

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»

на тему:

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ КОГНІТИВНИХ МЕРЕЖ ДОСТУПУ
08-34.МКР.011.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу,
групи ТКС-18м
спеціальності 172 – Телекомунікації та
радіотехніка

_____ Шугайло К.І.

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТКСТБ

_____ Городецька О.С.

« ____ » _____ 2019 р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. БМІ

_____ Тимчик С.В.

« ____ » _____ 2019 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра телекомунікаційних систем та телебачення
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Галузь знань 17– Електроніка та телекомунікації
(шифр і назва)
Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва)
Освітня програма Телекомунікаційні системи та мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТКСТБ
к.т.н., професор Г.Г. Бортник

“ ___ ” _____ 2019 року

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шугайло Костянтину Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу

керівник роботи Городецька Оксана Степанівна, канд. техн. наук, доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “02” 10 2019 року № 254

2. Строк подання студентом роботи 02 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Тривалість обслуговування повідомлень фонового трафіку – 20 мс; 2. Середній час VHO – 2,6 хв; 3. Інтенсивність запитів на VHO – 0,5; 4. Кількість багаторежимних мобільних радіотерміналів – 20; 5. Доступність радіочастотного спектру – 0,99; 6. Затримка доступу до каналу – 2 мс; 7. Геопозиціонування мобільного пристрою - 50 м; 8. Діапазон робочих частот – від 50 МГц до 60 ГГц;

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Дослідження властивостей гетерогенних когнітивних мереж доступу; 2. Розробка моделей для аналізу взаємодії абонентського пристрою з гетерогенними когнітивними мережами доступу; 3. Розробка моделей і методів аналізу; 4. Особливості використання результатів дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Функціональна схема PE3 SDR; 2. Схема отримання і обробки даних в системі когнітивного радіо; 3. Функціональна схема організації взаємодії 3GPP і не-3GPP мереж в LTE; 4. Узагальнена SDL діаграма доступу MMR до ресурсів когнітивної мережі зв'язку IEEE 802.22; 5. Когнітивна мережу зв'язку з міжсистемним VHO з широкосмугової мережі в когнітивну мережу доступу; 6. Затримка доступу MMR до каналу в когнітивної мережі зв'язку.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Городецька О.С., доцент кафедри ТКСТБ		
Економічна частина	Кавецький В.В., старший викладач		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В. к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 02 вересня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка технічного завдання	06.09.2019р.	
2.	Дослідження властивостей гетерогенних когнітивних мереж доступу	13.09.2019р.	
3.	Розробка моделей для аналізу взаємодії абонентського пристрою з гетерогенними когнітивними мережами доступу	04.10.2019р.	
4.	Розробка моделей і методів аналізу	25.10.2019р.	
5.	Особливості використання результатів дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу	08.11.2019р.	
6.	Аналіз економічної ефективності розробки	15.11.2019р.	
7.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	22.11.2019р.	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	29.11.2019р.	
9.	Нормоконтроль МКР	02.12.2019р.	
10.	Попередній захист МКР, рецензування МКР	06.12. 2019р.	
11.	Захист МКР ЕК	09.12. 2019р.	

Студент

(підпис)

Шугайло К.І.

Керівник роботи

(підпис)

Городецька О.С.

РЕФЕРАТ

УДК 621.396

Шугайло Костянтин Іванович. Дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка» – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 129 с. На українській мові.

Рисунків 34, таблиць 10, бібліографія 101.

Показано, що міжсистемний VHO в гетерогенних когнітивних мережах включає етапи отримання інформації про доступні мережах, вибір цільової мережі, організацію безпечного з'єднання, аутентифікацію, отримання мережевого ідентифікатора і організацію сеансу зв'язку в цільовій мережі на основі структурно-функціонального моделювання.

Показано, що розроблена узагальнена модель і метод опису сигнальних повідомлень дозволяють формалізувати відносини між мережевими вузлами і впорядкувати опис видів сигнальних повідомлень при міжсистемних VHO за допомогою завдання відносин на безлічі.

Доведено, що для забезпечення безперервності надання послуг зв'язку в гетерогенних когнітивних мережах при міжсистемних VHO потрібно оцінювати затримку передачі трафіку, що дорівнює часу перемикавання абонентського пристрою в цільову мережу.

Доведено, що для забезпечення безперервності надання послуг зв'язку в гетерогенних когнітивних мережах потрібно оцінювати затримку передачі трафіку, що дорівнює часу перемикавання абонентського пристрою в когнітивну мережу, а при використанні тільки когнітивної технології для безперервності надання послуг потрібно оцінювати час доступу до каналу передачі.

Доведено, що для організації зв'язку в когнітивній мережі доступу з урахуванням міжсистемного VHO потрібно здійснити аналіз і прогноз кількості сеансів зв'язку.

Показано, що рейтингування мереж для вибору цільової мережі при міжсистемних VHO може бути виконано по метриках з використанням єдиної бази оцінок на основі методу експертної оцінки переваг і похідного VL (MM) критерію.

Показано, що предметно-орієнтована онтологія дозволяє уявити знання про порядок використання каналів в когнітивній мережі стандарту IEEE 802.22.

ABSTRACT

UDC 621.396

Shugailo Konstantin Ivanovich. Investigation of heterogeneous cognitive access networks. Master's qualification work in the specialty "Telecommunications and Radio Engineering" - Vinnitsa: VNTU, 2019. - 129 p. In Ukrainian language.

Figures 34, tables 10, bibliography 101.

It is shown that inter-system VHO in heterogeneous cognitive networks includes the steps of obtaining information about accessible networks, selecting the target network, organizing a secure connection, authentication, obtaining a network ID, and organizing a communication session in the target network based on structural and functional modeling.

It is shown that the developed generalized model and method for describing signal messages allow us to formalize relationships between network nodes and streamline the description of types of signal messages in inter-system VHOs by setting relations on multiple.

It is proved that in order to ensure continuity of communication services in heterogeneous cognitive networks in interconnect VHOs, it is necessary to estimate the delay of traffic transmission, which is equal to the time of switching of the subscriber device to the target network.

It is proved that in order to ensure continuity of communication services in heterogeneous cognitive networks, it is necessary to estimate the delay of transfer of traffic equal to the time of switching of the subscriber device in the cognitive network, and when using only cognitive technology for continuity of provision of services, it is necessary to estimate the access time to the transmission channel.

It is proved that for the organization of communication in the cognitive access network, taking into account the inter-system VHO, it is necessary to analyze and forecast the number of communication sessions.

It is shown that the ranking of networks for the selection of the target network for inter-system VHOs can be performed by metrics using a single assessment base on the basis of the expert evaluation of advantages and the derived BL (MM) criterion.

It is shown that object-oriented ontology allows to represent knowledge about the order of use of channels in the cognitive network of IEEE 802.22 standard.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП	16
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕТЕРОГЕННИХ КОГНІТИВНИХ МЕРЕЖ ДОСТУПУ	25
1.1 Процеси керування телекомунікаційними мережами і системами з можливістю реконфігурації.....	25
1.2 Дослідження властивостей когнітивних систем зв'язку	28
1.3 Аналіз особливостей радіопристроїв з програмованими параметрами	33
1.4 Взаємодія абонентського пристрою з гетерогенними мережами доступу	38
1.5 Оцінювання наукового, технічного та економічного рівня НДР.....	42
1.6 Оцінювання комерційного потенціалу розробки на тему дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу	44
1.7 Прогнозування витрат на виконання дослідної роботи	47
1.8 Доцільність науково-дослідної роботи з дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу	49
1.9 Висновки до розділу 1	50
2 РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВЗАЄМОДІЇ АБОНЕНТСЬКОГО ПРИСТРОЮ З ГЕТЕРОГЕННИМИ КОГНІТИВНИМИ МЕРЕЖАМИ ДОСТУПУ	53
2.1 Модель для аналізу процесу отримання інформації абонентським пристроєм про доступні мережах	53
2.2 Модель для аналізу отримання абонентським пристроєм інформації про доступність когнітивних мереж.....	59
2.3 Висновки до розділу 2	64
3 РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕТЕРОГЕННИХ КОГНІТИВНИХ МЕРЕЖ ДОСТУПУ	66
3.1 Метод оцінки часу міжсистемного вертикального хендовера абонентського пристрою в когнітивну мережу доступу	66
3.2 Модель для аналізу станів гетерогенної когнітивної мережі	74
3.3 Висновки до розділу 3	78
4 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ КОГНІТИВНИХ МЕРЕЖ ДОСТУПУ	81
4.1 Висновки до розділу 4	88
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	90

5.1 Розрахунок витрат на проведення НДР з дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу	90
Витрачено	92
5.2 Амортизація обладнання для проведення досліджень	92
5.3 Визначення коефіцієнта наукової значимості отриманих результатів НДР	94
5.4 Внесок дослідника в досягнення отриманих результатів НДР	95
5.5 Висновки до розділу 5	96
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	97
6.1 Гігієна праці та виробнича санітарія	97
6.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони	97
6.1.2 Виробниче освітлення	98
6.1.3 Виробничі віброакустичні коливання	101
6.1.4 Виробничі випромінювання	102
6.2 Технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні дослідження	102
6.2.1 Безпека щодо організації робочих місць	103
6.2.2 Електробезпека	103
6.2.3 Пожежна безпека	103
6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях	104
6.3.1 Визначення області працездатності в мовах дії сейсмічних хвиль	104
6.3.2 Визначення області працездатності гетерогенної мережі в умовах дії ЕМІ	105
6.4 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи гетерогенної мережі в умовах дій загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	108
6.5 Висновки до розділу 6	109
ВИСНОВКИ	110
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	113
ДОДАТКИ	122
Додаток А (Технічне завдання)	123
Додаток Б (Функціональна схема PE3 SDR)	124
Додаток В (Схема отримання і обробки даних в системі когнітивного радіо)	125
Додаток Г (Функціональна схема організації взаємодії 3GPP і не-3GPP мереж в LTE)	126

Додаток Д (Узагальнена SDL діаграма доступу ММР до ресурсів когнітивної мережі зв'язку IEEE 802.22)	127
Додаток Е (Когнітивна мережа зв'язку з міжсистемним VHO з широкосмугової мережі в когнітивну мережу доступу)	128
Додаток Є (Затримка доступу ММР до каналу в когнітивної мережі зв'язку)	129

