

РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
АГЕНЦИЈА ЗА ЕЛЕКТРОНСКИ КОМУНИКАЦИИ



УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ ВО СКОПЈЕ
ФАКУЛТЕТ ЗА ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И
ИНФОРМАЦИСКИ ТЕХНОЛОГИИ



ИЗВЕШТАЈ

од прва мерна кампања
на работната група за изготвување на „LTE – насоки за воведување и
компатибилност со DVB-T и GSM900“

Јуни 2014

1. Вовед

За изготвување на насоките за воведување на LTE и овозможување компатибилност на LTE со DVB-T и GSM900 системите, со кои ќе се прецизираат условите за работа во соседни радиофреквенциски опсези на претходно спомнатите системи, формирана е работна група во која членуваат претставници од следните институции:

1. Факултет за електротехника и информациски технологии (ФЕИТ) – Скопје,
2. Агенција за електронски комуникации (АЕК),
3. ОНЕ - телекомуникациски услуги ДООЕЛ Скопје,
4. Друштво за комуникациски услуги ВИП Оператор ДООЕЛ Скопје,
5. Т-Мобиле Македонија АД Скопје.

Во рамките на активностите на формираната работна група, на 3.4.2014 година спроведена е прва мерна кампања во Скопје. Со мерната кампања беа направени иницијални мерења на влијанието на LTE базна станица која оперира во 800 MHz-ниот опсег врз квалитетот на прием на DVB-T сигнали кај приемен уред составен од ТВ приемник и надворешен сет-топ бокс. Основниот мотив е да се измери и воочи евентуалното негативно влијание на LTE врз DVB-T, во различни можни сценарија кои би се појавиле во блиска иднина при целосна имплементација на LTE системот на 800 MHz.

2. Локација на мерењата и карактеристики на предавателите

Иницијалните мерења беа направени во централното градско подрачје на Скопје. Мерната опрема беше инсталирана на врвот на зградата на Агенцијата за електронски комуникации со адреса Кеј Димитар Влахов бр. 21, Скопје, со географски координати 21°26'6.94"E и 41°59'47.38"N и надморска височина од 272м (248+24м).

LTE базната станица е лоцирана на врвот од зградата Соравија со следните координати: 21°26'8.08"E и 41°59'38.44"N и надморска височина од 305м (245+60м).

Експерименталниот DVB-T предавател беше поставен на 19-ти кат на зградата на ЈП Македонска радиодифузија со координати 21°26'41.55"E и 41°59'50.57"N и надморска височина од 309м (249+60м).

На Слика 1 е даден приказ на локациите на мерната опрема, базната станица и експерименталниот ТВ предавател.

Во рамките на иницијалната мерна кампања беа извршени мерења на влијанието на сигналот од LTE базната станица врз квалитетот на приемот на DVB-T сигналите од постоечките предавателни локации:

