



Висше училище по телекомуникации и пощи - София

Факултет “Телекомуникации и мениджмънт”

Катедра “Информационни технологии”

маг. Тодор Господинов

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ
ЗА ПРЕНОС И УПРАВЛЕНИЕ НА ДАННИ
ПРИ КРИЗИ В РБ**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд
за придобиване на образователна и научна степен “доктор”

Област на висше образование: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.3. Комуникационна и компютърна техника

Докторска програма: Теоретични основи на комуникационната техника

София, 2026 г.



Висше училище по телекомуникации и пощи - София

Факултет “Телекомуникации и мениджмънт”

Катедра “Информационни технологии”

маг. Тодор Господинов Господинов

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ
ЗА ПРЕНОС И УПРАВЛЕНИЕ НА ДАННИ
ПРИ КРИЗИ В РБ**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд
за придобиване на образователна и научна степен “доктор” по
професионално направление: 5.3. Комуникационна и компютърна
техника. Докторска програма: Теоретични основи на комуникационната
техника

Научни ръководители:

проф. д-р инж. Станимир Садинов

доц. д-р инж. Александър Ценов

Рецензенти:

Дисертационният труд е обсъден на заседание на разширен катедрен съвет на катедра „Информационни технологии“ във Висше училище по телекомуникации и пощи на 2.12.2025 г.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 10.03.2026 г. от 11:00 часа в зала 316 във Висше училище по телекомуникации и пощи – на заседание на научно жури. Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на катедра „Информационни технологии“ и „Учебен отдел“.

Автор: маг. Тодор Господинов

Оформление и предпечатна подготовка: маг. Тодор Господинов

Заглавие: Изследване на възможностите за пренос и управление на данни при кризи в РБ

Тираж: 15 бр.

гр. София, 2026 г.

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

В настоящата дисертация са изследвани актуалните проблеми, свързани с невоенни кризи, които според цитираните официални проучвания се увеличават, както като брой събития, така и като щети от тях, а покритието на държавите със системи за ранно предупреждение е разширено средно с 30 на сто. Широкото проникване на мобилните комуникации и новите начини за оповестяване чрез системата BG-alert, eCall и Advanced mobile location осигуряват големи възможности, но не са застраховани от повреди затова трябва баланс между комерсиалните мобилни мрежи и осигуряването на връзка при извънредни обстоятелства. Необходими са ресурси за осигуряване и развитие на сигурни комуникации между специализираните звена за реакция при кризи и оповестяване на всички в засегнатия района, както и алтернативи за връзка на регионално ниво при отказ на мрежите с национален обхват.

Предмет на изследване

Предмет на изследване в дисертационния труд са различните процеси свързани с предаване, приемане и синхронизация по въздушната среда, както и зависимостите на всички параметри свързани и осигуряващи необходимото обслужване чрез гласови и текстови съобщения през мобилните клетъчни мрежи.

Обект на изследване

Обект на дисертационния труд се явяват съвременните мобилни комуникации и тяхното прилагане в условията на бедствия, аварии и кризи с цел осигуряване на бързо и своевременно оповестяване на населението.

Цел на изследването

Цел на изследването е създаване на методологии от процедури свързани с осигуряване на ефективност при експлоатация на мобилни клетъчни мрежи в условията на инциденти, природни бедствия, осигуряващи ранно оповестяване и предупреждение на населението при критични условия. Също да се представят и изследват процесите на радиопокрытие и възможностите за ранно оповестяване и предупреждение на населението като за целта са синтезирани симулационни модели и са проведени практически експерименти които да доведат до възможности за по-добро обслужване в мобилните клетъчни мрежи в условия на криза.

Значимост в сферата на „Комуникационната и компютърна техника“

Разработени са алгоритми, свързани с въвеждане на параметрите на сигнала, обработка и извеждането на резултати при реализация на моделиране и изследване на моделът за WCDMA Spreading and Modulation и алгоритъм за реализация на оптимизационни задачи, чрез провеждане на различни сценарии на изследване на базата на синтезирания симулационен модел. Те могат да бъдат използвани за подобряване на комуникациите в райони с ниска плътност на радиосигнала.

Приложна новост

Моделите и алгоритмите представени в дисертацията, може да се приложат за подобряване на покритието и качеството на сигнала в определени рискови райони и за превенция на прекъсванията на комуникациите по време на криза.

Приложение на изследванията може да има за повишаване на устойчивостта комуникациите като инфраструктура и допринасят за намаляване на уязвимостите в публичните комуникации.

Моделите са адаптивни към различни сценарии на държавни и други институционални структури. Методологиите и моделите в дисертацията са гъвкави

и могат да се приложат успешно в различни по мащаб и сложност мобилни радиомрежи.

Практическа полезност

Получените практически симулационни резултати по модела WCDMA са анализирани и могат да послужат като демонстрационни и за други подобни случаи, чрез които да се приложат извънредни условия на кризи и бедствия при експлоатацията и използването на мобилни мрежи.

Приложение на изводите може да има и за обучение и осведоменост на заинтересованите държавни и общински служители. Събраните методи, данни и синтезираните модели и алгоритми могат да се използват за повишаване на осведомеността и обучението на служителите в ресорните администрации.

Направените анализ и изводи предпоставят необходимостта от задълбочаване на проучванията по темата, а също така и разширяването на обхвата на наблюденията. Предвид това че темата е свързана с кризисни ситуации или потенциални такива наложително е също и дефинирането на адекватни общи и специфични мерки за разрешаването им.

Апробация на резултатите

Основните резултати от изследванията проведени в дисертация труд са публикувани, представени и защитени пред международната научна общност с участие с доклад в “TELECOMMUNICATIONS, INFORMATICS, ENERGY AND MANAGEMENT” – TIEM 2023” на Висшето училище по телекомуникации и пощи в партньорство с Bandırma Onyedi Eylül University, Bayburt University и Universiti Putra Malaysia през 2023 г., както и в Годишник на Висшето училище по телекомуникации и пощи, т.VIII и т.IX и Студентска и докторантска научна сесия на ВУТП проведена в София през 2024.

Структурата на дисертационния труд

Структурата на съдържанието се състои от въведение, пет глави, основни приноси, списък на публикациите по темата на дисертацията, литература, приложения и речник на съкращенията. Общият обем на дисертацията е 158 страници, от които 3 са речник на съкращенията. Номерацията на фигурите, таблиците и формулите в автореферата съвпада със съответната номерация в дисертацията.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1. СЪСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМИ ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕ НА МОБИЛНИ РАДИОКОМУНИКАЦИИ В УСЛОВИЯ НА БЕДСТВИЯ И КРИЗИ

В първа глава е проведено задълбочено проучване на технологиите, състоянието и използването на телекомуникациите и на базата на това е установено че технологиите подобряват комуникациите, но генерират и нови техногенни проблеми.

1.1 Технологично развитие, структура, параметри и характеристики на мобилни клетъчни мрежи.

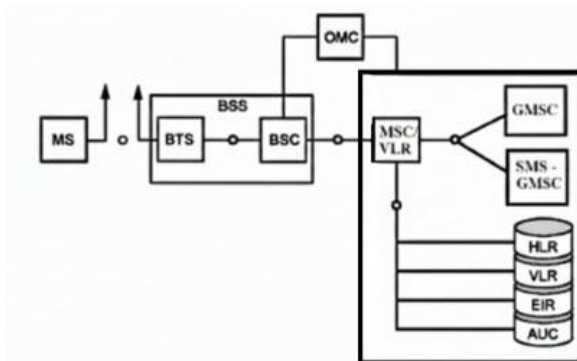
Мобилни комуникации (мобилна телефония) е използването на телекомуникации в мобилните телефонни мрежи. Условно се разделят на поколения, означавани с цифра и „G“ – 1G, 2G, 3G, 4G, 5G (G от англ. Generation – поколение). Инфраструктурата на мобилните оператори се състои в създаването на клетъчна мрежа от частично застъпващи се зони на радиообхват, наречени клетки. Мобилните телефони се произвеждат за работа в следните диапазони от честоти: 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz, за 4G – 2100 MHz, 2600 MHz, 2800 MHz и за 5G 3500–3800 MHz.

Структура на GSM мрежа (2G)

Елементите изграждащи обществената наземна мобилна мрежа (PLMN – Public Land Mobile Network) може най-общо да се разделят на следните части:

- Мрежа за достъп (BSS – Base Station System)
- Комутационна система – опорна мрежа (SS – Switching System)
- Център за експлоатация и поддръжка (OMC – Operation and Maintenance Centre)

На фиг. 1.1 е изобразена структурата на GSM мрежа.



Фиг. 1.1. Структура на GSM мрежа

Мрежата за достъп се състои от три основни елемента – мобилна станция (MS – Mobile Station), базова станция (BTS – Base Transceiver Station) и контролер на базови станции (BSC – Base Station Controller)[1]

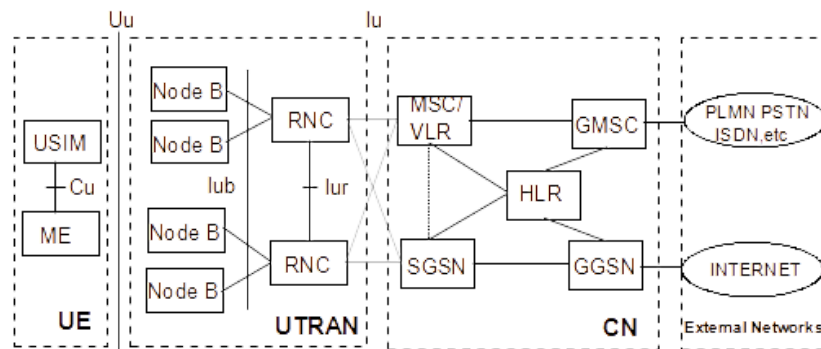
Информацията за реч, данни и служебна в GSM мрежата се предава по т. нар. логически канали, във всеки от които се реализира определена логическа (комуникационна) операция. Те не трябва да се бъркат с физическите комуникационни канали, напр. честотните. В GSM мрежата има два типа логически канали – трафични и сигнални.

Архитектура на клетъчна мрежа от трето поколение(3G)

Клетъчните мрежи от третото поколение UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) използват технологията WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) за достъп по радио интерфейса. Те имат структура включваща мрежа за достъп, наречена „RAN” (Radio Access Network) и опорна мрежа - „CN” (Core Network). Мрежата за достъп изпълнява всички функции свързани с радио интерфейса. Опорната мрежа изпълнява функциите по комутацията на гласовите обаждания, както и функциите по трансфер на предаваните данни. Логически опорната мрежа се разделя на две части:

- CS Domain – Опорна мрежа с канална комутация;
- PS Domain – Опорна мрежа с комутация на пакети данни.

Мобилното устройство на потребителя „UE” (User Equipment), мрежата за достъп (RAN) и опорната мрежа, образуват UMTS системата, чиято структура е показана на фиг. 1.4.



Фиг. 1.4. Архитектура на клетъчна мрежа от трето поколение [3]

4G клетъчни мрежи

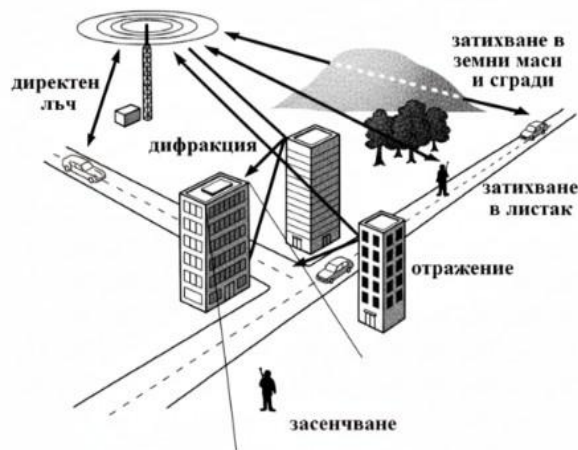
За да бъдат класифицирани като 4G, телекомуникационните мрежи трябва да могат да гарантират максимална скорост от 100 мегабита в секунда, когато се използват от движещи се потребители. Когато се използват от неподвижно устройство, скоростта им трябва да бъде един гигабит в секунда. По време на утвърждаването на стандарта 4G по-голямата част от съществуващата инфраструктура обаче не можеше да позволи достигането на подобни скорости. Това наложи търсенето на начини, по които установените скорости все пак да могат да бъдат постигнати на практика. Един от тези начини се нарича LTE. LTE идва от английското словосъчетание Long Term Evolution – „Еволюция в дългосрочен план“. LTE е по-скоро технология, която трябва да направи възможно достигането на 4G скорости, а не отделен стандарт. На практика, ако с помощта на LTE дадена мрежа достигне 4G скорости, то тази мрежа може да бъде наречена 4G мрежа.[5]

5G клетъчни мрежи

Системата 5G може да бъде представена като „мрежа от мрежи“. Безпроблемното интегриране на множеството въздушни интерфейси, протоколи и честотни ленти изисква промяна на парадигмата по начин, по който мрежите си съдействат и взаимно се допълват, за да доставят скорост на данните от няколко гигабайта за секунда с латентност от точка до точка в порядъкът от няколко милисекунди. Петото поколение мобилни системи се различава от предходните трето и четвърто поколения по това, че представлява хетерогенна мрежа, интегрираща в себе си 4G, WiFi и други безжични технологии. То обединява облачна инфраструктура, виртуализирано мрежово ядро, интелигентни крайни услуги и дистрибутивен модел с висока изчислителна мощност, предвиден за пренос на данни, генерирани от милиарди мобилни устройства, машини и сензори. [6]

1.2. Основни проблеми при разпространение на сигналите в мобилните комуникации

В градската комуникационна среда се наблюдават различни процеси, влияещи на разпространението на сигнала, който мобилната станция получава от базовата и обратно. Най-важните проблеми, които влияят на разпространението на радио сигналите в градска среда, са дадени на фиг. 1.6 - **отражения** от земната повърхност и сградите, **дифракция** при преминаване близо до препятствия, **разсейване** от грапави повърхности, **затихване** в почва, сгради, зеленина и др. [7].



Фиг. 1.6. Проблеми при разпространение на сигнала в сложна градска среда [7]

Наличието на един и повече отразени сигнали почти сигурно означава поява на **интерференция** с основния лъч и наблюдаване на интерференчна картина от редуващи се минимума и максимуми - „**фадинг**“.

При своето разпространение в градска или извънградска среда, комуникационният сигнал може да стигне до препятствия (сгради, хълмове, дървета, превозни средства и др.) и да претърпи дифракция. **Засенчването** е основната причина за „бавния фадинг“. Това е относително слаба пространствена вариация на сигнала (4-10 dB от максимум до минимум) с типично разстояние между максимумите, сравнимо с размера на теренните препятствия -10-100 m. Бавният фадинг може и да не бъде забелязан, ако средата е равнинна и извън населено място.

Многолъчевостта е неизбежна в градска среда и има, както положителен, така и отрицателен ефект върху комуникационния процес. Например има съвременни комуникационни мрежи (мобилният WiMAX), където многолъчевостта се използва за повишаване на скоростта на предаване на данните чрез MIMO технология (Multiple Input, Multiple Output)[9]. В мобилна мрежа обаче натрупването на много пътища, по които даден сигнал се разпространява, води до статистическо поведение на характеристиките на комуникационния канал. То се изразява освен с вероятностни ефекти при бавния и бързия фадинг, така и със случайни закъснения при приемане на серия многолъчеви сигнали и случайни честотни модуляции, дължащи се на Доплеровия ефект при бързи движения.

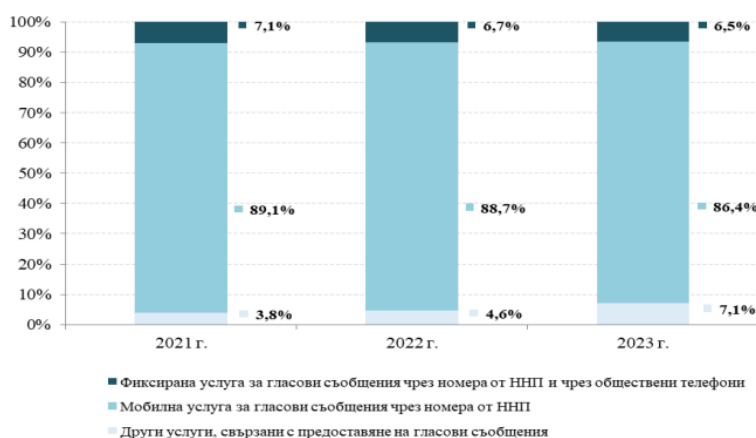
1.3. Модели на мобилни среди

Проблемите при разпространение на сигналите в мобилните комуникации са едно, но как инженерите извършват точни анализи на покритието в клетъчната мрежа и осигуряване на качество на услугите, е съвсем друго нещо. За това се говори за модели на мобилните радиоканали. Има три типа модели: емпирични, лъчеви и статистически. При емпиричните модели се ползват приближени формули за затихването, получени след обработка на голямо количество експериментални данни (например най-известният модел на Okumura-Hata е получен след огромно количество измервания в продължение на 5 години в Токио)[76]. Основните параметри в такъв модел са малко: честота, разстояние до BS, височина на антените и тип на средата (градска или плътна градска среда, покрайнини и равнини). Днес по-разпространено е проектирането чрез софтуерно симулиране на радиоканалите по метода на лъчевото трасиране (ray tracing). Моделът се базира на законите на физичната оптика: отражения от стени, дифракции от остри ръбове, меко

разсейване, поглъщане в бетонни стени и някои други ефекти, вградени в симулатора.