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- БС - базова станція
- ДКРЧ - Державна комісія з радіочастот
- ІСО (ISO) - Міжнародна організація по стандартизації
- ІКВ - Інформаційно-керуючий вузол
- ЄМЕ - Єдина мережа електрозв'язку
- КР - Когнітивне радіо
- КРХ - Когнітивна радіосистема
- МАІ - Метод аналізу ієрархій
- БМР - Багаторежимний мобільний радіотермінал
- МСЕ-Т - Міжнародний союз електрозв'язку, департамент телекомунікацій
- НДІР - Науково-дослідний інститут радіо
- РЕМ - Радіоелектронний засіб
- РЧС - Радіочастотний спектр
- Семо - Мережа масового обслуговування
- ФГУП - Федеральне державне унітарне підприємство
- ШПД - Широко смуговий доступ
- ЕІВП - Еквівалентна ізотропно випромінювана потужність
- АА - Authentication Answer - Відповідь аутентифікації
- ААА - Authentication, Authorization, Accounting - Аутентифікація, авторизація, нарахування за послуги зв'язку, сервер або функціональність
- АВС - Always Best Connection - «Завжди краще з'єднання», принцип
- АНР - Analytic Hierarchy Process - Процес аналізу ієрархій (метод)
- АКА - Authentication and Key Agreement - Угода про ключі і аутентифікації
- АМФД - Automatic Modulation Format Detection – Автоматичне визначення форми модуляції сигналу
- АМС - Advanced Mobile Station - Удосконалена рухома станція
- АНДСФ - Access Network Discovery Support Functions - Функція підтримки виявлення мереж доступу
- АОДВ - Ad hoc On-Demand Distance Vector - Векторний дистанційний протокол на вимогу для ad-hoc мереж, протокол динамічної маршрутизації для мобільних ad-hoc мереж
- АРН - Access Point Name - Іменована точка доступу
- АСН - Action Superframe Number - Номер суперфрейма для здійснення дії

ASON - Automated Switched Optical Network – Автоматично комутуруема оптична мережа

AUTN - Authentication Number - Маркер (номер) аутентифікації

AV - Authentication Vector - Вектор аутентифікації

AVP - Attribute-Value Pairs - Пари атрибут-значення

BS - Base Station - Базова станція

V-TID - Bootstrapping Transaction Identifier - Ідентифікатора завантаження транзакцій

CBC-REQ - CPE Capability Request - Запит про погодження властивостей CPE

CBC-RSP - CPE Capability Response - У відповідь повідомлення про узгодження властивостей CPE

CBR - Case-Based Reasoning - Техніка міркувань, заснована на прецедентах

CCC - Common Control Channel - Загальний канал управління

CDMA - Code Division Multiple Access - Багатостанційний доступ з кодовим поділом

CF - Cognitive Functionalities - Функціональність когнитивності (Підсистема)

CHRON - Cognitive Heterogeneous Reconfigurable Optical Networks - когнітивні гетерогенні Реконфігуровані оптичні мережі, проект.

CINR - Carrier-to-interference-and-noise ratio - Ставлення «несуча / перешкода і шум»

Ciphertex ICV - Ciphertex Initial Chaining Value - Значення ланцюжка шифрування для подальшої авторизації

CK - Confidential Key - Конфіденціальний ключ

CM - Configuration Manager - Менеджер конфігурації (SDR)

CoA - Care of Address - Зберігається («домашній») адреса

CON - Cognitive Optical Network - Когнітивна оптична мережа

CORBA - Common Object Request Broker Architecture - Загальна архітектура посередника (брокера) об'єктних запитів

CPE - Customer Premises Equipment - Обладнання в приміщенні клієнта

CPE_Dem - CPE Demodulator - Демодулятор CPE

CPE_Mod - CPE Modulator - Модулятор CPE

CPICH - Common pilot channel - Загальний пілотний канал

CR - Cognitive Radio - Когнітивний радіо

C-RNTI - Cell Radio Network Temporary Identifier - Тимчасовий мережевий ідентифікатор радіосоти

CRS - Cognitive Radio System - Когнітивна радіосистема

C-SAP - Control Service Access Point - Точка доступу до послуг для оперативно-технічного управління

D2D - Device-to-Device - межмашинного обмін

DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol - Протокол динамічної настройки хоста

DSA - Dynamic Spectrum Access - Динамічний доступ до радіохвиль спектру

DSA-REQ - Dynamic Service Addition Request - Запит на динамічне додавання потокового сервісу

DSMIP - Dual Stack Mobile IP - Протокол з подвійним стеком мобільного IP протоколу

DVB-T - Digital Video Broadcasting -Terrestrial - Ефірне цифрове телебачення

Dual Radio MS - Рухома станція з двома радіомодулями

E-GSM - Extended GSM - Розширення стандарту GSM

EIRP - Equivalent Isotropic Radiated Power - Еквівалентна ізотропно-випромінювана потужність

EDGE - Enhanced Data Rates for GSM Evolution - Збільшені швидкості передачі даних для вдосконаленої системи GSM

eNB, eNodeB - Evolved Node B - Розширений вузол B мережі E-UTRAN

ePDG - evolved Packet Data Gateway - Вдосконалений шлюз пакетних даних

EAP - Extensible Authentication Protocol - Розширюваний протокол аутентифікації

ECGI - E-UTRAN Cell Global Identifier - Глобальний ідентифікатор осередки E-UTRAN

EON - Elastic Optical Networking - Оптичні мережі з пристосуванням до характером трафіку

EPC - Evolved Packet Core - Покращена базова мережа пакетної передачі даних

EPS - Evolved Packet System - Розширена система пакетної передачі даних

ETSI - European Telecommunications Standards Institute – Європейський інститут телекомунікаційних стандартів.

E-UTRAN - Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network - Розширена мережа універсального наземного доступу

FDMA - Frequency Division Multiplexing Access - Система множинного доступу з частотним поділом каналів

FFT - Fast Fourier Transformation - Швидке перетворення Фур'є

FL - Fuzzy Logic - Нечітка логіка

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers - Інститут інженерів електротехніки та електроніки.

GA - Genetic Algorithm - Генетичний алгоритм

GBA - Generic Bootstrapping Architecture - Загальна архітектура початкової завантаження

GGSN - Gateway GPRS Support Node - Вузол підтримки шлюзу GPRS

GLDB - Geo Location Data Base - геолокаційні база даних (база даних об'єктів із зазначенням даних геопозиціонування)

GMPLS - Generalized Multiprotocol Label Switching - Узагальнена багатопротокольна комутація по мітках

GPRS - General Packet Radio Service - Служба пакетний радіозв'язок загального користування

GRA - Grey Relational Analysis - Аналіз «неявних / сірих» залежностей

GRC - Grey Relational Coefficient - Коефіцієнт «сірих» відносин

GSM - Global System for Mobile communications - Глобальна система рухомого зв'язку

GTP - GPRS tunneling protocol - Тунельний протокол GPRS

GTPv2-C - GPRS Tunneling Protocol Control Plane - Тунельний протокол GPRS площині управління

GUTI - Globally Unique Temporary UE Identity - Параметр глобально-унікального часового ідентифікатора UE

HA - Home Agent - «Домашній» агент

HBM - Host Based Mobility - Протокол управління мобільністю на базі хостів

HLR - Home Location Register - Регістр місцезнаходження домашніх абонентів

hPCRF - home Policy and Charging Rules Function - Функція (логічний вузол) управління політиками обслуговування і нарахуваннями за послуги зв'язку «Домашньої» мережі

HSPA - High Speed Packet Access - Високошвидкісний пакетний доступ

HSS - Home Subscriber Server - Сервер домашніх абонентів

ID - Identifier - Ідентифікатор

IETF - Internet Engineering Task Force - Робоча група по інженерним проблемам Інтернету.

IK - Integrity Key - Ключ цілісності

IKE - Internet Key Exchange - Протокол обміну ключами для шифрування відкритим ключем в Інтернеті

IMS - IP Multimedia System - IP-мультимедійна підсистема

IMSI - International Mobile Subscriber Identity – Міжнародний ідентифікатор мобільного абонента

Inter-RAT - Inter Radio Access Technology - Взаємозв'язок між різними мережами радіодоступу

IoT - Internet of Things - Інтернет Речей.

IP - Internet Protocol - Інтернет протокол (протокол міжмережевої взаємодії)

IPv4 - Internet Protocol version 4 - Інтернет протокол версії 6.

IPv6 - Internet Protocol version 6 - Інтернет протокол версії 6.

IP_addr_alloc - IP address allocation - Метод призначення IP-адреси

IP-CAN - IP IP-connectivity access network - Мережа доступу з IP-з'єднанням

IPTV - IP Television - IP-телебачення

ISDB-T - Integrated Service Digital Broadcasting - Terrestrial - Інтегрований стандарт цифрового телемовлення

ISR - Idle mode Signalling Reduction - Режим очікування (режим очікування) зниження сигналізації

LBI - Linked EPS Bearer Id - Ідентифікатор сполученого каналу розширеної системи пакетної передачі даних

LTE - Long Term Evolution - Технологія довгострокового розвитку

MAC - Media Access Control - Управління (контроль) доступом до середовища передачі

MADM - Multiple Attribute Decision Making - Метод прийняття рішень по безлічі ознак

MAS - Multiradio Access Services - Служби доступу багаторежимного радіо

MCSSAD - Maximum Combining Segment Sync Autocorrelation - Автокореляції максимально об'єднаного синхронізованого сегмента (Сигналу DTV)

MDP - Markov Decision Process - Марковський процес прийняття рішення

MIH - Media-Independent Handover - хендовера, незалежний від середовища передачі

MIHF - Media Independent Handover Function - Функція хендовера, Незалежна від середовища передачі

MIP - Mobile IP - Протокол IP з підтримкою мобільності користувачів

ML - Maximum Latency - Максимальна затримка

MME - Mobile Management Entity - Об'єкт управління рухомий зв'язком

MRTR - Minimum Reserved Traffic Rate - Мінімальна зарезервована швидкість передачі трафіку

MS - Mobile Station - Рухома станція

M-SAP - Management Service Access Point - Точка доступу до послуг для управління (в режимі відкладеного часу)

MSK - Master Session Key - Основний ключ сеансу / сесії

M2M - Machine-To-Machine - міжмашинної взаємодії

NAF - Network Application Server - Сервер мережевого додатки

NAS - Non Access Stratum - Без доступу (до рівня)

NCMS - Network Control and Management System - Система оперативно технічного контролю і управління мережею IEEE 802.22

NodeB - node type B - Вузол типу B (англ.) В LTE

NP - Non-Polynomial - Чи не поліноміальний

NTSC - National Television System Committee - Національний комітет по телевізійним системам

OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplexing – Ортогональне частотне розділення каналів

OFDMA - Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access – Система множинного доступу з ортогональним частотним розділенням каналів

OSA - Opportunistic Spectrum Access - «пристосовницький» доступ до РЧС

OSDN - Optical Software-Defined Network - Оптична програмно конфігурується мережу

OSI - Open System Interconnection - Модель взаємозв'язку відкритих систем

OWL - Ontology Web Language - Веб-мова опису онтологій

PAN - Personal Area Network - Мережа з малим радіусом дії

PAL - Phase Alternating Line - Побудова зміни фази

PAWS - Protocol to Access White Space (Databases) - Протокол доступу до баз даних «білих плям»

PCRF - Policy and Charging Rules Function - Функція (логічний вузол) управління політиками обслуговування і нарахуваннями за послуги зв'язку

PDN - Public Data Network - Мережа передачі даних загального користування

PDN-GW, P-GW - Public Data Network Gateway - Шлюз в мережу передачі даних загального користування

PID - Permanent IDentificator - Постійний ідентифікатор

PIMP - Proxy IP mobile Protocol - Проксі мобільний протокол IP

PoA - Point of Access - Точка доступу

PSK - Pre-Shared Key - Попередній розподіл (призначення) ключів

PU - Primary User - Первинний користувач РЧС

QoE - Quality of Experience - Сприймається якість зв'язку

RAT - Radio Access Technology - Технологія радіодоступу

RCM - Radio Connection Manager - Менеджер з'єднань радіозв'язку

ROADM - Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexers - реконфігурованих оптичний мультиплексор додавання-виділення

RLC - Radio Link Control - Управління радіоканалом

RNG-REQ - Ranging Request - Запит про стан діапазону РЧС

RRC - Radio Resource Control - Управління радіоресурсами

RRS - Reconfigurable Radio System - Реконфігуровані радіосистеми

RSS - Receive signal strength - потужність сигналу

RSSI - Receiver Strength Signal Indicator - Показник рівня потужності сигналу.