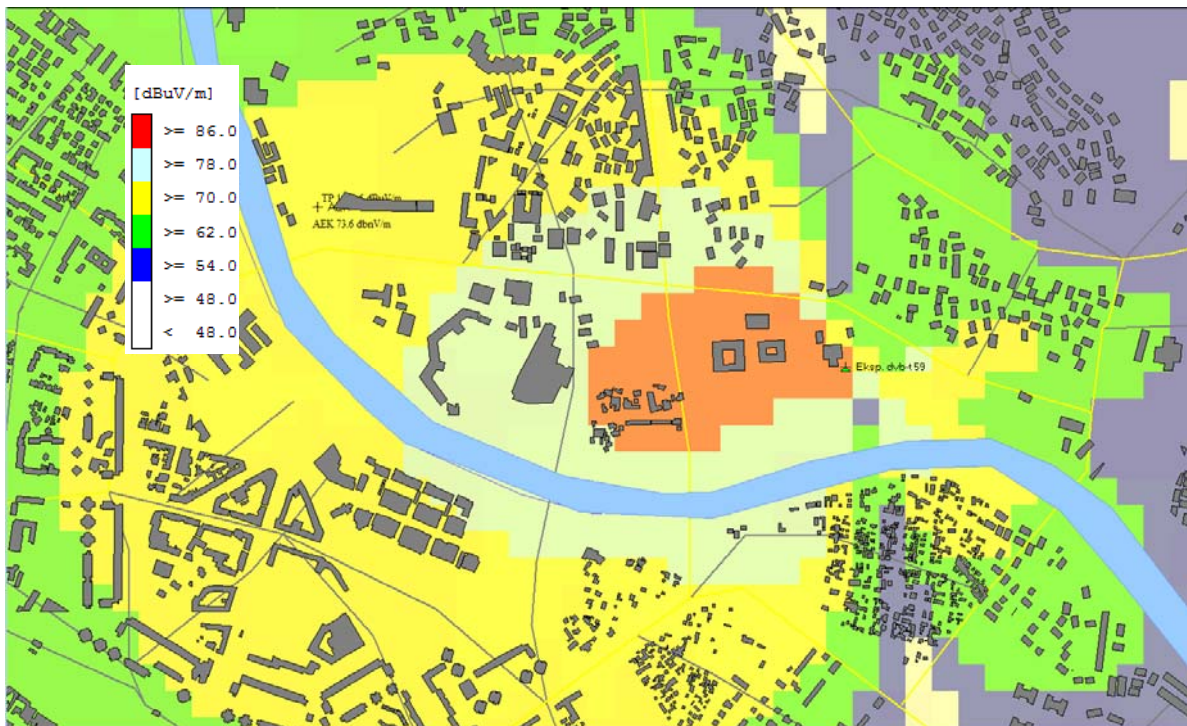
- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Водно Врв | 21° 23' 53.560" E и 41° 57' 55.090" N, |
| 2. Кисела Вода – покрив | 21° 26' 28.520" E и 41° 58' 49.760" N, |
| 3. Радишани | 21° 27' 39.600" E и 42° 04' 46.520" N, |
| 4. РТВ дом | 21° 26' 43.570" E и 41° 59' 49.330" N, |
| 5. Црн Врв | 21° 44' 18.320" E и 41° 51' 33.760" N. |

Деталните технички карактеристики на овие предаватели се дадени во делот 3.1 од овој Извештај, поточно во Табела 1.