1.4 Проникване на основните видове телекомуникационни технологии в България за 2023

Обществените електронни услуги са изградени основно от фиксирани и мобилни услуги за гласови съобщения и интернет, но се предлагат и услуги, предоставяни чрез негеографски номера от обхват "90", услуги за гласови съобщения, предоставяни чрез спътникови системи и др. Важно е да се отбележи, че основният дял (86,4%) в структурата на целия сегмент на пренос на гласови съобщения се формира от приходите от мобилната гласова услуга. През 2023 година абонатите на фиксирани услуги са били 592 889, а на мобилни 8 014 473, сочат данните от Годишният доклад на КРС за 2023 година.[10] На фиг. 1.13 е показано съотношението на мобилни и фиксирани услуги по години.



Фиг. 1.13 Структура на видовете персонални гласови съобщителни услуги. [10]

През 2023 г. общият брой на абонатите, използващи услуги за мобилен достъп до интернет достига 7,202 млн. с ръст от 2,8%. Делът на абонатите на мобилен достъп до интернет чрез LTE в общия брой абонати на мобилен достъп до интернет е 70,7%, Потреблението на услугата също е увеличено съществено спрямо 2022. Общият трафик в 5G мрежи през 2023 г. е нараснал над 4 пъти спрямо данните за 2022 г., а изчисленият среден месечен трафик в 5G мрежи, генериран от един абонат, е нараснал почти двойно, достигайки 16,8 GB през 2023 г.

1.5 Отчитане наличието на кризи и бедствия през последните години и тяхната специфика.

Предаването на съобщения остава един от най-важните процеси за формирането и развитието на човешката цивилизация вече хиляди години. Информацията, която се обменя при комуникация има различна стойност и важност в зависимост от ситуацията в която се случва това.

Изпращането на данни при криза естествено предизвиква по-голям интерес за проучване, защото точно в ситуации на нестабилност осигуряването на свързаност и обмяна на информация може да е решаващо.

Определението за криза в Закона за защита при бедствия гласа: “Бедствие е значително нарушаване на нормалното функциониране на обществото, предизвикано от природни явления и/или от човешка дейност и водещо до негативни последици за живота или здравето на населението, имуществото, икономиката и за околната среда, предотвратяването, овладяването и преодоляването на което надхвърля капацитета на системата за обслужване на обичайните дейности по защита на обществото.” [17]

Тук е мястото също да се добави, че в това проучване ще бъдат взети под внимание само аспектите свързани с невоенни кризи, като за останалата част от тези ситуации на дисбаланс, следва да се обследват и да бъдат обект на друга разработка, заради опасността от значителното разрастване на темата и поради различните първопричини за една такава криза.

Кризисни събития в света за периода от 2005 до 2023

В годишния си "Доклад за състоянието на глобалния климат" [23] Метеорологичната агенция на ООН заяви, че 2023 г. е годината, в която бяха "счупени" всички рекорди, свързани с нивата на парникови газове, температури на повърхността, топлина и киселинност на океана, покачване на морското равнище, ледовете на Антарктида и топенето на ледниците. Според документът това предизвиква екстремни природни катаклизми и бедствия с големи мащаби, влияещи директно върху живота и съществуването на хората.

През периода от 2013 до 2022 година броят на хората, засегнати от бедствия се е увеличил с повече от 130 милиона в световен мащаб. Това сочи доклад на Службата на ООН за намаляване на риска от бедствия, която беше създадена през декември 1999 г. [24]

Кризисни събития в България за периода от 2010 до 2022

Предпоставката за това изследване са кризисните събития в България, като първоначални данни представени тук са част от данните на Националния статистически институт (НСИ) предоставена от годишни отчети от общинските администрации и са допълнени с данни от други изследвания на НСИ и административни източници за 12 години - от 2010 до 2020 години [25], както и през следващите две години - 2021 и 2022 г.[26]. Източник на данните за свлачищата е МРРБ, за пожарите - ГДПБЗН на МВР, за пътнотранспортните аварии (инциденти) - МВР, за железопътните аварии (произшествия) - НКЖИ, за въздухоплавателните и воднотранспортни аварии (инциденти) - НБРПВВЖТ. Данните в статистиката за "вирусно заболяване" включват данни само за пандемията от COVID-19 и за смъртността от COVID-19 (U07). В графата "социални или икономически кризи" е добавено 1 събитие, свързано с хуманитарната криза породена от военните действия в Украйна. Броят на бедствията и кризисните събития станали в България от 2010 до 2020 г. са представени във вид на графика на фиг.1.18.



Фиг.1.18 Графика на броя на бедствията и кризисните събития в България от 2010 до 2020 г.[25]

Обобщените данни за бедствията и кризисните събития показват, че максималните стойности за 2011 и 2012 година се дължат основно на големия брой пожари, съответно 2185 и 3010 и катастрофи с МПС - 5218 и 5858 станали през периода. През 2011 година има отчетени висок брой бедствени събития и значителни щети (8268), а през 2012 те са още по-голям брой - 10826, но щетите са значително по-малко от преходната година съответно и 487 и 106 млн. лева.

Тенденциите свързани с кризисните събития у нас през 2021 и 2022 година продължават да бележат рекордни стойности, тъй като през първата от тези години

имаше реална епидемична обстановка и много висока смъртност. Лесно може да се определи съотношението между 14008 събития за 2021, като само 12914 са техногенни, а за 2022 година те са били съответно 14 686 към 13597 (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Категории събития	2021			2022		
	Събития (опасности)	Загинали лица	Пострадали лица	Събития (опасности)	Загинали лица	Пострадали лица
Общо	14008	28350	7960	14686	9689	8731
Биологични	1	27588	.	2	8993	.
Геофизични	90	0	0	74	0	0
Други бедствия	42	0	0	28	0	0
Климатоложки	699	2	11	838	4	9
Метеорологични	182	0	0	78	0	0
Техногенни	12914	760	7904	13597	692	8722
Хидроложки	80	0	45	69	0	0

Таблица 1.8 Брой и видове кризисни събития у нас през 2021 и 2022 година

Анализът на данните по области показва, че има непропорционално разпределение на бедствията и кризисните събития по области в зависимост от това влиянието на човешкия фактор и метеорологичните условия. Например област Благоевград отчита 11 геофизични, 52 климатоложки и 6 хидроложки събития за 2021. Съответно в първите пет по брой от тези три вида кризисни събития са още областите Кърджали - 28, 11 и 39, Пловдив 1, 118 и 3, Пазарджик 2, 37 и 4, както и Хасково без геофизични, но с 50 климатоложки и 3 хидроложки. За 2022 година първите пет области по показателите за тези събития са - Бургас (1 геофизични, 47 климатоложки и 7 хидроложки), Благоевград - (4 геофизични, 35 климатоложки и 12 хидроложки), Враца (0 геофизични, 61 климатоложки и 1 хидроложки), Пловдив (3 геофизични, 77 климатоложки и 7 хидроложки) и София област (6 геофизични, 46 климатоложки и 2 хидроложки).

Перник има повече загинали при техногенни кризи за 2021 (59) от Пловдив (51) и по-малко от София-град (75). За 2022 година тази негативна класация за починали при аварии и катастрофи е следната: София (77), (55) и Варна (39).

1.6 Анализ и изводи към Първа глава

- Мобилната мрежа е сложна структура и нейното добро познаване е от съществено значение при проектирането, изграждането и експлоатацията на мрежата;
- Изготвянето на коректен честотен план е от много голяма важност за качеството на обслужване в мрежата, защото той до голяма степен определя нивото на интерференция;
- При планирането на покритието основната задача е да се намери компромис между големината на обхвата на радиопокрытие на базовите станции и трафикния капацитет на мрежата;
- Трафикът и праговите стойности за покритие се разглеждат като глобални параметри, защото оказват влияние едновременно върху покритието, капацитета и качеството;
- Височината на антената силно влияе върху границите на покритие от една клетка, а следователно и върху максималното използване на честотите (т.е. върху капацитета).

- От анализа на данните може да се направят изводи, че някои видове бедствия, като геофизични, техногенни и биологични са с по-силно разрушително и смъртоносно въздействие, а също има и области в държавата, където се наблюдава повтораемост, заради особености в географското разположение или климата - Благоевград, Хасково, Бургас и София област могат да бъдат дадени като пример. Това предполага, насочването на ресурси за осигуряване и развитие на сигурни комуникации между специализираните звена за реакция при кризи, оповестяване на всички в засегнатия района, както и алтернативи за телекомуникация на регионално ниво при отказ на мрежите с национален обхват.

ГЛАВА 2. МЕТОДИ И НАЧИНИ ЗА РЕГИСТРИРАНЕ И ОПОВЕСТЯВАНЕ НА НАСЕЛЕНИЕТО ПРИ БЕДСТВИЯ И АВАРИИ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННИ МРЕЖИ И СИСТЕМИ

Развитието на човешката цивилизация се случва на базата на технологиите, като те решават и много задачи свързани с кризите, но с напредването им се създават предпоставки за възникването на нови, като кибератаки и сризове на телекомуникациите, заради свръхнатоварване на мобилните мрежи, например. От друга страна човешката дейност, който е в основата на технологиите води до все по-голямо и разрушително въздействие върху природата, а това предизвиква нови кризи, сред които природни бедствия и аварии.

2.1 Организация на предаването на данни при кризи. Съществуващи методи и начини за регистриране и оповестяване на населението при бедствия и аварии.

Организация на комуникациите при кризи в България

Националната система за управление при бедствия е регламентирана в Закона за защита при бедствия, а защитата при бедствия се осъществява на национално, областно и общинско ниво. Областните управители организират и координират управлението на бедствия в региона, подпомагани от Областните съвети за намаляване на риска от бедствия. Кметовете организират и ръководят защитата при бедствия в рамките на общините, подпомагани от Общинския съвет за намаляване на риска от бедствия.

2.2 Видове комуникационни канали при бедствия в България

Изпращане на съобщения до всички в обхвата на клетката (SMS-CB) Cell broadcast

Услугата SMS-CB е технология, която допълва съществуващите системи за ранно оповестяване като сиренните системи. Методът за изпращане на съобщения (Cell Broadcast) не се влияе от натоварването на мобилната мрежа, от забрани свързани с нива на достъп и наличие на SIM карти, поддържа се от всички мобилни телефони, което го прави идеалното решение за оповестяване на населението при спешни случаи в дадена територия. Изпращат се съобщения до всички в обхвата на клетката 2G, 3G, 4G/LTE и 5G мрежи в предварително зададена територия (гео-ограда).

Приоритетни настройки на системата

Приоритетните настройки, които се правят за изпращане на съобщение са:

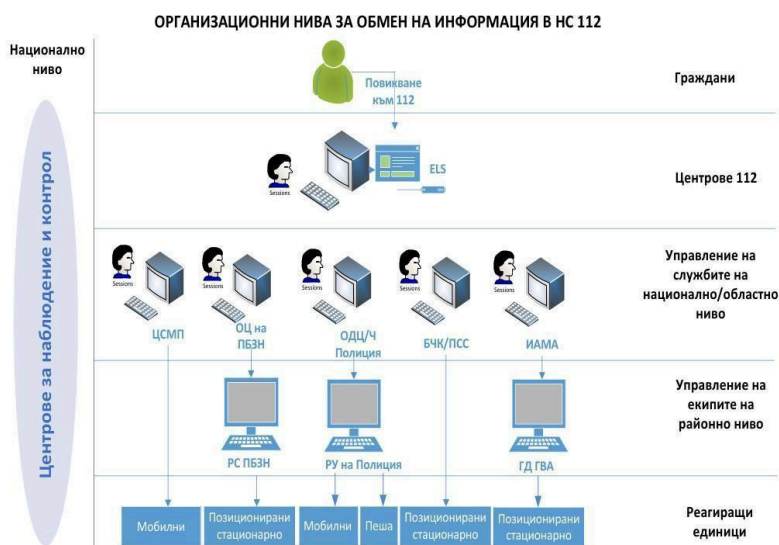
- Степен на опасност – това ще се визуализира в най-отгоре на съобщението, възможните опции са:
 - Внимание, опасност!
 - Предупреждение
 - Информация
 - Човек в неизвестност
 - Тестово съобщение
- Заглавие – визуализира се под степента на опасност
- Съдържание – основното съдържание на съобщението
- Категория – описва вида на заплахата за който се изпраща предупреждението. Например – метеорологични, геофизични, транспортни, заплаха от химически, биологични и др.
- Обхват – територията на която ще се разпространява съобщението
- Период – период на валидност на съобщението, през който ще бъде излъчвано съобщението

Оповестяване чрез използване на радиочестотен ресурс от доброволни организации към общините

Възможност за осъществяване на комуникация при извънредни ситуации дава и радиочестотния ресурс предоставен от радиочестотния сектор за граждански нужди, който се предоставя от Комисията за регулиране на съобщенията на общините за техни формирования.

Система на ЕЕНСП 112

Единният европейски номер за спешни повиквания (ЕЕНСП) 112 има пълно национално покритие от 2008 г., а от 2 юни 2010 г. Министерският съвет взе решение да пренасочи спешните повиквания от телефоните 150, 160 и 166 към ЕЕНСП 112. [40] Достъпен е от всяка точка на страната. Архитектурата му включва шест районни центъра, разположени в градовете София, Русе, Варна, Монтана, Кърджали и Бургас. Системата е напълно автоматизирана. Приетият сигнал се предава към службите за спешно реагиране за секунди. Системата включва възможност за проследяване на случаите и информация за приключилото събитие и също гарантира възможността повикващия да не бъде обслужен. Отделните нива за обмен на информация са представени на фигура 2.1



Фиг. 2.1 Нива за комуникация в ЕЕНСП 112 [41]

Бордовата система eCall, основаваща се на телефон 112

Друга възможност за регистриране на криза е бордовата система eCall, основаваща се на телефон 112. Тази система за спешни случаи, състояща се от бордово оборудване и средства за задействане, управление и осъществяване на предаването, предава минимален набор от данни посредством обществени мобилни безжични съобщителни мрежи между пътуващите в превозното средство и обществен център PSAP. Тя се задейства автоматично, чрез монтирани в превозното средство датчици или ръчно.

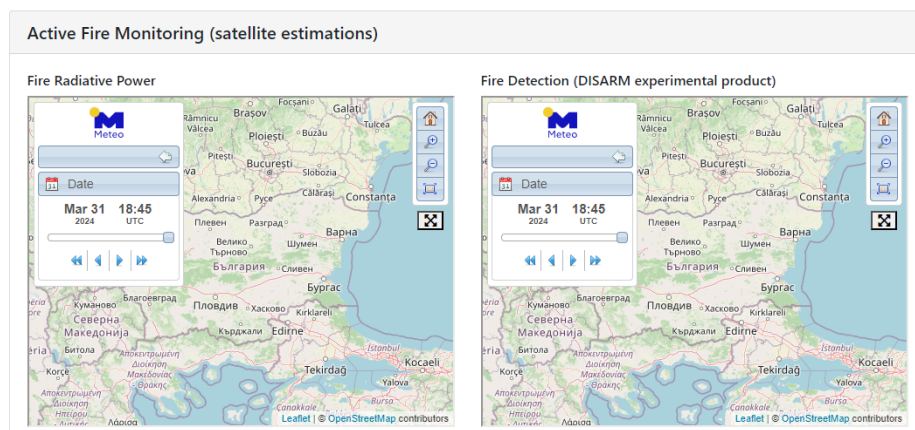
Advanced mobile location (AML) функционалността със задействане при спешно повикване

Свързана със 112 е и услугата за разширена мобилна комуникация или Advanced mobile location (AML) [44] Тя се задейства от спешно повикване без въздействие върху гласа. Софтуерът AML трябва да бъде интегриран във всички съществуващи механизми за спешни повиквания, налични на слушалката, включително ръчно набиране на 112 (или всеки друг национален номер за спешни повиквания, определен за използваната мобилна мрежа и държава в ЕС), и използване на бутона за спешно повикване (според случая). Установено е, че средно AML спестява между 14 и 45 секунди на спешно повикване и подобрява точността на местоположението от 4,6 пъти до 17,9 пъти.[45]

IRIS - система за наблюдение и ранно предупреждение за горски пожари

Системата за наблюдение и ранно предупреждение беше създадена по европейски проект DISARM по програма за трансгранично сътрудничество “Балкани-Средиземно море”. Целта е да се помогне на властите в България, Кипър и Гърция да реагират по-добре на сушата и горските пожари. Системата включва индикатори за риска от горски пожари и модел за разпространение на пожари с висока резолюция, адаптиран към географските и климатичните условия на Южните Балкани и Източното Средиземноморие. [46]

Партньорите по проекта създадоха уебсайта disarmfire.eu, мобилно приложение и системата за ранно предупреждение IRIS.



Фиг. 2.3 Снимки от уеб страницата на сателитната система за наблюдение и известяване за пожари IRIS в България.[46]

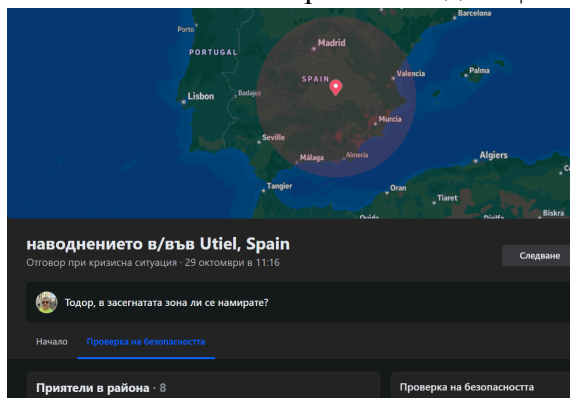
Социални мрежи като възможност за изграждане на двупосочен канал за комуникация

Социалните мрежи влияят активно върху различни нива на живота ни и вече безспорно са отделени като важен етап от развитие на информационното общество.

