVWS uređaja u autonomnom režimu rada nije trenutno tehnološki opravdana i da je upotreba WSDB jedino tehnički opravdano rešenje. Zapravo, u situacijama kada je komunikacija između WSDB i TVWS uređaja dovoljna da pruži potreban nivo zaštite primarnih korisnika spektra, osluškivanje spektra (sensing) nije ni potrebno.

Računanje verovatnoće pokrivanja lokacije u procesu planiranja terestričke difuzne mreže za prijem digitalnog TV signala bazira se na nekoliko usvojenih pretpostavki, koje se često previde, a koje se pre svega tiču uslova prijema digitalnog TV signala. Uobičajna praksa je da se izvrši podela prema načinima prijema signala na fiksni prijem, portabilni prijem u spoljnjem okruženju i portabilni prijem unutar objekta. Svaki od ovih načina prijema opisan je određenim parametrima koji opisuju performanse prijemnika DTT signala, uključujući i karakteristike prijemne antene.

Međutim, gledaoci (i slušaoci) TV (i radio) programa nisu u obavezi da koriste svoje prijemnike kao što je to pretpostavljeno u proračunu zona pokrivanja predajnika, kao ni da instaliraju svoje antene kako je to predviđeno u proračunima verovatnoće pokrivanja lokacije DTT signalom. Iako je proračun izvršen uz pretpostavljeni fiksni prijem DTT signala, važno je prepoznati da:

- Pomeranjem od granica zone pokrivanja ka lokaciji predajnika DTT signala, prvo je moguće ostvariti prijem i u portabilnom modu rada u spoljnjem okruženju a daljim približavanjem i u portabilnom režimu rada unutar objekta. Zapravo, u praksi, korisnici često i koriste ovakve načine prijema DTT signala;

- Porast nivoa polja DTT signala u blizini predajnika omogućava da se ostvari uspešan prijem čak i u onim slučajevima kada je prijem lošiji usled nestručne instalacije antene pri fiksnom prijemu DTT signala ili usled lošeg položaja prijemne antene.

Kada bi se ovi načini korišćenja uzeli u obzir, znatno manja verovatnoća (pokrivanja) lokacije piksela bi se ostvarila u odnosu na standardne pretpostavke o korišćenju. Smetnja koju stvara TVWS uređaj ne bi imala, možda, veliki uticaj na gledaoca koji digitalni TV signal prima kao fiksni korisnik. Međutim, korisnici koji primaju TV signal na druge načine mogu imati znatno veće smetnje usled rada TVWS uređaja. Ipak treba napomenuti da regulatorna agencija ne može da štiti ove korisnike, odnosno druge načine prijema DTT signala, osim fiksnog ili uvodeći neke druge zaštitne nivoe koji nisu definisani međunarodnim standardima i sporazumima (npr. GE06). Bilo kakav drugi vid zaštite morao bi biti predmet lokalne regulative usklađene sa međunarodnom ili na osnovu bilateralnih sporazuma sa susednim zemljama ako su smetnje rezultat rada u pograničnim područjima.

Prijemnici digitalnog TV signala, kao i stariji prijemnici analognog TV signala, prevashodno su bili projektovani imajući u vidu smetnju koja potiče od istog tipa predajnika, odnosno od DTT signala. Zbog toga je dizajn prijemnika DTT signala delom rezultat i izbora vrednosti parametara prijemnika i predajnika sa ciljem da se ograniči interferencija od susednih predajnika i uopšte unutar sistema za difuziju. Najvažniji parametri koji su ograničavali interferenciju unutar sistema su:

- Curenje spektra u susedni kanal (ACLR) DTT signala strogo je kontrolisano preciznim filtriranjem RF signala velike snage na predaji, kojim se predupređivao uticaj na druge alatmente i sisteme;
- Selektivnost prijemnika prema susednim kanalima (ACS) je izvedena tako da prijemnici DTT signala imaju mogućnost prijema DTT signala čak i kada je DTT signal u susednom kanalu velike snage;
- Preopterećenje prijemnika DTT signala kontrolisano je planiranjem difuzne mreže. Najjednostavniji i najefikasniji način je korišćenje antene odgovarajućeg dizajna (tj. upotrebom vertikalne polarizacije i izborom dijagrama antene) i izborom lokacija predajnika DTT signala;
- Samo-ometanje unutar mreže za difuziju DTT signala kontrolisano je projektom mreža i detaljnim frekvencijskim planiranjem kod višefrekvencijskih DTT mreža (MFN) ili kontrolom snaga kod jednofrekvencijskih mreža.

Okruženje u kojem prijemnici digitalnog TV signala rade promenilo se značajno i sa digitalnom dividendom, i kada je omogućen i ostvaren rad LTE sistema u opsegu od 790-862MHz. Dalja promena se očekuje sa uvođenjem TVWS uređaja u rad u opsegu od 470-790MHz. Izveštaj [CEPT,159] a kasnije i izveštaj [CEPT,186] koristi vrednosti ključnih parametara DTT sistema usvojenih u Izveštaju [CEPT,148] koji definiše zaštitne odnose i pragove zasićenja u slučaju smetnji izazvanih LTE sistemima, za analizu uticaja TVWS sistema. Pored izveštaja [CEPT,148] od značaja može biti i izveštaj [CEPT,138] koji analizira uticaj smetnji koje stvaraju UMTS sistemi na DTT sisteme. Izveštaj [CEPT,148] analizira isključivo upotrebu LTE opreme.

15.4.2. REZULTATI NOVIH MERNIH AKTIVNOSTI

Britanska korporacija za difuziju (*British Broadcasting Corporation, BBC*), prilikom planiranja uvođenja TVS uređaja u rad u opseg od 470MHz do 790MHz izvršila je niz merenja uticaja TVWS uređaja na komercijalno dostupne DVB-T prijemnike koji su se u trenutku testiranja mogli naći na britanskom tržištu. Ovi rezultati dobijeni su pre više godina i kao takvi se mogu uzeti kao smernice, dok se sam postupak testiranja može uzeti kao model za testiranje DVB-T2 prijemnika koji su dostupni u Republici Srbiji.

Talasnici oblici TVWS signala snimljeni su tokom niza pilot TVWS projekata koji su organizovani na teritoriji Velike Britanije. Sami pilot-projekti poslužili su za testiranje performanse TVWS uređaja ali i za prikupljanje konkretnih talasnih oblika TVWS signala kako bi se sproveda kasnija analiza interferencije i odredili potrebni zaštitni nivoi za prijemnike DTT signala u slučaju različitih snaga emitovanja TVWS signala i različitih pomeraja učestanosti između DTT i TVWS signala.

Svrha ovih merenja bila je da se kreira predlog vrednosti zaštitnih faktora koji bi se koristili prilikom budućih planiranja TVWS sistema na teritoriji Velike Britanije i da se istraži kako se karakteristike interferirajućih signala menjaju i utiču na DTT sa promenom tehnologije i operativnih parametara.

DTT signal generisan je *Rohde & Schwarz SFE Broadcast* testerom. Za potrebe testiranja korišten je kanal širine 8MHz, 64-QAM sa kodnim količnikom 2/3. Propagacija po više putanja nije dodavana u DTT signal. Kao prijemnici su korišteni set-top uređaji i TV uređaji dostupni na tržištu u datom trenutku. Neki od prijemnika imali su klasične superheterodinske prijemne strukture sastavljene od diskretnih komponenti (većina set-top uređaja), dok su neki imali potpuno integrisan prijemni lanac projektovan i realizovan integrisanim kolima (TV uređaji). Klasični heterodinski prijemnici detektovani su posmatranjem *image* komponente (72MHz iznad učestanosti željenog signala) i performansama na pomenutoj učestanosti.

15.4.3. KRITERIJUM POGORŠANJA PRIJEMA DTT SIGNALA KADA SE POSMATRA SMETNJA

Kriterijum pogoršanja prijema signala određuje vrednost ili trenutak pri kojoj ili u kom se smatra da je ometajući signal pogoršao kvalitet prijema željenog signala do nivoa kada se smatra da je prijem nemoguć (nezadovoljavajućeg kvaliteta). Merenje uticaja se generalno vrši posmatranjem primljene (prikazane) slike i utvrđivanjem vrednosti kada nema prekida slike u toku perioda posmatranja (npr. u periodu od 10 sekundi). Za digitalnu TV, prag pri kome se smatra da je prijem nekvalitetan opisuje se prekidom u prenosu koji je praćen gubitkom zvuka što znači da je trenutak neprihvatljivog pogoršanja prijema moguće detektovati merenjem na audio izlazu prijemnika digitalnog TV signala. U slučaju testova koje su sprovedli BBC i OFCOM, BBC je koristio sistem za merenje zvuka (*Audio Measurement System, AMS*) za merenje ukupne harmonijske distorzije (*Total Harmonic Distortion, THD*) demodulisanog audio signala. Povećanje THD za 1dB u odnosu na vrednost THD u odsustvu smetnje usvojeno je kao vrednost koja predstavlja slučaj kada smetnja TVWS signala stvara kompletni gubitak zvučnog signala.

15.4.4. PARAMETRI TVWS UREĐAJA

Parametri ometajućih TVWS signala bili su generisani uz pomoć generatora signala proizvoljnih oblika *Agilent NX5182A*. Signali su generisani na osnovu prethodno snimljenih realnih signala, uz pomoć sistema koji je u stanju da snimi RF izlaz TVWS uređaja (direktno, bez prijema drugih signala). Za potrebe analize koja je rađena, razmatrane su 4 tehnologije od kojih je u današnjim uslovima samo jedna aktuelna) i po 6 talasnih oblika za svaku od tehnologija:

- TVWS1. Nestandardna tehnologija namenjena emitovanju u belom spektru, primenjena kod jednog od TVWS uređaja koji su korišteni u Kembridžu u toku pilot-projekta. TVWS uređaj koristio je tehnologiju baziranu na CDMA tehnologiji sa TDMA strukturom rama. Ova tehnologija po svom opisu slična je CDMA2000 i sa današnjeg stanovišta se može smatrati prevaziđenom izuzev u područjima gde je primenjen ovaj standard za potrebe fiksnog bežičnog pristupa. Sistemi bazirani na ovom standardu svojevremeno su instalirani na teritoriji Republike Srbije u opsegu 420MHz, za potrebe FWA u ruralnim sredinama, i u konkretnom slučaju predstavljaju (malo verovatne) ometače izvan opsega od 470MHz do 790MHz. Može se smatrati da je za regulatornu agenciju ovaj slučaj vrlo malo interesantan;
- TVWS2. Nestandardna tehnologija namenjena radu u belom spektru, takođe primenjena kod TVWS uređaja korištenog u toku pilot projekta u Kembridžu. TVWS uređaj koristio je tehnologiju baziranu na OFDM sa CSMA mehanizmom pristupa kanalu. Može se reći da je i ovaj pristup relativno neinteresantan regulatornoj agenciji iako sam talasni oblik u značajnoj meri podseća na Wi-Fi, pre svega IEEE 802.11af;
- Wi-Fi. Wi-Fi tehnologija (npr. 802.11g), primenjena je kod značajnog broja TVWS uređaja, kao skalirana verzija sa širinom kanala od 5MHz. Primer proizvođača ovakve opreme je *6Harmonics*;
- WiMAX. TVWS uređaji koji koriste WiMAX (802.16e) u opsegu širine 5 MHz nisu više prisutni na tržištu. U ovom slučaju, WiMAX-u je najpribližniji standard IEEE 802.22 koji je upravo koristio WiMAX kao osnovu. Proizvođač opreme koji je proizvodio opremu baziranu na ovom standardu je *Carlson Wireless*, međutim, novije verzije opreme ovog proizvođača baziraju se na standardu IEEE 802.11af.

Posmatrani su slučajevi emitovanja bazne stanice (*master* uređaja) i korisničkog terminala (*slave*) uređaja sa po 3 različita protoka. Šest talasnih oblika koji su korišteni za svaku od tehnologija izabrani su tako da predstavljaju različit protok u kanalu, i to u tri slučaja za *master* uređaj i isto toliko slučajeva za *slave* uređaj. Ovi su signali generisani tako što su *master* i *slave* uređaj povezani da formiraju dve krajnje tačke veze (*end-to-end*) link a zatim je korišten alat za generisanje saobraćaja na IP sloju. Snimljeni su signali u slučaju bazne stanice kada je ostvaren maksimalni protok (100% saobraćaja), polovičan 85% saobraćaja) i u stanju mirovanja (*idle*) kada je saobraćaj *master* uređaja bio isključivo kontrolni. U slučaju *slave* uređaja snimljeni su signali za slične protoke i to za maksimalni protok (100%), polovični protok (50%) i mali protok od 5% maksimalnog. Da bi se osiguralo da merenja i snimanja nisu kontaminirana neki drugim signalima izvan opsega od interesa, testni talasni oblici su „propušteni“ kroz filter propusnik opsega pre emitovanja kako bi zauzeli samo opseg od 8MHz (jedan TV kanal). Ovim je obezbeđeno da su merenja zaštitnih faktora određena selektivnošću DTT prijemnika a ne ACLR-om ili izborom

generatora signala.

TVWS tehnologije koje su korištene prilikom merenja koriste vremenski dupleks (TDD) gde su signali na *downlink*-u i *uplink*-u multipleksirani u vremenu. Signali se tada karakterišu trajanjem rama i ciklusima emitovanja (radnim režimom). Raspoloživi protok na *uplink*-u je uobičajeno podeljen između više korisničkih terminala (odnosno *slave* uređaja) i ne mora postojati u svakom ciklusu emitovanja TDD rama. Samo emitovanje je ponekad prilično „*burst*-u“ odnosno emituje se ne kontinuirano već po potrebi, više rafalno.

Postojeće stanje na tržištu upućuje regulatornu agenciju da testiranje izvrši prateći metode i postupke definisane i poštovane od strane BBC-a i OFCOM-a uz primenu novih tehnologija. To pre svega znači da je za regulatornu agenciju značajno da testira TVWS uređaje bazirane na IEEE 802.11af, IEEE 802.22, LTE i Wi-Fi standardima kao i uređaje nestandardizovanih tehnoloških rešenja kao što su post-WiMAX uređaji, npr. kakvim raspolaže *Redline*.

15.5. TESTNE PROCEDURE

Za potrebe analize definisana su dva osnovna testa. Prvi test imao je za cilj da utvrdi promenu zaštitnog faktora u funkciji učestanosti za različite snage željenih signala. Drugi test trebao je da posluži za precizno određivanje trenutka (pre)zasićenja DTT prijemnika u slučaju unapred definisanih pomeraja učestanosti na kojima emituju TVWS i DTT predajnici svoje signale.

15.5.1. ODNOS C/I U FUNKCIJI UČESTANOSTI

Za potrebe prvog testa, snaga željenog signala je utvrđena na određenoj vrednosti a snaga ometajućeg signala je povećavana sve dok DTT prijemnik ne izgubi prijem željenog signala. Posle toga se snaga ometajućeg signala TVWS uređaja se smanjuje dok DTT prijemnik ne uspe da uspešno demoduliše željeni signal. Zaštitni faktor se tada ubeleži i ceo postupak se ponavlja za pomeraje učestanosti željenog DTT i ometajućeg TVWS signala od -80MHz do +80MHz, i za izabrane vrednosti snage željenog signala.

15.5.2. KARAKTERISTIKA ZASIĆENJA (SNAGA KORISNOG SIGNALA U ODNOSU NA INTERFERIRAJUĆI)

Za drugi test, merenje zasićenja, nivo ometajućeg signala je fiksirana a snaga željenog signala se smanjuje sve dok DTT prijemnik ne izgubi prijem. Tada se snaga željenog signala povećava do nivoa kada DTT prijemnik može da demoduliše DTT signal bez greške. Ovaj pristup razlikuje se od pristupa iz izveštaja [CEPT,148] gde je snaga željenog signala fiksirana a snaga ometajućeg signala se menja. Vrednosti željenog i ometajućeg signala se tada ubeleže (njihove snage) i ceo postupak se ponavlja za različite pomeraje učestanosti željenog i ometajućeg signala (npr. 8, 16, 24, 72MHz razmaka između centralnih učestanosti signala), kao i za različite vrednosti snaga ometajućeg signala.

15.5.3. REZULTATI TESTOVA

Rezultati merenja mogu se posmatrati i analizirati na dva načina. Jedan način definisan je u [CEPT,148] dok drugi razmatra zaštitu u najgorem slučaju, za dati procenat prijemnika, sa promenom željenog signala. Bez obzira na korištenu metodu analize, rezultati analize treba da posluže da WSDB pošalje podatke TVWS uređaju o dozvoljenoj snazi za svaku tehnologiju koja se može koristiti. Oba pristupa daju metodu kojom se mogu prepoznati značajne promene performansi DTT prijemnika, što znači da je moguće obezbediti zaštitu traženog procenta prijemnika digitalnog TV signala, a to opet obezbeđuje maksimalnu zonu rada TVWS uređaja i maksimalno iskorišćenje spektra. Sa stanovišta regulatora, metoda prikazana u izveštaju [CEPT,148] se može smatrati poželjnijom, ne zbog veće preciznosti ili detaljnijih rezultata, već što se radi o metodi opisanoj u izveštaju standardizacionog tela, koja je primenjena u više slučajeva i ima veće pravno-tehničko utemeljenje.