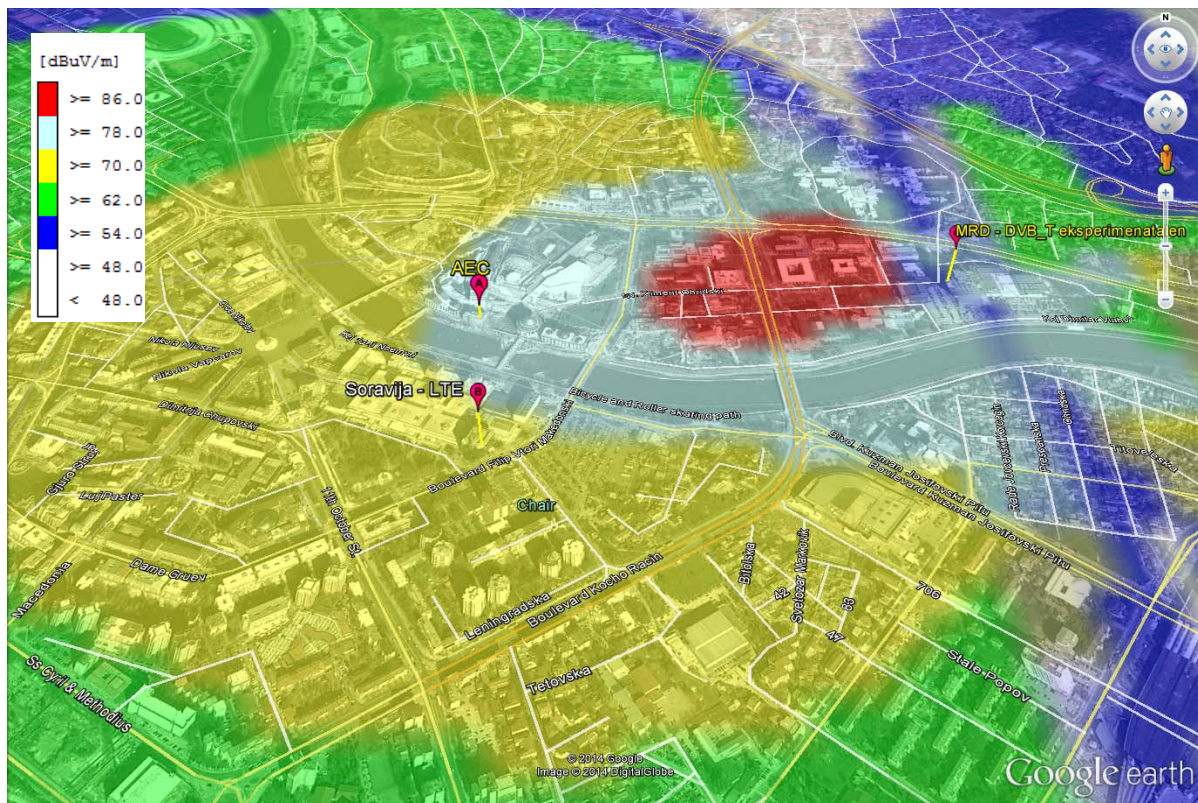


Слика 1 – Локации вклучени во мерењето (А – мерна опрема, В – LTE базна станица, С – експериментален DVB-T предавател)

Со цел да се овозможи валидација на вредностите кои се добиени во мерната кампања, најпрво е направена пресметка на јачината на применото поле од експерименталниот предавател. На следните две слики е дадена пресметаната сервисна зона на DVB-T предавателот при максимална излезна моќност на предавателот од 2 W, односно со $ERP = 7.402 \text{ dBW}$ и тоа: на Слика 2 користејќи го CHIRplus_BC [1] и на Слика 3 користејќи го Google Earth [2]. Пресметаното ниво на јачината на полето на приемната локација изнесува $73,6 \text{ dB}\mu\text{V/m}$, додека измерените вредности при различна ERP на експерименталниот предавател се дадени подолу во Табела 4.



Слика 2 – Пресметана сервисна зона на експерименталниот DVB-T предавател (CHIRplus_BC)



Слика 3 - Пресметана сервисна зона на експерименталниот DVB-T предавател (Google earth)

Пресметаната јачина на полето на мерната локација потврдува дека мерната локација треба да има квалитетен прием на ТВ сигнали ако се користи надворешно поставена антена.

3. Употребена опрема

За потребите на мерењето беше употребена опрема која може да се подели на две категории:

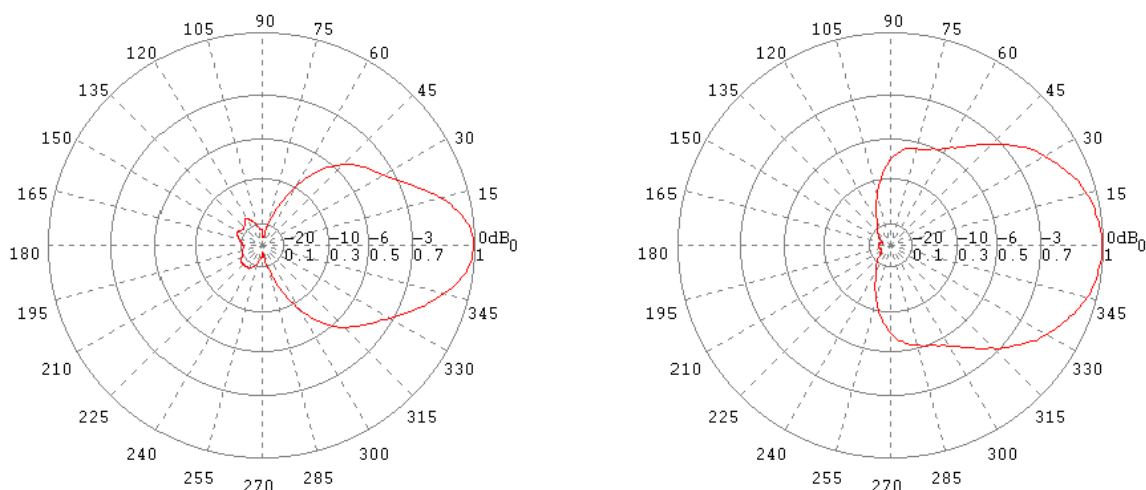
- предавателна опрема и
- мерна опрема.