Каналът е компрометиран само от невъзможност за гарантиране на достоверността на данните предавани по този канал. За разлика от платформите,

като Viber[47] и WhatsApp[48], където съобщенията са end-to-end криптирани и абоната може да се регистрира единствено с телефонен номер, закупен срещу лична карта [49].

Социалните мрежи могат да бъдат използвани при бедствия и за отбелязване на статуса в район засегнат от бедствието. Фейсбук[50] например предлага опцията за проверка на безопасността. За пример може да бъде дадено наводнението в района на Валенсия, Испания от 29 октомври 2024 година.



Фиг. 2.5 Приложението “Фейсбук” позволява отбелязване на регистрирани потребители в район на бедствие

Софтуерни приложение за оповестяване

Добър пример за изграждане и прилагане на мобилно приложение за оповестяване при кризисна ситуация е iHELP. То е с обхват в държавите Словения, Австрия, Хърватия, България, Англия, Италия, Швейцария и Германия.

Основният му бутон позволява при нужда да се сигнализира за помощ на потребителите в обхват в близост до вас. При попълване на данните за профила се изисква да се добави дали имате медицинска подготовка или квалификация за спасител.

2.3 Изводи към Втора глава

- Изпращане на съобщения (SMS-CB) позволява едновременно разпространение на текстови съобщения и двоични данни в 2G, 3G, 4G/LTE и 5G мрежи в гео-ограда. Препоръчванията са бързината и обхвата, като тя не се влияе от натоварването на мрежата. Като недостатък на административно ниво може да се отчете организацията при създаване, одобряване и подаване за разпространение на съобщенията.
- Комуникация при извънредни ситуации може да се осъществи и при използването на радиочестотния спектър от доброволните формирования към общините, след разрешение от Комисията за регулиране на съобщенията.
- Единният европейски номер за спешни повиквания 112 е достъпен от всяка точка на страната. В центровете се получава информация за местоположението на повикващия и може да се набира без код и при заключена клавиатура, а ако няма свободни оператори, обаждането се пренасочва.
- Друга възможност за регистриране на криза е автомобилната бордовата система eCall, основаваща се на телефон 112, която предава автоматично или ръчно спешни сигнали посредством обществени мобилни безжични мрежи между пътуващите в превозното средство и обществен център.
- Свързана със 112 е и услугата за разширена мобилна комуникация или Advanced mobile location (AML). Софтуерът се задейства от спешно повикване без въздействие върху гласа на обаждания се и предава местонахождението без ръчна намеса от потребителя.

- Системата за наблюдение и ранно предупреждение IRIS е с обхват в България, Кипър и Гърция срещу суши и горски пожари. При криза изготвя прогноза за следващите 6 часа и 24 часа в рамките съответно на 15 минути и 60 минути.
- Социалните мрежи не гарантират идентифициране на местоположение и достоверност на регистрацията, но в критични ситуации събирането на информация от мястото на инцидента е изключително важно, ето защо изграждането на публичен канал без инвестиция в инфраструктура е обосновано.

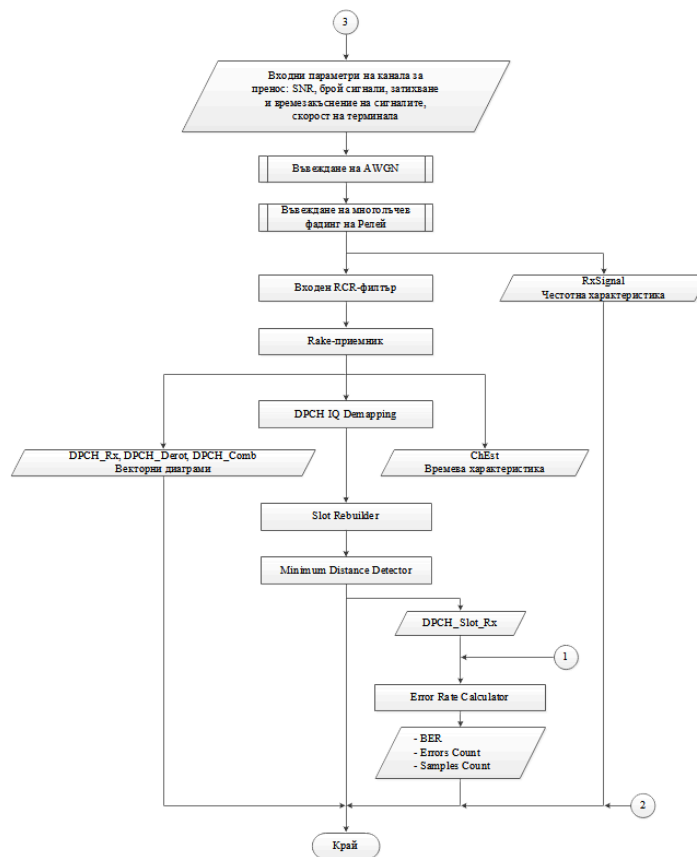
ГЛАВА 3. СИМУЛАЦИОННО МОДЕЛИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ ОСИГУРЯВАЩИ КАЧЕСТВО НА РАДИОПОКРИТИЕ НА КЛЕТЪЧНАТА МРЕЖА

3.1. Синтезиране на симулационен модел и алгоритми за изследване на WCDMA SPREADING AND MODULATION

Важна част от теоретичните аналитични изчисления е обвързването им със симулационни резултати, свързани с изследване на взаимната връзка между параметрите, определящи качеството на обслужване, което се явява от особено значение при използването на мобилните мрежи при кризи и бедствия. Това се прави с цел търсенето на оптимална конфигурация и настройка на системата, за да се осигури надеждност и сигурност за нейното прилагане в кризисни ситуации. Използвайки софтуерният продукт MatLab Simulink [70] и модела за изследване на WCDMA Spreading and Modulation [71] са извършени симулационни изследвания чрез които се отчита изменението на битовата грешка (BER) в зависимост от отношението сигнал - шум (SNR) за 7 различни случая представени в работен режим. Те накратко са следните:

- в канала има Адитивен Бял Гаусов шум и отсъствие на многолъчево разпространение;
- в канала има многолъчево разпространение, като се приемат два сигнала. Закъснението на втория е $976 \cdot 10^{-9}$ s, нивото му е -10dB спрямо първия. Скоростта на терминала е 3 км/ч;
- в канала има многолъчево разпространение, като се приемат три сигнала. Закъснението на вторият и третият спрямо първия е $976 \cdot 10^{-9}$ и $20000 \cdot 10^{-9}$, а нивата са изравнени. Скоростта на терминала е 3 км/ч;
- в канала има многолъчево разпространение, като се приемат четири сигнала. Закъснението на втория, третия и четвъртия спрямо първия е $260 \cdot 10^{-9}$, $521 \cdot 10^{-9}$ и $781 \cdot 10^{-9}$, а нивата спрямо първия са съответно -3, -6 и -9dB. Скоростта на терминала е 120 км/ч;
- в канала има многолъчево разпространение, като този случай е аналогичен на втория, но нивата са изравнени;
- в канала има многолъчево разпространение, като този случай е аналогичен на втория, но скоростта на терминала е 50 км/ч;
- в канала има многолъчево разпространение, като този случай е аналогичен на четвъртия, но скоростта на терминала е 250 км/ч.

Блоковата схема на синтезирания симулационен модел, който е използван за симулационните изследвания е показана на фиг. 3.2. Тя е част от базата със стандартни инструменти в документацията на MathLab [70].



Фиг. 3.3 б). Алгоритъм за реализация на модел на WCDMA Spreading and Modulation за обработка на сигнала в канал за пренос и приемник

Алгоритъмът представя процесите на въвеждане на параметрите на сигнала, обработката и извеждането на резултати при изследване на поведението на параметрите свързани с качеството на обслужване при различни условия на потребителите използващи 3G клетъчна мрежа по технология WCDMA Spreading and Modulation.

3.2. Функционално тестване и симулационни резултати.

Направени са симулации в Matlab Simulink за седемте случая и са получени следните стойности за вероятността за получаване на битовата грешка (BER) при изменението на отношението сигнал/шум (SNR), които са нанесени в табл. 3.1. Входните данни, които са използвани в дисертационния труд са: FDD прав канал; честотна лента 5 MHz; модулация QPSK, параметри на Rised Cos Filter 0,22.

Таблица 3.1

SNR,[dB]	-10	-8	-6	-4	-2	0
BER,AWGN	0,04172	0,01402	0,00152	0,000276 2	0	0
BER, сл.2	0,3429	0,298	0,25	0,2037	0,1579	0,1179
BER, сл.3	0,001351	0,000168 9	0,0000636 1	0	0	0
BER, сл.4	0,04595	0,02162	0,007264	0,002027	0,0008446	0,0005068
BER, сл.5	0,2307	0,1797	0,1397	0,1066	0,08091	0,05253
BER, сл.6	0,1225	0,0848	0,05659	0,03615	0,02095	0,01115

SNR,[dB]	-10	-8	-6	-4	-2	0
BER, сл.7	0,05084	0,02247	0,009122	0,003716	0,001351	0,0001689

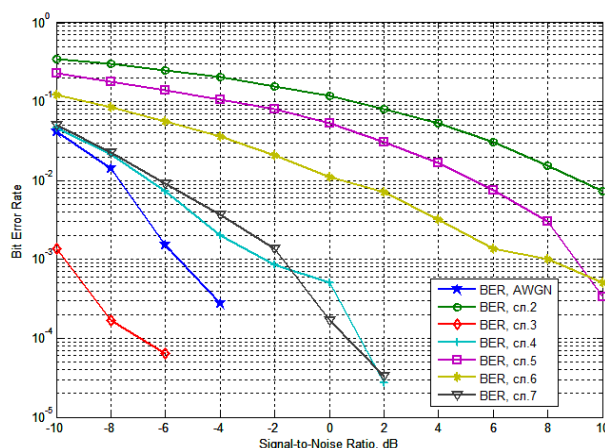
Втора част на таблица 3.1

SNR,[dB]	2	4	6	8	10
BER,AWGN	0	0	0	0	0
BER,сл.2	0,08108	0,05321	0,03108	0,01537	0,007264
BER, сл.3	0	0	0	0	0
BER,сл.4	0,00002756	0	0	0	0
BER, сл.5	0,03057	0,01689	0,007432	0,003041	0,0003378
BER, сл.6	0,007095	0,003209	0,001351	0,001014	0,0005068
BER, сл.7	0,00003338	0	0	0	0

Таблица 3.1 Изменение на BER в зависимост от SNR от -10 dB до + 10 dB.

Графично представяне на получените резултати е визуализирано на фиг.3.21 за 7 случаи на направената симулация при изменение на SNR от -10 dB до + 10 dB. След направените симулации и изчертаване на графиките за различните случаи можем да направим следните изводи:

- Най-малка битова грешка получаваме в трети случай, т.к. нивата на сигналите са изравнени. След определяне на закъснението между сигналите RAKE приемникът сумира нивата и се получава най-малката грешка, дължаща се на високо ниво получено от сумирането. Тук се вижда как многолъчевото разпространение може да бъде компенсирано.
- По-голяма битова грешка получаваме в случаи 1, 4 и 7. В първия случай имаме адитивен бял гаусов шум, а в 4 и 7 има многолъчево разпространение на сигналите, но с разлика в нивата им, като именно разликата в нивата е от значение за битовата грешка.
- Най-голяма битова грешка се получава във втори случай, т.к. има закъснение на втория сигнал и разликата в нивата е 10 dB.

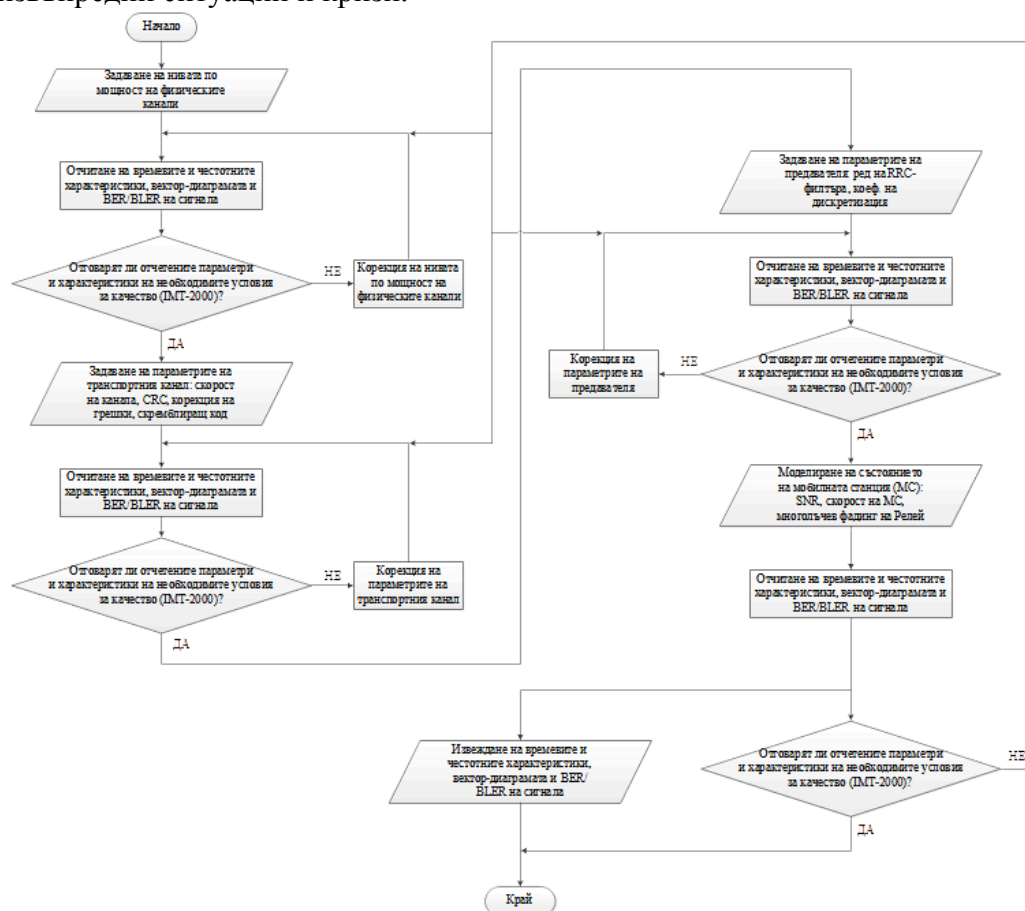


Фиг. 3.21. Стойности на BER при изменение на SNR за седем различни случая

Пети и шести случай са аналогични на втори, като по-малка битова грешка в пети случай се дължи на еднаквото ниво на приетите сигнали, а в шестия случай има подобрение, дължащо се на по-високата скорост на терминала - 50 км/ч.

На базата на проведените симулационни изследвания и получените резултати се предлага алгоритъм, чрез който да се решават различни оптимизационни задачи свързани с различни сценарии на изменение, както на средата, така и в следствие на динамичното поведение на абонатите, което се случва в извънредни ситуации и кризи. Алгоритъмът е представен на фиг. 3.22 и чрез него може да се постигнат следните научно-приложни резултати:

- Разгледаният модел позволява да се изследва влиянието на нивата по мощност на физическите канали за контрол, синхронизация и пренос на потребителските данни върху обработката на сигналите в транспортния канал.
- Чрез симулационния модел може да се анализират и изследват различните параметри на конфигуриране на транспортния канал – влияние на корекцията на грешки, скремблиращия код и скорост на канала върху надеждността на предаваната информация.
- В резултат на разгледаните възможности на модела и представеното симулационно изследване може да се анализират различни комбинации от конфигурационни параметри на физическите канали, транспортния канал и на състоянието на средата за пренос, чрез които да се определят основните гранични условия, гарантиращи необходимото качество на обслужване при извънредни ситуации и кризи.



Фиг.3.22. Алгоритъм за реализация на оптимизационни задачи чрез изследване на модела WCDMA Spreading and Modulation

3.3. Анализ и изводи към Трета глава.

- На базата на модел за изследване на шумоустойчивостта на WCDMA система са извършени изследвания в седем различни случая, като е променяно отношението сигнал/шум и е отчитана битовата грешка. Получените резултати са попълнени в таблица и са представени графично - фиг. 3.21., На графиката е представена зависимостта на вероятността за получаване на битовата грешка от изменението на отношението сигнал/шум. От табличните и графични резултати са направени изводи за седемте разгледани случая, свързани с търсене и осигуряване на добро качество на услугите.
- Разработени са алгоритми, свързани с въвеждане на параметрите на сигнала, обработка и извеждането на резултати чрез изследване с модела за WCDMA Spreading and Modulation – фиг. 3.3, както и алгоритъм за реализация на оптимизационни задачи, чрез провеждане на различни сценарии на изследване на базата на синтезирания симулационен модел – фиг. 3.22.
- Получените са симулационни резултати са анализирани и могат да послужат като демонстрационни и за други подобни случаи, чрез които да се приложат извънредни условия на кризи и бедствия при експлоатацията и използването на мобилни мрежи.

ГЛАВА 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ШИРОКОЛЕНТОВА МОБИЛНА МРЕЖА И ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННИ УСЛУГИ ПРИ БЕДСТВИЕ

4.1. Прилагане на софтуерни инструменти при изследване на нивото на сигнала.

Когато една клетъчна мрежа е влязла в експлоатация, е необходим непрекъснат мониторинг на параметрите, включващ симулационни и експериментални резултати и тяхната статистическа обработка, водеща до търсене на проблеми, свързани с качеството на обслужване, така че във всеки един момент при необходимост да се осигури нужната комуникация. За тази цел се прилагат специализирани софтуерни и хардуерни решения като ASSET[72] и TEMS[73], които се използват от мобилните оператори в момента и са ни предоставени, като възможности за отчитане на симулационни и експериментални изследвания.