Tabele Tab.15.6.1 do Tab.15.6.8 prikazuju zaštitne faktore i pragove zasićenja na osnovu prethodno opisanih merenja. Ove vrednosti prikazane su i u izveštaju [CEPT,148] a određene su na osnovu merenja BBC-a i OFCOM-a i na osnovu modela merenja opisanog u [CEPT,185,148].

Tab.15.6.1 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada master TVWS uređaja tipa 1 (TVWS1), u Gauss-ovom kanalu.

Pomer aj učesta nosti [MHz]	Zaštitni faktor [dB]						Prag zasićenja [dBm]					
	Master TVWS uređaj tipa 1 (TVWS1)											
	90 percentil		70 percentil		50 percentil		50 percentil		30 percentil		10 percentil	
	Neakti van	50 %	Neakti van	50 %	Neakti van	50 %	Neakti van	50 %	Neakti van	50 %	Neakti van	50 %
8	-13	-38	-38	-40	-41	-41	-5	-5	-7	-5	-22	-9
16	-34	-47	-47	-46	-49	-50	0	0	-5	-3	-10	-5
24	-32	-38	-38	-42	-46	-47	0	0	-4	-5	-17	-9
72	-35	-43	-43	-43	-48	-48	0	0	-3	-3	-13	-10

Tab.15.6.2 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada master TVWS uređaja tipa 2 (TVWS2), u Gauss-ovom kanalu.

Pomeraj učestanosti [MHz]	Zaštitni faktor [dB]						Prag zasićenja [dBm]					
	Master TVWS uređaj tipa 2 (TVWS2)											
	90 percentil		70 percentil		50 percentil		50 percentil		30 percentil		10 percentil	
	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%
8	-5	-16	-11	-32	-24	-39	-10	-5	-10	-5	-15	-10
16	-10	-26	-24	-42	-32	-48	-5	0	-5	-5	-15	-5
24	-9	-19	-29	-33	-32	-41	-5	0	-5	-5	-10	-6
72	-28	-29	-38	-40	-44	-46	-5	-3	-5	-5	-5	-18

Tab.15.6.3 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada master TVWS uređaja koji koristi Wi-Fi tehnologiju, u Gauss-ovom kanalu.

Pomeraj učestanosti [MHz]	Zaštitni faktor [dB]						Prag zasićenja [dBm]					
	Master TVWS uređaj koji koristi Wi-Fi tehnologiju											
	90 percentil		70 percentil		50 percentil		50 percentil		30 percentil		10 percentil	
	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%
8	-40	-39	-41	-40	-42	-42	0	-5	-5	-5	-5	-5
16	-45	-43	-48	-46	-50	-49	0	0	0	0	-5	-2
24	-34	-41	-41	-44	-45	-46	0	0	-4	-4	-8	-14
72	-38	-42	-46	-46	-50	-48	0	0	-2	-10	-4	-20

Tab.15.6.4 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada master TVWS uređaja koji koristi WiMAX tehnologiju, u Gauss-ovom kanalu.

Pomeraj učestanosti [MHz]	Zaštitni faktor [dB]						Prag zasićenja [dBm]					
	Master TVWS uređaj koji koristi WiMAX tehnologiju											
	90 percentil		70 percentil		50 percentil		50 percentil		30 percentil		10 percentil	
	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%	Neaktivan	50%
8	-25	-32	-33	-39	-42	-42	-5	-5	-5	-5	-5	-5

Pomera j učestan osti [MHz]	Zaštitni faktor [dB]						Prag zasićenja [dBm]					
	Master TVWS uređaj koji koristi WiMAX tehnologiju											
	90 percentil		70 percentil		50 percentil		50 percentil		30 percentil		10 percentil	
	Neakti van	50%	Neakti van	50%	Neakti van	50%	Neakti van	50%	Neaktiv an	50%	Neaktiv an	50%
16	-28	-37	-48	-48	-52	-51	0	0	-1	0	-7	-5
24	-31	-34	-42	-41	-52	-51	0	0	-2	0	-10	-2
72	-34	-29	-46	-47	-50	-51	0	0	-1	0	-4	-4

Tab.15.6.5 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada slave TVWS uređaja tipa 1 (TVWS1), u Gauss-ovom kanalu.

Pomera j učestanosti [MHz]	Zaštitni faktor [dB]						Prag zasićenja [dBm]					
	Slave TVWS uređaj tipa 1 (TVWS1), 5% i 50% maksimalnog protoka											
	90 percentil		70 percentil		50 percentil		50 percentil		30 percentil		10 percentil	
	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%
8	-9	-10	-22	-26	-37	-39	-5	-5	-6	-7	-14	-10
16	-9	-13	-19	-37	-45	-45	-5	0	-10	-5	-15	-10
24	-15	-16	-27	-31	-38	-36	0	-3	0	-5	-5	-15
72	-16	-35	-34	-42	-45	-48	-3	0	-5	-1	-15	-9

Tab.15.6.6 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada slave TVWS uređaja tipa 2 (TVWS2), u Gauss-ovom kanalu.

Pomera j učestanosti [MHz]	Zaštitni faktor [dB]						Prag zasićenja [dBm]					
	Slave TVWS uređaj tipa 2 (TVWS2), 5% i 50% maksimalnog protoka											
	90 percentil		70 percentil		50 percentil		50 percentil		30 percentil		10 percentil	
	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%
8	-4	-8	-8	-29	-15	-38	-5	-5	-10	-5	-14	-18
16	-10	-19	-19	-43	-30	-47	-5	0	-5	-5	-15	-5
24	-9	-10	-29	-33	-32	-39	-5	-5	-8	-5	-15	-11
72	-15	-18	-36	-40	-43	-44	-5	-5	-5	-6	-8	-14

Tab.15.6.7 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada slave TVWS uređaja baziranog na Wi-Fi tehnologiji, u Gauss-ovom kanalu.

Pomeraj učestanosti [MHz]	Zaštitni faktor [dB]						Prag zasićenja [dBm]					
	Slave TVWS uređaj baziran na Wi-Fi tehnologiji, 5% i 50% maksimalnog protoka											
	90 percentil		70 percentil		50 percentil		50 percentil		30 percentil		10 percentil	
	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%
8	-38	-38	-40	-40	-43	-41	-5	-3	-5	-5	-10	-5
16	-46	-45	-49	-49	-50	-49	0	0	-1	0	-9	-2
24	-37	-33	-44	-42	-47	-46	0	0	-1	0	-5	-3
72	-38	-37	-48	-46	-49	-47	0	-5	-1	-5	-4	-8

Tab.15.6.8 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada slave TVWS uređaja baziranog na WiMAX tehnologiji, u Gauss-ovom kanalu.

Pomeraj učestanosti [MHz]	Zaštitni faktor [dB]						Prag zasićenja [dBm]					
	90 percentil		70 percentil		50 percentil		50 percentil		30 percentil		10 percentil	
	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%	5 %	50%
8	-4	-5	-8	-21	-15	-27	-8	-5	-10	-6	-15	-14
16	-10	-8	-19	-17	-30	-28	-5	-5	-5	-10	-15	-10
24	-8	-9	-31	-28	-33	-36	0	-5	-5	-7	-15	-11
72	-11	-26	-30	-36	-43	-43	-5	0	-8	-5	-10	-7

Alternativni pristup je da se odredi zaštitni faktor na osnovu ponašanja (performansi) više DTT prijemnika u prisustvu ometajućeg signala različitih snaga. Ometajući signal je TVWS signal koji generiše TVWS uređaj koji pripada jednoj od 4 prethodno opisane grupe uređaja. Tada rezultati prikazani u tabelama počev od Tab.15.6.9 do Tab.15.6.12 predstavljaju potrebne zaštitne faktore da se obezbedi zaštita zadanog broja prijemnika digitalnog TV signala.

Zaštitni faktori (odnosi) koji štite određeni broj prijemnika digitalnog TV signala u [CEPT,185] izvedeni su na testu od 16 prijemnika DTT signala, posmatrajući 2 od 16, 8 od 16 i 14 od 16 DTT prijemnika koji nastavljaju da rade u slučaju postojanja ometajućeg signala TVWS uređaja.

Prilikom testiranja, prijemnici koji su isključeni iz razmatranja su oni koji su imali najlošiju srednju vrednost zaštitnog faktora uzimajući u obzir sve vrste talasnih oblika signala, ulaznih snaga i pomeraja učestanosti. Radi se o prijemnicima za koje se smatra da su ometeni od strane TVWS uređaja. Zaštitni faktor određen je za svaki nivo snage željenog signala i definisan je kao najveći odnos (faktor) zahtevan za zaštitu najizloženijeg prijemnika od najnepovoljnijeg talasnog oblika za taj isti prijemnik.

Tabele od Tab.15.6.9 do Tab.15.6.12 prikazuju vrednosti zaštitnih faktora zavisnih od snage željenog signala, C, i pomeraja učestanosti između željenog signala i ometajućeg TVWS signala za svaku od 4 pomenute tehnologije koje su analizirane prilikom testova. Vrednosti su primenljive kako u slučaju *master* tako i u slučaju *slave* TVWS uređaja.

Tab.15.6.9 – Zaštitni faktor u slučaju ometanja signalom TVWS uređaja tipa 1 (TVWS1).

C [dBm]	Pomeraj učestanosti i broj zaštićenih prijemnika											
	8 MHz			16 MHz			24 MHz			72 MHz		
	14	8	2	14	8	2	14	8	2	14	8	2
-70	-19	-37	-38	-26	-43	-47	-27	-42	-48	-35	-37	-46
-60	-11	-37	-38	-19	-43	-46	-18	-36	-48	-25	-37	-46
-50	-11	-35	-36	-12	-41	-44	-11	-34	-45	-18	-37	-46
-40	-7	-29	-31	-8	-37	-41	-9	-30	-36	-13	-37	-44
-30	-5	-23		-5	-29		-5	-29		-11	-34	

Tab.15.6.10 – Zaštitni faktor u slučaju ometanja signalom TVWS uređaja tipa 2 (TVWS2).

C [dBm]	Pomeraj učestanosti i broj zaštićenih prijemnika											
	8 MHz			16 MHz			24 MHz			72 MHz		
	14	8	2	14	8	2	14	8	2	14	8	2
-70	-19	-24	-39	-25	-33	-48	-24	-32	-48	-34	-36	-46
-60	-9	-22	-33	-18	-29	-38	-26	-31	-40	-25	-36	-46
-50	-4	-14	-27	-11	-25	-30	-9	-30	-31	-16	-35	-42
-40	-4	-14	-33	-5	-23	-23	-7	-29	-31	-14	-27	-42
-30	-4	-13		-5	-23		-7	-24		-11	-23	

Tab.15.6.11 – Zaštitni faktor u slučaju ometanja signalom TVWS uređaja baziranog na WiMAX tehnologiji.

C [dBm]	Pomeraj učestanosti i broj zaštićenih prijemnika											
	8 MHz			16 MHz			24 MHz			72 MHz		
	14	8	2	14	8	2	14	8	2	14	8	2
-70	-21	-23	-36	-29	-31	-45	-26	-32	-47	-25	-36	-45
-60	-11	-22	-35	-19	-29	-43	-22	-31	-45	-15	-36	-45
-50	-4	-13	-33	-15	-28	-41	-16	-27	-41	-13	-33	-44

C [dBm]	Pomeraj učestanosti i broj zaštićenih prijemnika											
	8 MHz			16 MHz			24 MHz			72 MHz		
	14	8	2	14	8	2	14	8	2	14	8	2
-40	-4	-13	-28	-8	-26	-36	-8	-25	-34	-8	-24	-44
-30	-4	-13	-26	-5	-21		-5	-20		-4	-17	

Tab.15.6.12 – Zaštitni faktor u slučaju ometanja signalom TVWS uređaja baziranog na Wi-Fi tehnologiji.

C [dBm]	Pomeraj učestanosti i broj zaštićenih prijemnika											
	8MHz			16MHz			24GHz			72MHz		
	14	8	2	14	8	2	14	8	2	14	8	2
-70	-19	-37	-46	-20	-47	-50	-20	-46	-51	-27	-37	-56
-60	-19	-37	-45	-20	-46	-49	-20	-46	-51	-17	-37	-56
-50	-12	-36	-42	-14	-43	-49	-20	-44	-51	-14	-37	-55
-40	-12	-33	-33	-12	-33		-13	-44		-12	-35	
-30	-12	-30		-11			-9	-44		-11	-32	
-20							-9			-10		

15.6. ANALIZA REZULTATA

Prema rezultatima prikazanim u izveštaju [CEPT,148], vidljiv je širok dijapazon performansi pojedinačnih prijemnika DTT signala u zavisnosti od prirode TVWS signala. Analize u izveštajima [CEPT,148,159] ukazuju da je ova raznorodnost posledica načina projektovanja i realizacije automatske kontrole pojačanja (*Automatic Gain Control, AGC*) u pojedinim prijemnicima DTT signala. Može se očekivati da se slična situacija ponovi i sa prijemnicima DVB-T2 signala koji se trenutno mogu pronaći na tržištu u Republici Srbiji.

Takođe, rezultati testova sprovedeni od strane BBC-a i OFCOM-a pokazuju da postoji značajan broj talasnih oblika TVWS signala koje izazivaju kod pojedinih prijemnika DTT signala vrlo loše performanse i vrlo lošu zaštitu kada se nalaze u stanju neaktivnosti (*idle* režim rada) ili kada primaju protok značajno manji od maksimalnog (mali protoci). Izmereni zaštitni faktori su značajno niži nego kada se posmatra uticaj istog talasnog oblika TVWS uređaja, dok prijemnik DTT signala prima signal maksimalnim mogućim protokom. Na osnovu sprovedene studije nije moguće jasno zaključiti zbog čega se ovo dešava ali se može pretpostaviti da periodični TVWS signal intereaguje sa AGC-om DTT prijemnika što dovodi do smanjenih zaštitnih faktora. Prijemnik DTT signala obično koristi niz AGC petlji da bi se kontrolisala snaga signala u demodulatoru tako da se degradacija performansi prijemnika dešava pri širokom opsegu snaga željenog i ometajućeg signala.

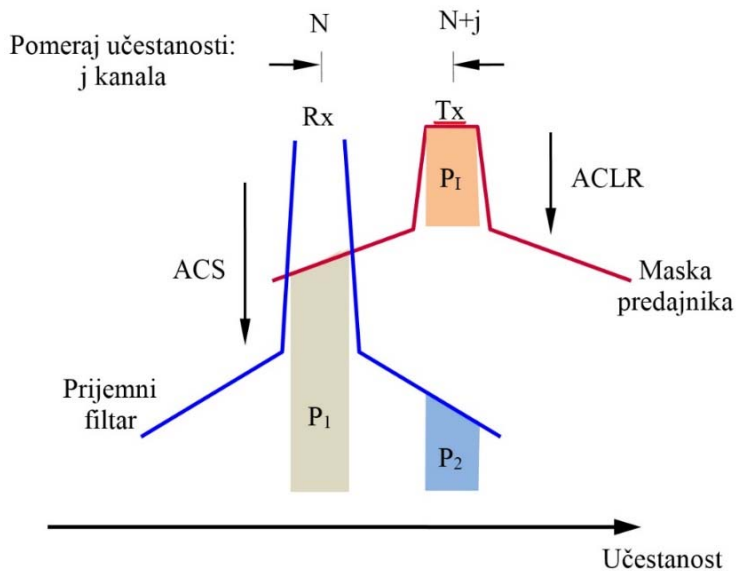
Degradacija performansi prijemnika DTT signala u režimu neaktivnosti (postoji samo kontrolni saobraćaj) i u režimu sa malim protokom, deli prijemnike u 3 kategorije:

- Prijemnici kod kojih neaktivan režim ili rad sa signalom malog protoka ne izazivaju degradaciju performansi u prisustvu TVWS signala;
- Prijemnici kod kojih postoji degradacija performansi za pomeraje učestanosti manje od 30MHz i za 72MHz;
- Prijemnici kod kojih dolazi do degradacije performansi pri svim pomerajima učestanosti.

Ne postoji jedan talasni oblik TVWS signala koji smanjuje kvalitet prijema u svim prijemnicima DTT signala. Prijemnici DTT signala nezavisno od drugih pokazuju da imaju neki od talasnih oblika TVWS signala koji ih ometa najviše prilikom prijema (svaki prijemnik ima svoj najnepovoljniji ometački signal). Degradacija performansi je funkcija snage ometajućeg TVWS signala. Nivo signala pri kom dolazi do degradacije je specifičan za svaki prijemnik DTT signala i talasni oblik TVWS signala.