3.1 Предавателна опрема

Како предавателна опрема, во првата мерна кампања се користеа:

1. DVB-T предавател (експериментален), ROHDE&SCHWARZ Low power DVB-T transmitter SLx 8000, Tx= 778 MHz, 64QAM, 2/3 code rate, MPEG-4, Pmax=2W, обезбеден од Alexander Technological Educational Institute of Thessaloniki, партнер во ORCA* проектот.
2. Video ENCODER, MPEG4-H.264, обезбеден од Alexander Technological Educational Institute of Thessaloniki, партнер во ORCA проектот.
3. Предавателна антена Iskra P20 Log-periodic со засилување од 6.54 dBi на 800 MHz и зрачна карактеристика дадена на Слика 4, обезбедена од ФЕИТ.

* Повеќе информации за ORCA проектот може да се најдат на <http://orca.feit.ukim.edu.mk>. ФЕИТ е партнер, додека АЕК е краен корисник во проектот финансиран од NATO преку SfP програмата.



Слика 4 – Зрачна карактеристика на предавателната антена (Е-рамнина: лево и Н-рамнина: десно)

4. Постоечки DVB-T предаватели кои работат во Single Frequency Network (SFN) мрежа чии технички податоци се дадени во следната табела:

Табела 1 – Карактеристики на DVB-T предаватели

Frequency (MHz)	Polarization	Channel	Company	Name Station	Coordinates	Effective Radiated Power (dBW)	Antenna Height	Direction	Gain (dBi)	Area Height	Modulation
778	H	59	Eksp.	РТВ дом	21° 26' 41.550" E 41° 59' 50.570" N	6.02	60 m	D	3	309 m	64-QAM
570	H	33	ОНЕ	Врв Водно	21° 23' 53.560" E 41° 57' 55.090" N	41.46	48 m	D	10.44	1.014 km	64-QAM
570	H	33	ОНЕ	Кисела Вода-покрив	21° 26' 28.520" E 41° 58' 49.760" N	13.01	62 m	D	4.12	246 m	64-QAM
570	H	33	ОНЕ	Радишани	21° 27' 39.600" E 42° 04' 46.520" N	40.32	35 m	D	11.29	435 m	64-QAM
722	H	52	ЈП МРД	Водно Врв	21° 23' 41.220" E 41° 57' 55.230" N	38.29	37 m	N	14.31	1.037 km	64-QAM
722	H	52	ЈП МРД	РТВ дом	21° 26' 43.570" E 41° 59' 49.330" N	33.50	110 m	N	13.51	246 m	64-QAM
722	H	52	ЈП МРД	Црн Врв	21° 44' 18.320" E 41° 51' 33.760" N	48.29	110 m	N	14.31	762 m	64-QAM

5. LTE базна станица која работи со следните технички карактеристики: F_UL=811MHz, F_DL=852MHz, Bandwidth=10MHz, No of RB=50, 64QAM, Max Power 20W, Antenna gain = 14dBi.

3.2 Мерна опрема

Мерната опрема беше обезбедена од ФЕИТ, ОНЕ и АЕК и е специфицирана во продолжение.

ФЕИТ учествуваше со следната мерна опрема:

- R&S FSH8 Handheld Spectrum Analyzer, up to 8 GHz,
- AOR DA5000 antenna, 700MHz - 3GHz,
- Schwarzbeck SBA 9113 antenna, 500MHz – 3 GHz.

АЕК учествуваше со следната мерна опрема:

- Мерен радио приемник NARDA IDA – 3106 со опсег од 9 KHz до 6 GHz,
- Рачна лог-периодична насочена приемна антена во радом, со опсег на прием од 400 MHz до 6 GHz, и засилување од 5 dBi,
- Логаритамска приемна антена (пасивна) со засилување од 7 dBi,
- ТВ приемник (аналоген).