RWA - Routing and Wavelength Assignment - Призначення маршруту передачі і довжини хвилі

SA - Security Association - Безпечний зв'язок / асоціація

SAE - System Architecture Evolution - Еволюція системної архітектури

SAID - Security Association Identifier - Ідентифікатор асоціювання (Зіставлення) ключа безпеки

SAN - Software Adaptable Network - Програмно-адаптується мережу

SPARQL - Semantic Protocol and Resource Description Framework Query Language - Мова запитів семантичного протоколу і схеми опису ресурсів

SCH - Superframe Control Header - Суперкадр з заголовком управління

SC-FDMA - Single Carrier Frequency Division Multiplexing Access – Система з частотним поділом каналів з використанням однієї несучої

SCM - Security for Control and Management - Протокол безпеки для контролю та управління

SCM-REQ - SCM Request - Запит про безпеку для контролю і управління

SCM-RSP - SCM Response - У відповідь повідомлення про безпеку для контролю та управління

SCN - Service Class Name - Ім'я клас сервісу

SDD - Software-Defined Devices - Програмно-які визначаються пристрої

SDN - Software Defined Network - Програмно-конфігуровані мережі

SDR - Software Defined Radio - Система радіозв'язку з програмованими параметрами

SECAM - Séquentiel couleur à mémoire - Послідовний колір з пам'яттю

SFD - Service Flow Direction - Напрямок потоку

SFID - Service Flow Identifier - Ідентифікатор потоку сервісу

SID - Station IDentificator - Ідентифікатор станції

SINR - Signal-to-Interference and Noise Ratio - Відношення сигнал / шум

SIP - Session Initialization Protocol - Протокол ініціалізації сесій

SGSN - Serving GPRS Support Node - Вузол підтримки обслуговуючої мережі GPRS

S-GW - Serving gateway - Обслуговуючий шлюз

SM - Spectrum Manager - Менеджер РЧС

SPIN - Semantic Protocol Inferencing Notation - Призначення нотації семантичного протоколу

SWRL - Semantic Web Rule Language - Мова семантичних веб-правил

TCP - Transmission Control Protocol - Протокол управління передачею

TDMA - Time Division Multiple Access - Багатостанційний доступ з часовим поділом каналів

ТЕК - Traffic Encryption Key - Ключ шифрування трафіку

TFTP - Trivial File Transfer Protocol - Протокол простої передачі файлів

TID - Transaction ID - Ідентифікатор транзакції

TLS - Transport Layer Security - Безпека транспортного рівня

TOO - Transmission Opportunity Offset - Тривалість переданого символу

TOPSIS - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution - Техніка визначення ступеня переваг користувача на основі близькості до ідеального вирішення

TS - Traffic Selectors - Селектор трафіку

TVWS - Television White Spaces - «Білі плями» телевізійного діапазону РЧС

UE - User Equipment - Обладнання користувача

UMTS - Universal Mobile Telecommunications System – Універсальна система рухомого електрозв'язку

UTRA - Universal Terrestrial Radio Access - Універсальний наземний радіодоступ

UTRAN - Universal Terrestrial Radio Access Network - Мережа універсального наземного радіодоступу

VHDF - Vertical Handoff Decision Function - функція прийняття рішення про VHO

VHO - Vertical Handover - Вертикальний хендовер

V2V - Vehicular-to-Vehicular - З'єднання «автомобіль-автомобіль»

VANET - Vehicular Ad-Hoc Network - Автомобільна цільова мережа.

WCDMA - Wideband-CDMA -Широкосмугова CDMA

WiFi - Wireless Fidelity - «Бездротова свобода», бренд для позначення бездротових фіксованих мереж.

WiMax - Worldwide Interoperability for Microwave Access – Всесвітня функціональна сумісність для мікрохвильового доступу

WLAN - Wireless Local Access Network - Бездротова локальна мережа, в т.ч. обчислювальна мережа.

WNSF - Wireless Network Selection Function - Функція вибору бездротової мережі

WPAN - Wireless Personal Area Network - Бездротова персональна мережа, бездротова мережа малого радіусу дії.

WRAN - Wireless Regional Area Network - Бездротова регіональна (Внутрішньозонова) мережа, бездротова мережа великого радіусу дії

3GPP - Third General Partnership Project - Проект партнерства третього покоління.

ВСТУП

Актуальність роботи. До нових напрямків розвитку інфокомунікацій можна віднести програмно-конфігуровані мережі (Software Defined Network, SDN) і обчислювальну інфраструктуру для роботи з «великими даними», що означає постійне вдосконалення програмних засобів для реалізації функцій комунікаційних і комутаційних вузлів і пристроїв, включаючи віртуалізацію багатьох компонентів телекомунікацій і систем зв'язку.

Зазначені напрями розвитку техніки і технологій передбачають наявність різних методів і засобів, що забезпечують організацію сеансів зв'язку для величезного числа джерел трафіку різного призначення з необхідною якістю.

Існуючі технічні можливості телекомунікаційних технологій часто не в повній мірі відповідають потребам користувачів або ресурсам міжмашинного обміну (Device-To-Device, D2D) [9]. Це вимагає постійного пошуку ефективних шляхів розвитку і вдосконалення архітектури мереж і систем телекомунікацій, розробки нових принципів побудови мереж і абонентських пристроїв, створення та впровадження нових методів диференційованого доступу абонентів до мережевих ресурсів. Для успішного вирішення зазначених завдань необхідно вдосконалювати мережевий «інтелект», створювати методи забезпечення адаптації засобів і систем телекомунікацій до динамічно мінливих умов передачі трафіку, розвитку нових технологій управління і експлуатації транспортних мереж і вузлів, які підтримують різні додатки для надання інфокомунікаційних послуг.

Зазначені тенденції і бурхливий розвиток цифрових технологій привів до очевидних якісних змін, що знайшло вираження в появі нових системно-технічних властивостей сучасних і майбутніх мереж зв'язку, в тому числі мереж доступу, а саме властивостей неоднорідності або гетерогенності (Heterogeneity), взаємного перекриття зон обслуговування (overlapping) і когнітивності (cognitively).

Гетерогенність в широкому сенсі означає наявність в даній зоні обслуговування користувачів декількох різнорідних мереж доступу, які можуть використовуватися за єдиним функціональним призначенням, але при цьому відносяться до різних систем зв'язку, відрізняються методами кодування і передачі сигналів електрозв'язку, способами маршрутизації повідомлень, протоколами ідентифікації, авторизації та аутентифікації користувачів. В свою чергу, Рекомендація МСЕ-Т Q.1743 [27] визначає, що гетерогенною або неоднорідною вважається мережа доступу, відповідна специфікаціям некомерційного партнерства 3GPP, що складається з безлічі

стільників з різними характеристиками. Надалі, якщо немає спеціальних застережень, гетерогенність як системно-технічна властивість буде трактуватися в широкому розумінні цього поняття, а абонентський пристрій користувача вважається здатним забезпечити доступ до ресурсів гетерогенних мереж.

Взаємне перекриття зон обслуговування передбачає, що осередки, стільників або групи абонентських ліній (абонентські ділянки) на мережі доступу одночасно функціонують в одній і тій же географічній зоні, яка збігається з зоною обслуговування користувачів. Географічна зона являє собою ділянку земної поверхні певної площі, включаючи будівлі та інші споруди на цій ділянці, а також навколишній їх простір. Зона обслуговування користувачів визначається оператором зв'язку з урахуванням фізичних умов передачі сигналу електрозв'язку і являє собою ділянку поверхні, які відносяться в тому числі і до зон взаємного перекриття та на яких можливе надання послуг зв'язку з певною якістю в будь-яку з доступних користувачеві мережу доступу. В цьому випадку існує можливість тимчасово або постійно обслуговувати трафік мобільних користувачів за допомогою бездротових мереж без підтримки мобільності або з обмеженою підтримкою мобільності. Реалізації зазначеної системно-технічної можливості додатково сприяє така обставина.

Сучасні абонентські пристрої (ноутбуки, смартфони, сенсорні вузли з інтерфейсом бездротового доступу, безпілотний авіа- і наземний транспорт) можуть розглядатися як мобільні станції з декількома радіомодулями (Multi Radio Mobile Station), причому ці радіомодулі можуть бути включені одночасно і здійснювати передачу і прийом інформації. Такі багаторежимні станції можуть підключатися або перемикатися з осередку (Стільників) системи рухомого зв'язку в осередок стаціонарної бездротової мережі доступу. Вірно і зворотне - з осередку стаціонарної бездротової мережі багаторежимні станції можуть перемикатися в клітинку (стільникові) системи рухомого стільникового зв'язку.

В результаті завданням аналізу гетерогенних когнітивних мереж доступу є комплексне дослідження проблеми вибору мережі для обслуговування користувача і процес переходу (перемикання) абонентського пристрою користувача в цільову мережу з урахуванням системно-технічних особливостей сучасних і майбутніх мереж. Надалі поняття «перехід» і «Перемикання» щодо абонентського пристрою при міжсистемних VHO вважаються рівнозастосовуваними. Проте, поняття «перехід» носить більш загальний характер і в цілому характеризує процес зміни мережі обслуговування для отримання послуг; поняття «перемикання»

використовується переважно в рамках аналітичної моделі для змістовного опису поведінки абонентського пристрою.

Технічні можливості сучасного абонентського радіопристрою дозволяють здійснювати вертикальний хендовер (Vertical Handover, VHO) або вертикальний перехід (Vertical Handoff) [5]. Під вертикальним хендовером (передачею обслуговування) розуміється дія поставити дзвінок і (або) сеанс зв'язку при переході абонентського пристрою з перекриттям зони дії один одного осередків (стілників) поточної і цільової мережі без зміни місця розташування такого пристрою.

Цільовою мережею вважається мережа призначення при вертикальному хендовері.

Вертикальний хендовер вважається міжсистемним в широкому сенсі, якщо радіотехнології доступу поточної і цільової мережі різні, а також потрібно провести повторну аутентифікацію і (або) авторизацію абонентського пристрою в цільовій мережі (або підтвердити раніше отримані права доступу). Надалі міжсистемний вертикальний хендовер розглядається в широкому сенсі, в рамках концепції «всепроникаючого» обслуговування користувача в будь-якої технічно доступної і відповідної за показниками якості надання послуг мережі зв'язку.