15.6.1. ZAŠTITNI ODNOSI IZMEĐU TVWS I DTT OPREME

Zaštitni faktor je funkcija više karakteristika kako prijemnika DTT prijemnika tako i TVWS uređaja. Konačni zaštitni faktor će biti promenljiv u zavisnosti od kombinacije prijemnika DTT signala i primenjene TVWS tehnologije TVWS uređaja koji intereaguje sa DTT prijemnikom. Zaštitni faktor je funkcija ACLR-a (crvena linija, sa desne strane) TVWS uređaja i ACS-a prijemnika DTT signala (plava linija sa leve strane), Sl.15.7.1.



Sl.15.7.1 – Zaštitni faktor prijemnika DTT signala u odnosu na signal TVWS uređaja.

Na osnovu rezultata merenja BBC-a i prethodnih studija, jasno se mogu izdvojiti parametri od kojih zavisi zaštitni faktor prijemnika DTT signala:

- Curenje spektra TVWS signala u susjedni kanal (*Adjacent Channel Leakage Ratio*, ACLR). ACLR je mera ponašanja (performansi) TVWS uređaja prilikom emitovanja izvan opsega kanala odobrenih za emitovanje (odnos P_I/P_I na Sl.15.4.1). Posledica lošeg ACLR-a je da dodaje šum (smetnju) sa karakteristikama TVWS signala DTT signalu, što za posledicu ima snižavanje CINR digitalnog TV signala. ACLR ne zavisi direktno od kvaliteta prijemnika DTT signala;
- Selektivnost u odnosu na susjedni kanal prijemnika DTT signala (*Adjacent Channel Selectivity*, ACS). ACS je mera frekvenzijskog odziva prijemnika (P_I/P_2 sa Sl.15.4.1). Prijemnici DTT signala sa visokim ACS-om će imati veću sposobnost potiskivanja ometajućeg TVWS signala. U suprotnom, sa niskim ACS-om, prijemnik DTT signala bi primao i interferenciju (šum) sa karakteristikama TVWS signala što opet za posledicu ima smanjenje CINR-a. Nasuprot ACLR-u, ova karakteristika nije direktno zavisna od TVWS uređaja i signala već direktno od prijemnika DTT signala;
- Blokiranje i (pre)zasićenje prijemnika DTT signala. Ova pojava se dešava kada je TVWS signal takve snage na ulazu u prijemnik DTT signala da potpuno ometa rad analognih kola tako da je DVB-T2 signal eliminisan (nemoguće ga je primiti) tokom emitovanja TVWS uređaja. Karakteristično za ovo stanje jeste da je zasićenje prijemnika DTT signala praktično nezavisno od nivoa željenog signala;
- Vremensko-frekvencijska karakteristika TVWS uređaja. Različiti TVWS uređaji koriste različite tehnologije, za različitim strukturama ramova, paketa i njihovim dužinama. Međutim, može se reći da praktično svi uređaji rade koristeći vremenski dupleks (TDD). Primena TDD-a kod TVWS uređaja i realizacija AGC-a kod DTT prijemnika mogu imati vrlo veliki uticaj na vrednost zaštitnog faktora prijemnika DTT signala;
- Pomeraj učestanosti između centralnih učestanosti kanala prijemnika DTT signala i TVWS uređaja. Povećanje pomeraja ima za direktnu posledicu povećanje zaštitnih faktora jer se odnos između ACS-a i ACLR-a TVWS uređaja povećava;
- Veza između ACLR, ACS, zaštite od istokanalne interferencije i zaštite od signala u susjednom kanalu su:

$$PR_{\text{susednokanalna},j} = PR_{\text{istokanalna}} + 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{ACLR_j}{10}} + 10^{\frac{ACS_j}{10}} \right) \quad (15.4.1)$$

gde je $PR_{\text{istokanalna}}$ faktor zaštite od istokanalne interferencije (npr. 18dB kada se koristi 64-QAM 2/3 za DTT signal), $ACLR_j$ je ACLR TVWS uređaja izmeren u j -tom susjednom kanalu a ACS_j je ACS prijemnika DTT signala u j -tom susjednom kanalu izračunat na osnovu merenja zaštitnog faktora kao

$$ACS_j = -10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{PR_{\text{istokanalna}} - PR_j}{10}} - 10^{\frac{ACLR_{\text{gen},j}}{10}} \right) \quad (15.4.2)$$

gde je PR_j izmereni zaštitni faktor za j -ti susjedni kanal i $ACLR_{\text{gen},j}$ je ACLR izvora smetnje korišten

da se izmeri PR_j .

Osnovni zaključci merenja sprovedenih od strane BBC-a i OFCOM-a su:

- Zaštitni faktor može biti nepovoljniji u slučaju DTT signala veće snage nego u slučaju manje jer odnos između snaga željenog DTT i ometajućeg TVWS signala nije uvek linearan;
- Zasićenje DTT prijemnika je dominantni razlog za neuspešan prijem DTT signala, dok je povećanje nivoa ukupnog šuma i smetnje mnogo manje razlog za neuspeli prijem;
- Promenljiv odnos na *downlink*-u i *uplink*-u (u TDD konfiguraciji rada TVWS uređaja) značajno je uticao na izmerene nivoe zaštitnog faktora;
- Različite vrste prijemnika DTT signala različito reaguju na smetnju različitih talasnih oblika TVWS signala u TDD režimu rada. U opštem slučaju se može smatrati da standardni DTT prijemnici sa heterodinskom strukturom prijemnika imaju bolje osobine koegzistencije i trpe veće snage TVWS smetnji pre nego što nastupi prekid prijema DTT signala.

15.6.2. POUKE SPROVEDENIH TESTOVA

Iako u izveštaju ECC 148, [CEPT,148], nije analiziran veliki broj prijemnika digitalnog TV signala primetno je da mogu postojati problemi kod prijemnika DTT signala kada su neaktivnom režimu ili kada primaju signal sa malim protokom. Na regulatornoj agenciji je da odredi nivo zaštite takvih uređaja (zaštitni faktor), bilo kreirajući domaću regulativu u skladu sa prijemnicima DTT signala raspoloživim na domaćem tržištu, ili praćenjem evropske regulative usaglašene kroz CEPT. Očito je da konzervativan pristup zaštiti prijemnika DTT signala može ograničiti sekundarnu upotrebu spektra u značajnoj meri ali to je potencijalno jedno od rešenja u slučaju da regulatorna agencija ne može da utvrdi bolje metode zaštite primarnih korisnika.

Izveštaj ECC 185, [CEPT,185], definiše nekoliko aktivnosti koje mogu poslužiti u svrhu zaštite prijemnika DTT signala kao što su:

- Predvideti zaštitu za najgoru moguću TVWS smetnju najosetljivijem prijemniku DTT signala. U ovom slučaju zaštitni faktor je vrlo visok i celokupna upotreba spektra na bazi sekundarnih korisnika od strane TVWS uređaja je vrlo ograničena. Regulatorna agencija može da usvoji 90-ti ili 70-ti percentil kao granicu zaštite i da vrednosti zaštitnih faktora za ove procenete proglasi za merodavne kako bi se omogućila značajnija upotreba spektra na sekundarnoj bazi;
- Uključiti podatke o podložnosti različitih modela prijemnika DTT signala različitim nivoima smetnje i različitim talasnim oblicima smetnje u WSDB. Na osnovu merenja sprovedenih od strane BBC-ja može se zaključiti da ako bi se znalo koji su prijemnici DTT signala u kojoj oblasti su najčešći, ako se zna na koje talasne oblike i intenzitete TVWS smetnje su podložni, tada regulatorna agencija ima veću slobodu u kreiranju uslova za davanje spektra u određenim regijama na upotrebu sekundarnim korisnicima. U okviru WSDB bi se ovaj podatak mogao voditi kao osetljivost DTT prijemnika na TVWS

tehnologiju;

- Zabraniti rad određenim vrstama i modelima TVWS uređaja. Iako je najverovatnije da će svi ili vrlo velika većina regulatora usvojiti neutralan stav po pitanju tehnologije TVWS uređaja koji se koriste, kako je TDD režim TVWS uređaja ozbiljna pretnja radu DTT prijemnika, regulatorna agencija može u kratkoročnom periodu da se odluči da se određenim uređajima zabrani rad. Njihov rad može ponovo biti omogućen kada regulatorna agencija, zajedno sa TV stanicama, ETV-om i zainteresovanim pružaocima usluga putem TVWS uređaja obavi konsultacije, sprovede testiranje i kreira dodatna pravila ponašanja. Dodatna pravila bi se zapravo videla kao dodatni zaštitni faktori u WSDB, u slučaju da za tim postoji potreba. Očito je da koliko će regulatorna agencija biti restriktivna po pitanju zaštitnih faktora zavisi i od TVWS opreme koja se koristi i njenih karakteristika.

15.7. PREDLOG TESTIRANJA KOEGZISTENCIJE TVWS UREĐAJA SA PMSE UREĐAJIMA

WISE projekat finskog regulatora opisuje testne procedure za TVWS uređaje kao i niz OFCOM-ovih izveštaja. Regulatorna agencija u Velikoj Britaniji poseduje i najbrojnija i najiscrpnija iskustva u implementaciji TVWS uređaja i sistema. Preporučuje se da regulatorna agencija prati prilikom bilo kakvog testiranja procedure ETSI kao i iskustva WISE projekta, i iskustva OFCOM-a, kako bi se dobili uporedivi rezultati merenja i kako bi se postojeća saznanja mogla korelisati.

15.8. PRIMER PREDLOGA ANALIZE DOSTUPNOSTI UHF TV SPEKTRA ZA TVWS TEHNOLOGIJU NA OSNOVU KOJE SE PROCENJUJE DA LI JE DOSTUPNOST DOVOLJNA DA PODRŽI MOGUĆE USE CASES NA VEĆEM DELU TERITORIJE REPUBLIKE SRBIJE

Prilikom analize dostupnog spektra potrebno je prvo definisati scenarije primene (*use case-ove*) od interesa. Posle definisanja scenarija primene, potrebno je utvrditi regione i lokacije od interesa za implementaciju TVWS sistema, gde bi pomenuti sistemi mogli zadovoljiti potrebe krajnjih korisnika. Moguće je da je u pitanju celokupna teritorija Republike Srbije ali i pojedini regioni. Sledeći korak pretpostavlja analizu postojećih dozvola primarnih korisnika sa ciljem utvrđivanja slobodnih TV kanala. U okviru istog koraka potrebno je utvrditi i tehničke parametre uređaja primarnih korisnika.

Treći korak podrazumeva kreiranje simulacionog modela u okviru alata za radio-planiranje kojim regulatorna agencija raspolaže. Postojeći alat ATDI ICS *Telecom*, koji se koristi u regulatornoj agenciji, poseduje specifične komande i scenarije za analizu koegzistencije TVWS uređaja i DTT sistema. Pod modulom *Spectrum* moguće je sprovesti TVWS (WSD) analizu kojom se dobijaju zaštitne zone, dostupne zone za rad TVWS uređaja na osnovu C/I odnosa, zone interferencije TVWS uređaja primarnim korisnicima itd. Imajući u vidu da se među uređajima mogu izabrati svih 5 kategorija TVWS uređaja, analiza se može sprovesti za svaki od njih.

U posljednjem koraku moguće je rezultate analize izvesti u formi *Google* mape za potrebe vizualizacije na portalu regulatorne agencije kao i izvesti rezultate pokrivanja (tabelarno) za potrebe izrade pravila u okviru WSDB.

16. PROCENA OBIMA ADMINISTRATIVNIH KAPACITETA I FINANSIJSKIH SREDSTAVA POTREBNIH ZA TESTIRANJE, REALIZACIJU I ODRŽAVANJE SISTEMA

Uvođenje novih tehnologija ne predstavlja značajno opterećenje nacionalnom regulatoru, kome je u opisu delatnosti i praćenje razvoja modernih telekomunikacija kao i regulisanje upotrebe radio-spektra. Međutim, pre regulisanja implementacije TVWS sistema u Republici Srbiji, potrebno je da regulatorna agencija izvrši potrebnu pripremu koja bi obuhvatila:

- Izradu odgovarajućih pravilnika za rad TVWS sistema kojim bi se definisao rad TVWS uređaja i sistema na nacionalnom nivou;
- Pripremu WSDB ili javne ponude za partnerstvo za realizaciju WSDB;
- Proceduru za kontrolu rada sekundarnih korisnika spektra.

Izrada potrebnih pravilnika za regulisanje rada TVWS uređaja i sistema u značajnoj meri je olakšana postojećom regulacijom na evropskom nivou. Postojeće preporuke i izveštaji ETSI i CEPT-a omogućavaju da se u značajnoj meri pomenuti pravilnici kompletiraju. Određeni elementi pravilnika mogu biti finalizovani na osnovu lokalnih iskustava koje bi se stekle simulacijom situacije u Republici Srbiji u TV opsezima (raspored TV predajnika, zone zaštite, potencijalne smetnje u zavisnosti od tipa TVWS uređaja i sl.) kao i pilot-projektom koji bi se mogao realizovati na teritoriji Republike Srbije.

Imajući u vidu predloženo, potrebno je da se u okviru regulatorne agencije oformi tim iz više odeljenja a koji bi radio na izradi pravilnika. Ovde je dovoljno odrediti osobu koja bi rukovala prilagođenjem CEPT i ETSI preporuka za potrebe lokalnog pravilnika kao i jednu osobu koja bi rezultate i iskustva pilot-projekta implementirala u izabrane delove pravilnika.

Kao što je to već pomenuto u Poglavlju 13, priprema WSDB predstavlja zadatak koji zahteva postojanje vrlo ažurne baze podataka o primarnim korisnicima spektra. Imajući u vidu da republička agencija raspolaže elektronskim sistemom dozvola, digitalnim bazama dozvola koje obuhvataju tehničke parametre uređaja za koje su izdate dozvole i odgovarajućim alatom za upravljanje spektrom i radio-planiranjem, to je moguće da agencija izvrši projektovanje WSDB. U slučaju da ne postoji zainteresovanost kompanija sa iskustvom u realizaciji i upravljanju WSDB da učestvuju sa regulatornom agencijom na zajedničkoj realizaciji i upravljanju WSDB (pod komercijalnim uslovima), preporučuje se da regulatorna agencija dopuni postojeći softverski alat (ATDI ICS *Telecom*) modulom za realizaciju WSDB. Na ovaj način bi regulatorna agencija minimizirala napor da realizuje WSDB, izbegli bi se potencijalni problemi oko nekompatibilnosti različitih alata korištenih za regulisanje TVWS uređaja i sistemima i izbeglo bi se značajnije angažovanje stručnjaka regulatorne agencije. U slučaju kreiranja integrisanog rešenja istog proizvođača bi se minimizirali i troškovi održavanja softverskog rešenja.

Bez obzira na izabrani način realizacije WSDB, RATEL će svakako imati trošak ažuriranja i provere postojećih sistema primarnih korisnika, kao i dopune skupa podataka potrebnih za

proračun u okviru WSDB. Konkretno, RATEL mora imati informaciju za svaki predajnik DTT signala informaciju o dijagramu zračenja antenskog sistema, slabljenja kablova na svakoj od lokacija, a poželjno je imati podatke i o realnoj zoni pokrivanja DTT signalom sa svake od lokacija predajnika DTT signala. Takođe, potrebno je proveriti tačnost podataka prikazanih u važećim dozvolama za emitovanje DTT signala. Ovo podrazumeva prikupljanje podataka iz projekata izvedenog stanja za predajnike DTT signala kao i odlazak na lokaciju u cilju utvrđivanja trenutnog stanja ili u svrhu prikupljanja podataka koje nije moguće prikupiti uvidom u projekte izvedenog stanja. Obilazak svake lokacije DTT predajnika sakupljanje informacija o kablovima na lokacijama, dijagramima antenskih sistema na lokacijama i drugim relevantnih podataka, kao i ažuriranje podataka u postojećih 399 dozvola za emitovanje, može se proceniti na najmanje 15,000 dinara po lokaciji. Generalno, ovaj trošak bi regulatorna agencija trebala da delimično nadoknadi od zainteresovanih alternativnih operatora prilikom registracije TVWS sistema kao i od primarnih korisnika spektra. Obaveza primarnih korisnika spektra je da prijave tačno stanje na lokacijama kao i eventualne izmene.

Druga grupa troškova odnosi se na ažuriranje podataka o PMSE uređajima. Trenutno, ne postoji precizna baza PMSE uređaja. Stoga, RATEL treba da izvrši javni poziv korisnicima i vlasnicima PMSE opreme da se registruju. Registracija PMSE opreme je u pojedinim zemljama besplatna dok se u pojedinim zemljama naplaćuje. Kreiranje baze PMSE uređaja je svakako trošak RATEL-a, a da bi se omogućila popuna baze PMSE uređaja potrebno je izvršiti i izmene postojećeg portala RATEL-a ili kreiranje novog kako bi se korisnicima PMSE opreme omogućilo da registruju svoje uređaje i označe oblast u kojoj ih koriste. Troškovi kreiranja baze PMSE opreme, izmene postojećeg ili kreiranje novog portala mogu se proceniti na 1,800,000 dinara. Na ovaj trošak je potrebno dodati trošak održavanja portala u iznosu od 20% osnovne cene.