ОНЕ учествуваше со следната мерна опрема:

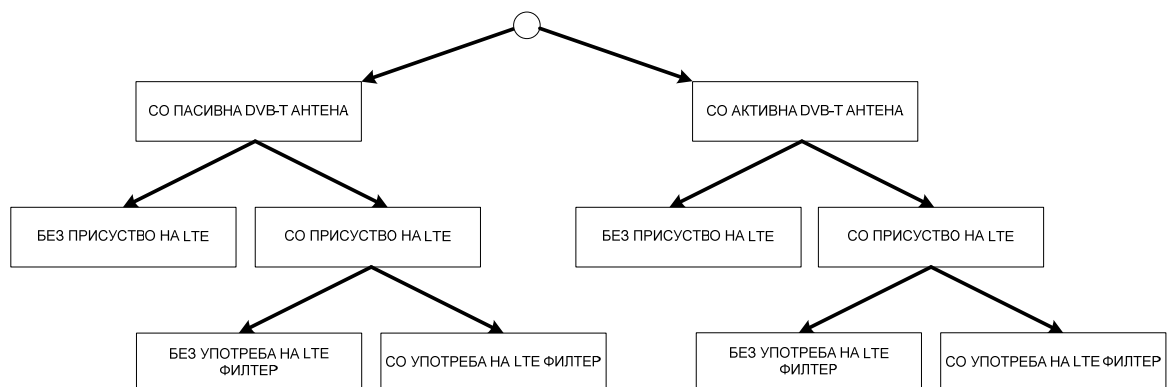
- DVB-T приемник (сет-топ бокс) SAGEM, model ITAD83 SD,
- DVB-T приемник (сет-топ бокс) STRONG model SRT 8042,
- DVB-T Analyzer, model 4T2 portable test set,
- Приемна логаритамска антена со вграден засилувач, модел Iskra P-2845 DTT/G со фреквенциски опсег од 470 – 862 MHz и добивка со засилувач од 25dBi,
- LTE филтер 790 – 862 MHz, со потиснување од 35 до 55 dB на каналите 61 до 69.

4. Мерни сценарија и резултати

Првата мерна кампања реализирана на 3.4.2014 опфати повеќе различни сценарија кои меѓусебно се разликуваат според:

- типот на употребената приемна антена,
- постоењето на интерференција од LTE базна станица при мерењето,
- типот на употребениот приемник за DVB-T сигнали (сет топ бокс-от),
- употребата на филтер при користење на приемна антена со вграден засилувач итн.

На Слика 5 се прикажани предвидените разгранувања на мерните сценарија според комбинацијата од услови при кои биле реализирани.



Слика 5 – Множество од предвидени мерни сценарија

Како што може да се види од сценаријата, целта на мерната кампања е да се провери дали има и колкаво е влијанието на LTE сигналите врз приемот на DVB-T

сигналите кај крајните корисници, во услови кога на приемната страна се употребува пасивна приемна антена или активна приемна антена со широкопојасен засилувач. Исто така, со мерните сценарија е предвидена анализа на приемниот сигнал кога на приемната активна антена ќе се поврзе т.н. LTE филтер, односно филтер со потиснување на опсегот од 790 до 862 MHz.

Дополнително, добиените резултати од мерењата се разликуваат според мерениот извор на DVB-T сигнали, т.е. дали истите се емитувани од

- ЛП МРД,
- ДИГИ ПЛУС МУЛТИМЕДИЈА,
- ОНЕ или од
- експериментален DVB-T предавател.

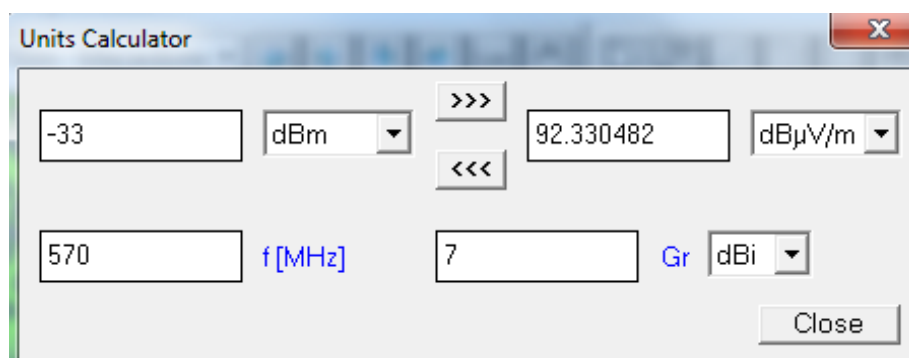
Како специјален случај на мерењето беше експериментирано со различна моќност на експерименталниот DVB-T предавател и соодветното влијание врз квалитетот на приемот на телевизиски сигнали на мерната локација.