Використання міжсистемного вертикального хендовера не вичерпує весь комплекс доступних методів, технологій і засобів для реалізації процесів доступу до ресурсів гетерогенних мереж. Розвиток мікросхемної техніка зумовила появу широкого класу пристроїв, що використовують технології програмованих логічних інтегральних схем і замовних мікросхем зі зниженим енергоспоживанням і високою швидкістю перемикання транзисторів. Сучасні методи і високоефективні мови програмування дозволили створити програми які визначаються радіосистеми або системи радіозв'язку з програмованими параметрами SDR (Software Defined Radio) [8].

Технологія SDR може успішно застосовуватися при створенні радіоелектронних засобів (РЕЗ) різного призначення. пристрої SDR здатні автономно і динамічно змінювати свої параметри і характеристики, перш за все характеристики приймально-передавального контуру, щоб успішно функціонувати в самому широкому частотному діапазоні, включаючи як ліцензовані смуги радіочастотного спектру (РПС), так і не ліцензовані (неліцензійні) смуги РЧС. Це розширює простір можливих рішень для підвищення ефективності функціонування абонентського радіопристрою і використання РЧС. Застосування SDR вимагає використання інтелектуальних систем управління, перш за все, щоб знизити до прийнятної

величини ризик виникнення ненавмисних перешкод роботі РЕЗ, які відносяться до первинних або ліцензійних користувачів РЧС.

Сукупність моделей, методів і способів прийняття рішення по застосуванню абонентських пристроїв SDR, які, по суті, є більш розвиненою технічною реалізацією багаторежимних станцій, в частині використання РЧС як в ліцензійному, так і в неліцензійному діапазоні методично об'єднана в концепції когнітивних радіосистем ВРХ (Cognitive Radio System, CRS) або когнітивного радіо (Cognitive Radio, CR) [1].

Когнітивність означає наявність наступних функцій: отримання і використання знань про оточуючі мережі зв'язку і доступні ресурси для обміну інформацією; моніторинг використання фізичних і віртуальних ресурсів; адаптація робочих режимів згідно отриманим знанням; динамічна зміна своєї конфігурації (самоконфігурація) якщо це необхідно в рамках адаптації до умов функціонування; можливість автономного прийняття рішень для більш ефективного використання доступних ресурсів телекомунікацій.

Зокрема, технології когнітивних радіосистем використовують загальновідомий факт відсутності постійного використання всього ресурсу радіочастотного спектру, виділеного відповідно до ліцензії національним органом регулювання оператора зв'язку. Тому тимчасово вільні смуги РЧС можуть бути зайняті для прийому і передачі інформації вторинними, по відношенню до ліцензійних або первинних користувачів (Primary User, PU), користувачами з РЕМ SDR або багаторежимною станцією [3]. Найбільш опрацьованими в плані технологій, нормативів використання і методик застосування можна вважати РЕЗ, що працюють в «білих плямах» телевізійних діапазонів частот і РЕМ з динамічним вибором частотних каналів [5, 11, 39]. Когнітивні технології застосовуються не тільки по відношенню до радіомереж, відомі приклади використання когнітивних систем в Інтернеті речей [51], в обладнанні пристроїв передачі на волоконно-оптичних мережах зв'язку [7], в мережах для управління автомобільним транспортом [19, 20, 37], в мережах smart grid [37], в радарях [24], для віддаленого моніторингу пацієнтів [32, 34], для передачі цифрового мультимедіа [20], в мережах класу PAN (Personal Area Network) [37], в мережах device-to-device (D2D) [39].

Для використання властивості когнітивності необхідне створення інформаційної інфраструктури, в тому числі систем машинного навчання, системи підтримки прийняття рішень, системи опису знань, системи зондування і моніторингу. Це вимагає додаткових інвестицій по аналогії з інвестиціями в створення і розвиток інтелектуальних мереж зв'язку для

надання інтелектуальних послуг. Аналогія тут видається доречною, оскільки концепція інтелектуальних мереж також передбачала використання можливостей існуючих телекомунікаційних мереж.

Таким чином, сучасні і майбутні мережі зв'язку можна розглядати не тільки як мультисервісні, всепроникні, але і як гетерогенні когнітивні мережі з взаємно перекриваючими зонами дії. Користувач з сучасним багаторежимним абонентським радіопристроєм або з SDR терміналом може технічно вибрати найбільш підходящу мережу зв'язку для надання послуг з необхідною якістю. Трафік різних служб електрозв'язку (телеслужби) може бути більшою або меншою мірою критичний по відношенню до затримок, зумовлених перериванням або зміною параметрів сеансу зв'язку при перемиканні абонентського пристрою між різнорідними мережами. Джерела і одержувачі інформації, що генерують такий трафік, також по-різному реагують на миттєві зміни умов передачі. Для систем управління, особливо для безпілотних транспортних або авіаційних засобів, для інтелектуальних транспортних систем і систем безпеки, для систем контролю виробництва, для мобільних користувачів, які починають рух або навпаки, переходять в режим уповільнення, час, за який абонентський пристрій перемикається в цільову мережу, має істотне значення.

В цілому проблема аналізу затримок передачі інформації або пакетів даних, вплив затримок на продуктивність і характеристики систем зв'язку, телекомунікаційні протоколи, якість надання послуг в рамках окремих, в тому числі когнітивних, систем зв'язку, вивчені досить добре [12, 13]. Однак питання про затримки при перемиканні в гетерогенних когнітивних мережах доступу вимагає дослідження.

Це необхідно для остаточного прийняття рішення про міжсистемного вертикального хендовера [9, 21] і попередньою оцінкою впливу цього процесу на якість послуг зв'язку, для чого потрібно попередньо оцінити затримку, обумовлену переходом абонентського пристрою з поточної мережі в цільову мережу [23].

Вивчення затримок при вертикальному хендовері вимагає детального розгляду процесів обміну сигнальною інформацією між вузлами гетерогенних мереж доступу, оскільки кожен вузол може вносити певну частку в загальну величину затримки, а кількість таких вузлів обмежено [6]. Мережеві вузли, крім сигнальних повідомлень, обумовлених поточною заявкою на здійснення вертикального хендовера, обслуговують і повідомлення від інших аналогічних заявок на інших етапах обробки інформації, що також необхідно враховувати при аналізі затримок.

Оскільки мова йде про міжсистемний хендовер в широкому сенсі, то задача визначення затримки при перемиканні абонентського пристрою між різнорідними (в сенсі введеного вище визначення гетерогенності) мережами доступу вимагає обліку, наприклад, затримок вузлів, функціонально призначених для процедур авторизації і аутентифікації в цільовій мережі, вузлів, що відповідають за виділення або збереження IP-адрес в цільовій мережі для забезпечення безперервності сеансу і надання послуг зв'язку.

Таким чином, процеси взаємодії абонентського пристрою з гетерогенними когнітивними мережами доступу можна розглядати як сукупність двох підпроцесів - прийняття рішення про вибір цільової мережі і міжсистемний вертикальний хендовер. З урахуванням об'єктивної складності і багатоетапності кожного з наведених підпроцесів, далі вони розглядаються як взаємодоповнюючі і взаємодіючі процеси, залишаючись при цьому, з системної точки зору, етапами (фазами) процесу доступу до цільової мережі.

Аналіз останніх досліджень. Значний внесок у фундаментальні та прикладні дослідження питань формування та обслуговування телетрафіка мультисервісних мереж, в тому числі на мережах доступу рухомих і фіксованих систем зв'язку, внесли роботи вітчизняних вчених Г. П. Башарина, Ю. А. Гайдамаки, В. А. Івницького, А. Н. Назарова, В. А. Наумова, К. Е. Самуйлова, С. Н. Степанова, А. П. Пшеничникова, А. Д. Харкевича, М. А. Шнепс-Шнепп і зарубіжних дослідників F. Baskett, V. V. Iversen, F. Kelly, L. Kleinrock і ін. В області науково-технічних розробок, що стосуються цифрових мереж зв'язку наступного покоління, бездротових мереж, програмованих систем і якості з роботи велике значення мають теоретичні та практичні результати, отримані А. Н. Берліним, В. В. Бутенко, В. М. Вишневським, Б. С. Гольдштейном, С. В. Кулешовим, А. Е. Кучерявий, В. Г. Лазарєвим, Н. С. Мардер, В. А. Нетесов, В. І. Нейманом, А. В. Рослякова, Н. А. Соколовим, К. І. Сичовим, Ю. М. Тулякової, В. О. Тихвинський, О. Н. Шелухиним, Ю. С. Шінаковим, С. Я. Шоргін, Г. Г. Яновським. Концепція програмно-реконфігурованих радіопристроїв була вперше запропонована J. Mitola, когнітивні системи зв'язку і методи динамічного доступу до РЧС вивчені в роботах A. Dutta, S. Naykin, E. Hossain, O. Holland, S. Mishra, N. Passas [1-10].

Все вищесказане визначає актуальність завдань дослідження процесів підвищення ефективності використання абонентських пристроїв при взаємодії з гетерогенними когнітивними мережами зв'язку при міжсистемних ВНО як в площині пошуку та рейтингування доступних мереж, так і в

площині обміну сигнальними повідомленнями при зміні обслуговуючої мережі на цільову мережу.

Мета та постановка задачі. Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження принципів вдосконалення і розвитку бездротових мереж зв'язку на основі застосування гетерогенних когнітивних мереж доступу.

Задачами магістерської кваліфікаційної роботи є:

1. Аналіз переходу багато режимного абонентського пристрою в обрану цільову мережу доступу за допомогою міжсистемного VHO, включаючи отримання інформації про доступні мережі, вибір цільової мережі, організацію безпечного з'єднання, аутентифікацію, отримання ідентифікатора і організація сеансу зв'язку в цільовій мережі.

2. Дослідження узагальненої моделі та методу опису сигнальних повідомлень між мережевими вузлами при міжсистемних VHO.

3. Дослідження реалізації узагальненої моделі та методів оцінки часу перемикання абонентського пристрою з високошвидкісної бездротової локальної мережі в широкосмугову стільникову мережу при міжсистемних VHO.

4. Розробка реалізації узагальненої моделі та методу оцінки часу перемикання абонентського пристрою з широкосмугової мережі в когнітивну мережу зв'язку при міжсистемних VHO.

5. Дослідження методу для аналізу стану когнітивної мережі доступу з урахуванням міжсистемного VHO з широкосмугової мережі.

6. Дослідження методу рейтингування доступних мереж по метриках і методів прийняття рішення про вибір цільової мережі за допомогою експертних оцінок відповідності послуг користувача і технічних можливостей доступних йому мереж.

7. Дослідження предметно-орієнтованої онтології і моделі для представлення знань про використання каналів когнітивної мережі стандарту IEEE 802.22.

8. Розробка методичних рекомендацій щодо застосування розроблених моделей і методів в гетерогенних когнітивних мережах.