Dodatni trošak koji nije direktno vidljiv podrazumeva i dodatno angažovanje zaposlenih u RATEL-u na kontroli ispravnosti podataka u bazi PMSE uređaja kao eventualno u bazi predajnika DTT signala što podrazumeva angažman najmanje 2 inženjera sa punim radnim vremenom.

Pored ovog troška, u slučaju da se RATEL odluči za sopstveni razvoj WSDB ili za kupovinu, za očekivati je da RATEL ima trošak izgradnje WSDB. U slučaju samostalnog razvoja, troškovi se odnose na angažovanje arhitekta sistema i baze podataka, developera koji će se baviti kreiranjem odgovarajućeg koda, eksperta za vizualizaciju, za kreiranje intefejsa, telekomunikacionih (radio) inženjera koji će se baviti kreiranjem proračuna u WSDB, telekomunikacionih (mrežnih) inženjera koji će se baviti povezivanjem baze sa Internetom i TVWS uređajima kao i bezbednošću iste. Potrebni resursi za realizaciju WSDB analizirani su detaljno u Poglavlju 13 dok su ovde navedeni samo ključni članovi tima za projektovanje i kreiranje WSDB. Za samostalno kreiranje baze od strane RATEL-a potrebni je:

- Jedan sistem-arhitekta, za kreiranje strukture WSDB, definisanje tabela i definisanje strukture sistema, u periodu do 3 meseca angažovanja;
- Tri developera (programera) koji će se baviti razvojem koda i odgovarajućih API-ja za povezivanje sa postojećim sistemima za radio-planiranje, upravljanje spektrom, portalom RATEL-a i drugim poslovima, u periodu od 6 meseci;
- Jedan programer zadužen za izradu potrebnih interfejsa i vizualizaciju, u periodu od 2

meseća;

- Jedan grafički dizajner za potrebe dizajna interfejsa i vizualizaciju u periodu od 2 meseca;
- Tri telekomunikaciona inženjera zadužena za definisanje pravila proračuna, kreiranje pravila i odgovarajućih jednačina za proračun u okviru WSDB. Ovi inženjeri će ujedno saradivati sa sistem-arhitektom oko strukture tabela i baze. Takođe, njihov zadatak je i procena kvaliteta integracije sa postojećim alatima za radio-planiranje i upravljanje spektrom koji se koriste u RATEL-u. Angažman ovih inženjera traje tokom celog projekta, do 12 meseci, kao i kasnije, u toku perioda održavanja i upravljanja WSDB-om;
- Dva telekomunikaciona inženjera zadužena za bezbednost mreže i mrežnu konektivnost čiji angažman u toku projekta se procenjuje na 3 meseca. Ovi inženjeri bili bi angažovani u smanjenom obimu i u periodu upravljanja WSDB-om;
- U slučaju da ne postoje raspoloživi resursi u RATEL-u, potrebno je nabaviti i jedan server, svič i *firewall*.

Imajući u vidu navedeno, troškovi samostalnog kreiranja WSDB-a mogu da dosegnu i sumu od 25,000,000 dinara ako se angažuju resursi izvan regulatorne agencije, Tab.16.1.1, uz troškove održavanja koji mogu iznositi do 18,000,000 dinara, Tab.16.1.2. Prikazane sume se mogu smatrati najnepovoljnijim za RATEL.

Tabela 16.1.1 – Procenjeni troškovi samostalnog razvoja WSDB u periodu od 12 meseci.

Oblast	Broj	Stručna sprema	Opis posla	Period angažovanja	Procenjeni bruto trošak angažovanja [RSD]
Inženjer za mrežnu bezbednost	1	VSS - Diplomirani inženjer / <i>master</i> telekomunikacija	Mrežna bezbednost	3 meseca u toku razvoja WSDB; smanjen angažman u period održavanja	900,000
Inženjer za mrežnu konfiguraciju	1	VSS - Diplomirani inženjer / <i>master</i> telekomunikacija	Konfiguracija mreže, mrežna konektivnost	3 meseca u toku razvoja WSDB; smanjen angažman u period održavanja	900,000
Radio-planer	3	VSS - Diplomirani inženjer / <i>master</i> telekomunikacija	Izrada proračuna radio-pokrivanja TVWS; saradnja sa arhitektom sistema oko struktura tabela; kreiranje pravila u WSDB; logička verifikacija podataka o primarnim korisnicima	12 meseci u toku razvoja WSDB, smanjen angažman u period održavanja	10,800,000
Arhitekta sistema	1	VSS - Diplomirani inženjer / <i>master</i> računarske tehnike	Dizajn WSDB	3 meseca u toku razvoja WSDB	1,080,000

Studija izvodljivosti uvođenja White Space uređaja u UHF opsegu (između 470-790MHz)

Oblast	Broj	Stručna sprema	Opis posla	Period angažovanja	Procenjeni bruto trošak angažovanja [RSD]
Programer	1	VSS - Diplomirani inženjer računarske tehnike	Dizajn interfejsa i vizuelnih elemenata	2 meseca	600,000
Programer	3	VSS - Diplomirani inženjer računarske tehnike	Razvojem koda i odgovarajućih API-ja za povezivanje sa postojećim sistemima za radio-planiranje, upravljanje spektrom, portalom RATEL-a i drugi poslovi	6 meseci	10,800,000
Grafički dizajner	1	VSS ili SSS - Grafički dizajn	dizajn interfejsa i vizualizacija	2 meseca	288,000
Ukupno					25,368,000

Tabela 16.1.2 – Troškovi održavanja WSDB.

Oblast	Broj	Stručna sprema	Opis posla	Period angažovanja	Procenjeni bruto trošak angažovanja [RSD]
Programer	1	VSS diplomirani inženjer računarske tehnike	Održavanje WSDB	12 meseci	3,600,000
Programer	1	VSS diplomirani inženjer računarske tehnike	Održavanje interfejsa ka drugim platformama	12 meseci	3,600,000

Studija izvodljivosti uvođenja White Space uređaja u UHF opsegu (između 470-790MHz)

Oblast	Broj	Stručna sprema	Opis posla	Period angažovanja	Procenjeni bruto trošak angažovanja [RSD]
Radio-planer	2	VSS Diplomirani inženjer / <i>master</i> telekomunikacija	Korekcija proračuna, modela i ostalih telekomunikacionih elemenata u WSDB u WSDB	12 meseci	7,200,000
Inženjer za mrežnu bezbednost i održavanje mreže	1	VSS Diplomirani inženjer / <i>master</i> telekomunikacija	Mrežna sigurnost i konektivnost	12 meseci	3,600,000
Ukupno					18,000,000

U slučaju da se RATEL odluči na kupovinu gotovog rešenja WSDB koju je potrebno prilagoditi konkretnim zahtevima RATEL-a, trošak bi bio vrlo sličan prethodno pomenutom.

Potrebno je:

- Izvršiti nabavku WSDB od komercijalnog proizvođača softvera;
- Definisati uslove integracije sa postojećim alatima za radio-planiranje i upravljanje spektrom u RATEL-u;
- Nadgledati projekat i verifikovati kvalitet WSDB na kraju projekta;
- Angažovati telekomunikacione (mrežne) inženjere na realizaciji mreže i zaštiti WSDB od napada sa Interneta.

Troškovi ovakve realizacije baze su inicijalno nešto niži ali uključuju i godišnje održavanje koje može da košta više nego u slučaju samostalnog razvoja. Procenjeni trošak realizacije WSDB na ovaj način u prvoj godini rada procenjuje se na do 7,000,000 dinara uz do 20% troškova održavanja baze u kasnijem periodu. Treba napomenuti da bez obzira na način nabavke WSDB, neophodno je angažovanje telekomunikacionih inženjera na održavanju sadržaja WSDB, njenom pravilnom funkcionisanju i zaštiti. Samim tim, troškovi održavanja WSDB se ne mogu smanjiti u odnosu na samostalni razvoj jer je za održavanje potreban isti broj stručnjaka zaposlenih u RATEL-u a prisutni su i troškovi godišnje tehničke podrške i održavanja proizvođača WSDB.

Potencijalni pilot-projekat omogućio bi regulatornoj agenciji da sagleda i potrebe za eventualnom novom mernom opremom za potrebe kontrole rada TVWS uređaja i sistemima. Međutim, imajući u vidu postojeću opremljenost regulatorne agencije, pretpostavlja se da neće postojati potreba ili svakako ne značajna potreba za nabavkom nove merne opreme.

Preporučuje se regulatornoj agenciji da realizuje pilot-projekat u trajanju do 12 meseci u okviru kog bi se analiziralo iskustvo korisnika (a time i zainteresovanost tržišta) kao i praktični potencijali TVWS sistema u Republici Srbiji. Obim angažovanja procenjuje se na 1 inženjera sa punim radnim vremenom u periodu od 12 meseci. Nabavka opreme može značajno varirati u zavisnosti od konkretne opreme koja se nabavlja i broja *master* i *slave* TVWS uređaja koji bi se nabavljali. Procenjuje se da su troškovi uređenja jedne lokacije za potrebe *master* uređaja, privremeni uvoz i špedicija ukupno do 300,000 RSD. Trošak same opreme varira od proizvođača do proizvođača i u slučaju kupovine mogu se proceniti na do 2,000,000 RSD za jedan *master* uređaj i 5-10 korisničkih terminala, Tab.16.1.3.

Tabela 16.1.3 – Troškovi realizacije pilot projekta TVWS sistema u periodu od 12 meseci i uz eventualno produženje rada pilot sistema.

Aktivnost	Nabavna cena [RSD]	Napomena
Oprema za pilot projekat	2,000,000	Pilot projekat u trajanju od 12 meseci, 1 <i>master</i> uređaj i 5-10 korisničkih terminala

Aktivnost	Nabavna cena [RSD]	Napomena
Održavanje na godišnjem nivou	500,000	Na godišnjem nivou, počev od isteka perioda od 12 meseci od početka pilot projekta. Ne uključuje angažman inženjera posebno namenjenog praćenju pilot projekta.
Tehnička podrška u prvoj godini rada	2,000,000	Uključuje tehničku podršku u prvoj godini rada i održavanje sistema.
Špedicija TVWS opreme	300,000	Špedicija opreme za pilot projekat
Ukupno za prvih 12 meseci rada	4,300,000	-
Ukupno u petogodišnjem periodu	6,300,000	-

Imajući u vidu opisano, kreiranje i upravljanje WSDB-om može stvoriti troškove RATEL-u u iznosi do 20,000,000 dinara u prvoj godini rada sa procenjenih 20% nabavne cene za potrebe godišnjeg održavanja i troškom zapošljavanja novih telekomunikacionih inženjera (pet inženjera u slučaju da se deo poslova ne može delom rasporediti na postojeće zaposlene). U slučaju da se planira i pilot-projekat i nabavka TVWS opreme, troškovi projekta bi iznosili oko 4,000,000 dinara sa angažovanjem jednog inženjera na period od 12 meseci. Na osnovu prethodnog, troškovi RATEL-a na pripremi uvođenja TVWS tehnologije u Republici Srbiji mogli bi preći 25,000,000 dinara bez troškova vezanih za potencijalna laboratorijska merenja kako bi se utvrdio uticaj konkretne TVWS opreme koja bi se instalirala u Republici Srbiji na prijemnike DTT signala (*set-top box*-ove i televizore) i PMSE uređaje koji se koriste u Republici Srbiji. Pored toga, nisu uključeni ni troškovi vezani za aktivnosti vezanih za popularizaciju TVWS tehnologija i konsultacije sa vlasnicima i korisnicima PMSE opreme na koje bi značajno uticalo uvođenje TVWS opreme u rad u opsegu od 470MHz do 790MHz. Troškovi popularizacije TVWS tehnologije mogu iznositi od minimalnih ako se organizuje tribina u okviru RATEL-ovih prostorija ili objavljivanje članaka o TVWS na sajtu RATEL-a do značajnih u slučaju da se RATEL odluči za marketinšku kampanju koja bi uključivala emitovanja poruka u okviru TV ili radijskog programa. Procena je da treba započeti popularizaciju uz minimalne troškove, objašnjenjem šta je TVWS na sajtu regulatorne agencije i eventualnim gostovanjima predstavnika RATEL-a u TV emisijama u koje bi bili pozvani da gostuju. Procenjeni troškovi popularizacije TVWS tehnologije i uopšte korićenja spektra na sekundarnoj bazi (kognitivnog radija) procenjeni su na 3 miliona dinara u prvoj godini a ukupno na do 9 miliona dinara u petogodišnjem periodu.

Troškove merenja je vrlo teško proceniti u ovom trenutku. Imajući u vidu da RATEL nema potrebu da u svom vlasništvu ima PMSE opremu, kao i prijemnike DTT signala, merenja bi se vršila kao i u slučaju drugi regulatora, tako što bi se pozvali zainteresovani proizvođači ili vlasnici opreme da svoju opremu doniraju ili privremeno ustupe za potrebe testiranja. Minimalni skup testiranja obuhvatio bi prijemnike DTT signala za koje postoji odobrenje za uvoz i upotrebu i koji

su bili u prodaji u toku procesa digitalizacije. Pretpostavlja se da bi RATEL samostalno izvršio ova merenja, uz korišćenje sopstvene opreme. Procenjeni trošak merenja po pojedinačnom prijemniku DTT signala je 150,000 dinara pri čemu treba očekivati smanjenje troškova u slučaju kada se vrši merenje za više uređaja u okviru iste aktivnosti. Imajući u vidu da se na tržištu može naći do 20 prijemnika DTT signala (*receiver-a*), procenjeni su troškovi u prvoj godini, za potrebe merenja, do 3 miliona dinara. Može se pretpostaviti da će se u sledećih 4-5 godina na tržištu pojavljivati 4-5 modela prijmenika DTT signala (bilo da se radi o samostalnim prijemnicima bilo da je reč o TV uređajima), zbog čega je predviđeno dodatnih 3,000,000 dinara za sledeći period od 4 godine.

Konačno, u slučaju implementacije TVWS tehnologije u opsegu od 470MHz do 790MHz na teritoriji Republike Srbije, potrebno je pripremiti i odgovarajući regulatorni okvir na osnovu kog bi bilo moguće sprovesti implementaciju. Ovaj regulatorni okvir podrazumeva izradu određenih pravilnika kojima bi bila regulisana proceduralna i tehnička pitanja vezana za izgradnju i implementaciju TVWS sistema i mreža. Osnovna pretpostavka je da bi se izrada pravilnika obavila unutar RATEL-a. Međutim, imajući u vidu da ne postoje detaljne smernice evropskih standardizacionih i regulatornih tela oko primene TVWS tehnologije, moguće je da će za pojedina pitanja RATEL angažovati i stručnjake izvan regulatorne agencije sa iskustvom u implementaciji TVWS sistema, kognitivnog radija ili upravljanja spektrom u slučaju zajedničke upotrebe spektra više korisnika. Zbog toga je za potrebe izrade pravilnika definisana suma od 2,000,000 dinara a koja podrazumeva eventualno angažovanje spoljnih saradnika. Treba imati u vidu da bi izrada potrebnih pravilnika bila uslovljena i procedurama definisanim unutar WSDB, odnosno, da bi i način realizacije WSDB mogao delom da utiče na izradu pomenutih pravilnika.

U Tab.16.1.4 prikazani su prethodno opisani troškovi koji se ne odnose na samostalni razvoj WSDB, već i troškovi opisani u Poglavlju 13. U Tab.16.1.4 data je procena troškova implementacije TVWS tehnologije u opsegu od 470MHz do 790MHz u petogodišnjem periodu.

Prikaz troškova implementacije TVWS tehnologije u Republici Srbiji, u petogodišnjem periodu, prikazan je i u prilogu Studije zbog jednostavnosti i bolje preglednosti.

Tabela 16.1.4 – Procena troškova implementacije i održavanja TVWS u periodu od 5 godina.