Како референтна состојба пред вклучување на LTE базната станица, измерени се следните вредности (прикажани во Табела 2):

Табела 2 – Измерени нивоа на DVB-T сигналите без присуство на LTE

		Азимут на активна приемна антена 175,1° (кон зградата Соравија)		Забелешка
		STB SAGEM + антена со засилувач	Analyzer 4T2	
Канал	Измерено ниво	Bit-Error Rate	Bit-Error Rate	
33	-34 dBm (73,33 dBμV/m)	$4,3 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-3}$	Добра слика
52	-38 dBm (71,38 dBμV/m)	$4 \cdot 10^{-2}$	$3,3 \cdot 10^{-5}$	Добра слика
59 ERP = 7.4 dBW	-34 dBm (76,03 dBμV/m)	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	Добра слика

Претворањето на мерните резултати од dBm во dBμV/m е извршено со модулот CHIRplus_BC на софтверот на LS Telcom [1], прикажан на Слика 6.



Слика 6 - CHIRplus_BC модул за конверзија

Табелата со резултатите по различни мерни сценарија при постоење на LTE трансмисија е прикажана во продолжение (Табела 3). Мерењата се направени при постоечки LTE сигнал со измерено ниво од -33 dBm (88.23124 dBμV/m).

Табела 3 – Мерни резултати при употреба на пасивна и активна приемна антена

		СЦЕНАРИО СО ПАСИВНА АНТЕНА (G = 7 dBi)				СЦЕНАРИО СО АКТИВНА АНТЕНА (G=25 dBi)			
		СЕТ ТОП БОКС STRONG				СЕТ ТОП БОКС STRONG			
		Приемна антена кон Соравија 175,1°		Приемна антена кон МРД 85,7°		Приемна антена кон Соравија 175,1°		Приемна антена кон МРД 85,7°	
СН	Измерено ниво	Bit-Error Rate	Измерено ниво	Bit-Error Rate	Измерено ниво	Bit-Error Rate	Измерено ниво	Bit-Error Rate	
33	-34 dBm (73,33 dB μ V/m)	0 Добра слика			-34 dBm (90 dB μ V/m)	1,8*10 ⁻⁴ сликата замрзнува			
52	-38 dBm (71,38 dB μ V/m)	0 Добра слика			-40 dBm (69,38 dB μ V/m)	8,6*10 ⁻³ Комплетно замрзната слика			
59	Нема прием				СО И БЕЗ LTE ФИЛТЕР (LTE нема влијание)		СО И БЕЗ LTE ФИЛТЕР (LTE нема влијание)		
					-56 dBm (51,33 dB μ V/m)	1 нема слика	-36 dBm 74,03 dB μ V/m	4,3*10 ⁻⁴ Одлична слика	

Од резултатите прикажани во табелата може да се заклучи дека ако се користи пасивна приемна антена, тогаш нема деградација на квалитетот на сигналот, без разлика на релативната позиција на LTE базната станица во однос на насоченоста на приемната антена, што не е случај при користењето на активна антена. Всушност ако се користи активна приемна антена со широкопојасен засилувач за целиот UHF опсег (470 – 862 MHz), тогаш се јавува деградација на квалитетот на ТВ сигналот кога во насоката на приемната антена се наоѓа LTE базна станица.

Резултатите од мерењата во специјалниот случај кога се менува моќноста на експерименталниот DVB-T предавател се дадени во Табела 4.