Об'єкт дослідження є гетерогенні когнітивні мережі доступу.

Предмет дослідження є процеси взаємодії абонентського пристрою з гетерогенними когнітивними мережами доступу.

Методи досліджень базуються на використанні: методів теорії множин, теорії ймовірностей, теорії масового обслуговування та теорії телетрафіка, теорії прийняття рішень, методи онтологічного аналізу та імітаційно-статичного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів:

Досліджено новий напрямок розвитку мереж бездротового доступу - гетерогенні когнітивні мережі, що відрізняється від існуючих програмно обумовленими параметрами абонентського пристрою для доступу до необхідної мережі, в тому числі на основі обробки і представлення знань.

Розглянуто новий тип хендвера - міжсистемний вертикальний хендвер (Vertical Handover, VHO), що включає організацію безпечного з'єднання і отримання інформації про доступні мережі, вибір цільової мережі для переходу, аутентифікацію та ідентифікацію абонентського пристрою, організацію сеансу зв'язку в цільовій мережі, що відрізняється від існуючих функціонально повним описом процесу VHO для застосування в гетерогенних когнітивних мережах.

Досліджено узагальнену модель і метод опису сигнальних повідомлень при міжсистемних VHO, сукупно враховують відносини між мережевими вузлами і відрізняються тим, що дозволяють формалізувати основні види повідомлень, які використовуються при міжсистемних VHO, незалежно від особливостей протоколів сигналізації на мережах доступу.

Розглянуто метод оцінки часу перемикання абонентського пристрою при міжсистемних VHO з бездротової локальної мережі в широкосмугову стільникову мережу зв'язку, що дозволяє визначити можливість збереження безперервності надання послуг, що відрізняється від існуючих урахуванням затримки, що вноситься вибором цільової мережі, необхідною аутентифікацією і організацією сеансу зв'язку.

Досліджено метод оцінки часу перемикання абонентського пристрою при міжсистемних VHO з широкосмугової мережі в когнітивну мережу, що дозволяє визначити можливість збереження безперервності надання послуг, що відрізняється від існуючих урахуванням затримки, що вноситься виявленням і підтвердженням наявності каналу, вільного від роботи пристроїв первинних користувачів радіочастотного спектра.

Досліджено метод аналізу стану когнітивної мережі доступу, який дозволяє прогнозувати кількість сеансів зв'язку і відрізняється від існуючих методів урахуванням впливу міжсистемного VHO і визначенням граничних умов переходів.

Розглянуто методи вибору цільової мережі при міжсистемних VHO, здійснюються за допомогою рейтингування доступних мереж по одній або кільком метриках, що відрізняються тим, що використовують єдину базу оцінок і враховують відповідність технічних можливостей мереж умов надання послуг користувачеві.

Розглянуто предметно-орієнтовану онтологію, що дозволяє представити знання про порядок використання каналів на прикладі когнітивної мережі стандарту IEEE 802.22.

Практичне значення. Практичне значення роботи полягає в перш за все, у визначенні нової сукупності системно-технічних властивостей мереж доступу в вигляді гетерогенності, когнітивності і взаємного перекриття зон дії, а також запропонованим комплексом методів аналізу цих мереж в процесі взаємодії з абонентським пристроєм, автономним щодо вибору цільової мережі доступу. Істотним теоретичними результатом є узагальнена модель, метод опису сигнальних повідомлень та обміну повідомленнями при міжсистемних VHO за допомогою завдання відносин на безлічі пар мережевих вузлів. До теоретично значимого результату можна віднести дослідження методу прогнозу стану когнітивної мережі доступу з використанням багатовимірних ланцюгів Маркова, метод рейтингування цільових мереж із застосуванням єдиної бази оцінок для ухвалення рішення про переключення в цільову мережу, нову предметно-орієнтовану онтологію для представлення знань про властивості когнітивної мережі зв'язку IEEE 802.22.

Практична значимість МКР полягає в застосуванні отриманих методів для вирішення завдань, що мають важливе народно господарське значення, а саме:

- підвищення якості обслуговування користувача без зміни його місця розташування шляхом надання технічної можливості переходу на обслуговування в доступну мережу, рейтинг обслуговування якої для даного типу користувача вищий за рейтинг поточної мережі;

- підтримка безперервності надання послуг на етапі вибору цільової мережі шляхом порівняння допустимої затримки передачі трафіку послуг користувача з часом, який потрібен абонентському пристрою для переходу на обслуговування в обрану мережу;

- запобігання перешкод роботі радіоелектронних засобів первинних користувачів радіочастотного спектру за рахунок оперативної зміни параметрів роботи абонентського пристрою в когнітивній мережі на основі використання знань, фактів і правил логічного висновку.

Апробація результатів роботи. Основні ідеї роботи доповідались і обговорювались на I Міжнародній науково-технічній конференції "Сучасні проблеми інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем" і на науковій конференції ВНТУ у 2019 році.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГЕТЕРОГЕННИХ КОГНІТИВНИХ МЕРЕЖ ДОСТУПУ

1.1 Процеси керування телекомунікаційними мережами і системами з можливістю реконфігурації

Одним з важливих аспектів розвитку сучасних телекомунікаційних мереж і систем є різноманітні методи і способи інтелектуального управління параметрами, експлуатаційними настройками і технічними характеристиками. Цьому сприяє повсюдне застосування програмного управління за допомогою завантаження комп'ютерної програми або за допомогою постійно зберігання програмного забезпечення. У поєднанні з використанням програмованих логічних інтегральних схем, існує технічна можливість забезпечити гнучкі налаштування робочих параметрів елементів мережі зв'язку, перш за все абонентських пристроїв.

В результаті управління сучасними системами і засобами зв'язку можна розглядати перш за все, як інформаційне, а не як виключно командне (сигнальне) вплив на характеристики об'єкта управління для досягнення цілей управління. Під системою зв'язку в даному випадку розуміється упорядкована сукупність методів, правил, протоколів технічних і програмних засобів в їх взаємозв'язку і взаємодії, що забезпечують передачу інформації в електронній формі.

Характеристики об'єкта управління формалізуються і описуються з допомогою інформаційних моделей управління послугами, мережами, елементами мережі. З урахуванням інтелектуалізації систем управління за рахунок методів машинного навчання, штучного інтелекту, процеси управління мережами наступного покоління і мережами майбутнього можна характеризувати як інформаційно-керуючі процеси [33; 34]. результатом управління є цілеспрямована зміна значень контрольованих параметрів і характеристик в рамках прийнятої стратегії або окремих тактик (політик) управління на основі отриманої інформації і знань [28].

Інформаційно-керуючі процеси є сукупністю цілеспрямовано здійснюваних елементарних впливів на об'єкти управління з використанням сервісів управління. Сервіс управління є спосіб здійснення елементарного впливу, доступний користувачеві системи управління. Елементарне вплив полягає в процедурі обміну інформацією між керівником і керованим об'єктами для зміни стану одного об'єкта щодо іншого об'єкта або для зміни знань (відомостей) об'єктів щодо один одного в рамках когнітивного циклу

«Спостереження - аналіз - планування (гіпотеза) - прийняття рішень – дія - навчання» (Observe - Orient - Plan - Decide - Act - Learn) [28].

Інформаційна складова процесу управління включає необхідне інформаційне забезпечення процесів, включаючи кодифікатори і ідентифікатори в рамках інформаційної моделі, що застосовуються процедури обробки даних, формати і набори даних, ознаки, що вказують на зміст і послідовність обміну керуючою інформацією.

Керуюча складова процесу управління передбачає опис характеру впливу на об'єкт управління для реалізації відповідної функції управління, особливо, якщо дана функція задається у вигляді правила або послідовності правил. Під правилом тут розуміється кількісне, логічне або якісний опис перетворення вхідної інформації в вихідну. При цьому правила можуть описуватися різними способами: від продукційних правил до баз знань з управління, штучного інтелекту та самонавчальних систем.

Одним з найважливіших властивостей сучасних систем і засобів зв'язку є можливість їх адаптації до мінливих умов експлуатації, зовнішніх і внутрішнім впливам в процесі реконфігурації мереж і систем зв'язку [17]. Під адаптацією [11] далі розуміється упорядкований процес зміни значення параметрів конфігурації телекомунікаційних ресурсів в їх системній єдності для досягнення мети управління, беручи до з урахуванням положень ДСТУ ISO 10007-2007, під конфігурацією розуміються взаємопов'язані функціональні (логічні) і фізичні характеристики мережі і / або мережевих елементів (елементів мережі), які встановлені вимогами до проектування, верифікації, експлуатації цього елемента [21, 27]. Відповідно, під реконфігурацією розуміється впорядкована в просторі і часі зміна зазначених вище функціональних (логічних) та фізичних пропускну здатності мережі та / або мережевих елементів для адаптації.

Поняття конфігурації і реконфігурації можна застосовувати до телекомунікаційним ресурсам, які відповідно до рекомендації МСЕ-Т М.3100, поділяються на фізичні і логічні. До фізичних ресурсів відноситься обладнання мереж, ліній, засобів і споруд зв'язку; до логічних ресурсів, як правило, відноситься програмне забезпечення, яке застосовується в електрозв'язку. До логічних ресурсів також можна віднести використання адресного простору, системи нумерації та ідентифікації користувачів послуг зв'язку [9].

Адаптація та реконфігурація здійснюється відповідно до критеріїв, які визначаються абонентським пристроєм (терміналом) і / або мережею зв'язку з врахуванням способу надання необхідної користувачеві послуги або пакета послуг електрозв'язку, поточних і прогнозованих значень мережевих

параметрів, норм і правил здійснення телекомунікаційних операцій, вимог до надійності і безпеки телекомунікацій. Одним із способів адаптації є зміна користувачем обслуговуючої або поточної мережі і / або оператора зв'язку на мережу, чії показники обслуговування краще, в рамках концепції «Always Best Connection», ABC [16] або більш прийнятні такі показники як енергоефективність, час роботи на поточному заряді акумулятора.

Параметри контролю і управління конфігурацією і реконфігурацією можуть змінюватися в залежності від типу елемента мережі, типу мережі зв'язку, виду телекомунікаційного ресурсу, стадії життєвого циклу ресурсу. На стадії верифікації проводиться установка значень параметрів експлуатації і їх порівняння з проектними або нормативно встановленими значеннями. На стадії експлуатації проводиться настройка значень параметрів, наприклад, гарантованої швидкості передачі, пріоритетів користувачів по доступу до каналів мережі. Особливо слід відзначити установку значень параметрів, характеризують якість обслуговування, що особливо важливо в мережах з пакетною комутацією. До таких параметрів належать доступність мережі для підключення, затримка пакетів при передачі, втрати пакетів, допустимі перерви сеансу зв'язку. Зазначені параметри, стосовно завдань забезпечення якості зв'язку, можна розглядати як параметри станів, що характеризують відповідність об'єкта управління вимогам щодо якості обслуговування заявок користувача.