Модулът ASSET представлява софтуер за планиране на 2G, 3G, 4G и 5G мобилни клетъчни мрежи. Честотно планиране на мрежата е важен, но бавен процес, който отнема много време, за да се постигне търсената точност. ASSET предлага опция на потребителите – допълнителен инструмент ILSA за автоматично честотно планиране. ASSET използва ETSI COST 231 Окумура-Хата модела [76]

Симулационни изследвания на радиопокритието и напрегнатостта на полето с помощта на ASSET.

При проектиране на клетъчна мрежа е необходимо освен изчисление (брой базови станции, изчисление на загубите и др.) на мрежата да се направи и предварително изследване на областите на покритие и нивото на сигнала на базата на направените изчисления.

Както беше обяснено по-горе, ASSET е програма, даваща възможност в зависимост от броя базови станции и на база различните модели за

разпространение на вълните (модела на Окумура-Хата) да се изчисли силата на полето и областите на обслужване на отделните клетки.

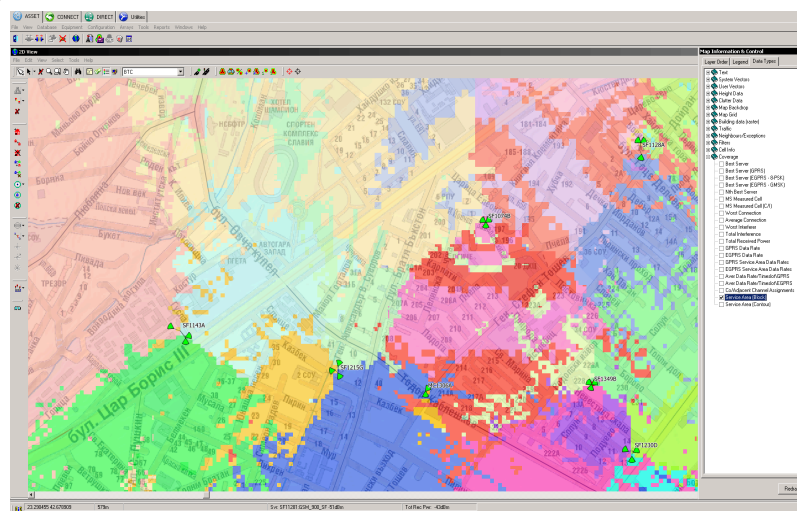
За провеждане на симулационните изследвания е избран гъсто населен район на голям град, чрез който могат да се разкрият проблемите на многопътно приемане, интерференция, дифракция и радио засенчване. Той се намира в западната част на град София. Избраната площ попада в района на средно застроена градска среда (urban) с площ от около 7,2 km² и население 87,180. Според изчисленията в глава трета, крайният брой базови станции за средно застроена градска среда е 95.

Предсказване областите на обслужване на клетките в гъсто населен градски район

Честотното планиране на мрежата е доста трудоемък и отнемащ време процес. Програмата ASSET дава възможност този процес да се опрости максимално. При планирането на честотния план е важно така да се разположат еднаквите честоти, че да не интерферират една с друга.

След приключване на изчисленията се извежда отчет (Prediction Details) колко са общо клетките в маркираната област (Total predictions), за колко клетки са направени изчисления (Completed) и времето, за което са направени изчисленията (Elapsed time) – фиг.4.6.

На фиг. 4.7 са показани с различни цветове симулираните области на обслужване на всяка една от 38-те секции на клетки в избрания квартал. На базата на тези резултати могат да се правят изводи за поведението на клетките и за евентуални проблемни зони от гледна точка на интерференция на преизползващи се честоти и чрез това да се търсят методи, и начини за подобряване на качеството на обслужване.



Фиг. 4.7. Резултати от направените изчисления за областите на покритие на клетките в гъсто населен градски район

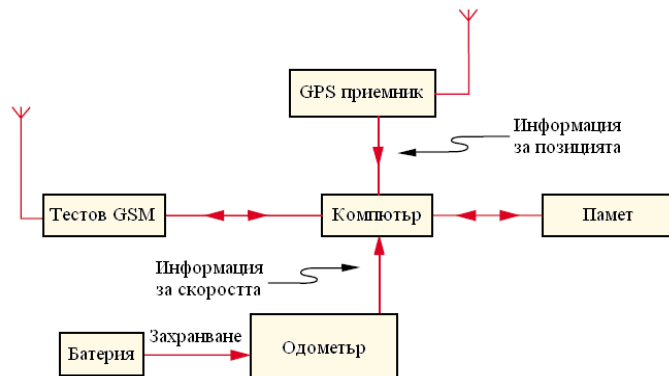
4.2. Провеждане на практически изследвания и статистическа обработка на резултатите в градска среда.

Синтезиране на опитна постановка за провеждане на експериментални изследвания в гъсто населен градски район.

Целта на измерванията, свързани с радиоинтерфейса, е да се изследва разпространението на сигналите в съответната среда. Тези измервания се правят, за да се провери дали първоначалният план на мрежата е изчислен добре от гледна точка на интензитета на полето, отношението на честотата на радиоканала спрямо

интерференцията (Carrier/Interference), съотношение сигнал/шум (S/N), вероятност за битова грешка (BER) и др. При тези измервания се извършва и оптимизация на покритието на терена, който се изследва чрез промяна на съответните параметри на софтуера за проектиране на мрежата и оптимално настройване на параметрите на изградените вече базови приемо-предавателни станции.

Обобщена блокова схема на опитната постановка, чрез която са направени съответните измервания, е показана на фиг. 4.8. За целта се използва тестовото оборудване на Ериксон – TEMS (Test Equipment for Mobile System).



Фиг. 4.8. Блокова схема на опитната постановка

TEMS Drive Tester се състои от преносим компютър, специално монтиран за удобство по време на тестването. Мониторът е със сензорен екран, което позволява да се настройват всички опции на системата при измерване на радиоинтерфейса с автомобил (драйв тестване). Не са необходими допълнителни входни устройства за свързване и осъществяване на измерванията.

Наблюдение и изследване на параметри от клетъчната мрежа.

Благодарение на сензорния екран може да се покаже различна информация, получена от измерванията. Върху главния екран, от където може да се избере текущият файл от измерванията (лог-файл), се изобразяват алармите, информация за проведените разговори и списък със скоростта за инициализиране на всеки разговор.

Основни компоненти на системата са:

- Компютър за превозни средства с карта памет;
- Стойка и шина монтирана на превозното средство;
- Серийна входна/изходна карта за поддръжка на външни устройства;
- Вградена GPS навигация;
- Адаптер за контрол на мощността;
- Компактна карта памет;
- ScanDisk – компактен четец за карти;
- Тестов предавател (TTM – Test TransMitter);
- Тестов приемник за измерване (TMR – Test Measurement Receiver).

Тестовият предавател (TTM) е проектиран да се използва заедно с Тестов приемник за измерване (TRM) за GSM 900, GSM 1800 и GSM 1900 системи. Тестовият предавател изпраща сигнал към мрежата. Приемникът от своя страна прави измервания на получения сигнал в отговор - фиг.4.10. Предавателят е проектиран за всякакви условия на околната среда при разпространение на сигнала, които могат да се отчетат при измерването на полето.

Тестовият приемник (TRM) е предназначен за измерване нивото на сигнала при изследване силата на полето в клетъчните системи. Приемникът се състои от

основна част „plug-in” приемник, както и преносим компютър за съхранение на направените измервания. Тестовият приемник може да измерва повече от 27 честоти едновременно, като той измерва силата на полето и интерференцията на всяка от честотите (C/I). Приемникът трябва да бъде свързан към антената, одометърния сензор и към GPS приемникът, за да може географските координати също да бъдат включени в информацията от измерванията.

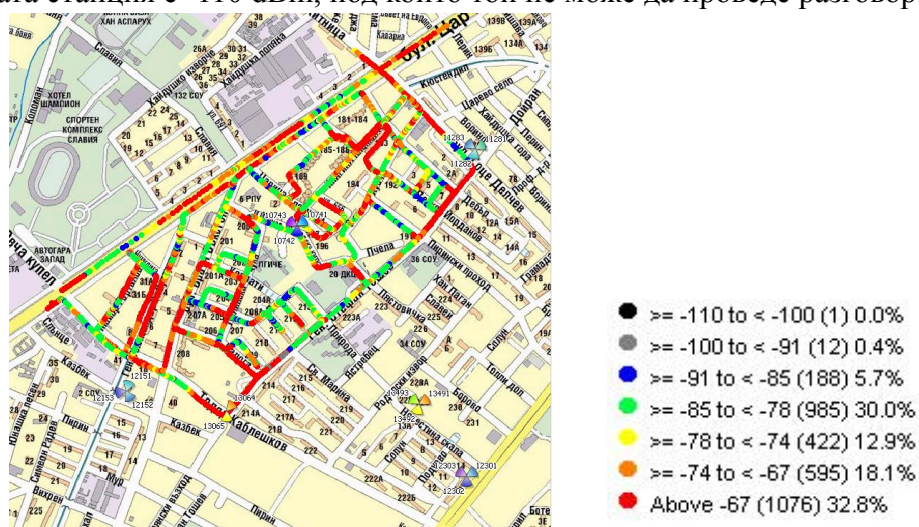
Опитни резултати от измервания и статистическа обработка чрез програмата Actix

Получените файлове (лог-файлове) от измерванията е необходимо да се заредят в специализиран софтуер за анализиране, визуализиране и статистическа обработка на получените резултати. Софтуерът, който се използва в настоящия дисертационен труд за обработка на информацията от измерванията е Actix[80]. Измервания на радиопокритието на клетъчна мрежа са направени за същия гъсто населен градски район в примерен квартал, за който бяха направени и примерни симулационни изчисления.

Измерване на нивото на сигнала.

На фиг.4.12 е показан работен плот с карта на примерен квартал с нанесено измереното ниво на сигнала, получен при тестово измерване с TEMS.

Actix предлага цветово кодиране на нивото на приетия сигнал. От легендата се вижда, че с червен цвят се изобразява най-високото ниво на сигнала – над -67 dBm, след това е оранжев от -67 до -74 dBm, жълт от -74 до -78 dBm, зелен от -78 до -85 dBm, син от -85 до -91 dBm, сив от -91 до -100 dBm и с черен от -100 до -110 dBm се изобразява най-ниското ниво на сигнала. Прагът на чувствителност на мобилната станция е -110 dBm, под който той не може да проведе разговор.



Фиг. 4.12. Измерено ниво на приетия сигнал за примерен гъсто населен район

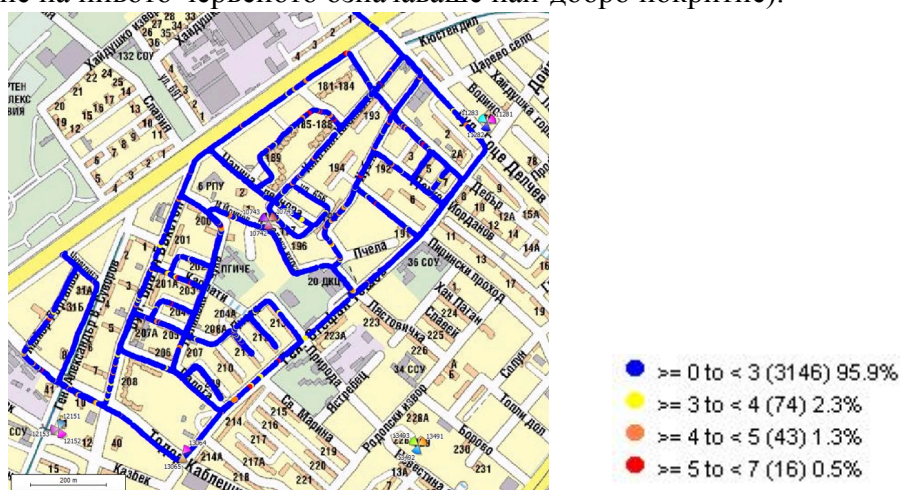
От фигурата се вижда, че процентно (32,8 %) преобладаващ е червеният цвят, т.е. нивото на сигнала е много добро. След него процентно е зеленият цвят с 30 %, при който може да се приеме, че нивото е задоволително за провеждане на разговори и високоскоростен трансфер на данни.

В най-добрия случай процентно трябва да преобладава червеният цвят, тогава нивото на сигнала е най-добро. До зеления цвят нивото на сигнала е достатъчно добро за провеждане на разговор и данни. В случая, когато синият, сивият и черният цветове преобладават, в дадената област има сериозен проблем с нивото на сигнала. За изследвания гъсто населен градски преобладават червеният и зеленият цвят, от което следва, че имаме добро покритие и ниво на сигнала за провеждане на качествени комуникации.

Измерване на качеството на сигнала.

При проектирането на дадена мобилна клетъчна мрежа е важно да се постигне не само добро покритие на дадената област, но и достатъчно добро качество на обслужване. Ето защо при измерване на радиоинтерфейса на мрежата се отчита и качеството при предаване на сигнала. Количествена мярка за него е коефициентът на грешката BER (Bit-Error Rate), който е равен на отношението на броя грешно приети битове към сумарния брой битове (определя се за достатъчно малък интервал от време). Величината BER отчита сумарното въздействие на смущенията върху цифровия сигнал в канала. Ако в радиоинтерфейса за даден канал се измерва $BER \sim 10^{-6}$ (до 10^{-5}) се счита, че каналът работи нормално.

На фиг. 4.13 е показано измереното комплексно ниво на качество на сигнала в изследвания квартал. В Astix нивото се отчита по скалата от 0 - 7, като 7 е най-лошото качество. Със синият цвят се изобразява най-доброто измерено качество от 0 до 3, следват жълт от 3 до 4, оранжев от 4 до 5 и червен от 5 до 7 (т.е. при измерване на качеството червеното показва голям процент BER, докато при измерване на нивото червеното означаваше най-добро покритие).



Фиг.4.13. Измерено качество на сигнала за изследвания квартал

За изследваната градска среда най-голям процент има синият цвят 95,9 %, с качество от 0 до 3. Това означава, че в този квартал качеството на обслужване е отлично и няма никакви налични проблеми и можем да разчитаме на надеждни комуникации в случай на извънредни ситуации и кризи.

4.3. Анализ и избор на софтуер, схема и маршрут за провеждане на практически изследвания и статистическа обработка на резултатите в слабонаселени райони.

За поддържане на оптималното състояние на клетъчните мрежи и възможностите им за реакция при извънредни ситуации е необходимо извършване на редовни измервания на параметрите на сигналите и покритието. В тази разработка ще използваме Android базирани приложения за мониторинг като между Opensignal с оценка 4.5 от потребителите, Network Cell Info - 4.7 беше избрано второто. Двете приложения са с по над 10 млн. изтегляния.

Network Cell Info е приложение за измервания и диагностика на GSM, WCDMA, CDMA, LTE, 4G и 5G мрежи. Този инструмент събира информацията за мрежовата клетка, която може да помогне за отстраняване на проблеми със свързаността, като едновременно показва какво е радиочестотното състояние на клетъчния носител. Софтуерният инструмент също така включва подсекция за тестване на скоростта и ефективността на мобилен интернет и показва резултати от теста за изтегляне, качване и ping. Осигурява мониторинг на клетъчни мрежи и Wi Fi сигнали в почти реално време (време за забавяне 1 секунда). Работи при

използване на две SIM карти. Измерителят на сигнал показва статистически данни за покритието, както на SIM, така и на WiFi.

Измерванията на покритието, за да се извърши анализ, се реализират чрез обхождане или статично във всеки от избраните различни по своите географски дадености райони по предварително избран маршрут, като целта е да се събират едновременно данни за местоположението и за параметрите на радиосигнала.

Избор на маршрут за измерванията в различни видове географска, селищна среда и конфигурация на използваното устройство

Изборът на маршрут за провеждането на мониторинга на мобилната клетъчна мрежа е съобразен с три групи критерии, за да бъдат измерванията разнообразни и максимално близки до симулацията на реални условия по време на евентуални кризи. На първо място това са два различни типа географска среда с цел да се проверят на терен практическите възможности за осигуряване на свързаност при планински условия от 1300 до 1800 метра и на морското равнище.

Втората група критерии в тази част на изследването също са разделени на две, според това има ли население в района и какъв е броя му. Така според двете групи критерии са подбрани следните маршрути - в малък град с до 10 000 жители на морското равнище и по планински маршрути извън населено място.

Измерванията са реализирани и на базата на трета група критерии според динамиката и те са три - статично на място, динамично с пешеходна скорост от 6 км в час и динамично с моторно превозно средство със скорост 60 км в час.

За мониторинг и анализ на мобилното безжичното покритие на “Йетел” и “Виваком” се използва мобилна станция – Smartphone Samsung SM-A146P, работеща с операционна система Android 14 (API 34) и приложението Network Cell Info. След инсталация на приложението е необходимо да се направят допълнителни настройки на устройствата. Предварително се включва употребата на GPS модула и се избира режимът на работа в клетъчната мрежа - Auto, 5G, LTE, UMTS или GSM only. След стартиране на приложението се влиза в MENU -> SETTINGS -> GENERAL-> и се избира картов слот SIM 1. За извършване на измерванията се използва SIM карта на мобилен оператор “Виваком” и “Йетел” и придвижването се извършва с лек автомобил.