Табела 4 – Мерни резултати при различна моќност на експерименталниот предавател

59 канал	СЦЕНАРИО СО АКТИВНА АНТЕНА (G=25 dBi), СЕТ ТОП БОКС STRONG							
	Приемна антена кон Соравија 175,1°				Приемна антена кон ЈП МРД 85,7°			
	без LTE филтер		со LTE филтер		без LTE филтер		со LTE филтер	
	Измерено ниво	Bit-Error Rate	Измерено ниво	Bit-Error Rate	Измерено ниво	Bit-Error Rate	Измерено ниво	Bit-Error Rate
Transmission Power = 2 W	Нема слика -56 dBm 54,03 dB μ V/m	Нема слика 1	Нема слика		Одлична слика -36 dBm 74,03 dB μ V/m	Одлична слика 4,3*10 ⁻⁴	Одлична слика -36 dBm 74,03 dB μ V/m	Одлична слика 4,3*10 ⁻⁴
Transmission Power = 1 W	Нема слика -59 dBm 51,03 dB μ V/m	Нема слика 1	Нема слика		Одлична слика -39 dBm 71,03 dB μ V/m	Одлична слика 8*10 ⁻⁴	Одлична слика -39 dBm 71,03 dB μ V/m	Одлична слика 8*10 ⁻⁴
Transmission Power = 10 mW	Нема слика -65 dBm 45,03 dB μ V/m	Нема слика 1	Нема слика		Одлична слика -44 dBm 66 dB μ V/m	Одлична слика	Одлична слика -44 dBm 66 dB μ V/m	Одлична слика
Transmission Power = 1 mW	Нема слика -64 dBm 46 dB μ V/m				Нема слика -53 dBm 56 dB μ V/m			

Од резултатите може да се заклучи дека ако се користи активна приемна антена со широкопојасен засилувач за целиот UHF опсег (470 – 862 MHz) и ако во насоката на приемната антена се наоѓа LTE базна станица и ако нивото на DVB-T сигналот е ниско, односно кога не е задоволен критериумот за заштитен однос даден во Табела 5 и Табела 6, тогаш деградацијата на квалитетот на ТВ сигналот не се надминува ниту со употреба на LTE филтер кој ги потиснува сигналите во опсегот 790 – 862 MHz.

Во испитувањето мора да се земе во предвид и препораката ITU-R BT.1368-9 [3] која го дефинира заштитниот однос на DVB-T приемот од LTE. Во Табела 5 даден е заштитниот однос на 8MHz канал на DVB-T сигнал (64-QAM со 2/3 code rate) кој прима интерференција од 10 MHz-ен LTE сигнал. Анализата е направена за 59-ти DVB-T канал и сигнал од LTE базна станица од опсегот 811-821 MHz. Разликата помеѓу централните фреквенции изнесува 33 MHz.

Табела 5 – Заштитен однос на DVB-T од LTE

Interferer offset N/(MHz)	Protection Ratio (dB) 50 th percentile	Protection Ratio (dB) 90 th percentile	Overloading threshold -O _{th} , (dBm) 10 th percentile	Overloading threshold -O _{th} , (dBm) 50 th percentile
1/(10 MHz)	-40 ... -30.5 ⁽¹⁾	-39.5... -20.5 ⁽¹⁾	-40.8 ⁽¹⁾ ... -10	-38 ⁽¹⁾ ... -2.5
2/(18 MHz)	-51 ... -27.5 ⁽¹⁾	-46 ... -21.5 ⁽¹⁾	-35.5 ⁽¹⁾ ... -8	-6 ⁽¹⁾ ... 1
3/(26 MHz)	-52 ... -30 ⁽¹⁾	-47 ... -24.5 ⁽¹⁾	-39 ⁽¹⁾ ... -6	-4.5 ⁽¹⁾ ... 2.5
4/(34 MHz)	-54.5 ... -32 ⁽¹⁾	-48 ... -28.5 ⁽¹⁾	-32.5 ⁽¹⁾ ... -9.5	-4.5 ⁽¹⁾ ... 4
5/(42 MHz)	-55 ... -37 ⁽¹⁾	-49.5 ... -32 ⁽¹⁾	-31.5 ⁽¹⁾ ... -9	-3 ⁽¹⁾ ... 5
6/(50 MHz)	-56.5 ... -44.5 ⁽¹⁾	-50 ... -35 ⁽¹⁾	-29 ⁽¹⁾ ... -8.5	-2 ⁽¹⁾ ... 4.5
7/(58 MHz)	-56.5 ... -52 ⁽¹⁾	-52 ... -37 ⁽¹⁾	-28 ⁽¹⁾ ... -8	-1 ⁽¹⁾ ... 5
8/(66 MHz)	-56.5 ... -53 ⁽¹⁾	-52.5 ... -38.5 ⁽¹⁾	-26 ⁽¹⁾ ... -7	-1.5 ⁽¹⁾ ... 5.5
9/(74 MHz)	-56.5 ... -53 ⁽¹⁾	-53 ... -40 ⁽¹⁾	-25 ⁽¹⁾ ... -6	-1.5 ⁽¹⁾ ... 5.5

⁽¹⁾ The value is for the 0% BS traffic load case and is based on a limited number of measurements (6 tuners).