Загальносистемний підхід до вирішення завдань управління конфігурацією (Configuration management) забезпечується стандартами управління відкритими системами. З урахуванням положень Рекомендації МСЕ-Т X.700, в телекомунікації виділяються наступні наступних взаємопов'язані завдання:

Класифікація та ідентифікація телекомунікаційних ресурсів.

Збір, зберігання та надання даних про значеннях параметрів телекомунікаційних ресурсів.

Контроль відповідності параметрів конфігурації умов надання послуг.

Способи прийняття рішень про зміну конфігурації.

Зміни діючої конфігурації.

Завдання класифікації, ідентифікації, збору, зберігання і надання даних про телекомунікаційних ресурсах були розглянуті в [38; 46].

Управління конфігурацією і процесом реконфігурації в частині аналізу мереж передбачає дослідження параметрів телекомунікаційних ресурсів на предмет забезпечення необхідної якості послуг та відповідності технічним можливостям організації зв'язку з необхідною якістю надання послуг.

В результаті аналізу визначається доцільність, способи і методи зміни поточної конфігурації для досягнення мети управління конфігурацією. Це відноситься, зокрема, до підключення абонентського пристрою до різних мереж доступу; поява нового пристрою по суті є реконфігурація розглянутої мережі доступу. Внесення змін до діючої конфігурацію здійснюється відповідно до норм, правил, регламентам технічного обслуговування і експлуатації. В цілому під реконфігурованих адаптуються системами зв'язку слід розуміти системи, чий взаємопов'язані функціональні і фізичні характеристики можуть бути тимчасово і оборотно змінені в процесі використання по призначенням як реакція на вплив зовнішніх або внутрішніх подій, а також зміна умов надання послуг зв'язку. Розглянемо далі стан і розвиток реконфігурованих систем зв'язку на прикладі когнітивних систем зв'язку.

1.2 Дослідження властивостей когнітивних систем зв'язку

При наданні сучасних послуг зв'язку зростає потреба в підвищенні ефективності використання радіочастотного спектру. Згідно з діючими нормам і правилам, радіочастоти в конкретному діапазоні призначаються або присвоюються для використання суб'єктом на певній території на довгостроковій основі в рамках управління використанням радіочастотного спектра і рішення задачі частотно-територіального планування. Цей процес розподілу смуг, виділення і присвоєння частот, регламентований МСЕ та національними адміністраціями зв'язку с урахуванням планів призначення радіочастот для різних служб [9]. Не завжди призначені для використання на даній території частоти або діапазони частот використовуються постійно тобто в кожен послідовну одиницю часу. Існують дані [15], згідно з якими, деякі частотні діапазони, наприклад, для організації ефірного телевізійного мовлення, нерівномірно завантажені в часі і просторі. ідея реконфігурованих радіосистем RRS (Reconfigurable Radio System) [27] і когнітивного радіо, КР передбачає використання таких діапазонів вторинними користувачами на тимчасовій основі для прийому і (або) передачі інформації. Під вторинним користувачем розуміється суб'єкт з РЕМ, який не має базової ліцензії на використання використовуваного ним частотного діапазону. Відповідно, РЕМ вторинного користувач підтримує динамічно змінюються вимоги до ширині смуги пропускання доступних каналів [29].

Під реконфігурованою радіосистемою розуміється загальні поняття / термін для радіосистем, що охоплює радиоустройства з програмованими

параметрами (Software Defined Radio, SDR) і КР. Поняття про КР вперше було викладено в [22-24]. Суть нового підходу до використання доступного РЧС полягала в тому, що РЕЗ та мережі, їх обслуговуючі, можуть володіти розвиненою системою прийняття рішень і можливостями навчання щодо використання радіоресурсів і пов'язаних з ними комп'ютерних комунікацій для визначення потреб користувачів зв'язку в залежності від контексту використання.

Відповідні можливості доступні за допомогою інтерфейсів програмних додатків управління в рамках концепції реконфігурованих радіосистем [31]. В результаті має забезпечуватися оптимальне управління використанням ресурсів РЧС і здійснюватися вибір сервісів, послуг перенесення сигналів, які найбільш підходять користувачам КР.

Система когнітивного радіо або когнітивна радіосистема (ВРХ) володіє такі властивості:

- можливість отримання / вилучення знання про параметри робочого середовища (наприклад, радіоефіру) для встановлення політик використання РЧС і надання послуг;
- автономний моніторинг використання РЧС з урахуванням потреб користувачів;
- аналіз свого функціонування з урахуванням цілей і завдань, обумовлених виконуваними функціями і характеристиками робочого середовища;
- адаптація своєю конфігурацією і режимів роботи згідно з отриманими знанням, технічним умовам, мережевим подіям;
- динамічна зміна своєї конфігурації і / або топології, експлуатаційних параметрів відповідно до вимог конкретного користувача, групи користувачів, операторів зв'язку, якщо це необхідно в рамках поточної політики обслуговування на мережі;
- автономне, кероване зовнішньою мережею або змішане керування в частини планування своєї роботи, взаємодія з іншими користувачами в частини проведення загальної групової політики (співробітництво) або конкуренція за право використання мережових фізичних і віртуальних ресурсів;
- (само) навчання на основі результатів своїх дій ім'я метою збільшити продуктивність.

В результаті ВРХ підтримують процеси адаптивного управління доступом до ресурсів РЧС, перш за все на мережах бездротового доступу.

Дослідження, проведені МСЕ (Питання МСЕ-R 230-2 / 8 і 241-1 / 8) показали, що впровадження технології радіозв'язку з програмованими

параметрами з використанням механізмів когнітивного управління здатне забезпечити більш ефективне використання РЧС за рахунок динамічного і гнучкого управління доступом і розподілом РЧС.

Стандарт IEEE 802.11af описує зміни фізичного рівня 802.11 і рівня управління доступом до середовища передачі (Media Access Control, MAC) 802.11, щоб задовольняти вимогам по співіснуванню з ліцензійними користувачами РЧС. В рамках стандарту IEEE 1900.4-2009 описана система управління, що підтримує змішану термінально-мережеву оптимізацію використання ресурсів РЧС і процеси підвищення якості обслуговування в гетерогенних бездротових мережах.

Одним з перших міжнародних стандартів когнітивного радіо є IEEE 802.22, де використовуються не зайняті в поточний момент часу фрагменти частотно-територіального ресурсу («білі плями», white spaces / white spots) в телевізійному діапазоні частот від 54 МГц до 862 МГц [24]. стандарт IEEE 802.22 включає специфікації в основному каналного рівня. Відстань між обладнанням в приміщенні клієнта CPE (Customer Premises Equipment) тобто абонентським обладнанням і базовою станцією, БС доступу може становити від 25 до 100 км в залежності від типу антени. У стандарті IEEE 802.22 описані специфікації диспетчера або менеджера (Spectrum Manager, SM) РЧС, процедури ініціалізації і реєстрації CPE. Дані менеджера РЧС регулярно оновлюються за результатами вимірювань доступності РЧС за допомогою вимірювань CPE або інших пристроїв. Менеджер РЧС додатково встановлює граничні значення еквівалентної ізотропно випромінюваної потужності (Equivalent Isotropic Radiated Power, EIRP) для запобігання ненавмисних перешкод для первинних користувачів РЧС на основі інформації радіочастотного моніторингу, що зберігається в спеціалізованій базі даних EIRP.

Інший спосіб забезпечення спільної роботи первинних і вторинних користувачів передбачає вторинне використання радіочастот на основі зондування РЧС, коли РЕМ первинного користувача неактивно. Основним критерієм штатного функціонування ВРХ і раніше залишається відсутність перешкод роботи «первинним» РЕМ на мережі зв'язку, для оператора якої в установленому порядку здійснювалося виділення радіочастоти (каналу) або привласнення радіочастоти (каналу).

Технологія КР може застосовуватися для додатків у військовій області, забезпечення зв'язку в надзвичайних ситуаціях, в сенсорних мережах, в супутникової радіотелефонного рухомого зв'язку, в області телекомунікаційних систем (мереж) з малим радіусом дії PAN (Personal Area Network). Рішення на основі ВРХ забезпечують інтеперабельність,

функціональну гнучкість і масштабованість щодо як перспективних, так і успадкованих систем бездротового зв'язку з урахуванням гетерогенних технологій радіодоступу.

Наприклад, в роботі [6] пропонується створити мікростільники в мережах зв'язку стандарту GSM для підвищення швидкості передачі в останній до 38 Мбіт / с при використанні мереж GSM-900, GSM- 1800 і E-GSM. Під микросотовою мережею автори розуміють накладену мережу зв'язку з сотами малих розмірів 50 ... 300 м. мікростільники використовує вільні радіоканали, що дозволяє задіяти тимчасово вільні частоти GSM в смугах радіочастот 880-915 і 925-960 МГц з урахуванням електромагнітної сумісності (ЕМС) і частотно-територіального розносу. Інформація про вільних частотах надходить в режимі реального часу на основі моніторингу зайнятих діючою мережею GSM частот. При цьому вимірювальний приймач встановлюється тільки на базовій станції, БС мікростільниковій мережі і він транслює дані про зайнятих частотах в межах робочої зони. можна, можливо запрограмувати на виключення випромінювання заборонених в даному місці частот. В обох випадках оцінка зайнятого частотного ресурсу повинна проводитися і на стороні користувача, після чого відбувається вибір і узгодження вільних частот. Слід мати на увазі, що в разі ВРХ мова по суті йде про аналіз необхідності переходу від традиційного (статичного) управління радіочастотним спектром до моделі динамічного доступу до радіочастотного спектру, DSA (Dynamic Spectrum Access) і до нового режиму управління РЧС [6].

Застосування КР РЕМ з DSA з низькою потужністю радіовипромінювання може бути актуальним в безліцензійному діапазоні частот 868 МГц. Наприклад, такі КР РЕЗ можуть використовуватися в мережах ad hoc всередині будівель, на обмежених і часом перебування просторових зонах, в тому числі на автошляхах, в управлінні житлово-комунальним господарстві. Прогрес застосування ВРХ для створення ad hoc мереж обумовлений надзвичайно динамічним зміною конфігурації останніх. Як тільки КР РЕМ включається, воно зондує оточення і займає доступні радіочастоти для передачі інформації в сторону базової станції або сусідньому вузлу, в тому числі для ретрансляції в сторону вузла призначення. Зазначений підхід може бути ефективний для створення бездротових сенсорних мереж як в штатної обстановці, так і в умовах аварійної ситуації, перевантажень, збоїв базових мереж доступу [22].

Системи КР можуть бути корисними для управління розподілом трафіку на мережах операторів рухомого наземної радіотелефонного зв'язку і для оптимізації використання РЧС за різними сценаріями.

Системи когнітивного радіо не є єдиними системами зв'язку, в яких застосовуються когнітивні технології. В даний час когнітивні технології слід розглядати способи і алгоритми досягнення цілей суб'єктів, які спираються процеси пізнання, навчання, комунікації, обробки інформації як живими організмами, так і неживими (машинними) об'єктами. Тому далі має сенс говорити не про особі, що приймає рішення, а про суб'єкта, що приймає рішення, маючи на увазі системи / алгоритми штучного (машинного) інтелекту [25].