4.4 Експериментални изследвания на параметрите на мобилни мрежи при измерване в слабонаселен планински район

Подбрани са планински точки и маршрути, които са често посещавани от пешеходци и хора с автомобили с цел туризъм, като това е едновременно и предпоставка за полезност и приложимост на данните и така не се търсят самоцелни или тенденциозни резултати на измерването на параметрите на мобилното радиопокритие в тези райони. В тези точки и райони измерването е максимално целесъобразно, заради това, че има висок концентрация на хора по време на измерванията, като същевременно при тежки метеорологични или други външни условия (пожари, земетресения и др.) предпоставките за кризи са относително високи.

Статичните измервания са реализирани на надморска височина от 1730 метра до хижа “Кумата” в планината Витоша. Пешеходните са извършени по пътя от Златните мостове (1350 метра н.в.) до хижа “Кумата”, а събирането на данни с автомобилен превоз е направено от кв.Бояна (700 метра н.в.) до местността Златните мостове.

Подобни измервания могат да се направят във всяка една точка на територията на България в която им изградена критична и инфраструктура и е обект на мониторинг от гледна точка на опасност и кризи.

Измерванията са реализирани към 6 юли 2024 и се явяват примерни за дадения район. Теренът се характеризира с голям релеф и денивелация, пресечен и големи географски препятствия в близост и висока дървесна растителност, където могат да се получат проблемни зони с радиосянка.

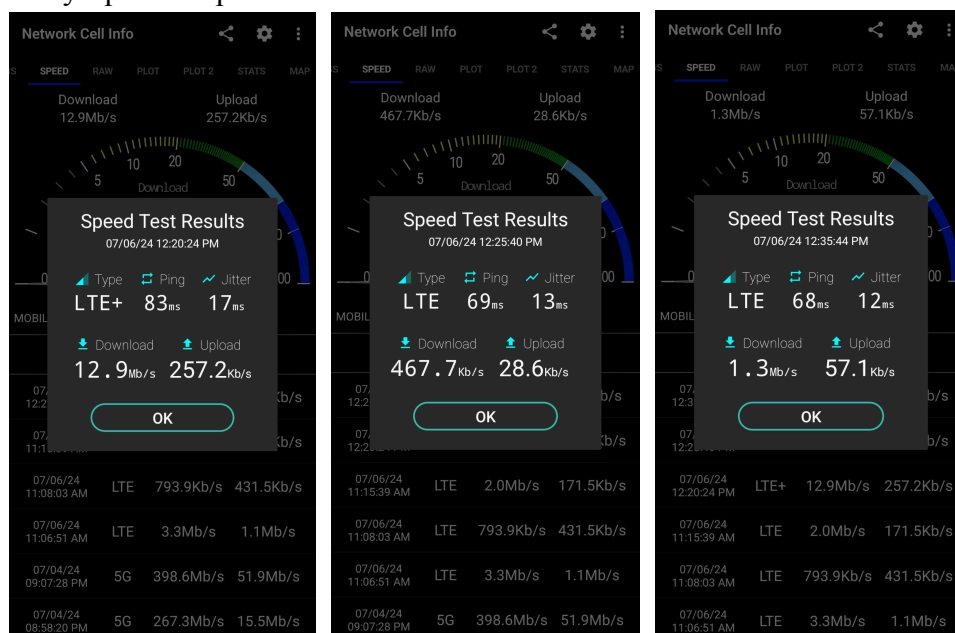
Примерни статични изследвания на параметрите на мобилна мрежата в извънградска планинска среда

Примерните статични изследвания на параметрите на мрежата на мобилен оператор “Йетел” в извънградска планинска среда са проведени в една точка на хижа “Кумата” във Витоша.

От проведеното статично изследване в режим 2G - 5G на мрежата на мобилен оператор “Йетел” в извънградска планинска среда в точка пред хижа “Кумата” във Витоша може да се направят следните по-важни изводи:

- 1) Нивото на сигнала за избраната точка на измерване в по-голямата му част е слабо: -113-114 dB. Само при едно от измерванията се засича леко повишаване на нивото от -105dB до -103dB. Тези резултати се дължат на силно пресечения терен, голямата надморска височина и лошо покритие със станции (което поражда значително множество отражения, както и липсата на радиосигнал).
- 2) Качеството на сигнала може да се оцени като лошо – отразено е с данните на приложението.
- 3) При изследването на точката са засечени 3 клетки, една обслужваща и две съседни, като е отчетен неравномерен хендоувър и между тях се наблюдават значителни спадове в нивото на сигнала и липса на покритие.
- 4) Вследствие на проведените тестови измервания може да се заключи, че при настъпване на кризисни ситуации радиопокритието на мобилния оператор в дадената зона би било проблемно за осигуряване на ранно предупреждение и връзка с абонати в дадената зона.

При измерване на пропускателната способност на интернет връзката на мобилната мрежа в глава 4 бяха използвани приложенията Network Cell Info в секцията му Speed и Speedtest.



Фиг.4.22 Работни екрани свързани с отчитане скоростта на данни в права и обратна посока.

От получените резултати се вижда, че стойностите при статичното измерване в планински условия са изключително ниски от 467 Kb/s до 12.9 Mb/s. Това на практика не позволява осъществяването на реална интернет връзка, като се има предвид обемите на информация и големината на актуалните браузъри. Записите са направени в началото, в средата и в края на времето за измерване в една и съща точка.

От направените изследвания за пропускателната способност на мрежата при трафик на данни през мобилния интернет достъп, може да се обобщят следните заключения:

- 1) Ясно се вижда ниските стойности на високоскоростния 4G достъп измерени при статичното изследване в дадения момент. Според стандарта те трябва да бъдат между до 100Mb/s и до 600Mb/s за 4G+.
- 2) Забелязва се ниска пропускателна способност през цялото време на измерването.
- 3) Ясно изразена е асиметричността на услуга мобилен интернет – съотношението ъплоуд/даунлоуд варираща от 1/3 до 1/300 при 4G режим.
- 4) Считам, че на база получените резултати в дадената зона би било проблем оповестяването и трансфера на данни в случай на бедствия и аварии към и от абонатите.

По подобен начин са извършени и примерни статични изследвания на параметрите на мрежата на мобилен оператор “Виваком” в извънградска планинска среда в една точка на хижа “Кумата” във Витоша.



Фиг.4.25 Работни екрани представящи силата на сигнала, информация за обслужващата клетка, за съседните клетки и втората SIM карта

От проведеното статично изследване в режим 2G - 5G на мрежата на лицензиран мобилен оператор “Виваком” в планинска среда в точка пред хижа “Кумата” във Витоша може да се направят следните по-важни изводи:

- 1) Нивото на сигнала за избраната точка на измерване в по-голямата му част е слабо: -114-123 dB. Само при едно от измерванията се засича леко повишаване на нивото до -108dB. Тези резултати се дължат на силно пресечения терен, голямата надморска височина и лошо покритие със станции (което поражда значително множество отражения, както и липсата на радиосигнал).
- 2) Качеството на сигнала може да се оцени като лошо – отразено е с данните събрани с приложението.
- 3) При изследването на точката са засечени 4 клетки, една обслужваща и три съседни, като е отчетен неравномерен хендоувър, като между тях се наблюдават

значителни спадове в нивото на сигнала и липса на покритие в големи зони, особено в средата на маршрута.

4) Вследствие на проведените тестови измервания може да се заключи, че при настъпване на кризисни ситуации радиопокритието на мобилния оператор в дадената зона би било проблемно за осигуряване на ранно предупреждение и връзка с абонати в дадената зона.



Фиг. 4.29 Анализ и определяне на пропускателната способност на мрежата по маршрута

От получените резултати се вижда, че стойностите при статичното измерване в планински условия са изключително ниски от 2.22 Mb/s до 7.71 Mb/s. Записите са направени в началото, в средата и в края на времето за измерване в една и съща точка. Това на практика не позволява осъществяването на реална интернет връзка, като се има предвид обемите на информация и големината на актуалните браузъри.

От направените изследвания за пропускателната способност на мрежата при трафик на данни през мобилния интернет достъп, може да се обобщят следните заключения:

- 1) Ясно се вижда ниските нива на високоскоростния 4G достъп измерени при статичното изследване. Според стандарта те трябва да бъдат между до 100Mb/s и до 600Mb/s за 4G+.
- 2) Забелязва се ниска пропускателна способност през цялото време на измерването.
- 3) Ясно изразена е асиметричността на услугата мобилен интернет – съотношението ъплоуд/даунлоуд варираща от 1/2 до 1/10 при 4G режим.
- 4) Считам, че на база получените резултати в дадената зона би било проблем оповестяването и трансфера на данни в случай на бедствия и аварии към и от абонатите.

Примерни динамични изследвания на параметрите на мобилна мрежата в извънградска планинска среда с пешеходна скорост

Примерни динамични изследвания на параметрите на мрежата на мобилен оператор “Йетел” при пешеходен преход в извънградска планинска среда са проведени примерни измервания при преход от местността “Златните мостове” до хижа “Кумата” във Витоша.

От проведеното динамично изследване в режим 2G - 5G на мрежата на мобилен оператор “Йетел” в планинска среда по пешеходен маршрут от “Златните

мостове” до хижа “Кумата” във Витоша може да се направят следните по-важни изводи:

- 1) Нивото на сигнала за избрания примерен маршрут в по-голямата му част е слабо: -112-113 dB. Само при едно от измерванията се засича леко повишаване на нивото до -109dB. Тези резултати се дължат на силно пресечения терен, голямата надморска височина и лошо покритие със станции (което поражда значително множество отражения, както и липсата на радиосигнал).
- 2) Качеството на сигнала може да се оцени като лошо – отразено е с данните събрани от приложението.
- 3) При изследването на маршрута са засечени 2 клетки, една обслужваща и една съседна, като е отчетен неравномерен хендоувър и между тях се наблюдават значителни спадове в нивото на сигнала и липса на радиопокритие.
- 4) В случай на необходимост на използване на мрежата при бедствия и аварии считам, че би биха се създали проблеми при оповестяването и сигнализацията на абонатите в измерваната зона



Фиг. 4.36 Анализ и определяне на пропускателната способност на мрежата по маршрут от “Златните мостове” до хижа “Кумата” във Витоша.

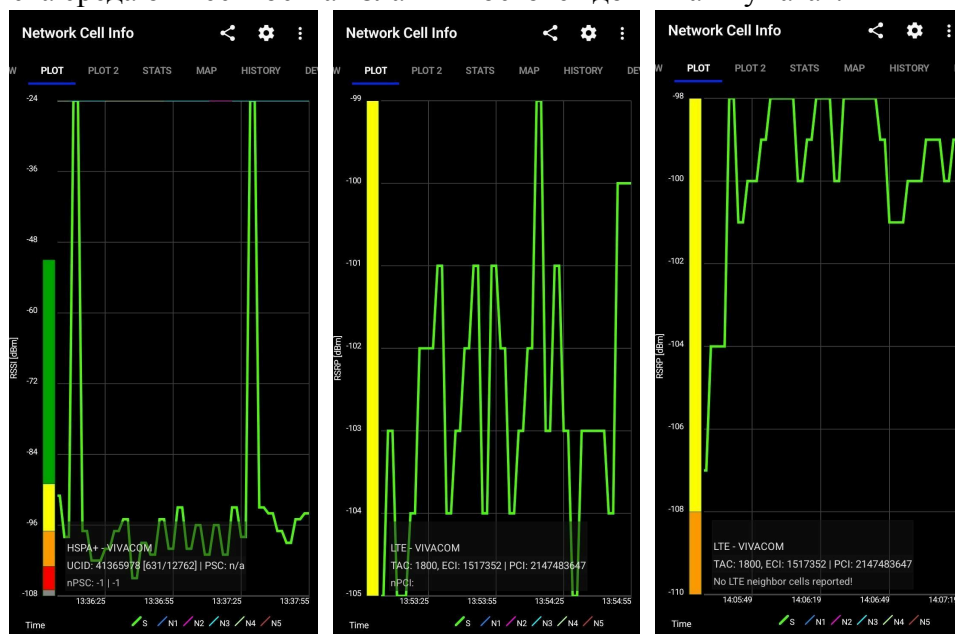
От получените резултати се вижда, че стойностите при статичното измерване в планински условия са изключително ниски от 793.9 Kb/s до 46.6 Mb/s. Записите са направени в началото, в средата и в края на времето за измерване в една и съща точка. Това на практика не позволява осъществяването на реална интернет връзка в много, макар и малки сектори, като се има предвид обемите на информация и големината на актуалните браузъри.

От направените изследвания за пропускателната способност на мрежата при трафик на данни през мобилния интернет достъп, може да се обобщят следните заключения:

- 1) Ясно се вижда ниските скорости на високоскоростния 4G достъп измерени при динамичното изследване. Според стандарта те трябва да бъдат между до 100Mb/s и до 600Mb/s за 4G+.
- 2)Забелязва се ниска пропускателна способност в 9 сектора по маршрута при извършеното измерване.
- 3) Ясно изразена е наличието на симетрична и асиметрична услуга на мобилен интернет – съотношението ъплоуд/даунлоуд варираща от 1/1 до 1/9 при 4G режим.
- 4) Вследствие на проведените тестови измервания може да се заключи, че при настъпване на кризисни ситуации радиопокритието на мобилния оператор в

дадената зона би било проблемно за осигуряване на ранно предупреждение и връзка с абонати в дадената зона.

Примерни динамични изследвания на параметрите на мрежата на лицензиран мобилен оператор “Виваком” при пешеходен преход в извънградска планинска среда от местността “Златни мостове” до хижа “Кумата”.

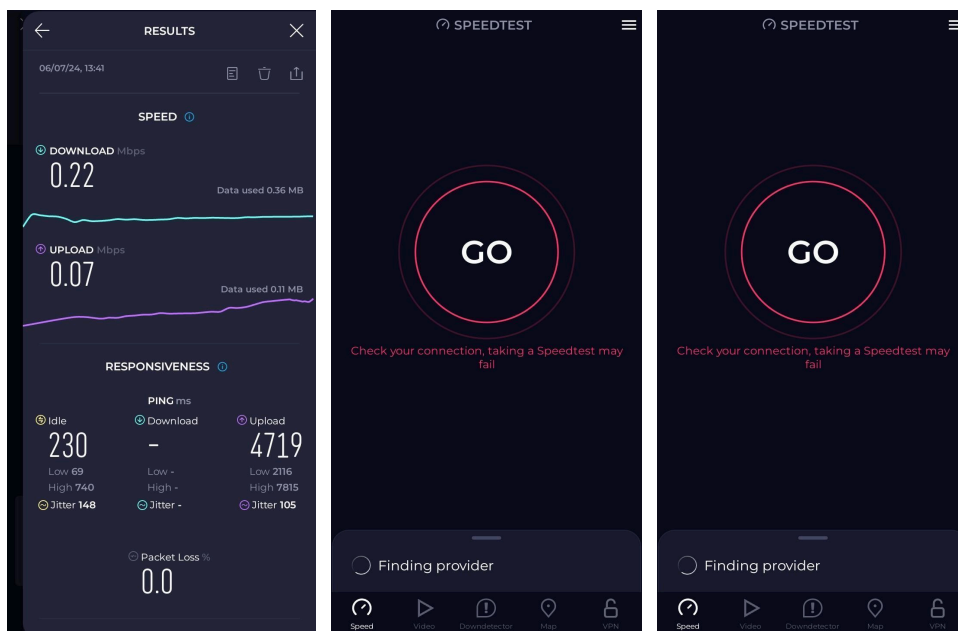


Фиг. 4.39 Работни екрани представящи динамичното изменение на сигнала на обслужваща S и съседни клетки N във времето

От проведеното динамично изследване в режим 2G - 5G на мрежата на лицензиран мобилен оператор “Виваком” пешеходно в планинска среда по маршрута от местността “Златните мостове” до хижа “Кумата” във Витоша може да се направят следните по-важни изводи:

- 1) Нивото на сигнала за избраната точка на измерване в по-голямата му част е средно: -96 - 101 dB. Само при едно от измерванията се засича понижаване на нивото до -124 dB. Тези резултати се дължат на силно пресечения терен, голямата надморска височина и лошо покритие със станции (което поражда значително множество отражения, както и липсата на радиосигнал). Ясно се различават 3 сектора, големи по няколко километра по маршрута маркирани с червен код, който според легендата на приложението при измерванията, показва липсата на радиосигнал в тях.
- 2) Качеството на сигнала може да се оцени като средно към лошо – отразено е с данните на приложението.
- 3) При изследването на точката са засечени 1 клетка, обслужваща и се наблюдават значителни спадове в нивото на сигнала и липса на покритие.
- 4) Вследствие на проведените тестови измервания може да се заключи, че при настъпване на кризисни ситуации радиопокритието на мобилния оператор в дадената зона би било проблемно за осигуряване на ранно предупреждение и връзка с абонати в дадената зона.

От получените резултати се вижда, че стойностите при динамичното измерване в планински условия са изключително ниски от 0.22 Mb/s. Записите са направени в началото, в средата и в края на времето за измерване по целия маршрут. Това на практика не позволява осъществяването на реална интернет връзка, като се има предвид обеми на информация и големината на актуалните браузъри.