Aktivnost		Nabavna cena [RSD]	Tehnička podrška (godine II-V) [RSD]	Održavanje (godine II-V) [RSD]	Napomena	Procenjeni ukupni trošak (godine I-V) [RSD]
Razvoj / nabavka WSDB	Samostalni razvoj WSDB u periodu od 12 meseci	25,368,000	-	$18,000,000 \times 4$	Razvoj u skladu sa Tab.16.1.1. Održavanje u skladu sa Tab.16.1.2	97,368,000
	Nabavka WSDB od trećih lica	7,000,000	$1,400,000 \times 4$	$18,000,000 \times 4$	Nabavka WSDB koja se integriše sa postojećim softverskim alatima i platformama u RATEL-u. Održavanje u skladu sa Tab.16.1.2	84,600,000

Studija izvodljivosti uvođenja White Space uređaja u UHF opsegu (između 470-790MHz)

Aktivnost	Nabavna cena [RSD]	Tehnička podrška (godine II-V) [RSD]	Održavanje (godine II-V) [RSD]	Napomena	Procenjeni ukupni trošak (godine I-V) [RSD]
Oprema za pilot projekat	4,300,000	500,000 × 4	Uključeno u tehničku podršku	Pilot projekat u trajanju od 12 meseci, 1 <i>master</i> uređaj i 5-10 korisničkih terminala. Nabavna cena uključuje angažman jednog inženjera u periodu instalacije, konfiguracije i održavanja sistema kao i troškove špedicije, shodno Tab.16.1.3. Cena održavanja je uključena u ukupnu cenu u slučaju da se pilot projekat produži na više od 12 meseci.	6,300,000
Kreiranje baze PMSE opreme	1,800,000	360,000 × 4	Uključeno u tehničku podršku	Podatke u bazu unose korisnici PMSE opreme preko portala.	3,240,000

Studija izvodljivosti uvođenja White Space uređaja u UHF opsegu (između 470-790MHz)

Aktivnost	Nabavna cena [RSD]	Tehnička podrška (godine II-V) [RSD]	Održavanje (godine II-V) [RSD]	Napomena	Procenjeni ukupni trošak (godine I-V) [RSD]
Trošak ažuriranja i provere postojećih sistema primarnih korisnika	399 × 15,000	-	20 × 15,000 × 4	Trošak privremeno snosi RATEL. Šire posmatrano, troškovi RATEL-a se nadoknađuju delom ili u potpunosti kroz odobrenja za rad TVWS sistema i mreža. Predviđena je kontrola na do 20 lokacija godišnje, u periodu od druge do pete godine od inicijalne provere.	7,185,000
Izrada pravilnika za TVWS	2,000,000	-	-	Izrada pravilnika bi se vršila interno u RATEL-u. U slučaju da postoji potreba da se angažuju saradnici izvan RATEL-a za izadu pravilnika, trošak je procenjen na 2 miliona dinara.	2,000,000
Popularizacija TVWS	3,000,000	-	1,500,000 × 4	Troškovi mogu značajno da variraju u zavisnosti od nivoa željene popularizacije.	9,000,000

Studija izvodljivosti uvođenja White Space uređaja u UHF opsegu (između 470-790MHz)

Aktivnost	Nabavna cena [RSD]	Tehnička podrška (godine II-V) [RSD]	Održavanje (godine II-V) [RSD]	Napomena	Procenjeni ukupni trošak (godine I-V) [RSD]
Potencijalna laboratorijska merenja kako bi se utvrdio uticaj konkretne TVWS opreme na prijemnike DTT signala i PMSE uređaja	20 × 150,000	-	5 × 150,000 × 4	Opremu doniraju zainteresovani proizvođači/vlasnici opreme tako da RATEL ne snosi trošak nabavke opreme. Merenja se vrše upotrebom postojeće RATEL-ove opreme. Troškovi variraju u zavisnosti od broja merenja što je moguće utvrditi tek po utvrđivanju zainteresovanosti proizvođača/vlasnika opreme. Minimalni skup merenja uključuje prijemnike DTT signala čiji je uvoz odobren i koji se nalaze u prodaji.	6,000,000
Procenjeni ukupni trošak (godine I-V) [RSD]				118,325,000 – 131,093,000	

17. PROCENA ZAINTERESOVANOSTI TRŽIŠTA ZA UVOĐENJE TVWS

Dosadašnja iskustva ukazuju da postoji relativno malo interesovanje proizvođača opreme za proizvodnju i implementaciju TVWS tehnologije. Razlozi za ovakav stav proizvođača opreme a posledično i potencijalnih operatora koji bi mogli ponuditi usluge putem TVWS tehnologija su različiti i višebrojni.

Prvi problem je obim proizvodnje. U ovom trenutku broj uređaja koje je moguće prodati na tržištu je vrlo limitiran. Na osnovu razgovora u kojima su učestvovali autori Studije, *MasTek*, kao značajan proizvođač elektronskih kola i čipova, ocenio je da je potreban godišnji obim od 10 miliona čipova ili 1 milion čipova mesečne proizvodnje kako bi tehnologija postala isplativa i konkurentna proizvodnji postojećih programa proizvodnje, uključujući elektronska kola i čipove namenjene konvencionalnim pametnim telefonima.

Ograničen obim proizvodnje uslovljava skupu terminalnu opremu. Ovakav scenario viđen je prethodnih godina i u slučaju WiMAX opreme gde je terminalna oprema bila vrlo skupa. Upravo je to i bio jedan od uzroka male zastupljenosti i marginalizacije tehnologije. Spoljni TVWS uređaj za montažu na rezidencijalnim objektima dostižu cene od više stotina EUR, okvirno oko 700 EUR. Poslednji trendovi podrazumevaju smanjenje dimenzija uređaja, kreiranje prototipova uređaja u formi USB modula i *dongle*-ova što je preduslov za povećanje masovnosti i sniženje cene korisničkih terminala.

Korišćenje uređaja baziranih na LTE tehnologiji i korišćenje već postojećih, masovno proizvedenih uređaja, koji se kasnije koriste kao čvorišta za distribuciju Wi-Fi signala u standardnim ISM opsezima obezbeđuje povećanje dostupnosti tehnologije krajnjim korisnicima. Autori Studije su u svojim projektima u Latinskoj Americi upravo koristili ovaj pristup gde je pristup krajnjim korisnicima omogućen tako što su TVWS terminali korišteni kao deo sistema prenosa koji su obezbeđivali Internet pristup standardnim Wi-Fi *hot-spot*-ovima. Sličan primer su i Mi-Fi uređaji koji se u slučaju LTE tehnologije mogu podeliti krajnjim korisnicima a koji obezbeđuju pristup korisnicima putem standardnog Wi-Fi-ja.

Drugi problem je nepostojanje jasnog standardizacionog tela i interoperabilnosti uređaja različitih proizvođača. Ovaj problem je kritičan imajući u vidu da se neki proizvođači odlučuju za sopstvena tehnološka rešenja, da neki koriste LTE a neki IEEE 802.11 ili su bliskoj prošlosti

koristili i IEEE 802.16. Postojeća tehnološka raznolikost i mala finansijska snaga proizvođača čini da su potencijalni operatori zabrinuti za budućnost takvih mreža u slučaju implementacije. Ta zabrinutost uključuje problem zavisnosti od jednog proizvođača – visoke cene uređaja, problemi sa održavanjem u slučaju napuštanja proizvodnje od strane proizvođača i brzine rešavanja tehničkih problema u proizvodnji, kao i na problem efikasnosti korištenih tehnologija. Zbog toga se stvara zatvoreni krug u kome potencijalni operatori ne žele da rizikuju naručivanjem opreme a sa druge strane proizvođači zbog malog broja proizvedenih uređaja nisu u mogućnosti da snize cenu krajnjeg uređaja. Postojeće interesovanje velikih kompanija u IT sektoru može ovaj problem donekle da reši subvencionisanjem i pomoći u inicijalnom periodu izgradnje mreže.

Treći problem je nejasna regulativa u većini zemalja. Izuzev u Velikoj Britaniji u kojoj postoji niz pilot projekata i odgovarajući okvir za implementaciju TVWS mreža, u ostatku Evrope nema jasnog stava i regulative na nacionalnom nivou koji bi ubedio potencijalne operatore i proizvođače opreme da značajnije investiraju u TVWS mreže i tehnologije. Sa druge strane, nepostojanje zainteresovanosti operatora čini da su aktivnosti regulatora neefikasne i da više čine trošak regulatorima nego jasnu društvenu dobit u bliskoj budućnosti. Izgradnja WSDB-a je finansijski neisplativ posao tako da su postojeći upravljači WSDB-a subvencionisani od velikih kompanija u oblasti informacionih tehnologija. Samim tim i razvoj takvih baza ili ustupanje njihovog razvoja od strane regulatornih agencija privatnim kompanijama je teško ostvarivo zbog niske ili nepostojeće profitabilnosti. Takođe, ne postoji dovoljno veliko iskustvo regulatorna iz praktičnih pilot projekata koji bi omogućili nacionalnim regulatorima da sa dovoljno pouzdanja i sigurnosti omoguće korišćenje spektra od strane više korisnika na bazi primarnih i sekundarnih korisnika.

Četvrti problem je profitabilnost TVWS mreža. Dok postoje naznake o tehnološkim mogućnostima, ne postoji univerzalan poslovni model primene TVWS mreža. U pojedinim mrežama poslovni model podrazumeva primenu TVWS tehnologije u cilju opsluživanja korisnika koji nisu imali zadovoljavajući Internet pristup. Targetira se velika grupa rezidencijalnih korisnika kojima bi pristup Internetu i elektronskim servisima putem TVWS mreža bile značajno unapređenje kvaliteta života, imajući u vidu nedostatak bilo kakvog Internet pristupa u prethodnom periodu. Ovaj model podrazumeva da je pristup Internetu putem TVWS mreža jeftini od pristupa putem mobilnih ćelijskih sistema. Međutim, u zemljama u kojima su cene pristupa Internetu preko mobilnih ćelijskih sistema niske, ovakav poslovni model ne obezbeđuje profitabilnost.

Dugi poslovni model podrazumeva fokusiranje na primenu u specifičnim poslovnim sferama. Autori Studije su tako razvijali i implementirali namensku TVWS mrežu za širokopolasni prenos podataka i govora u rudnicima. Namena sistema je bila vrlo jasna a profitabilnost primene je bila određena vrlo specifičnim i konkretnim problemima investitora projekta. Sličan primer je i implementacija sistema u lučkom okruženju za potrebe komunikacije sa brodovima na prilazu luci ili sa naftnim platformama koje nisu povezane optičkim sistemima sa obalom. Ovakvi modeli su lokalnog karaktera i traže velike poslovne sisteme, sa globalnim prisustvom, za iole ozbiljniju implementaciju i kakvu-takvu profitabilnost.

Treći poslovni model je potpuno neprofitabilan a pretpostavlja subvencionisanje sistema zbog značajnije društvene koristi u smislu pružanja usluge pristupa Internetu i elektronskim servisima

đacima i populaciji koja se nalazi u ruralnoj sredini. Obično su takvi sistemi subvencionisani od strane velikih poslovnih sistema i nacionalne administracije različitih nivoa.

Peti problem predstavlja trajnost usluge i raspoloživost osnovnog resursa za rad TVWS mreža – spektra. Trenutni tehnološki razvoj upućuje na koordinisani rad upotrebom WSDB. Samim tim, povećano interesovanje primarnih korisnika spektra za dodatnim kanalima može vrlo ozbiljno ograničiti rad i pristup krajnjim korisnicima vlasnicima i upravljačima (operatorima) TVWS mreža. Samim tim se i potencijalni operatori ne odlučuju na značajnije investicije dok se ne razviju odgovarajuća tehnička rešenja koja bi omogućila istovremeni rad sekundarnih korisnika spektra uz autonomni rad uređaja i istovremeno korišćenje istog spektra sa primarnim korisnicima. Samim tim postoji velika neizvesnost kod potencijalnih operatora u dugotrajnost prisustva na tržištu i moguću masovnost implementacije.

Šesti problem jeste interesovanje proizvođača opreme za mobilne ćelijske komunikacije i standardnih mobilnih operatora da se nastavi ustupanje TV opsega za primenu mobilnih ćelijskih sistema. Imajući u vidu veće finansijske mogućnosti, jasne standarde i interoperabilnost opreme, sledeće digitalne dividende ograničavaju spektar na raspolaganju TVWS sistemima a povećavaju dostupnost i protoke za krajnje korisnike u mobilnim ćelijskim sistemima. Samim tim, TVWS sistemi postaju manje konkurentni zbog nepovoljne cene po jedinici protoka koji mogu da ponude svojim korisnicima u poređenju sa mobilnim ćelijskim sistemima.

Zbog postojećih problema procenjuje se da postoji relativno ograničeno interesovanje potencijalnih alternativnih operatora za implementaciju bežičnih sistema u TV opsezima. Osnovni motiv za primenu novih tehnologija biće sigurnost i zaštita investicije koja bi se ogledala u postojanju pretpostavke za dugoročni rad takvih sistema kao i cena implementacije sistema. Stoga, može se pretpostaviti da će nacionalni regulator i nadležno ministarstvo imati značajnu ulogu u stvaranju okruženja poverenja i ohrabrivanja potencijalnih pružalaca usluga upotrebom TVWS tehnologija.

18. ANALIZA MOGUĆNOSTI DA PROJEKAT BUDE DELOM ILI U CELOSTI FINANSIJSKI PODRŽAN OD EVROPSKIH ILI MEĐUNARODNIH FINANSIJSKIH INSTITUCIJA

Na osnovu zaključenih bilateralnih i multilateralnih međunarodnih okvirnih sporazuma o razvojnoj saradnji i sporazuma o sprovođenju različitih programa koji se finansiraju iz sredstava međunarodne razvojne pomoći, Republici Srbiji su na raspolaganju sredstva iz različitih međunarodnih fondova kojima se finansira sprovođenje strateških reformi u procesu pristupanja Srbije EU i njen društveno-ekonomski razvoj.

Evropska unija je vodeći davalac bespovratnih sredstava Republici Srbiji u proteklih više od 15 godina. Od 2001. do kraja 2016, podrška EU iznosila je više od tri milijarde evra, dok je u istom periodu najveći davalac koncesionalnih kredita bila Evropska investiciona banka.

IPA FOND (*Instrument for Pre-Accession Assistance*) je instrument za pretpristupnu pomoć koji je namenjen pružanju podrške zemljama kandidatima, kao i potencijalnim kandidatima za članstvo u EU. Uspostavljen je Uredbom Evropskog saveta br. 1085/2016 od 17. jula 2006. godine.

Uopšteno govoreći, sredstva IPA se mogu koristiti na četiri načina:

- Kao tehnička podrška, koja najčešće uključuje angažman eksperata – konsultanata koji institucijama u Srbiji poput Odeljenja za zaštitu potrošača pružaju usluge pripreme projektne dokumentacije, razvoja strategija, sprovođenja obuka itd;
- Za realizaciju tvining projekata, odnosno uspostavljanje saradnje između lokalnih institucija u Srbiji sa sličnim upravama u državama članicama EU sa ciljem sprovođenja projekata, razmene znanja i iskustva i pružanja pomoći u sprovođenju pravnih tekovina EU;
- Za sprovođenje investicionih projekata koji prvenstveno obuhvataju nabavku opreme i realizaciju finansijskih aranžmana sa drugim finansijskim institucijama;
- Za dodelu bespovratnih sredstava za finansiranje projekata koji se odnose na civilno društvo, lokalne samouprave, agencije itd.

Oblasti koje se finansiraju sredstvima međunarodne pomoći u Srbiji grupisane su u devet prioriternih sektora i tri tematske oblasti i definisane su dokumentom „Nacionalni prioriteti za međunarodnu pomoć Republici Srbiji za period 2014-2017. godina, sa projekcijama do 2020. godine”. Ovaj strateški programski dokument omogućava veću usklađenost međunarodne razvojne pomoći sa nacionalnim prioritetima. Osim toga, na ovaj način se onemogućava preklapanje donatorskih aktivnosti i obezbeđuje racionalizacija ulaganja.

Takođe, Ministarstvo za evropske integracije, kao institucija nadležna za koordinaciju međunarodne razvojne pomoći, započinje proces izrade novog višegodišnjeg planskog dokumenta za razvojnu pomoć, za period 2019-2025. Ovaj dokument biće jedan od ključnih instrumenata kojima će Vlada da definiše strateške pravce razvoja Srbije. Biće predloženo da se iz međunarodnih razvojnih sredstava finansiraju prioriteti u sektorima: saobraćaja, životne sredine,

energetike, konkurentnosti, poljoprivrede i ruralnog razvoja, Deo sredstava bio bi usmeren za reformu javne uprave, za unapređenje zakonodavnih i drugih aktivnosti u sektoru pravde i unutrašnjih poslova.

S obzirom na karakteristike TV *White Space* tehnologije koja omogućava znatno bolje pokrivanje u odnosu na tradicionalne bežične tehnologije a uz uporedive kapacitete, sistem može da nađe široku primenu u raznim oblastima. Pogotovu je pogodan za ruralne i subruralne korisnike, za telemetriju u industriji, poljoprivredi i šumarstvu gde je potrebno na široj teritoriji nadzirati određene procese, u rudarskim kompleksima, posebno u podzemnim rudnicima gde bi implementacija ovakvog sistema omogućila komunikaciju sa rudarima duboko unutar okna i sl. Primenjiv je i može doprineti razvoju brojnih oblasti, od ruralnog razvoja, poljoprivrede, industrije i životne sredine. Ukoliko bi se projekat obezbeđivanja uslova za implementaciju ovog sistema našao u planskom dokumentu Vlade, tada bi sigurno bilo moguće finansiranje njegovog razvoja i realizacija oglednih pilot mreža od strane međunarodnih finansijskih institucija. Naravno, sledeći korak bi bila detaljna analiza troškova svih potrebnih aktivnosti i aplikacija u skladu sa uslovima finansijskih institucija.