Когнітивні технології розвиваються на основі теорії прийняття рішень, теорії самоорганізації і машинного навчання, за допомогою комп'ютерних інформаційних технологій, математичного моделювання елементів свідомості і штучного інтелекту. В результаті засоби зв'язку, перш за все абонентські пристрої стають не стільки об'єктом управління, скільки «Розумним» суб'єктом інформаційної взаємодії [9].

Зокрема, когнітивні технології знаходять своє застосування в оптичних дротових і в комбінованих оптико-радіо системах зв'язку [21]. Однією і важливих цілей управління тут є надання кращого оптичного шляху для пропуску трафіку, для чого пропонується архітектура і технологія програмно адаптуються мереж SAN (Software Adaptable Network), що включає рівень когнітивного прийняття рішень при передачі та обробки інформації на вузлах оптичної передачі.

В рамках когнітивних оптичних мереж CON (Cognitive Optical Network) використовуються Реконфігуровані оптичні мультиплексори додавання-виділення ROADM (Reconfigurable Optical Add-drop Multiplexers) і технології програмно-організованої оптичної передачі SDOT (Software-Defined Optical Transmission). Тут присутній когнітивний рівень управління для підтримки алгоритмів міжрівневого управління трафіком з урахуванням призначення маршруту передачі і довжини хвилі RAW (Routing and Wavelength Assignment).

Когнітивний рівень управління підтримує сигналізацію автоматично комутованих оптичних мереж ASON (Automated Switched Optical Network) і узагальнену багатопроTOCOLьну комутацію по мітках, GMPLS (Generalized Multi Protocol Label Switching). Результати досліджень в області застосування когнітивних технологій в гетерогенних мережах зафіксовані за результатами реалізації проекту «Cognitive heterogeneous reconfigurable optical networks» (CHRON) [16; 28], де була запропонована і обґрунтована централізована архітектура когнітивного управління. В рамках проекту CHRON була запропонована функція автоматичного визначення форми модуляції сигналу (Automatic Modulation Format Detection, AMFD), яка реалізує когнітивний

цикл. Також в рамках когнітивного управління були визначені рівні прийняття рішень з управління, що включають рівень когнитивності, рівень навчання та рівень бази знань. Спеціальні когнітивні техніки пропонуються для класифікації шляхів проходження світлового випромінювання з високим або низькою якістю передачі. Для прийняття рішень на основі бази знань використовуються техніки міркувань, заснованих на прецедентах CBR (Case-Based Reasoning) на верхньому рівні управління оптичними програмно конфігурованими мережами OSDN (Optical Software-Defined Network) для оперативного управління оптичними трансиверами і параметрами передачі, а також для управління вибором довжини хвилі оптичного випромінювання на комутаторах або підсилювачах. Оптичні трансивери і транспондери реалізуються як програмно-які визначаються пристрої SDD (Software-Defined Devices), що дозволяють підтримувати змінну швидкість передачі і формат модуляції. Застосування SDD дозволяє створювати оптичні мережі з пристосуванням до параметрів трафіку EON (Elastic Optical Networking), перш всього мультимедійного трафіку.

Застосування когнітивних технологій в телекомунікаціях для забезпечення надання послуг зв'язку з необхідною якістю дозволяє адаптуватися до умов середовища передачі в найширшому діапазоні технології. Для реалізації когнітивних технологій потрібне застосування засобів зв'язку з програмно-визначеними властивостями і характеристиками. З урахуванням предмета і об'єкта дослідження розглянемо далі особливості програмно визначених радіопристроїв.

1.3 Аналіз особливостей радіопристроїв з програмованими параметрами

Властивості когнітивних мереж можливо в повній мірі використовувати при повсюдному застосуванню програмного управління параметрами конфігурації мереж і мережевих елементів. У когнітивних мережах, тобто в мережах з використанням когнітивних служб, користувач може застосовувати багатофункціональний абонентський пристрій у вигляді терміналу, заснованого на принципі програмного управління протоколами і параметрами інтерфейсів в рамках радіопристрою з програмованими параметрами SDR.

Під SDR розуміється радіопередавач і / або радіоприймач, який використовує програмну технологію, що дозволяє визначати або змінювати робочі радіочастотні параметри такі як діапазон частот, тип модуляції або вихідну потужність. Виняток становить зміна попередньо встановлених

робочих параметрів, використовуваних для заздалегідь певного режиму роботи SDR PEM, згідно з тією чи іншою специфікацією або стандарту [27]. істотними характеристиками SDR можна вважати:

- програмне керування декількома приймально-передавальними радіомодулями (multi radio) або одним радіомодулем (single radio);
- наявність радіочастотних компонентів з великим динамічним діапазоном;
- наявність високошвидкісного тракту аналогово-цифрового і цифро аналогового перетворення з великим динамічним діапазоном;
- основний процесор управління, що володіє достатньою обчислювальною потужністю і спеціалізований цифровий тракт для фільтрації сигналів;
- підтримка «зелених», енергоефективних технологій [33].

За допомогою пристроїв SDR існує можливість вибирати різні мережі зв'язку для отримання необхідної послуги, оскільки є можливість роботи в декількох стандартах радіозв'язку. В автоматичному чи напівавтоматичному режимі SDR PEM за певним алгоритмом вибирати необхідний частотний діапазон (800 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 2,2 ГГц і т.д.), стандарт радіозв'язку (GSM / GPRS / EDGE, UMTS, WiFi, WiMax, LTE), програмний додаток для отримання доступу до необхідних послуг зв'язку. Пристрій SDR можна умовно вважати всехвилевим, оскільки в ідеальному випадку таке PEM може працювати в діапазоні від 50 МГц до 60 ГГц. Принципи побудови SDR можна застосовувати як для створення абонентських пристроїв, так і базових станцій мереж доступу. В перспективі застосування пристроїв SDR сприятиме переходу до найбільш сучасних телекомунікаційних стандартів п'ятого покоління 5G.

Експлуатаційні можливості PE3 SDR дозволяють зондувати радіоэфір, відстежувати і обробляти передачу на фізичному і каналному рівнях кількох систем радіозв'язку одночасно, з урахуванням правил для спільної роботи з PEM первинних (ліцензійних) користувачів РЧС.

У функціональній схемі SDR крім багаторежимного інтерфейсу (інтерфейсів) радіодоступу слід виділити функціональний блок менеджера конфігурації, CM (Configuration Manager), який здійснює запуск і зупинку програм для організації зв'язку на всіх рівнях моделі взаємозв'язку відкритих систем. Може бути присутнім менеджер з'єднань радіозв'язку, RCM (Radio Connection Manager) який здійснює управління потоками даних при передачі по радіоканалу. Програми управління PE3 SDR можуть перебувати в різних станах, наприклад, може використовуватися економний режим. В цьому випадку PEM SDR приймає і обробляє тільки окремі кадри, отримані при

розсилці від точки доступу в мережу. Архітектура SDR може включати функціональну підсистему когнітивності CF (Cognitive Functionalities), яка взаємодіє з іншими підсистемами SDR. Для налаштування PEM SDR можна виділити три служби доступу багато режимного радіо MAS (Multiradio Access Services), необхідні для доступу до необхідної мережі зв'язку або до необхідного частотного діапазону РЧС.

Служба управління доступом забезпечує зберігання, обробку і надання відомостей про переваги користувача щодо доступу до мереж певних стандартів і операторів, що дозволяє робити вибір між такими мережами. Прийняття рішень по вибору мереж відбувається за допомогою спеціальних алгоритмів і методів.

Уподобання і політики доступу можуть формуватися безпосередньо користувачем, задаватися мережею зв'язку за допомогою передачі налаштувань оператора зв'язку або формуватися спільно користувачем і мережею зв'язку. В цілому служба управління доступом підтримує такі сервіси:

- запуск і зупинка програмних додатків управління настройками PEM SDR;
- початок і зупинка запуску виявлення кореспондуючих комунікаційних пристроїв і (або) базових станцій / точок доступу різних систем бездротового зв'язку;
- повідомлення менеджера CM і RCM про виявлені комунікаційних пристроях і (або) мережах;
- початок і завершення сеансу зв'язку з обраним комунікаційним пристроєм або мережею доступу;
- додавання і видалення потоку трафіку при обміні з комунікаційним пристроєм;
- перенесення потоку даних з сеансу обміну з однією мережею доступу в сеанс зв'язку в іншій мережі.

У роботі під сеансом зв'язку розуміється спрямоване або ширококомвне поширення інформації користувача по телекомунікаційних мереж, що здійснюється з попередніми або без попереднього повідомлення про таку передачу елементів мережі, за фіксованими або змінним маршрутами пропуску трафіку, де інформація при передачі представлена у вигляді даних, відносяться до різних служб (теле службам) зв'язку.

Під IP-сеансом зв'язку (IP-сесією) розуміється передача пакетів даних (пакетів інформації) в процесі встановлення та підтримання сеансу зв'язку, де в складі пакету присутні ідентифікатори і параметри, необхідні для обробки

вузлом зв'язку в процесі маршрутизації на основі протоколу міжмережевої взаємодії IP (Internet Protocol).

Служба потоку даних представляють набір сервісів організації логічних (віртуальних) каналів з використанням стека мережевих протоколів, наприклад, стек протоколів TCP / IP. Ця служба може контролювати отримання і відправку даних і здійснювати контроль показників якості при обміні.

Служба адміністративних послуг призначена для управління конфігурацією програмного забезпечення і налаштувань програмно-апаратних засобів PEM SDR. Зазначена служба використовується для завантаження і установки ПО, яке може мати місце:

- під час початкового запуску (ініціалізації, активації) PE3 SDR для використання в поточною мережі;
- в ході зміни поточної мережі обслуговування, включаючи підтримку іншого стандарту радіозв'язку, процедури ідентифікації та авторизації в цільовій мережі, організацію сеансу зв'язку в цільовій мережі.

Загальними конструктивними особливостями SDR є застосування малошумливих підсилювачів і спеціалізованих мікропроцесорних комплектів для радіозв'язку різних стандартів. У складі SDR може бути присутнім як технічне рішення для організації широко (все) всехвильової передачі, так і технічне рішення з декількома приймально-передавальними радіомодулями. Таким чином, в якості PEM SDR може розглядатися радіотелефон з програмним управлінням на основі завантажувача операційної системи (смартфон) або аналогічне смартфону пристрій.

З урахуванням описаних вище можливостей SDR загальний алгоритм його роботи виглядає наступним чином.

1. Пристрій SDR при включенні з допомогою служби адміністративних послуг запускає програмні додатки і модуль (модулі) підтримуваних технологій радіодоступу, RAT (Radio Access Technology) в передвстановленому, наприклад, економному режимі.

2. Пристрій PEM SDR через інтерфейси бездротового доступу отримує відомості про доступні мережі доступу або кореспондуючих пристроїв для створення ad hoc мережі за допомогою служби управління доступом. Для отримання інформації може використовуватися когнітивний пілот-канал, запит до централізованої бази даних або безпосереднє зондування РЧС і виявлення передачі кореспондуючих пристроїв. Вибір методу виявлення здійснюється за допомогою функціональної підсистеми когнітивності. Менеджер конфігурацій за допомогою служби адміністративних послуг може вимикати програми.