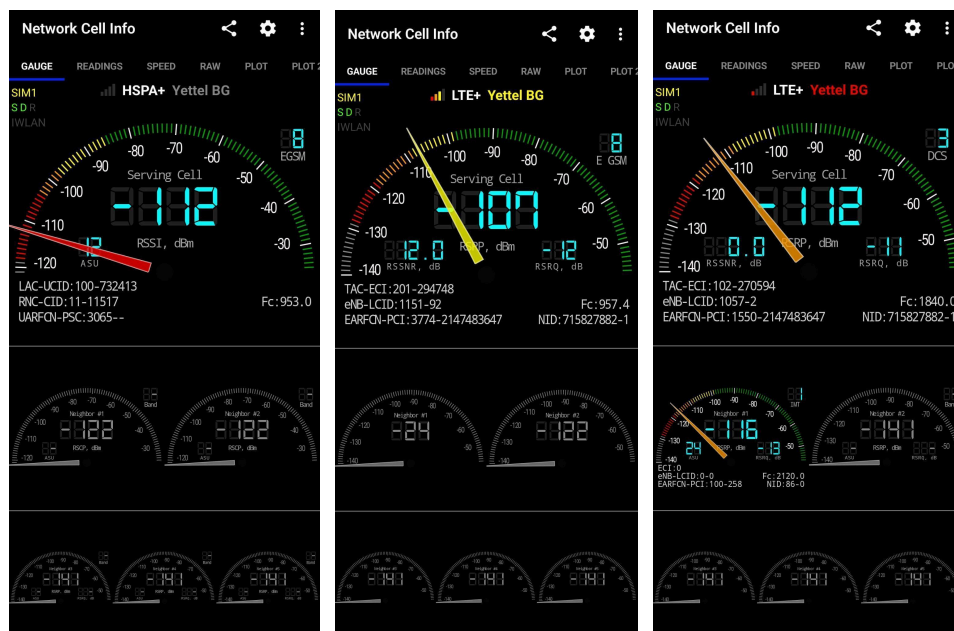
Фиг. 4.42 Анализ и определяне на пропускателната способност на мрежата по маршрут от “Златните мостове” до хижа “Кумата” във Витоша.

От направените изследвания за пропускателната способност на мрежата при трафик на данни през мобилния интернет достъп, може да се обобщят следните заключения:

- 1) Ясно се вижда ниските скорости на високоскоростния 4G достъп измерени при динамичното изследване. Според стандарта те трябва да бъдат между до 100Mb/s и до 600Mb/s за 4G+.
- 2) Забелязва се ниска пропускателна способност в 3 сектора по маршрута при извършеното измерване.
- 3) Ясно изразена е асиметричността на услуга мобилен интернет – съотношението ъплоуд/даунлоуд от 1/30 при 4G режим.
- 4) Считам, че на база получените резултати в дадената зона би било проблем оповестяването и трансфера на данни в случай на бедствия и аварии към и от абонатите. В по-голямата част от маршрута изобщо няма възможност за изграждане на интернет връзка.

Примерни динамични изследвания на параметрите на мобилна мрежата в извънградска планинска среда при движение с автомобил

Примерните динамични изследвания на параметрите на мрежата на мобилен оператор “Йетел” при автомобилен преход в планинска среда са реализирани по маршрут от кв.”Бояна” до местността “Златни мостове”.



Фиг.4.45 Работни екрани представящи силата на сигнала, информация за обслужващата клетка, за съседните клетки и втората SIM карта

От проведеното динамично изследване в режим 2G - 5G на мрежата може да се направят следните по-важни изводи:

- 1) Нивото на сигнала за избраната точка на измерване в по-голямата му част е слабо: -112 dB. Само при едно от измерванията се засича леко повишаване на нивото до -107 dB. Тези резултати се дължат на силно пресечения терен, голямата надморска височина и лошо покритие със станции, което поражда значително множество отражения, както и липсата на радиосигнал. Ясно се различават 10 сектора, като 3 от тях са големи по няколко километра по маршрута маркирани с червен код, който според легендата на приложението при измерванията, показва липсата на радиосигнал в тях.
- 2) Качеството на сигнала може да се оцени като лошо – отразено е с данните събрани от приложението, като има зони с липса на сигнал.
- 3) При изследването на маршрута са засечени 3 клетки, една обслужваща и две съседни, като е отчетен неравномерен хендоувър (невъзможност за превключване на канала) и между тях се наблюдават значителни спадове в нивото на сигнала и липса на покритие във всички измерени зони по маршрута.
- 4) Вследствие на проведените тестови измервания може да се заключи, че при настъпване на кризисни ситуации имаме проблемни зони, които биха затруднили комуникацията с абонатите за осъществяване на реакция при критична ситуация, а в една от измерените зони обменът на данни би бил невъзможен.

От получените резултати се вижда, че стойностите на интернет връзката при статичното измерване в планински условия са изключително ниски от 738.4 Kb/s до 56.1 Mb/s. Това на практика в големи сектори не позволява осъществяването на реална интернет връзка, като се има предвид обеми на информация и големината на актуалните браузъри. Записите са направени в началото, в средата и в края на времето за измерване по целия маршрут.

От направените изследвания за пропускателната способност на мрежата при трафик на данни през мобилния интернет достъп, може да се обобщят следните заключения:

- 1) Ясно се вижда ниските нива на високоскоростния 4G достъп измерени при динамичното изследване. Според стандарта те трябва да бъдат между до 100 Mb/s и до 600 Mb/s за 4G+.

2) Забелязва се ниска пропускателна способност в 9 сектора по маршрута при извършеното измерване.

3) Ясно изразена е наличието на симетрична и асиметрична услуга на мобилен интернет – съотношението ъплоуд/даунлоуд варираща от 1/4 до 1/10 при 4G режим.

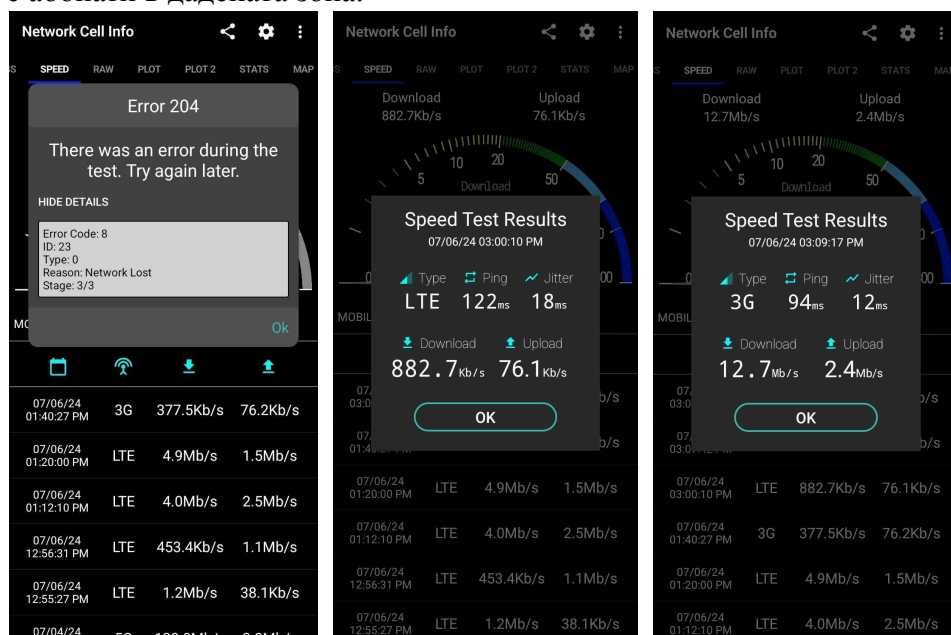
4) Считам, че на база получените резултати от примерните измервания в дадената зона оповестяването и трансфера на данни в случай на бедствия и аварии към и от абонатите не би било гарантирано.

Примерните динамични изследвания на параметрите на мрежата на мобилен оператор “Виваком” при автомобилен преход в извънградска планинска среда в режим 2G - 5G са по маршрута от кв.”Бояна” до местността “Златните мостове” във Витоша може да се направят следните по-важни изводи:

1) Нивото на сигнала за избраната точка на измерване в по-голямата му част е слабо: от -113 до -115 dB. Само при едно от измерванията се засича леко повишаване на нивото до -96dB. Тези резултати се дължат на силно пресечения терен, голямата надморска височина и лошо покритие със станции (което поражда значително множество отражения, както и липсата на радиосигнал). 2) Качеството на сигнала в големи сектори от маршрута на измерване може да се оцени като лошо към средно – отразено е с данните на приложението.

3) При изследването на маршрута са засечени 4 клетки, една обслужваща и три съседни, като е отчетен неравномерен хендоувър и между тях се наблюдават значителни спадове в нивото на сигнала достигащи до 60 dB разлика и липса на покритие.

4) Вследствие на проведените тестови измервания може да се заключи, че при настъпване на кризисни ситуации радиопокритието на мобилния оператор в дадената зона би било проблемно за осигуряване на ранно предупреждение и връзка с абонати в дадената зона.



Фиг.4.54 Работни екрани свързани с отчитане скоростта на данни в права и обратна посока.

От получените резултати при измерване на пропускателната способност на интернет връзката се вижда, че стойностите при динамичното измерване в планински условия са изключително ниски от 882.7 Kb/s до 12.7 Mb/s. Това на практика не позволява осъществяването на реална интернет връзка, като се има предвид обеми на информация и големината на актуалните браузъри. Записите са направени в началото, в средата и в края на времето за измерване по маршрута.

От направените изследвания за пропускателната способност на мрежата

при трафик на данни през мобилния интернет достъп, може да се обобщят следните заключения:

- 1) Ясно се вижда ниските скорости на високоскоростния 4G достъп измерени при статичното изследване. Според стандарта те трябва да бъдат между до 100Mb/s и до 600Mb/s за 4G+.
- 2) Забелязва се ниска пропускателна способност в 3 сектора по маршрута при извършеното измерване.
- 3) Ясно изразена е асиметричността на услуга мобилен интернет – съотношението ъплоуд/даунлоуд варираща от 1/2 до 1/50 при 4G режим.
- 4) Считам, че на база получените резултати (фиг. 4.42) в дадената зона би било проблем оповестяването и трансфера на данни в случай на бедствия и аварии към и от абонатите.

4.5 Експериментални изследвания на параметрите на мобилни мрежи при измерване в слабо населен крайморски район

Измерванията на покритието и работата на мобилните мрежи на морското равнище за статичното измерване беше подбрано слабо населено място на брега на морето по време на голямо събиране на хора - фестивал проведен на 30 юни срещу 1 юли 2024 г.

Двете динамични измервания бяха реализирани на различен терен от статичното, също на морското равнище, който има естествени географски обособени условия - пресечен терен с денивелация, препятстващи разпространението на радиосигнала, което дава възможност да се симулират специфични условия и да позволят събиране на данни, които да послужат при изготвяне на план или за действия срещу реални кризисни ситуации. Те са реализирани на 31 юли 2024 г.

Примерни статични изследвания на параметрите на мобилна мрежата в извънградска среда на морското равнище

Примерните статични изследвания на параметрите на мрежата на лицензираните мобилни оператори “Йетел” и “Виваком” в точка от местността “Шабленска Тузла” са проведени на брега Черно море[91]. Част от резултатите от направените измервания като работни екрани с отчетени резултати са показани на фиг.4.58.



От проведеното статично изследване в режим 2G - 5G на мрежата на лицензиран мобилен оператор “Йетел” в една точка в къмпинг “Добруджа” на брега Черно море може да се направят следните по-важни изводи:

- 1) Нивото на сигнала за избраната точка на измерване в по-голямата му част е слабо: -118-122 dB. Само при едно от измерванията се засича леко повишаване на нивото до -116 dB. Тези резултати се дължат на разсейване на сигнала и лошо покритие със станции, което поражда значително затихване на радиосигнала и лошото му разпространение.
- 2) Качеството на сигнала може да се оцени като лошо – отразено е с данните на приложението. Събирането на няколкостотин абонати в близост до точката по време на измерванията допринася за влошаване на параметрите на мрежата.
- 3) При изследването на точката са засечени 4 клетки, една обслужваща и три съседни, като е отчетен неравномерен хендоувър и между тях се наблюдават значителни спадове в нивото на сигнала и липса на покритие.
- 4) Вследствие на проведените тестови измервания може да се заключи, че при настъпване на кризисни ситуации радиопокритието на мобилния оператор в дадената зона би било проблемно за осигуряване на ранно предупреждение и връзка с абонати в дадената зона.

При измерване на пропускателната способност на интернет връзката на мобилната мрежа бяха използвани приложенията Network Cell Info в секцията му Speed и Speedtest. От получените резултати се вижда, че стойностите при статичното измерване на морското равнище са изключително ниски от 1.7Mb/s до 2.7 Mb/s. Това на практика не позволява осъществяването на реална интернет връзка, като се има предвид обемите на информация и големината на актуалните браузъри. Записите са направени в началото, в средата и в края на времето за измерване в една и съща точка.

От направените изследвания за пропускателната способност на мрежата при трафик на данни през мобилния интернет достъп, може да се обобщат следните заключения:

- 1) Ясно се вижда ниските параметри на високоскоростния 4G достъп измерени при статичното изследване. Според стандарта те трябва да бъдат между до 100Mb/s и до 600Mb/s за 4G+.
- 2) Забелязва се ниска пропускателна способност през цялото време на измерването и невъзможността да се осъществи дори и лоша връзка при едно от тях.
- 3) Ясно изразена е асиметричността на услуга мобилен интернет – съотношението ъплоуд/даунлоуд варираща от 1/3 до 1/20 при 4G режим.
- 4) Счита се, че на база получените резултати в дадената зона би било проблем оповестяването и трансфера на данни в случай на бедствия и аварии към и от абонатите.

Примерни статични изследвания на параметрите на мрежата на лицензиран мобилен оператор “Виваком” в точка в местността “Шабленска Тузла” на брега Черно море. Резултатите от направените измервания като работни екрани с отчетени резултати са показани на фиг.4.65.



Фиг. 4.65 Работни екрани представящи динамичното изменение на сигнала на обслужваща S и съседни клетки N във времето

От проведеното статично изследване в режим 2G - 5G на мрежата на лицензиран мобилен оператор “Виваком” в една точка в къмпинг “Добруджа” на брега Черно море може да се направят следните по-важни изводи:

- 1) Нивото на сигнала за избраната точка на измерване в по-голямата му част е средно към добро: -96 dB. Като при едно от измерванията се засича повишаване на нивото до -86 dB. Тези резултати се дължат на разсейване на сигнала и лошо покритие със станции, което поражда затихване на радиосигнала и лошото му разпространение.
- 2) Качеството на сигнала може да се оцени като средно към добро – отразено е с данните на приложението. Събирането на няколкостотин абонати в близост до точката по време на измерванията допринася за влошаване на параметрите на мрежата.
- 3) При изследването на точката са засечени 1 клетка, която е обслужваща, като е отчетен неравномерен хендоувър и между тях се наблюдават значителни амплитуди в нивото на сигнала и липса на покритие.
- 4) Вследствие на проведените тестови измервания може да се заключи, че при настъпване на кризисни ситуации радиопокритието на мобилния оператор в дадената зона би било проблемно за осигуряване на ранно предупреждение и връзка с абонати в дадената зона.

От получените резултати при измерване на пропускателната способност на интернет връзката на същата мрежа се вижда, че стойностите при статичното измерване на морското равнище са изключително ниски от 1.5Mb/s до 2.7 Mb/s. Това на практика не позволява осъществяването на реална интернет връзка, като се има предвид обемите на информация и големината на актуалните браузъри. Записите са направени в началото, в средата и в края на времето за измерване в една и съща точка.

От направените изследвания за пропускателната способност на мрежата при трафик на данни през мобилния интернет достъп, може да се обобщат следните заключения:

- 1) Ясно се вижда ниските параметри на високоскоростния 4G достъп измерени при статичното изследване. Според стандарта те трябва да бъдат между до 100Mb/s и до 600Mb/s за 4G+.

- 2) Забелязва се ниска пропускателна способност през цялото време на измерването и невъзможността да се осъществи дори и лоша връзка при едно от тях.
- 3) Ясно изразена е асиметричността на услуга мобилен интернет – съотношението ъплоуд/даунлоуд варираща от 1/11 до 1/28 при 3.5G режим.
- 4) Счита се, че на база получените резултати в дадената зона би било проблем оповестяването и трансфера на данни в случай на бедствия и аварии към и от абонатите.

Примерни динамични изследвания на параметрите на мобилна мрежата в градска среда на морското равнище с пешеходна скорост

Примерно динамично изследване на параметрите на мрежата на мобилен оператор “Йетел” при пешеходен преход в малък град на морското равнище. От проведеното динамично изследване в режим 2G-5G на мрежата при пешеходен преход в малък град на морското равнище може да се направят следните по-важни изводи:

- 1) Нивото на сигнала за избраната точка на измерване в по-голямата му част е слабо: -102-103 dB. Само при едно от измерванията се засича леко понижаване на нивото до -111dB. Тези резултати се дължат на силно пресечения терен, но се компенсира от добро покритие със станции, което компенсира множеството отражения и затихване. Ясно се различават 3 сектора по маршрута маркирани с червен код, който според легендата на приложението при измерванията, показва липсата на радиосигнал в тях. Те обаче са малки и на места с големи пропадания на сигнала.
- 2) Качеството на сигнала може да се оцени като много добро – отразено е с данните извлечени от приложението.
- 3) При изследването на точката са засечени 4 клетки, една обслужваща и три съседни, като е отчетен неравномерен хендоувър и между тях не се наблюдават значителни спадове в нивото на сигнала и добро покритие.
- 4) Вследствие на проведените тестови измервания може да се заключи, че при настъпване на кризисни ситуации радиопокритието на мобилния оператор в дадената зона би било достатъчно за осигуряване на ранно предупреждение и връзка с абонати в дадената зона.

От получените резултати при измерване на пропускателната способност на интернет се вижда, че стойностите при примерното динамично измерване в градски условия в малко населено място са много добри от 574.1 Mb/s до 697.3 Mb/s. Записите са направени в началото, в средата и в края по маршрута за измерване. Това на практика позволява осъществяването на отлична интернет връзка, като се има предвид обеми на информация и големината на актуалните браузъри.