Дефинициите на параметрите Protection Ratio (PR) и Overloading threshold (O_{th}) според ITU терминологијата (во изворна форма) се дадени во продолжение:

- **Protection ratio (PR):** It is the minimum value of the signal-to-interference ratio required to obtain a specified reception quality under specified conditions at the receiver input. Usually, PR is specified as a function of the frequency offset between the wanted and interfering signals over a wide frequency range.
- **Overloading threshold (O_{th}):** Receiver (front-end) overloading threshold (O_{th}) is the interfering signal level expressed in dBm, above which the receiver begins to lose its ability to discriminate against interfering signals at frequencies differing from that of the wanted signal (i.e., the onset of strong non-linear behavior). Therefore, above the overloading threshold the receiver will behave in a non-linear way, but does not necessarily fail immediately depending on the receiver and interference characteristics.

Дополнително, во Табела 6 е дадена средна вредност на предвидениот заштитен однос според ITU-R BT.2033 препораката [4].

Табела 6 – Средна вредност на заштитен однос

Channel offset N (8 MHz channels)	Centre frequency offset (MHz)	LTE BS		LTE UE	
		PR (dB)	O _{th} (dBm)	Corrected PR (dB)	O _{th} (dBm)
Co-channel (AWGN)	0	19	–	19	–
Co-channel (LTE)	0	19	–	19	–
1	10	–25	–16	–6	–30
2	18	–33	–12	–13	–11
3	26	–36	–11	–28	–10
4	34	–40	–13	–37	–20
5	42	–43	–11	–38	–10
6	50	–46	–11	–40	–9
7	58	–47	–11	–42	–9
8	66	–46	–11	–43	–10
9	74	–46	–10	–44	–10

Во анализата на резултатите и при донесувањето на заклучоците во овој Извештај, правена е споредба на измерениот заштитен однос при секое сценарио со вредностите дефинирани во Табела 5 и Табела 6. Споредбата на одерени сценарија покажува дека во поедини случаи постои задоволителен заштитен однос и добра слика, додека во некои сценарија нема задоволителен заштитен однос и се покажува слаб квалитет на приемот.

5. Заклучок

Врз основа на добиените резултати од првата мерна кампања, работната група ги донесе следните заклучоци:

- 1) Ако се користи пасивна приемна антена, тогаш нема деградација на квалитетот на сигналот, без разлика на релативната позиција на LTE базната станица во однос на насоченоста на приемната антена.
- 2) Ако се користи активна приемна антена со широкопојасен засилувач за целиот UHF опсег (470 – 862 MHz), тогаш се јавува деградација на квалитетот на ТВ сигналот кога во насоката на приемната антена се наоѓа LTE базна станица.
- 3) Ако се користи активна приемна антена со широкопојасен засилувач за целиот UHF опсег (470 – 862 MHz) и ако во насоката на приемната антена се наоѓа LTE базна станица и ако нивото на DVB-T сигналот е ниско, односно кога не е задоволен критериумот за заштитен однос даден во Табела 5 и Табела 6, тогаш деградацијата на квалитетот на ТВ сигналот не се надминува ниту со употреба на LTE филтер кој ги потиснува сигналите во опсегот 790 – 862 MHz.

Заклучоците донесени врз основа на првата мерна кампања се недоволни за донесување на финални препораки во однос на употреба на приемна опрема. За изготвување на насоките за воведување на LTE и овозможување компатибилност на LTE системите со DVB-T и GSM900 системите, во кои ќе бидат дадени и препораки во однос на приемната телевизиска опрема, работната група донесе заклучок дека треба да се извршат дополнителни мерења и дополнителни анализи.

6. Референци

- [1] <http://www.lstelcom.com>
- [2] <http://www.google.com/earth/>
- [3] http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.1368-9-201112-S!!PDF-E.pdf
- [4] http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.2033-0-201301-I!!PDF-E.pdf

Изготвил:

проф. д-р Лилјана Гавриловска, ФЕИТ
Билјана Илиева, АЕК
доц. д-р Перо Латкоски, ФЕИТ
доц. д-р Владимир Атанасовски, ФЕИТ