19. ZAKLJUČAK

Efikasna upotreba spektra nameće se poslednjoj dekadi kao jedan od primarnih zahteva telekomunikacione i informacione industrije. Zbog toga, regulatorne agencije širom sveta suočavaju se sa zadatkom da efikasno upravljaju spektrom. Zajednička, koordinisana upotreba spektra - o dozvola višestrukim korisnicima da pristupe istom spektru u različitim vremenskim trenucima, u različitim regionima, zahteva da regulatorna agencija primeni složene metode upravljanja spektrom. Ovo korišćenje spektra na osnovu prioriteta korisnika, zahteva od RATEL-a da uvede dinamičke kontrole spektra umesto statičkih. Dosadašnja praksa koja se u osnovi bazirala na postojećem pristupu da se određeni frekvencijski opseg koristi za određenu namenu i da samo korisnici jedne kategorije pristupaju tom opsegu, po jasno utvrđenim pravilima i u prethodno odobrenim i praktično rezervisanim kanalima, postaje neodgovarajuća u slučajevima kada se implementira koordinisano zajedničko korišćenje spektra.

U slučaju zajedničkog korišćenja spektra, neophodno je primeniti dinamičke metode kontrole i upravljanja što zahteva i znatno unapređenje infrastrukture regulatorne agencije. RATEL je prethodnih godina započeo izgradnju nacionalne mreže za kontrolu spektra što je jedan od preduslova dinamičke kontrole korisnika. Ovaj sistem ima namenu kontrole upotreba spektra i u slučajevima kada nema zajedničke upotrebe, kao i za potrebe međugranične koordinacije i kontrole. Međutim, u slučaju zajedničkog korišćenja spektra u opsegu od 470MHz do 790MHz, ovaj sistem nije dovoljan i svojom kontrolnom funkcijom predstavlja samo podršku mehanizmima upravljanja zajedničkom upotrebom spektra koji u ovom trenutku ne postoje u RATEL-u.

Da bi se uspešno implementirala zajednička upotreba TV spektra, neophodno je preduzeti niz prethodnih aktivnosti. Pre svega, potrebno je utvrditi zainteresovanost telekomunikacionog tržišta u Republici Srbiji da primeni TVWS tehnologiju u Srbiji. Srbija se karakteriše penetracijom mobilne telefonije većom od 100%. Isto tako, Srbija poseduje dobro razvijenu žičnu telekomunikacionu infrastrukturu u svim većim gradovima. Korisnici na raspolaganju imaju xDSL, kablovsku televiziju i Internet a u toku su izgradnja i dalje širenje više optičkih mreža. U Republici Srbiji, više operatora telekomunikacionih servisa nudi svojim korisnicima pristup servisima putem optičke mreže. Najniže cene širokopojsnog pristupa Internetu protoka do 10Mb/s kreću se oko 1,500 dinara a za 2,000 mesečno korisnici se mogu pretplatiti i na uslugu širokopojsnog pristupa sa protocima od nekoliko desetina Mb/s. U ruralnim sredinama korisnici imaju na raspolaganju pristup servisima preko satelitskih mreža (TV i Internet), kao i nizu uskopojasnih bežičnih sistema kao i servisima mobilnih ćelijskih komunikacija. Kod svih pomenutih usluga, korisnicima se nude popusti na pretplatu u slučaju pretplate na 12 ili 24 meseca. Svi korisnici ili poseduju korisnički terminal (pametni telefon, tablet, TV ili neki drugi uređaj) ili ga dobijaju besplatno od provajdera servisa tokom pretplate (kablovski modem, xDSL modem i sl.). Imajući u vidu zastupljenost telekomunikacionih usluga u Republici Srbiji. Potrebno je prvo utvrdi da li postoji zainteresovanost tradicionalnih i alternativnih telekomunikacionih operatora da ponude krajnjim korisnicima usluge koristeći TVWS tehnologije.

Zbog toga je potrebno da RATEL preduzme aktivnosti na popularizaciji TVWS tehnologija, objašnjavanju mogućnosti samih TVWS rešenja ali i uslova korišćenja (kao sekundarnih korisnika

spektra). Na osnovu potencijalnog interesovanja operatora za uvođenje usluga u TV opsegu na bazi sekundarnog korišćenja spektra RATEL će biti u mogućnosti da izradi tehno-ekonomsku analizu kojom će se utvrditi da li je uvođenje TVWS sistema ekonomski opravdano. Ova analiza mora uzeti u obzir ne samo zainteresovanost operatora i ekonomsku isplativost servisa već i troškove RATEL-a koje bi imao uvođenje novog načina pristupa spektru.

Troškovi regulatorne agencije su mnogobrojni i značajni. Troškovi uključuju angažovanje na popularizaciji TVWS tehnologija i izradi tehno-ekonomske studije. Međutim, najveći troškovi nastaju u toku organizacije RATEL-a da implementira dinamičku kontrolu spektra. To podrazumeva projektovanje i kreiranje WSDB. Bez obzira na način na koji će RATEL izabrati da realizuje WSDB (samostalno projektujući bazu ili kupovinom gotovog rešenja, ili traženjem partnera koji će upravljati bazom) neminovno će se javiti značajni troškovi koje će snositi direktno sam RATEL ili indirektno sekundarni korisnici spektra.

RATEL bi u slučaju odluke da dozvoli rad TVWS opreme i mreža u Republici Srbiji da pristupi i izradi odgovarajućih pravilnika i uputstava za rad i planiranje TVWS mreža. Poseban problem može biti potreba da se vrši prekogranična koordinacija sa susjednim zemljama kako bi se regulisao rad TVWS uređaja u pograničnom području. Ovo je svakako dodatno angažovanje zaposlenih u RATEL-u koje nije direktno vidljivo kroz finansijske troškove ali koje zahteva dodatne radne sate zaposlenih kao i smanjenje njihovog angažovanja na nekim drugim poslovima.

Sekundarni korisnici spektra moraju pronaći ekonomski interes da izrade TVWS sisteme. Imajući u vidu zastupljenost telekomunikacione infrastrukture u Srbiji, ali i probleme sa kojima se suočavaju potencijalni vlasnici i korisnici TVWS mreža i sistema, očito je da je finansijska isplativost TVWS sistema krajnje upitna. Za potrebe ruralnih sredina gde su potrebni TVWS terminali koji bi se instalirali u spoljašnjem okruženju, troškovi po pojedinačnom korisniku mogu dostići i preko 60,000 dinara. Za korisnike sa jednostavnijim terminalima, *indoor* uređajima, ovaj trošak za vlasnika TVWS mreže je svakako manji i iznosi do 20,000 dinara. Treba imati u vidu da platežno sposobniji korisnici već sada raspolažu nekom vrstom terminala (makar pametnim telefonom) i da plaćaju neki vid usluge telekomunikacionim operatorima. Stoga je i potencijalno tržište koje nije adekvatno usluženo postojećim telekomunikacionim uslugama vrlo malo i sa malom platežnom sposobnošću (kada se posmatraju rezidencijalni korisnici). Zbog činjenice da su TVWS sistemi sekundarni korisnici spektra, kojima se ne garantuje pristup spektru, vlasnici TVWS sistema i mreža ne mogu ponuditi svojim pretplatnicima dugoročne, višegodišnje, ugovore na svoje usluge jer nije poznato da li će biti dovoljno kanala za pružanje servisa. Isto se odnosi i na planiranje TVWS mreža. Porast broja korisnika zahteva i povećanje broja korištenih kanala. Međutim, RATEL ne može garantovati vlasnicima TVWS sistema pristup novim kanalima pa čak ni pristup već korištenim u budućnosti. Zbog toga se ne može očekivati da će pristup servisima realizovanim preko TVWS mreža biti znatno povoljniji za krajnje korisnike da bi se oni odlučili za prelazak u TVWS mreže alternativnih operatora.

Ono što se može očekivati jeste da se TVWS uređaji primene u nekim specifičnim situacijama koje nisu mnogobrojne. To znači da takve mreže neće imati veliki broj korisnika niti će predstavljati značajne učesnike na telekomunikacionom tržištu. Finansijska opravdanost takvih mreža određivaće se u svakom pojedinačnom slučaju te se stoga ne može govoriti niti o sigurnom

tržištu za TVWS mreže i sisteme niti o značajnom finansijskom efektu.

Trenutno ne postoji jedinstven standard kada je u pitanju TVWS oprema i nema masovne proizvodnje. Zbog toga je oprema još uvek skupa a oprema različitih proizvođača nije kompatibilna. Takođe, TVWS oprema se ne proizvodi u Srbiji tako da nema šireg društvenog i ekonomskog interesa za uvođenje TVWS opreme u rad u Republici Srbiji i pored visokih troškova njenog uvođenja.

Na osnovu trenutnog tehnološkog stanja TVWS opreme kao i na osnovu ekonomskih potreba za uvođenje TVWS opreme u rad u opsegu od 470MHz do 790MHz u Republici Srbiji može se zaključiti:

- Da troškovi uvođenja TVWS sistema i mreža u rad mogu koštati RATEL preko 25,000,000 miliona dinara, u toku prve godine realizacije i rada, bez troškova laboratorijskih merenja i angažovanja novozaposlenih i u kasnijim godinama na poslovima održavanja (procenjen trošak novozaposlenih na godišnjem nivou procenjuje se na do 18,000,000 dinara);
- Da postoji potreba za izradom novih pravilnika i uputstava a verovatno i bilateralnih sporazuma o koordinaciji rada TVWS uređaja u pograničnim područjima Republike Srbije, pri čemu susedne zemlje još uvek nisu pokazale interesovanje za uvođenje TVWS opreme u rad na svojim teritorijama;
- Da ne postoji mogućnost da se vlasnicima TVWS mreža i sistema garantuje dugoročni pristup spektru čime se povećava nesigurnost investicije i onemogućava dugoročno planiranje rada TVWS sistema;
- Da je trenutno dostupna TVWS oprema na tržištu skupa zbog trenutno malog obima proizvodnje, da ne postoji kompatibilnost između opreme različitih proizvođača i da su vlasnici TVWS mreža i sistema u podređenom položaju u odnosu na proizvođače opreme upravo zbog nedostatka kompatibilnosti;
- Da uvođenje TVWS opreme u rad istovremeno znači i ograničenje dostupnog spektra za PMSE uređaje. Vlasnici i korisnici PMSE opreme se već suočavaju sa problemom dostupnosti spektra (potrebnog broja radio-kanala) za rad usled sprovedenih i planiranih digitalnih dividendi. Uvođenje TVWS opreme u rad bi im dodatno ograničilo pristup spektru što bi za posledicu imalo potrebu vlasnika PMSE opreme da nabave novu PMSE opremu koja će raditi u drugom frekventijskom opsegu. Ovaj trošak je indirektan trošak uvođenja TVWS opreme u rad koji podnose vlasnici drugih sistema i opreme.

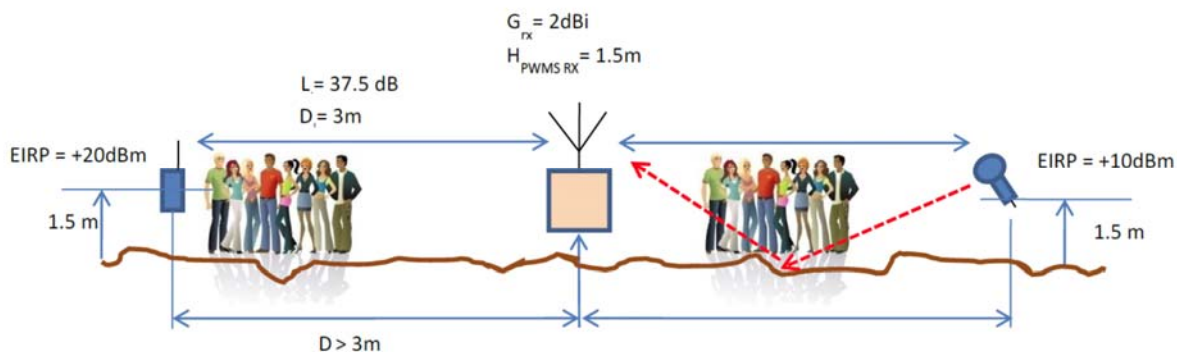
Na osnovu navedenog, autori Studije preporučuju regulatornoj agenciji da nastavi sa praćenjem razvoja TVWS tehnologija i opreme, kao i da prati regulatorna iskustva, pre svega iz Velike Britanije, gde je TVWS oprema u komercijalnoj upotrebi. Smatramo da pored praćenja iskustava iz drugih zemalja, RATEL treba da u bližoj budućnosti planira pilot-projekat kako bi se upoznao sa karakteristikama TVWS opreme i mogućim servisima koji bi se realizovali u mrežama realizovanim tom opremom. Finansiranje pilot-projekata i daljeg praćenja razvoja TVWS opreme na tržištu treba finansirati iz evropskih izvora, apliciranjem kroz odgovarajuće evropske inicijative koje su opisane u Studiji. Takođe, RATEL treba da u bližoj budućnosti započne kampanju na promovisanju ideje i mogućnosti sekundarnog korišćenja spektra kako bi se povećala

informisanost alternativnih telekomunikacionih operatora o samoj ideji.

Smatramo da u Republici Srbiji u ovom trenutku nema većeg interesovanja za uvođenje TVWS sistema u rad, da su troškovi njihovog uvođenja veliki i da nisu opravdani bilo mogućom direktnom finansijskom koristi bilo indirektnom ili širim društvenim značajem po građane Republike Srbije. Stoga, ne može se naći interes koji bi opravdao potrebu da RATEL odmah preduzme aktivnosti na uvođenju TVWS opreme u rad u opsegu od 470MHz do 790MHz u Republici Srbiji.

SPISAK SLIKA

Sl.4.3.1 - Protok u Monroviji sa pojedinačnih TVWS baznih stanica.-----	59
Sl.5.2.1 - Problem detekcije signala predajnika primarnog korisnika.-----	71
Sl.5.4.1 - Aktivnosti pri kreiranju baza podataka o slobodnom belom spektru [CEPT Report 236].-----	73
Sl.6.1.1 – ATDI-jev skup alata za regulisanje rada TVWS uređaja i sistema.-----	93
Sl.7.2.1 – Carlson Wireless master uređaj.-----	98
Sl.7.2.2 – Master i slave uređaj Carlson Wireless, uporedno.-----	98
Sl.7.4.1 – Runcom 4G NLOS TVWS master/slave uređaj.-----	103
Sl.7.5.1 – Primer TVWS FWA.-----	105
Sl.7.7.1 – Redline Communications DS RDL HL-3000 XP Ellipse.-----	110
Sl.7.7.2 - Redline DS RDL-3000 XP Enterprise CPE.-----	112
Sl.7.8.1 – Integrisan kolo na ploči TVWS uređaja NICT-a.-----	113
Sl.7.8.2 – CPE u formi USB dongle-a.-----	113
Sl.8.1.1 - Koncept TVWS mreže sa geografski nereferenciranim a) i referenciranim uređajima b).-----	117
Sl.10.1.1 – Varijacija jačine električnog polja unutar piksela.-----	139
Sl.10.3.1 – Zaštita zone pokrivanja predajnika DTT signala i njenih granica-----	153
Sl.10.3.2 – Geometrija učesnika u komunikaciji pri zaštiti zone pokrivanja predajnika DTT signala.-----	154
Sl.10.3.3 – Poređenje između propagacionih krivih za 1% i 50% vremena, za predajnik snage 1kW, koji emituje na 600MHz sa visine od 75m.-----	156
Sl.11.1.1 – ACS prijemnika PMSE uređaja.-----	172
Sl.11.1.2 – Grafički prikaz uticaja ACS-a PMSE prijemnika u slučaju uskopojasnih TVWS signala.-----	173
Sl.11.1.3 – Curenje spektra TVWS uređaja u susedni kanal (vizualizacija ACLR-a).-----	174
Sl.11.5.1 – Provodna merenja zaštitnih odnosa za bežične mikrofone.-----	184
Sl.11.5.2 – Odnos P_x i P_{OoB} .-----	187
Sl.11.6.1 – Upotreba TVWWS i PMSE opreme u spoljašnjoj sredini.-----	200
Sl.11.6.2 – Primena PMSE opreme u pozorištima i zatvorenim prostorima.-----	200



- Sl.11.6.3 – Upotreba PMSE opreme u konferencijskim salama i poslovnim skupovima. ----- 201
- Sl.11.8.1 – Scenario detekcije PMSE uređaja od strane TVWS predajnika.----- 202
- Sl.15.7.1 – Zaštitni faktor prijemnika DTT signala u odnosu na signal TVWS uređaja.----- 245