От направените изследвания за пропускателната способност на мрежата при трафик на данни през мобилния интернет достъп, може да се обобщат следните заключения:

- 1) Покрити са параметрите на високоскоростния 4G+ и 5G достъп измерени при статичното изследване.
- 2) Забелязва се много добра пропускателна способност с изключение на 3 сектора по маршрута при извършеното измерване има червени зони, но те са с малка площ.
- 3) Ясно изразена е асиметричността на услуга мобилен интернет – съотношението ъплоуд/даунлоуд варираща от 1/8 до 1/10 при 5G режим.
- 4) Може да се счита, че на база получените резултати в дадената зона не би било проблем оповестяването и трансфера на данни в случай на бедствия и аварии към и от абонатите.

Примерни динамични изследвания на параметрите на мрежата на мобилен оператор “Виваком” са направени и при пешеходен преход в малък град на морското равнище. От проведеното динамично изследване в режим 2G - 5G на мрежата на лицензиран мобилен оператор “Виваком” при пешеходен преход в малък град на морското равнище може да се направят следните по-важни изводи:

- 1) Нивото на сигнала за избраната точка на измерване в по-голямата му част е много добро: -85-88 dB. Само при едно от измерванията се засича леко понижаване на нивото до -108dB. Тези резултати се дължат на силно пресечения терен, но доброто покритие със станции компенсира множеството отражения и затихване. Няма сектори по маршрута маркирани с червен код при измерванията, които показват много доброто покритие с радиосигнал в тях.
- 2) Качеството на сигнала може да се оцени като много добро – отразено е с данните извлечени от приложението.
- 3) При изследването на точката са засечени 3 клетки, една обслужваща и две съседни, като е отчетен неравномерен хендоувър и между тях не се наблюдават значителни спадове в нивото на сигнала и добро покритие.
- 4) Вследствие на проведените тестови измервания може да се заключи, че при настъпване на кризисни ситуации радиопокритието на мобилния оператор в дадената зона би било достатъчно за осигуряване на ранно предупреждение и връзка с абонати в дадената зона.

При измерване на пропускателната способност на интернет връзката на мобилната мрежа са използвани приложенията Network Cell Info в секцията му Speed и Speedtest. От получените резултати се вижда, че стойностите при примерното динамично измерване в градски условия в малко населено място са много добри от 88.5 Mb/s до 140.5 Mb/s. Това на практика позволява осъществяването на много добра интернет връзка, като се има предвид обемите на информация и големината на актуалните браузъри. Записите са направени в началото, в средата и в края по маршрута за измерване.

От направените изследвания за пропускателната способност на мрежата при трафик на данни през мобилния интернет достъп, може да се обобщат следните заключения:

- 1) Ясно се вижда, че са покрити параметрите на високоскоростния 4G+ и 5G достъп измерени при статичното изследване.
- 2) Забелязва се много добра пропускателна способност по маршрута при извършеното измерване и не са засечени червени зони, където да има проблеми с качеството на сигнала.
- 3) Ясно изразена е асиметричността на услугата за доставка на мобилен интернет – съотношението ъплоуд/даунлоуд варираща от 1/8 до 1/14 при 5G режим.
- 4) Счита се, че на база получените резултати в дадената зона не би било проблем оповестяването и трансфера на данни в случай на бедствия и аварии към и от абонатите.

Примерни динамични изследвания на параметрите на мобилна мрежата в градска среда на морското равнище с автомобил.

От проведеното примерно динамично изследване в режим 2G - 5G на мрежата на мобилен оператор “Йтел” при автомобилен преход реализирано в град Балчик на морското равнище може да се направят следните по-важни изводи:

- 1) Нивото на сигнала за избраната точка на измерване в по-голямата му част е много добро: -94-96 dB. Само при едно от измерванията се засича средно ниво от -105dB. Тези резултати се дължат на доброто покритие със станции на избрания маршрут, което неутрализира отраженията от сградите и пресечения терен. На фиг. 4.71. ясно се различават 2 сектора, които са маркирани с червен код, който според

легендата на приложението при измерванията, показва липсата на радиосигнал в тях. Те са малка част от маршрута и не са от съществено значение.

2) Качеството на сигнала може да се оцени като много добро – отразено е с данните на приложението.

3) При изследването на точката са засечени 3 клетки, една обслужваща и две съседни, като е отчетен неравномерен хендоувър и между тях се наблюдават спадове в нивото на сигнала.

4) Вследствие на проведените тестови измервания може да се заключи, че при настъпване на кризисни ситуации радиопокритието на мобилния оператор в дадената зона няма да има проблеми за осигуряване на ранно предупреждение и връзка с абонати в дадената зона.

От получените резултати се вижда, че стойностите при статичното измерване на интернет връзката в планински условия са изключително ниски от 381.2 Mb/s до 593.4Mb/s. При едно от измерванията има спад до 301.8 Mb/s. Това на практика позволява осъществяването на много добра интернет връзка, като се има предвид обемите на информация и големината на актуалните браузъри. Записите са направени в началото, в средата и в края на времето за измерване по маршрута.

От направените изследвания за пропускателната способност на мрежата при трафик на данни през мобилния интернет достъп, може да се обобщят следните заключения:

1) Ясно се виждат параметрите на високоскоростния 5G достъп измерени при динамичното изследване, като те могат да достигнат до 1Gb/s.

2) Забелязва се ниска пропускателна способност в 2 сектора по маршрута при извършеното измерване) през цялото време на измерването.

3) Ясно изразена е асиметричността на услуга мобилен интернет – съотношението ъплоуд/даунлоуд варираща от 1/15 до 1/33 при 5G режим.

4) Считам, че на база получените резултати в определената за измерване зона не би било проблем оповестяването и трансфера на данни в случай на бедствия и аварии към и от абонатите.

От проведеното динамично изследване в режим 2G - 5G на мрежата на мобилен оператор “Виваком” при автомобилен преход в малък град на морското равнище може да се направят следните по-важни изводи:

1) Нивото на сигнала за избраната точка на измерване в по-голямата му част е много добро: -92 до -100 dB. Само при едно от измерванията се засича средно ниво от -106dB. Тези резултати се дължат на доброто покритие със станции на избрания маршрут, което неутрализира отраженията от сградите и пресечения терен. На фиг. 4.77. ясно се различават 2 сектора, които са маркирани с червен код, който според легендата на приложението при измерванията, показва липсата на радиосигнал в тях. Те са малка част от маршрута и не са от съществено значение.

2) Качеството на сигнала може да се оцени като много добро – отразено е с данните на приложението.

3) При изследването на точката са засечени 2 клетки, една обслужваща и една съседна, като е отчетен неравномерен хендоувър и между тях се наблюдават спадове в нивото на сигнала.

4) Вследствие на проведените тестови измервания може да се заключи, че при настъпване на кризисни ситуации радиопокритието на мобилния оператор в дадената зона ще осигури достъп до мрежата за извършване на ранно предупреждение и връзка с абонати в дадената зона.

От получените резултати се вижда, че стойностите при статичното измерване в планински условия са изключително ниски от 115.8 Mb/s до 133.3Mb/s. При едно от измерванията има спад до 43.5 Mb/s. Това на практика позволява осъществяването на добра интернет връзка, като се има предвид обемите на

информация и големината на актуалните браузъри. Записите са направени в началото, в средата и в края на времето за измерване по маршрута.

От направените изследвания за пропускателната способност на мрежата при трафик на данни през мобилния интернет достъп, може да се обобщят следните заключения:

- 1) Ясно се виждат параметрите на високоскоростния 4G+ достъп измерени при динамичното изследване, като те надхвърлят 300Mb/s.
- 2) Забелязва се ниска пропускателна способност в 2 сектора по маршрута при извършеното измерване) през цялото време на измерването.
- 3) Ясно изразена е асиметричността на услуга мобилен интернет – съотношението ъплоуд/даунлоуд варираща от 1/7 до 1/10 при 5G режим.
- 4) Счита се, че на база получените резултати в определената за измерване зона е осигурено нормално оповестяване и трансфера на данни в случай на бедствия и аварии към и от абонатите.

4.6 Анализ и изводи към Четвърта глава

От направените дотук анализи на измерванията представени в четвърта глава можем да направим следните по-важни изводи:

- Нивото на сигнала при статичното и динамичните измервания в планината в по-голямата му част е слабо, като стойностите падат до -123dB, а при статичните изследвания на морския бряг и до -122dB. При динамичните изследвания се различават до 9-10 сектора по маршрута маркирани с червен код, който според легендата на приложението при измерванията, показва много слаб или липсата на радиосигнал в тях. Големите зони с радиосянка, може да се дължат на засенчването от предмети с размери, по-големи от дължината на вълната и от дифракция с предмети с размери, сравними с дължината на вълната.
- Тези резултати се дължат на силно пресечения терен, голямата надморска височина и лошо покритие със станции, което поражда значително множество отражения, големи зони с радиосянка, заради затихване от разстоянието при директен лъч, както и от загуби породени от големи географски обекти и растителност.
- Качеството на сигнала може да се оцени като лошо – отразено е с данните снети от приложението.
- При изследването са засечени между 1 и 4 клетки, една обслужваща и две съседни, като е отчетен неравномерен хендоувър и между тях се наблюдават значителни спадове в нивото на сигнала и липса на покритие. Наблюдават значителни спадове в нивото на сигнала достигащи до 60 dB разлика, които могат да се дължат на множество отражения.
- Вследствие на проведените тестови измервания може да се заключи, че при настъпване на кризисни ситуации радиопокритието на мобилния оператор в дадената зона би било проблемно за осигуряване на ранно предупреждение и връзка с абонати във високопланинските и крайморските зони, където са проведени изследванията, както и при динамичните реализирани по маршрути с пешеходна скорост. В останалите сигналът и предаването на данни е от средно към добро.
- При тестовите за измерване на скоростта на данните и пропускателната способност на канала, ясно се виждат ниските стойности от 467.7Kb/s за даунлоуд и 28.6Kb/s за ъплоуд. Като при пешеходните динамични изследвания те падат до 377.5Kb/s за даунлоуд и 76.2Kb/s за ъплоуд. Може да се направят изводи, че макар и със зони без покритие при измерванията извършени с автомобил скоростта на данните до стига до 84Mb/s за

даунлоуд и 12Mb/s за ъплоуд. Според стандарта те трябва да бъдат между 100Mb/s и 600Mb/s за 4G+.

- Забелязва се ниска пропускателна способност на каналите и при двата мобилни оператора, почти през цялото време на измерването, като при приложението връща отговор, че тестът не може да бъде проведен, заради изгубена връзка с мрежата. Изписва се също така, че е в процес на търсене на провайдер
- Ясно изразена е асиметричността на услуга мобилен интернет – съотношението ъплоуд/даунлоуд, варираща от 1/30 до 1/300 при 4G режим.
- Считам, че на база получените резултати в дадената зона би било проблем оповестяването и трансфера на данни в случай на бедствия и аварии към и от абонатите.

ГЛАВА 5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ С ПРИМЕРНИ РЕАЛНИ ДАННИ ПРИ ВЪЗНИКНАЛА КРИЗА ПОЛУЧЕНИ СЪС СЪДЕЙСТВИЕТО НА КРС

Обменът на информация при криза естествено предизвиква по-голям интерес за проучване, защото точно в ситуации на нестабилност осигуряването на свързаност може да е решаващо и често има нужда от гарантирани канали за комуникация.

В тази глава са представени данни събрани и предоставени от Комитета за регулиране на съобщенията при измерванията в наводнените села Богдан и Слатина в община Карлово, както и по време на събора край село Гела, област Смолян. По данни от измерителните протоколи на КРС е използвана следната апаратура:

- Портативна станция станция за измерване на покритие и качеството на GSM/UMTS/LTE мрежи “Anite Nemo Outdoor”
- Тестови мобилен апарат: Samsung Galaxy S8;
- Компютър: ASUS - FX553VD-FY369
- GPS система: Garmin GPS (NMEA)
- Софтуер: Nemo Outdoor; Nemo Analyze

В трите посочени горе локации са регистрирани различни значително занижени показатели на предаването на глас чрез GSM технология или на достъп до интернет през UMTS, LTE и 5G, сочат докладите на Комисията за регулиране на съобщенията (КРС). Причините са, че при бедствия и масови мероприятия публичните комуникационни мрежи не могат да осигурят необходимата свързаност и това създава предпоставки за криза и невъзможност да се осигури надеждна връзка със спешна помощ или друга специализирана публична служба.

5.1 Измервания на мобилни наземни мрежи при създава се критична ситуация

Показателни за това как се реализират комуникациите по време на криза са данните от измерванията на покритието и качеството на мобилни наземни мрежи извършени от експерти на КРС на 8 септември 2022 година за честотните обхвати 900 MHz, 1800 MHz и 2100 MHz. [92]

За различните мрежи има различен стандарт за минимално ниво сигнала за осигуряване на покритие - като за липса на покритие са приети следните норми - GSM под -100dBm, UMTS под -105dBm, LTE под -110dBm и 5G под -110dBm.

За визуализация на маршрутите на измерванията се използват цветови кодове върху картите - бял за липса на покритие, зелен за задоволително покритие, жълт за добро покритие и червен за много добро покритие.

Наводнение в с.Богдан, община Карлово

Село Богдан, община Карлово пострада много сериозно от наводнението през лятото на 2022 г. и това предизвиква голям медиен интерес към мястото на бедствието, а много доброволци се включиха в разчистването на района[93].

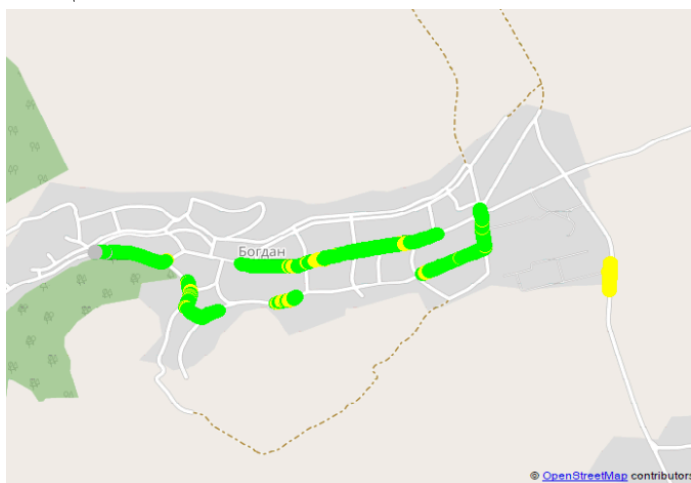
Резултатите от измерванията за телефония на оператора “А1” показват [94], че при използване на GSM (2G) технологията показателите “ниво на приемания сигнал”, “качество на приемания сигнал” и статистиката за осъществяване на повиквания не са добри, което се посочва в данните от измерванията на КРС.

За телефония при използване на UMTS технология (3G) при същия оператор по маршрута на измерване са постигнати параметри в нормата - средното ниво на измерение сигнал е -94.65 dBm, качеството на приемания сигнал е 3.14 MOS, като имаме 100 процента успешни повиквания.

При измерванията за възможността за използването на UMTS технология за достъп до интернет извършени също на 8 септември параметрите “ниво на измервания сигнал”, “усреднена скорост при трансфер на данни”, “усреднено време за двупосочно времезакъснение”, като всички измервания показват, че не е наличен никакъв сигнал (N/A). При достъп до интернет чрез LTE технологията по същия маршрут са измерени -105.92 dBm за ниво на приемания сигнал, 5115 Kbps усреднена скорост при трансфер на данни и 47 ms усреднено време за двупосочно времезакъснение.

При оператора “Виваком” измерванията направени по същото време показват следните резултати - “ниво на приемания сигнал”, “качество на приемания сигнал” и статистиката за осъществяване на повиквания при използване на GSM технология са N/A (т.е. не е наличен никакъв сигнал) [95]. За телефонията при използване на UMTS технология са измерени следните данни: -87.95 dBm за ниво на приемания сигнал, 3.82 MOS и 100% успешни повиквания съгласно статистиката за осъществяването им.

На фиг.5.3 се виждат малка зона от 2.68 на сто с лош сигнал при измервания за телефония, която е оцветена в сиво.



Фиг.5.3 Измервания на “Виваком” за GSM и UMTS.

Достъпът до интернет през мрежата на този оператор при използване на UMTS технология също показва N/A (т.е. не е наличен никакъв сигнал) за всички проследени параметри.

Използването на технологията LTE за достъп до интернет показва следните резултати при направените измервания: -108.02 dBm за ниво на приемания сигнал, 18451 kbps за усреднена скорост при трансфер на данни и 57 ms за усреднено време за двупосочно времезакъснение.

Мрежата на оператора “Yettel” при измерванията за телефония при използване на GSM технологията показват аналогични резултати за ниво и качество на приемания сигнал, както и при първите два оператора - N/A (т.е. не е наличен

никакъв сигнал) [96]. При използване на UMTS технологията за телефония са измерени -90.02 dBm за ниво на приемания сигнал, 3.60 MOS за качеството му и съответно има регистрирани 100 процента осъществени повиквания.

Нивото на приемания сигнал за достъп до интернет е измервано на същата дата 8 септември 2022 г. и при използване на UMTS технология е само N/A (т.е. не е наличен никакъв сигнал), а за сърфиране при използване на LTE технологията са измерени следните параметри: -102.08 dBm за ниво на приемания сигнал, 10169 kbps за усреднена скорост при трансфер на данни и 172 ms за усреднено време за двупосочно времезакъснение.