SPISAK TABELA

Tab.7.1.1 – Tehničke karakteristike opreme 6Harmonics. -----	95
Tab.7.1.2 – Uslovi rada za GWS uređaje. -----	96
Tab.7.1.3 – Napajanje GWS uređaja. -----	96
Tab.7.1.4 – Specifikacija radio-interfejsa GWS uređaja. -----	96
Tab.7.1.5 – Podržana regulativa. -----	97
Tab.7.2.1 – Protoci i modulacije Carlson Wireless uređaja treće generacije (jedan TV kanal od 8MHz). -----	99
Tab.7.3.1 – Fizičke karakteristike Adaptrum ACRS 2.0 TVWS uređaja. -----	100
Tab.7.3.2 – Fabrički specificirane performanse Adaptrum ACRS 2.0 uređaja. -----	100
Tab.7.3.3 – Specifikacija radio-interfejsa ACRS 2.0. -----	100
Tab.7.4.1 – Osnovne karakteristike master uređaja. -----	101
Tab.7.4.2 – Upravljanje uređajem. -----	102
Tab.7.4.3 – Fizičke dimenzije master uređaja. -----	102
Tab.7.4.4. – Specifikacije korisničke opreme proizvođača Runcom. -----	102
Tab.7.7.1 – Tehničke specifikacije bazne stanice Redline DS RDL-3000 XP Ellipse. -----	109
Tab.7.7.2 – tehničke karakteristike korisničkog uređaja DS RDL-3000 Enterprise CPE. -----	111
Tab.10.1.1 – Izračunavanje veličine zone pokrivanja predajnika digitalnog TV signala. -----	139
Tab.10.2.1 – Određivanje praga detekcije za TVWS uređaj u spoljnjem okruženju. -----	143
Tab.10.2.2 – Primer određivanja praga detekcije za TVWS uređaj u zatvorenom prostoru. ---	145
Tab.10.3.1 – Složenost metoda izračunavanja IM. -----	168
Tab.11.4.1 – Opsezi namenjeni radu PMSE opreme. -----	182
Tab.11.4.2 – Pregled dostupnosti spektra za PMSE sisteme do 1805MHz. -----	182
Tab.11.5.1 – Zaštitni odnosi za TVWS i uređaj i bežični mikrofoni. -----	186
Tab.11.5.2 – Izvedene vrednosti za ACS za izabrani mikrofoni. -----	188
Tab.11.5.3 – ACLR koji zavise od klase. -----	190
Tab.11.5.4 – Zaštitni odnosi koji zavise od klase, bežični mikrofoni, C=-75dBm. -----	190
Tab.11.5.5 – Zaštitni odnosi koji zavise od klase, bežični mikrofoni, C=-65dBm. -----	191
Tab.11.5.6 – Zaštitni odnosi koji zavise od klase, bežični mikrofoni, C=-55dBm. -----	192
Tab.11.5.7 - Zaštitni odnosi koji zavise od klase, bežični mikrofoni, C=-40dBm. -----	192

Tab.11.6.1 – Uticaj TVWS signala na PMSE prijem kada su TVWS opemat i PMSE prijemnik udaljeni 8m jedan od drugog u spoljašnjem okruženju. -----	194
Tab.11.6.2 – Parametri TVWS uređaja. -----	195
Tab.11.6.3 – Subjektivni osećaj kvaliteta za audio signal u prisustvu TVWS signala.-----	196
Tab.12.1.1 – Neželjena emisija TVWS uređaja izvan opsega od 470MHz do 790MHz. -----	206
Tabela 12.1.2 – Vrednosti ACS-a pri analizi uticaja TVWS signala emitovanog u opsegu širine 8MHz na LTE uređaj, [CEPT,185]. -----	207
Tab.12.1.3 – Snage TVWS signala izvan opsega dozvoljenog za emitovanje. -----	208
Tab.12.1.4 – ACLR za različite klase TVWS uređaja (različite emisije), širina kanala je 8MHz. -----	209
Tabela 14.2.1 – GE06 Pragovi za pokretanje međunarodne koordinacije-----	222
Tab.15.6.1 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada master TVWS uređaja tipa 1 (TVWS1), u Gauss-ovom kanalu. -----	239
Tab.15.6.2 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada master TVWS uređaja tipa 2 (TVWS2), u Gauss-ovom kanalu. -----	240
Tab.15.6.3 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada master TVWS uređaja koji koristi Wi-Fi tehnologiju, u Gauss-ovom kanalu. -----	240
Tab.15.6.4 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada master TVWS uređaja koji koristi WiMAX tehnologiju, u Gauss-ovom kanalu. -----	240
Tab.15.6.5 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada slave TVWS uređaja tipa 1 (TVWS1), u Gauss-ovom kanalu. -----	241
Tab.15.6.6 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada slave TVWS uređaja tipa 2 (TVWS2), u Gauss-ovom kanalu. -----	241
Tab.15.6.7 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada slave TVWS uređaja baziranog na Wi-Fi tehnologiji, u Gauss-ovom kanalu.-----	242
Tab.15.6.8 – Zaštitni faktor i prag zasićenja za DTT prijemnik u slučaju rada slave TVWS uređaja baziranog na WiMAX tehnologiji, u Gauss-ovom kanalu. -----	242
Tab.15.6.9 – Zaštitni faktor u slučaju ometanja signalom TVWS uređaja tipa 1 (TVWS1). ---	243
Tab.15.6.10 – Zaštitni faktor u slučaju ometanja signalom TVWS uređaja tipa 2 (TVWS2).--	243
Tab.15.6.11 – Zaštitni faktor u slučaju ometanja signalom TVWS uređaja baziranog na WiMAX tehnologiji.-----	243
Tab.15.6.12 – Zaštitni faktor u slučaju ometanja signalom TVWS uređaja baziranog na Wi-Fi tehnologiji.-----	244
Tabela 16.1.1 – Procenjeni troškovi samostalnog razvoja WSDB u periodu od 12 meseci.----	253
Tabela 16.1.2 – Troškovi održavanja WSDB. -----	254

Tabela 16.1.3 – Troškovi realizacije pilot projekta TVWS sistema u periodu od 12 meseci i uz eventualno produženje rada pilot sistema.----- 256

Tabela 16.1.4 – Procena troškova implementacije i održavanja TVWS u periodu od 5 godina. 259

SPISAK SKRAĆENICA

ACE	Active Collision Techique
ADB	Asian Development Bank
ANSI	American National Standards Institute
ASI	Asynchronous Serial Interface
ASO	Analogue Switch-Off
BB	BaseBand
BCH	Bose, Chaudari, Hocquenghem
BER	Bit Error Rate
BICM	Bit Interlived Coding and Modulation
CBR	Constant Bit Rate
CC	Convolutional Code
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
CSIR	Council of Scientific & Industrial Research
CWSC	Centre for White Space Communications
CWSC	Centre for White Space Communications
DOST	Department of Science and Technology
DTT	Digital Terrestrial Transmission
DVB	Digital Video Broadcast
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCC	Federal Communication Commission
FWA	Fixed Wireless Access
IETF	Internet Engineering Task Force
IHCM	Institute of National Communications of Mozambique
ISO/IEC	International Organization for Standardization and the International Electrotechnical Commission
ITU	International Telecommunications Union
LTT	Long Term Evolution
MMC	Multi Media Communications
MtoM	Machine to Machine
NLoS	Non-Line of Site

OFCOM	UK Regulator
OFTEL	Office of telecommunications
PAWS	Protocol access white space
PMSE	Program Making and Special Events
SEDDIF	South European Dividend Implementation Forum)
TCP/IP	Transmission Control Protocol and Internet Protocol
TVWSD	TV White Space Devices
UHF TV	Ultra High Frequency TV
USAID	US Aid
VoIP	Voice over Internet Protocol
VSAT	Very Small Aperture Terminal
WS	White Spaces
WSDB	White Space Data Base

20. REFERENCE

- [ABC,14] J.G. Andrews, S. Buzzi, W. Choi, S.V. Hanly, A. Lozano, A.C.K. Soong, J.C. Zhang, What will 5G be? *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* Jun. 2014;32(6):1065–1082.
- [AEE,15] E. E. Atimati, L. S. Ezema, G. N. Ezeh, U. C. Iwuchukwu, C. K. Agubor, A Survey on the Availability of TV White Spaces in Eastern Nigeria. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 6, Issue 12, December-2015, 609.
- [AFM,16] Angueira, P., Fadda, M., Morgade, J., M. Murrioni, M., Popescu, V. (2016) ‘Field measurements for practical unlicensed communication in the UHF band’, *Telecommunication Systems*, vol. 61, no.3, pp. 443-449
- [Ala,98] Alamouti, S.: ,0A simple transmit diversity technique for wireless communications, *IEEE Journal on Selected areas in Communications*, Vol. 16, No. 8, pp. 1451-1458, October 1998.
- [ALV,06] Akyildiz, I F., Lee, W-Y., Vuran M C., Mohanty, S. (2006) ‘NeXt generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey’, *Computer Networks* vol. 50 pp. 2127–2159
- [Ana,17] Hilary K. Anabi and alt., From Sensing to Predictions and Database Technique: A Review of TV White Space Information Acquisition in Cognitive Radio Networks. *Wireless Personal Communications*, May 2017. Rodney Martinez Alonso, Student Member, IEEE, David Plets, Member, IEEE, Margot Deruyck,
- [ATDI,14] ATDI, White-Space Device Calculation and Database. TV White-Spaces. <http://www.atdi.com/white-space-device-calculation-and-database/>
- [BA,13] Badr Benmammar and Asma Amraoui, *Radio Resource Allocation and Dynamic Spectrum Access*. John Wiley & Sons, London, 2013.
- [BB,18] M. Di Felice, L. Bedogni, L. Bononi, *Reinforcement-learning Based Spectrum Management for Cognitive Radio Networks: Use-cases and Deployments*, *Cognitive Radio Applications and Practices*, Springer, 2018
- [BDB,04] Bhowmick, A., Das, M., Biswas, J., Roy, S., Kundu, S.: Relay based cooperative spectrum sensing in cognitive radio network. In: *IEEE International Advance Computing Conference (IACC)*, pp. 333–337 (2014)
- [Bee,12] Jaap van de Beek, Janne Riihijarvi, *TV White Space in Europe*. IEEE, 2012.
- [Ben,08] Harve Benoit, *Digital Television: Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework*, Third edition, Elsevier B.V., 2008. godina.
- [BPK,13] A. Bourdena, E. Pallis, G. Kormentzas, G. Mastorakis, *Radio resource management algorithms for efficient QoS provisioning over cognitive radio networks*, *Proc. IEEE ICC2013*. Budapest, Hungary. 2013.

- [Bru,05] Roland Bruger, Kerstin Mayer, RRC-06 - Technical basis and planning configurations for T-DAB and DVB-T, EBU Technical Review, No. 302, April 2005.
- [Bru,09] Roland Bruger, Abiodun Gbenga-Ilori, Spectrum usage and requirements — for future
- [BTF,17] L. Bedogni, A. Trotta, M. Di Felice, Y. Gao, X. Zhang, Q. Zhang, F. Malabocchia, L. Bononi, “Dynamic Adaptive Video Streaming on Heterogeneous TVWS and Wi-Fi networks, in IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 25, no. 6, pp. 3253-3266, Dec. 2017.
- [But,11] Butler J., OFCOM, TV White Space Devices and beyond. OFCOM, Oct. 2011.
- [Cam,16] Cambridge White Spaces Trial Recommendations Report, [http://download.microsoft.com/download/6/5/1/651469BB-6D84-4B24-A614-8A85E6052543/Cambridge TV White Spaces Trial Recommendations Report.pdf](http://download.microsoft.com/download/6/5/1/651469BB-6D84-4B24-A614-8A85E6052543/Cambridge_TV_White_Spaces_Trial_Recommendations_Report.pdf).
- [Car,18] <https://www.carlsonwireless.com/products/>
- [CDZ,14] V. Chen, S. Das, L. Zhu, J. Malyar, P. McCann, Protocol to Access White-Space (PAWS) Databases, draft-ietf-paws-protocol-19, Sept., 2014.
- [CEPT,103] UMTS COVERAGE MEASUREMENTS Nice, May 2007
- [CEPT,148] ECC, within CEPT, MEASUREMENTS ON THE PERFORMANCE OF DVB-T RECEIVERS IN THE PRESENCE OF INTERFERENCE FROM THE MOBILE SERVICE (ESPECIALLY FROM LTE Marseille, June 2010
- [CEPT,159] TECHNICAL AND OPERATIONAL REQUIREMENTS FOR THE POSSIBLE OPERATION OF COGNITIVE RADIO SYSTEMS IN THE ‘WHITE SPACES’ OF THE FREQUENCY BAND 470-790 MHz Cardiff, January 2011
- [CEPT,185] Complementary Report to ECC Report 159. Further definition of technical and operational requirements for the operation of white space devices in the band 470-790 MHz, approved January 2013.
- [CEPT,186] Technical and operational requirements for the operation of white space devices under geo-location approach, approved January 2013
- [CEPT,231] Mobile coverage obligations, Approved 6 March 2015
- [CEPT,236] Guidance for national implementation of a regulatory framework for TV WSD using geo-location databases Approved May 2015
- [CEPT,30] Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate on “The identification of common and minimal (least restrictive) technical conditions for 790 - 862 MHz for the digital dividend in the European Union” Final Report on 30 October 2009 by the
- [COG,17] COGEU-ICT-FP7-248560 COGNitive radio systems for efficient sharing of TV white spaces in EU context, <http://www.ict-cogeu.eu>.

- [CEPT,25-10] Frequency Ranges for the Use of Terrestrial Audio and Video Programme Making and Special Events (PMSE) applications October 2016
- [EN,301-598] Standard: DSF/ETSI EN 301598 V2.1.1. WHITE SPACE DEVICES (WSD); WIRELESS ACCESS SYSTEMS OPERATING IN THE 470 MHZ TO 790 MHZ TV BROADCAST BAND; HARMONISED STANDARD COVERING THE ESSENTIAL REQUIREMENTS OF ARTICLE 3.2 OF DIRECTIVE 2014/53/EU
- [EN,303-145] Reconfigurable Radio Systems (RRS); System Architecture and High Level Procedures for Coordinated and Uncoordinated Use of TV White Spaces. ETSI Nov. 2015.
- [ETSI EN 301 598] White Space Devices; Wireless Access Systems Operating in the 470 MHz to 790 MHz TV Broadcast Band; Harmonized EN Covering the Essential Requirements of Article 3.2 of the R&TTE Directive, EN 301 598, v1.00.1, February 2014.
- [ETSI TR 103 231] White Space Devices (WSD); Wireless Access Systems operating in the 470 MHz to 790 MHz TV broadcast band; Information on weblistings of TV White Space Databases (TVWSDBs)
- [FANAN2017] A.M. Fanan et al, Performance of a TV white Space Database with Different Terrain resolutions and propagation Models, TELFOR 2017
- [FCC-10-174] FCC-10-174, In the Matter of Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands: Second Memorandum Opinion and Order, Spetembar 2010
- [FCC,18] FCC Database. <https://www.fcc.gov/licensing-databases/general/search-fcc-databases>
- [FGk,13] A.B. Flores, R.E. Guerra, E.W. Knightly, P. Ecclesine, S. Pandey, IEEE 802.11af: a standard for TV white space spectrum sharing, IEEE Communications Magazine October 2013;51:92–100.
- [FM,14] Peter Flyn, Apurva Mody, Global Symposium for Regulators, Capitalizing on the potential of the digital world 2014 –Manama, Bahrain
- [Ga,15] Roberto Gomez Garcia, White Space Communication Technologies. Cambridge University Press, 2015
- [Gep,15] Igor Gepko, Technical configuration of TV White Space Devices. EUROCON Sept. 2015, Salamanca, Spain.
- [Glo,18] Global TV White Space Spectrum Market Share, Size, Estimates, Trends and Forecast 2023. <http://www.strategymrc.com/report/tv-white-space-spectrum-market-2017>
- [GPP,17] Technical specification group radio access network; study on scenarios and requirements for next generation access technologies, 3rd Generation Partnership Project (3GPP), TR 38.913, Mar. 2017.

- [HAA,16] Mohammed Hawa, Ahmad AlAmmouri, Ala Alhiary, Nidal Alhamad, Distributed opportunistic spectrum sharing in cognitive radio networks. *Int. Journal of Communications Systems*, May 2016.
- [Hat, 80] Hata M.: Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services, *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol. VT-29, No 3, 1980, pp.317–325.
- [Hen,16] M.Hensen, What Are Whitespace Devices? Shure Whiteboard Explains. <http://blog.shure.com/what-are-whitespace-devices/>
- [Hes,15] F. Hesar, S. Roy, Capacity considerations for secondary networks in TV white space, *IEEE Transactions on Mobile Computing* 2015;14(9):1780–1793.
- [HG,17] Rebecca Hagen and Kim Golombisky, *WHITE SPACE IS NOT YOUR ENEMY A Beginner’s Guide to Communicating Visually Through Graphic, Web & Multimedia Design* 3rd ed. CRC Press, Broken Sound Parkway NW, 2017.
- [Hol,15] Holland O., TV white space in London, UK: availability and maximum achievable capacity. *El. Letters* 11th June 2015 Vol. 51 No. 12 pp. 954–956
- [IMDA,16] IMDA TS WSD. Issue 1, 1 October 2016, Info-communications Media Development Authority, Resource Management & Standards, Singapore. 2016.
- [IMH,12] K. Ishizu, H. Murakami and H. Harada, \TV White Space Database for Coexistence of Primary-Secondary and Secondary-Secondary Systems in Mesh Networking, *International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications*, pp. 1-5, Sept. 2012.
- [IETF PAWS] IETF RFC 7545 Protocol to Access White-Space (PAWS) Databases, IETF, 2014
- [ITU,1368] RECOMMENDATION ITU-R BT.1368-3, Planning criteria for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands (Question ITU-R 121/11), (1998-1998-2000-2002)
- [ITU,15] ITU-R recommendation P.1812-4: a path-specific propagation prediction method for point-to-area terrestrial services in the VHF and UHF bands, <http://www.itu.int/rec/R-REC-P.1812-2-201202-S/>; July 2015.
- [ITU,1546] RECOMMENDATION ITU-R P.1546-1 Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz (2001-2003)
- [ITU,17] ITU, Draft new report ITU-R M.[IMT-2020.TECH PERF REQ] – minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s), Feb. 2017.
- [JPT,08] S. K. Jones, T. W. Philips, H. L. Van Tuyl, and R. D. Weller, Evaluation of the performance of prototype TV-band white space devices phase II, FCC, 2008
- [Ka,12] M. Kang et al. Deployment and Coverage of Cognitive Radio Networks in TV White Space *IEEE Communications Magazine* vol. 50 no. 12 pp. 88-94 December 2012.