Наводнение в с.Слатина, община Карлово

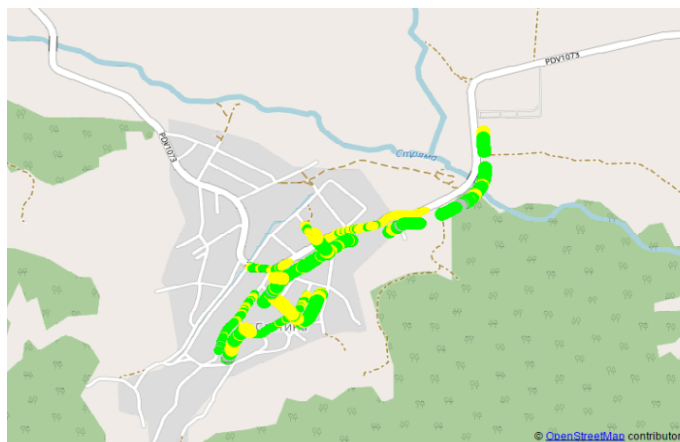
Измервания на честотните обхвати от 900 MHz, 1800 MHz и 2100 MHz. по време на бедствието причинено от наводнението в община Карлово на 8 септември 2022 г. са проведени и в с.Слатина[97].

Мрежата на телекомуникационния оператор “A1” при телефония по GSM стандарт и в тази точка на измерване показва резултати N/A (не е наличен никакъв сигнал) [98]. При UMTS технологията за телефония са измерени - 83.29 dBm за ниво на приемания сигнал, 3.75 MOS за качеството му и съответно има засечени 100 процента осъществени повиквания.

При засичане на показателите за достъп до интернет в района чрез UMTS в мрежата на първия оператор данните отново са: N/A (т.е.не е наличен никакъв сигнал).

Достъпът до световната мрежа чрез LTE технология също е измерен със следните параметри: -101.29 dBm за ниво на приемания сигнал, 51057 kbps за усреднена скорост при трансфер на данни и 47 ms за усреднено време за двупосочно времезакъснение.

Придружаващите графики (фиг.5.7) показват незначителни сектори между 0.4 и 2.4% зони с лош сигнал по трасето на проверката извършена от експертите.



Фиг. 5.7 Измервания на A1 за UMTS и LTE.

Измерванията в мрежата на телекомуникационния оператор “Виваком” за телефония по GSM стандарт дават същите резултати и за този район попаднал в наводнението - N/A (не е наличен никакъв сигнал)[99].

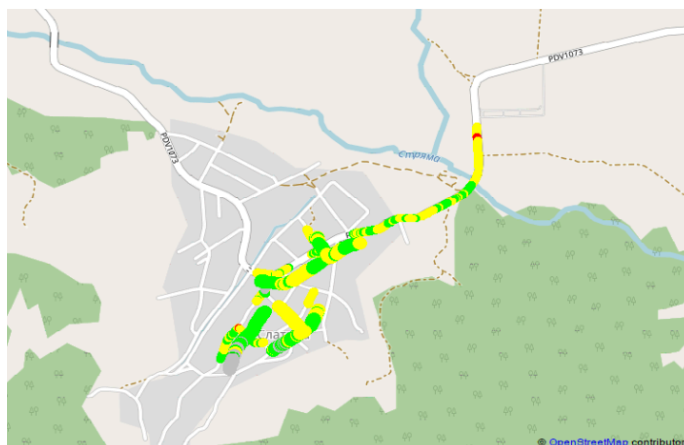
При UMTS технологията за телефония са измерени -90.18 dBm за ниво на приемания сигнал, 3.78 MOS за качеството му и съответно има 100 процента осъществени повиквания. Показателите за достъп до интернет чрез UMTS отново са с резултат: N/A (не е наличен никакъв сигнал). Достъпът до мрежата чрез LTE технология са измерени следните параметри в норма: -103.12 dBm за ниво на приемания сигнал, 21 832 kbps за усреднена скорост при трансфер на данни и 33 ms за усреднено време за двупосочно времезакъснение.

Графиките към измерванията показват едва до 1.5 процента зони с лош сигнал при телефонията и липса на измервания в определени части от маршрута. При създаването на карта на измерванията (фиг. 5.8) за достъп до интернет са засечени до 19 на сто зони с лош сигнал.

В наводненото село Слатина са измервали и възможностите за разговори в GSM мрежата на третия телекомуникационен оператор “Yettel”, като резултатите за всички параметри са същите, както при първи два оператора - N/A (не е наличен никакъв сигнал)[100].

В същото време при UMTS технологията за телефония са измерени -83.18 dBm за ниво на приемания сигнал, 3.63 MOS за качеството му и съответно има засечени 100 процента осъществени повиквания.

Измерванията за достъп до интернет при използване на UMTS дават същите резултати, както и при другите два лицензирани оператора - N/A (не е наличен никакъв сигнал). Сърфиране чрез LTE технология са измерени следните параметри в норма: -102.69 dBm за ниво на приемания сигнал, 7821 kbps за усреднена скорост при трансфер на данни и 35 ms за усреднено време за двупосочно времезакъснение. Графиките за зоните в село Слатина при този оператор показват, че с лошо ниво на приемания сигнал за телефония са 1.27 %, а за достъп до интернет са около 7.7 на сто. (фиг.5.9)



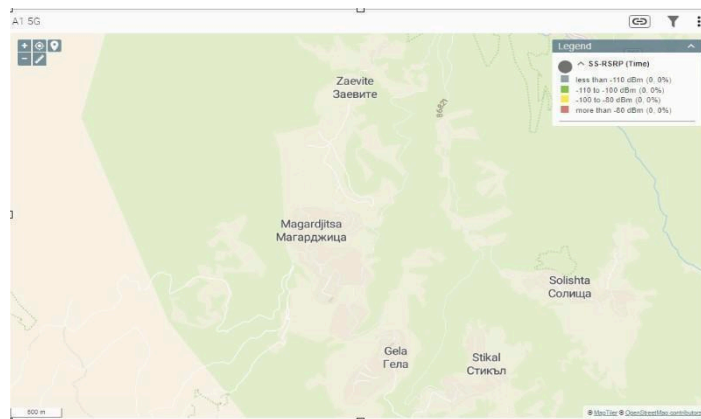
Фиг. 5.9 Измервания на Yettel за UMTS и LTE.

Събор край с.Гела, област Смолян

Събирането на големи множества от хора на едно място са предпоставка за възникване на криза и затова измерванията на експертите от KPC по време на събора край с. Гела в Родопите дават важна информация, която може да послужи за последващ анализ и изводи.[101]

Измерванията са извършени в рамките на двата дни на проявата на 5 и 6 август на Илинденски поляни при надморска височина 1473 метра. Честотните обхвати, които са проверявани са 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz, 3600 MHz.

На 5 август измерванията извършени в мрежата на “A1” за пренос на глас за GSM технологията показват: нивото на приемания сигнал е -77.34 dBm; качеството на приемания сигнал е 0.09; осъществените повиквания са 100%.[102] Данните за пренос на глас чрез UMTS са: нивото на приемания сигнал е -80.22 dBm; качеството на приемания сигнал е 1.62; осъществените повиквания са 100%. При пренос на данни чрез UMTS - няма сигнал, чрез LTE (ниво на приемания сигнал: -106.40 dBm, download: 58.35 Mbps, двупосочно времезакъснение: 61 ms), чрез 5G - няма сигнал (фиг. 5.10).



Фиг. 5.10 Измервания на A1 за 5G

На същата дата по време на събора са получени следните резултати в мрежата на оператора “Виваком” за пренос на глас чрез GSM технологията: нивото на приемания сигнал е -88.38 dBm; качеството на приемания сигнал е 0.19; осъществените повиквания са 97.66%.[103] Данните за пренос на глас чрез UMTS са: нивото на приемания сигнал е -94.60 dBm; качеството на приемания сигнал е 0.8; осъществените повиквания са 100%. При пренос на данни чрез UMTS - няма сигнал (фиг. 5.11), чрез LTE (ниво на приемания сигнал: -108.60 dBm, download: 0.904 Mbps, двупосочно времезакъснение: 141 ms), чрез 5G - няма сигнал.

Третият оператор “Yettel” и изградената от него мрежа е имал следните показатели в първия ден на измерването от експертите на KPC.[103] При пренос на глас чрез GSM технологията: нивото на приемания сигнал е -78.05 dBm; качеството на приемания сигнал е 0.16; осъществените повиквания са 100%. Данните за пренос на глас чрез UMTS са: нивото на приемания сигнал е -99.01 dBm; качеството на приемания сигнал е 0.47; осъществените повиквания са 100%. При пренос на данни чрез UMTS - няма сигнал, чрез LTE (ниво на приемания сигнал: -103.20 dBm, download: 27.36 Mbps, двупосочно времезакъснение: 107 ms), чрез 5G (ниво на приемания сигнал: -104.20 dBm, download: 8.384 Mbps, двупосочно времезакъснение: 1405 ms) Засечен е 19 на сто лош сигнал (виж фиг. 5.12).

На втория ден от измерванията, 6 август 2023 г., експертите засичат следните параметри за оператора “A1”.[105] При пренос на глас чрез GSM технологията: нивото на приемания сигнал е -81.94 dBm; качеството на приемания сигнал е 0.1; осъществените повиквания са 100%. Данните за пренос на глас чрез UMTS са: нивото на приемания сигнал е -88.05 dBm; качеството на приемания сигнал е 0.41; осъществените повиквания са 100%. При пренос на данни чрез UMTS - няма сигнал, чрез LTE (ниво на приемания сигнал: -106.70 dBm, download: 53.297 Mbps, двупосочно времезакъснение: 67 ms), чрез 5G - няма сигнал. При LTE технологията 18 на сто от измерваните зони показват лош сигнал (фиг.5.13).

Мрежата на “Виваком” показва следните резултати за пренос на глас чрез GSM технологията: нивото на приемания сигнал е -78.50 dBm; качеството на приемания сигнал е 0.27; осъществените повиквания са 100%.[106] Данните за пренос на глас чрез UMTS са: нивото на приемания сигнал е -83.25 dBm; качеството на приемания сигнал е 0.81; осъществените повиквания са 100%. При пренос на данни чрез UMTS - няма сигнал, чрез LTE (ниво на приемания сигнал: -99.20 dBm, download: 29.064 Mbps, двупосочно времезакъснение: 45 ms), чрез 5G - няма сигнал (фиг.5.14).

Третият оператор “Yettel” дава следните резултати при измерване на мрежата му при пренос на глас чрез GSM технологията: нивото на приемания сигнал е -86.04 dBm; качеството на приемания сигнал е 0.27; осъществените повиквания са 100%.[107] Данните за пренос на глас чрез UMTS са: нивото на приемания сигнал е -91.90 dBm; качеството на приемания сигнал е 1.68;

осъществените повиквания са 100%. При пренос на данни чрез UMTS - няма сигнал, чрез LTE (ниво на приемания сигнал: -102.20 dBm, download: 6.067 Mbps, двупосочно времезакъснение: 51 ms), чрез 5G (ниво на приемания сигнал: -105.20 dBm, download: 179.861 Mbps, двупосочно времезакъснение: 1405 ms). 37 на сто от измерените зони са с влошен сигнал при 4G (фиг. 5.15)

Съпоставката между измерванията в наводнените села Богдан и Слатина, както и по време на събора край село Гела ни дава възможност да направим анализ на осигуряване на комуникациите при кризи предизвикани от природни бедствия или масови мероприятия, при които има струпване на големи групи от хора, използващи мобилни комуникации. Редно е също така да бъдат набелязани и определени мерки за подобряването им.

В първото населено място има значително повече зони с лош GSM сигнал, като разликата с второто наводнено село е, че по-големия брой доброволци и по-високия медиен интерес т.е. това води до по-интензивна комуникация и натоварване на базовите станции много над заложените им по план пропускателни способности. Експертите обясняват влошения сигнал за телефония и мобилен интернет (LTE) и с това, че в при работа телевизионните екипи осъществяват преките си предавания чрез използване на мобилните мрежи, заради значително по-ниските разходи от технологията при която се осигурява собствен канал за предаване например чрез използване на сателитна връзка. Също така базовите станции получават допълнителното натоварване вследствие на повишения брой повиквания от доброволците, дошли да помогнат за почистването, както и от други хора, намиращи се в района. Така при криза може да се стигне до абсурдната ситуация, при която в желанието да се помогне реално, в т.ч. и чрез разгласяване за размерите на бедствието да се попречи на осъществявани служебни връзки или на специфични комуникации, които са приоритетни в тези моменти.

Анализът на данните събрани при измерванията край село Гела по време на проведения в началото на август 2023 година събор, доказва, че при струпвания на големи маси от хора на едно място, комуникациите не могат да осигурят необходимата свързаност и при наличните предпоставки за криза се създава опасност от невъзможност да се осигури надеждна връзка със спешна помощ или друга необходима реакция при възникване на проблем.

През първия ден на събора в село Гела, който е бил по-посещаван, не имало GSM връзка и 5G свързаност, а през втория ден, при наличие на по-малко хора на мероприятиято, са регистрирани проблеми само с мобилния интернет от пето поколение.

5.3 Изводи към Пета глава

- С оглед на извънредното натоварване при кризи при което популярните канали за разпространение на глас и данни чрез GSM, UMTS, 4G и/или 5G технологии имат нужда от потенциални възможности за комуникация много над планираните, а това от друга страна не е обосновано от гледна точка на търговските цели и икономическия интерес на дружествата, затова е необходимо осигуряване на надеждни канали за предаване на информация.
- Изводите от данните изложени досега дават основание да се направи обоснована препоръка активно да се разработят и реализират алтернативни канали за свързване при кризи от различен характер, като използването на радиочестотния спектър за изграждането на локални наземни мрежи за нуждите на общините в република България с разрешение на КРС.
- Като препоръка също може да се изведе и изграждане на единен център за координация помежду им. Така ще се осигури една сигурна, лесна за

поддръжка и сравнително евтина за изграждане система за комуникация на територията на цялата страна.

- Изграждането на групи на местните общности в социалните мрежи също може да замести централните оповестителните системи при извънредни ситуации, като се използва възможността за публична свързаност през социалните мрежи на засегнатите райони.
- Като алтернатива на свързаност в райони с подходящ релеф, може да се реализират връзки с използване на радиолюбителски станции, като при извънредни ситуации и липса на други възможности може да се използва и предаване на необходимите данни и съобщения чрез изградените мрежи от радиолюбителите в страната.

6. ОСНОВНИ ПРИНОСИ В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Приносите в дисертационния труд могат да се класифицират в две основни групи - научно-приложни и приложни.

Научно-приложни приноси

- Извършен е анализ и е направен обзор на организацията и методите за комуникации при кризи[A2], съществуващата нормативна база и възможностите за осигуряване на свързаност в такива ситуации[A1]. Направеният анализ на данните за бедствията в световен мащаб, на Балканите и у нас, както и последствията от значими бедствия повлияли на комуникациите в държави сравними с нас, може да послужи за вземане на мерки за изграждане на системи за предварително оповестяване за бедствия в определени рискови и гъсто населени райони.
- Разработена е методология на базата на съществуващ модел в MatLab за изследване на седем различни случая, отчитащи шумоустойчивостта на WCDMA система и са представени експериментални симулационни резултати чрез които се отчитат и доказват методи за подобряване качество на услугите.
- Разработени са алгоритми (3.3а,б и 3.22), свързани с въвеждане на параметрите на сигнала, обработката и извеждането на резултати при реализация на моделиране и изследване, на базата на модела за WCDMA Spreading and Modulation, като чрез тях могат да се синтезират различни сценарии и решават оптимизационни задачи.

Приложни приноси

1. Изследвани, анализирани и оценени са всички основни възможности за разпространение на данни по време на кризи според терена, надморската височина и технологичната осигуреност на района, както и според това колко е населен. Доказана е необходимостта от използване на софтуерни приложения на телефоните, с които лесно и бързо се правят експериментални изследвания, на базата на които се извеждат препоръки за подобряване на услугите при предаване на данни по време на криза.
2. Извършени са множество експериментални измервания във високопланински[A3] и крайбрежни райони[A4], както и са отчетени реални измервания в бедстващи от наводнения райони или при масови събирания, където има силни затруднения за комуникация или практически липсва на

такава, които са предоставени от КРС[А1], са направени изводи и е доказана необходимостта от изграждането на локални мрежи, независими от националните, може да е много полезно и практично при проблеми за свързаността в тези сектори.

3. Направени са реални измервания, диагностика и оценка на експлоатационните характеристики, свързани с осигуряване на качеството на обслужване в градски и извънградски райони[А3], локализиране на проблемните участъци[А4] и са дефинирани основни технически и технологични решения за неговото подобряване. На базата на тях се доказва и препоръчва необходимостта от изграждане на единен център за координация[А1] помежду локалните наземни радиомрежи изградени за нуждите на общините с разрешение и надзора на КРС. Така би се осигурила и изградила една сигурна и ефективна система за комуникация на територията на цялата страна.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

[А1] T.Gospodinov, “Ensuring and improving communications during crises caused by natural disasters or mass events”, 8th International Scientific Conference

“Telecommunications, Informatics, Energy and Management” – TIEM 2023 , ISBN: 978-625-94286-0-4, 2023, p.p 156-167

[А2] Т.Господинов, С.Садинов, “Възможности за използване на социалните мрежи, като комуникационен канал за публични цели”, София, Студентска и докторантска научна сесия на ВУТП 2024, ISSN 2815-5041, с. 53, 2024

[А3] T.Gospodinov, ‘Research on Radio Coverage of Mobile Networks in Rural Mountainous Areas’, Годишник на Висшето училище по телекомуникации и пощи, т.VIII, ISSN 2815-5440, с.91-95, София, 2024

[А4] T.Gospodinov, ‘Measurement and Analysis of Mobile Radio Network Parameters During Mass Events on the Seashore’, Годишник на Висшето училище по телекомуникации и пощи, т.IX, ISSN 2815-5440, (под печат), София, 2025