- [KB,18] <http://keybridgeglobal.com/products/index.xhtml?jsessionid=14683a782cc6d3f60f8758523881>
- [KKN,16] A. Kumar, A. Karandikar, G. Naik, M. Khaturia, S. Saha, M. Arora, J. Singh, Toward enabling broadband for a billion plus population with TV white spaces, IEEE Communications Magazine July 2016;54(7):28–34.
- [Kon,10] Andreas Könsgen, Design and Simulation of Spectrum Management Methods for Wireless Local Area Networks. Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2010.
- [Mar,16] J Martin, A Cognitive TV White Space Access Framework. A thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. Faculty of Mathematics, Computing and Technology, Milton Keynes September 2016
- [Mat,17] Mohammad A. Matin, Spectrum Access and Management for Cognitive Radio Networks. Springer Science+Business Media Singapore, 2017.
- [MJ,15] Amit Kumar Mishra and David Lloyd Johnson, White Space Communication Advances, Developments and Engineering Challenges. Springer International Publishing Switzerland 2015.
- [MMC1995] Monopolies and Mergers Commission, Telephone Number Portability: A Report on a reference under s13 of the Telecommunications Act 1984 (MMC, Jul 1995)
- [MNJ,17] Luc Martens, Glauco Guillen Nieto and Wout Joseph, TV White Space and LTE Network: Optimization towards Energy Efficiency in Suburban and Rural Scenarios. <https://biblio.ugent.be/publication/8556874/file/8556876.pdf>
- [MS,16] Microsoft White Space Database. <http://whitespaces.microsoftspectrum.com/>
- [Nai,15] Naik G., On the Feasibility of Providing Affordable Broadband Services using Backhaul in TV White Spaces. *Master of Technology in Communication Engineering*, Dpt of Electrical Eng. Indian institute of technology, Bombay 2015.
- [NMK,17] Kagiso Ndlovu, Zablon A Mbero, Carrie L. Kovarik, Arif Patel, Network performance analysis of the television white space (TVWS) connectivity for telemedicine: A case for Botswana. AFRICON, Sept. 2017, Cape Town.
- [NOM,16] Getting started with TV White Space – Part 1: Initial Considerations. <https://www.nominet.uk/researchblog/getting-started-tv-white-space/>
- [OFCOM2013] OFCOM, TV White SPaces, approach to coexistence. OFCOM, Sep. 2013.
- [OFCOM2016] Ofcom 2016/2, White Space Database Operators, List of WSDBs qualified to operate in the United Kingdom and currently providing WSDB Services. Updated on Feb 1, 2016. Available at <https://tvws-databases.ofcom.org.uk>.
- [OFCOM2012] OFCOM: TV white spaces - A consultation on white space device requirements, 2012

- [OMT,14] S. W. Oh, Y. Ma, M.-H. Tao, and E. C. Y. Peh, TVWS in the world: regulations and comparisons, in Proceedings of the International Conference on Frontiers of Communications, Networks and Applications (ICFCNA), 2014.
- [OMT,16] Ser Wah Oh, Yugang Ma, Ming-Hung Tao and Edward Peh, TV White Space the First Step Towards Better Utilization of Frequency Spectrum. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2016.
- [Pahl2016] John Pahl, Interference Analysis: Modelling Radio Systems for Spectrum Management, Wiley, 2016, ISBN: 1119065283
- [PDK,16] N.C. Prasad, S. Deb, A. Karandikar, Feasibility study of LTE middle-mile networks in TV white spaces for rural India, Proc. of IEEE International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC). Valencia. 2016:1–6.
- [PZ,12] E.Pietrosemoli and M.Zennaro, TV White Spaces a PRAGMATIC approach, ICTP-e Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, 2012.
- [RGB,13] Riviello D., Garello R., Benco Sergio, Spectrum Sensing in TV White Spaces, International Journal on Advances in Telecommunications, vol 6 no 3 & 4, year 2013.
- [RWD,12] Pinyi Ren, Yichen Wang, Qinghe Du, A survey on dynamic spectrum access protocols for distributed cognitive wireless networks. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Dec. 2012, 2012:60.
- [SCG,13] C.F.M. Silva, F.R.P. Cavalcanti, Á. Gomes, SWOT analysis for TV white spaces, Transactions on Emerging Telecommunications Technologies Jun. 2015;26(6):957–974 published online: Dec. 2013.
- [Sayrac2012] B. Sayrac, H. Venkataraman, G.M Muntean: Cognitive Radio and its Application for Next Generation Cellular and Wireless Networks, Springer, 2012, ISBN: 978-94-007-1826-5
- [Shi,12] Lei Shi, Availability Assessment for Secondary Access in TV White Space. Licentiate Thesis in Communication Systems Stockholm, Royal Institute of Technology, 2012
- [Spe,18] Spectrum Bridge Database overview.
<http://whitespaces.spectrumbridge.com/Main.aspx>
- [SS,12] Rashid A. Saeed and Stephen J. Shellhammer, TV White Space Spectrum Technologies: Regulations, Standards and Applications. CRC Press, Broken Sound Parkway NW, 2012.
- [Ste,18] Robert Stewart, TV White Space Communications and Networks. Elsevier Ltd, 2018.
- [STR,17] Centre for White Space Communications, University of Strathclyde
<http://www.wirelesswhitespace.org>.

- [STZ,11] K. W. Sung, M. Tercero, and J. Zander, Aggregate Interference in Secondary Access with Interference Protection, *IEEE Communications Letters*, vol. 15, no. 6, pp. 629–631, June 2011
- [Sum,16] C.S. Sum, et al., Cognitive communication in TV white spaces: an overview of regulations, standards, and technology, *IEEE Communications Magazine* July 2013;51(7):138–145.
- [SVR,13] Sum, C.S., Villardi, G.P., Rahman, M.A., Baykas, T., Tran, H.N., Lan, Z., Sun, C., Alemseged, Y., Wang, J., Song, C., et al.: Cognitive communication in tv white spaces: An overview of regulations, standards, and technology. *Communications Magazine, IEEE* 51(7), (2013)
- [TCD,16] Developer: Big Improvements in TV White Spaces Economics Coming Soon
<http://www.telecompetitor.com/developer-big-improvements-in-tv-white-spaces-economics-coming-soon/>
- [VMB,12] V. Valenta, R. Maršálek, G. Baudoin, M. Villegas, M. Suarez and F. Robert, Survey on spectrum utilization in Europe: Measurements, analyses and observations. CROWNCOM, 2010, Cannes.
- [We,12] William Web, *Understanding Weightless*. Cambridge University Press, 2012.
- [WS,14] White Space, the next internet disruption: 10 things to know.
<https://www.techrepublic.com/article/white-space-the-next-internet-disruption-10-things-to-know/>
- [XS,15] ChunSheng Xin Min Song, *Spectrum Sharing for Wireless Communications*. SpringerBriefs in Electrical and Computer Engineering, 2015.
- [Yang,16] A. Yang, Overview of FCC's New Rules for TV White Space Devices and database updates. ITU-R SG1/WP 1B Workshop: Spectrum Management Issues on the use of White Spaces by Cognitive Radio Systems, Geneva, Jan. 204.
- [ZC,13] Zhu, X., Champagne, B., Zhu, W-P. (2013) 'Cooperative Spectrum Sensing Based on the Rao Test in Non-Gaussian Noise Environments', WCSP 2013, Hangzhou China, 24-26 Oct. 2013, USA, IEEE, pp. 1-6.

21. PRILOZI – POGLAVLJE 11

21.1. SENNHEISER - KATALOG OPREME



PMSE
SENNHEISER.pdf

21.2. IZVEŠTAJ APWPT O STANJU LICENCIRANJA I DOSTUPNOG SPEKTRA ZA PMSE OPREMU U IZABRANIM ZEMLJAMA EVROPE I SVETA



handoutfrequencie
s2018.pdf

21.3. OBRAZAC DANSKOG REGULATORA ZA REGISTRACIJU ZAHTEVA ZA RADIO-KANALOM, UKLJUČUJUĆI PMSE



applfreqlcence1.pdf

22. PRILOZI – POGLAVLJE 16

22.1. PROCENJENI TROŠKOVI SAMOSTALNOG RAZVOJA WSDB U PERIODU OD 12 MESECI

Oblast	Broj	Stručna sprema	Opis posla	Period angažovanja	Procenjeni bruto trošak angažovanja [RSD]
Inženjer za mrežnu bezbednost	1	VSS - Diplomirani inženjer / <i>master</i> telekomunikacija	Mrežna bezbednost	3 meseca u toku razvoja WSDB; smanjen angažman u period održavanja	900,000
Inženjer za mrežnu konfiguraciju	1	VSS - Diplomirani inženjer / <i>master</i> telekomunikacija	Konfiguracija mreže, mrežna konektivnost	3 meseca u toku razvoja WSDB; smanjen angažman u period održavanja	900,000
Radio-planer	3	VSS - Diplomirani inženjer / <i>master</i> telekomunikacija	Izrada proračuna radio-pokrivanja TVWS; saradnja sa arhitektom sistema oko struktura tabela; kreiranje pravila u WSDB; logička verifikacija podataka o primarnim korisnicima	12 meseci u toku razvoja WSDB, smanjen angažman u period održavanja	10,800,000

Studija izvodljivosti uvođenja White Space uređaja u UHF opsegu (između 470-790MHz)

Oblast	Broj	Stručna sprema	Opis posla	Period angažovanja	Procenjeni bruto trošak angažovanja [RSD]
Arhitekta sistema	1	VSS - Diplomirani inženjer / <i>master</i> računarske tehnike	Dizajn WSDB	3 meseca u toku razvoja WSDB	1,080,000
Programer	1	VSS - Diplomirani inženjer računarske tehnike	Dizajn interfejsa i vizuelnih elemenata	2 meseca	600,000
Programer	3	VSS - Diplomirani inženjer računarske tehnike	Razvojem koda i odgovarajućih API-ja za povezivanje sa postojećim sistemima za radio-planiranje, upravljanje spektrom, portalom RATEL-a i drugi poslovi	6 meseci	10,800,000
Grafički dizajner	1	VSS ili SSS - Grafički dizajn	dizajn interfejsa i vizualizacija	2 meseca	288,000
Ukupno					25,368,000

22.2. TROŠKOVI ODRŽAVANJA WSDB NA GODIŠNJEM NIVOU

Oblast	Broj	Stručna sprema	Opis posla	Period angažovanja	Procenjeni bruto trošak angažovanja [RSD]
Programer	1	VSS diplomirani inženjer računarske tehnike	Održavanje WSDB	12 meseci	3,600,000
Programer	1	VSS diplomirani inženjer računarske tehnike	Održavanje interfejsa ka drugim platformama	12 meseci	3,600,000
Radio-planer	2	VSS Diplomirani inženjer / <i>master</i> telekomunikacija	Korekcija proračuna, modela i ostalih telekomunikacionih elemenata u WSDB u WSDB	12 meseci	7,200,000
Inženjer za mrežnu bezbednost i održavanje mreže	1	VSS Diplomirani inženjer / <i>master</i> telekomunikacija	Mrežna sigurnost i konektivnost	12 meseci	3,600,000
Ukupno					18,000,000

22.3. TROŠKOVI REALIZACIJE PILOT PROJEKTA TVWS SISTEMA U PERIODU OD 12 MESECI I U PETOGODIŠNJEM PERIODU

Aktivnost	Nabavna cena [RSD]	Napomena
Oprema za pilot projekat	2,000,000	Pilot projekat u trajanju od 12 meseci, 1 <i>master</i> uređaj i 5-10 korisničkih terminala
Održavanje na godišnjem nivou	500,000	Na godišnjem nivou, počev od isteka perioda od 12 meseci od početka pilot projekta. Ne uključuje angažman inženjera posebno namenjenog praćenju pilot projekta.
Tehnička podrška u prvoj godini rada	2,000,000	Uključuje tehničku podršku u prvoj godini rada i održavanje sistema.
Špedicija TVWS opreme	300,000	Špedicija opreme za pilot projekat
Ukupno za prvih 12 meseci rada	4,300,000	-
Ukupno u petogodišnjem periodu	6,300,000	-

22.4. PROCENA TROŠKOVA IMPLEMENTACIJE I ODRŽAVANJA TVWS U PERIODU OD 5 GODINA

Aktivnost		Nabavna cena [RSD]	Tehnička podrška (godine II-V) [RSD]	Održavanje (godine II-V) [RSD]	Napomena	Procenjeni ukupni trošak (godine I-V) [RSD]
Razvoj / nabavka WSDB	Samostalni razvoj WSDB u periodu od 12 meseci	25,368,000	-	$18,000,000 \times 4$	Razvoj u skladu sa Tab.16.1.1. Održavanje u skladu sa Tab.16.1.2	97,368,000
	Nabavka WSDB od trećih lica	7,000,000	$1,400,000 \times 4$	$18,000,000 \times 4$	Nabavka WSDB koja se integriše sa postojećim softverskim alatima i platformama u RATEL-u. Održavanje u skladu sa Tab.16.1.2	84,600,000

Studija izvodljivosti uvođenja White Space uređaja u UHF opsegu (između 470-790MHz)

Aktivnost	Nabavna cena [RSD]	Tehnička podrška (godine II-V) [RSD]	Održavanje (godine II-V) [RSD]	Napomena	Procenjeni ukupni trošak (godine I-V) [RSD]
Oprema za pilot projekat	4,300,000	500,000 × 4	Uključeno u tehničku podršku	Pilot projekat u trajanju od 12 meseci, 1 <i>master</i> uređaj i 5-10 korisničkih terminala. Nabavna cena uključuje angažman jednog inženjera u periodu instalacije, konfiguracije i održavanja sistema kao i troškove špedicije, shodno Tab.16.1.3. Cena održavanja je uključena u ukupnu cenu u slučaju da se pilot projekat produži na više od 12 meseci.	6,300,000
Kreiranje baze PMSE opreme	1,800,000	360,000 × 4	Uključeno u tehničku podršku	Podatke u bazu unose korisnici PMSE opreme preko portala.	3,240,000

Studija izvodljivosti uvođenja White Space uređaja u UHF opsegu (između 470-790MHz)

Aktivnost	Nabavna cena [RSD]	Tehnička podrška (godine II-V) [RSD]	Održavanje (godine II-V) [RSD]	Napomena	Procenjeni ukupni trošak (godine I-V) [RSD]
Trošak ažuriranja i provere postojećih sistema primarnih korisnika	399 × 15,000	-	20 × 15,000 × 4	Trošak privremeno snosi RATEL. Šire posmatrano, troškovi RATEL-a se nadoknađuju delom ili u potpunosti kroz odobrenja za rad TVWS sistema i mreža. Predviđena je kontrola na do 20 lokacija godišnje, u periodu od druge do pete godine od inicijalne provere.	7,185,000
Izrada pravilnika za TVWS	2,000,000	-	-	Izrada pravilnika bi se vršila interno u RATEL-u. U slučaju da postoji potreba da se angažuju saradnici izvan RATEL-a za izadu pravilnika, trošak je procenjen na 2 miliona dinara.	2,000,000
Popularizacija TVWS	3,000,000	-	1,500,000 × 4	Troškovi mogu značajno da variraju u zavisnosti od nivoa željene popularizacije.	9,000,000

Studija izvodljivosti uvođenja White Space uređaja u UHF opsegu (između 470-790MHz)

Aktivnost	Nabavna cena [RSD]	Tehnička podrška (godine II-V) [RSD]	Održavanje (godine II-V) [RSD]	Napomena	Procenjeni ukupni trošak (godine I-V) [RSD]
Potencijalna laboratorijska merenja kako bi se utvrdio uticaj konkretne TVWS opreme na prijemnike DTT signala i PMSE uređaja	20 × 150,000	-	5 × 150,000 × 4	Opremu doniraju zainteresovani proizvođači/vlasnici opreme tako da RATEL ne snosi trošak nabavke opreme. Merenja se vrše upotrebom postojeće RATEL-ove opreme. Troškovi variraju u zavisnosti od broja merenja što je moguće utvrditi tek po utvrđivanju zainteresovanosti proizvođača/vlasnika opreme. Minimalni skup merenja uključuje prijemnike DTT signala čiji je uvoz odobren i koji se nalaze u prodaji.	6,000,000
Procenjeni ukupni trošak (godine I-V) [RSD]				118,325,000 – 131,093,000	