3. Пристрій PEM SDR здійснює вибір однієї або декількох доступних RAT і відповідні їм мережі доступу, щоб створити одне або кілька з'єднань з іншими РЕЗ або з базовими станціями (точками доступу) мережі доступу. Вибір може бути здійснений автономно PEM SDR, мережа з RAT може бути призначена оператором зв'язку або рішення може бути прийнято в процесі взаємодії РЕЗ SDR і мережі зв'язку.

4. За допомогою менеджера конфігурації і менеджера з'єднань радіозв'язку встановлюються необхідні параметри прийому-передачі. Служба потоку даних формує потік або потоки трафіку для обраної мережі (або мереж). При тому зберігається можливість перенаправити потік даних з однієї мережі доступу (або супровідного пристрою) в іншу мережу доступу.

В рамках розглянутої процедури виконуються дії, обумовлені особливостями стандарту RAT, сканування доступних каналів RAT, призначення фізичних ресурсів для роботи РЕЗ, привласнення IP-адреси яка обслуговує мережі, синхронізація з обслуговуючою базовою станцією, аутентифікація і реєстрація в мережі. З урахуванням наявності динамічного доступу до смуг частот РЧС загальна схема організації взаємодії між компонентами РЕЗ КР виглядає наступним чином (див. рисунок 1.1).

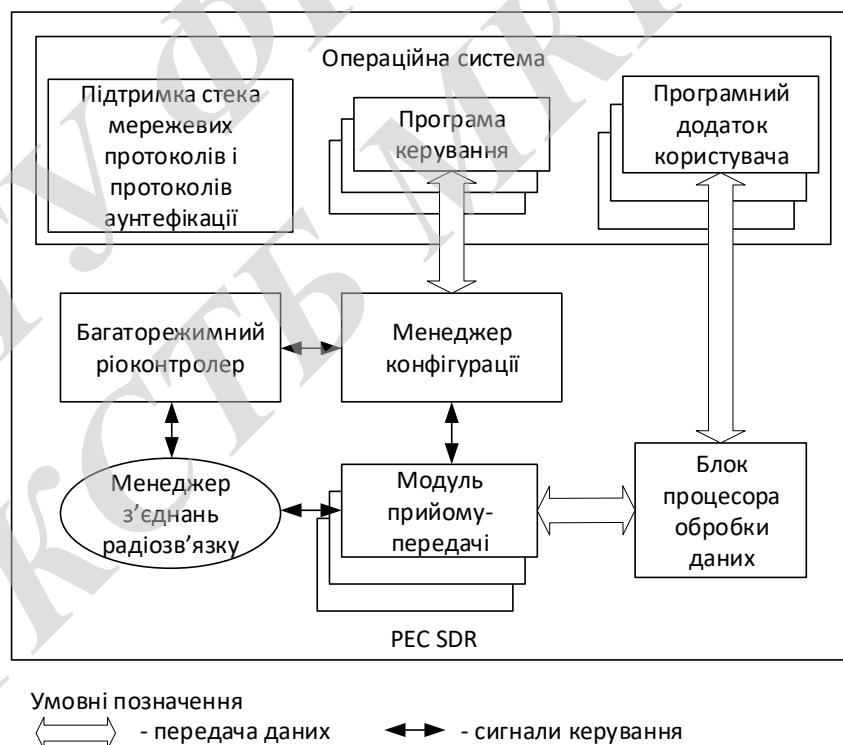


Рисунок 1.1 – Функціональна схема РЕЗ SDR

У даній схемі в складі РЕЗ є менеджер з'єднань радіозв'язку для управління потужністю випромінювання, який також може виконувати

функції зондування РЧС для виявлення факту передачі кореспондуючих пристроїв або мереж доступу RAT. При цьому в цілому управління SDR може бути, як автономним, так і на основі правил або параметрів, що задаються зовнішньою системою управління, в тому числі мережею зв'язку (управління з боку мережі).

Загальна схема організації прийому і обробки даних в системі когнітивного радіо з урахуванням застосування SDR приведена на рисунку 1.2 [5].

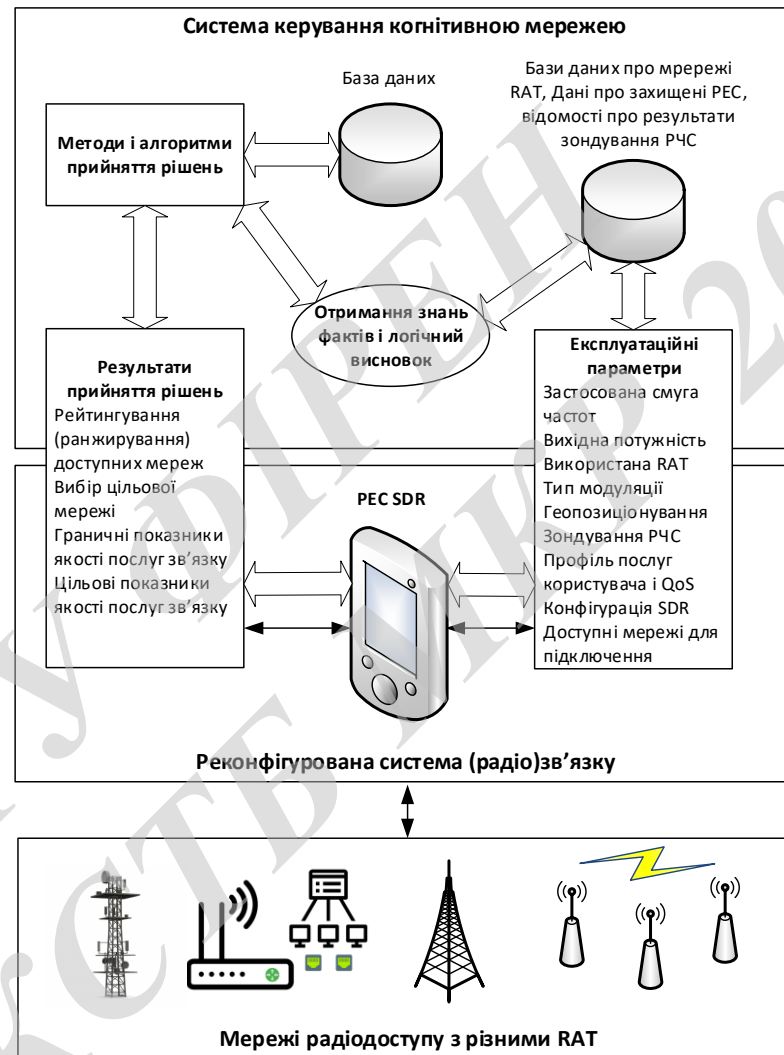


Рисунок 1.2 – Схема отримання і обробки даних в системі когнітивного радіо

1.4 Взаємодія абонентського пристрою з гетерогенними мережами доступу

Гетерогенність стосовно до мереж (радіо) доступу означає, що в даній точці простору діють дві і більше мережі радіодоступу різних стандартів. Різниця стосується як технологій RAT, так і технологій та протоколів мережевого рівня. Формування неоднорідних (гетерогенних) багаторівневих систем радіозв'язку [14], наприклад, на основі стандартів CDMA і TDMA, передбачає формування макро- і мікростільників [14], між якими може перемикатися термінал користувача. Зазначалося, що несумісність стандартів посилюється додатковими труднощами через обмежень радіотехнічної конструкції мобільного терміналу, який нездатний працювати в мультистандартному режимі.

В даний час в гетерогенному бездротовому середовищі об'єднується кілька типів мереж радіодоступу, наприклад, бездротові персональні мережі WPAN (Wireless Personal Area Network), бездротові локальні мережі WLAN (Wireless Local Access Network), бездротові мережі рухомого наземної радіотелефонного зв'язку другого, третього поколінь, мережі мобільного широкосмугового доступу поколінь 4G і 5G, мережі супутникового зв'язку [4; 15]. У цьому контексті гетерогенні мережі з точки зору стандартизації можна умовно розділити на мережі доступу, стандартизовані партнерством 3GPP (3GPP Access Network) і мережі доступу, стандартизовані 3GPP (non-3GPP Access network) [4].

До стандартизованих 3GPP мереж доступу відносяться мережі, підтримують передачу пакетів за технологіями EDGE, HSPA, UMTS і LTE.

До нестандартизованого 3GPP мереж доступу відносяться мережі стандартів не-3GPP (наприклад, WiMax, WiFi), які повинні взаємодіяти з мережами 3GPP таким чином, щоб надати користувачам високу якість обслуговування. Прикладом є взаємодіючі мережі 3GPP стандартів UMTS і мережі не-3GPP, такі як WiFi або WiMax [13; 33; 43; 44]. Можна, можливо виділити дві головні функціональні схеми гетерогенних мереж 3GPP і не-3GPP, а саме схему з сильним комплексуванням і схему зі слабким комплексуванням.

У схемі з слабким комплексуванням мережі 3GPP (наприклад, UMTS) і мережі не-3GPP (наприклад, WiFi) є автономними в частині спільного обслуговування користувачів в рамках конвергенції мереж. Тут можливо використання загального сервера аутентифікації, авторизації і розрахунків за послуги зв'язку AAA (Authentication, Authorization, Accounting). При цьому трафік користувача мережі WiFi не обслуговується вузлами шлюзу GPRS GGSN (Gateway GPRS Support Node) або обслуговуючим шлюзом SGSN (Serving GPRS Support Node) мережі UMTS. Перевагою слабого комплексування є незалежне розгортання і маршрутизація трафіку мереж

WLAN і мереж 3G, що дозволяє досить просто адаптувати мережі радіодоступу не-3GPP до обслуговування навантаження мереж 3GPP, мінімізуючи при цьому інвестиції в розвиток мереж. До недоліків можна віднести підвищення сигнальної навантаження на вузол AAA і некординоване підвищення завантаження на мережі WiFi за рахунок «вивантажується» (offload) трафіку користувачів послуг мереж доступу 3GPP.

При сильному комплексуванні точки доступу мереж WLAN функціонально і технологічно тісно пов'язані з вузлом SGSN і, по суті, виконують функції базової станції UMTS, вузла типу B (NodeB). Сильне комплексування означає підтримку тенетами не-3GPP єдиної ідентифікації, способів нарахування за послуги зв'язку та мережевого управління з боку мереж 3G.

Для цього в багатьох випадках потрібно виконати істотні модифікації і адаптації в протоколах і інтерфейси як мереж 3GPP, так і мереж не-3GPP, щоб забезпечити необхідну взаємодію. В результаті, сильне комплексування технічно і функціонально розглядається як більш складне рішення, ніж слабке комплексування. Проблему може створити обслуговування трафіку мереж WLAN мережевою інфраструктурою мереж 3G / UMTS, що безпосередньо зачіпає параметри експлуатації і вимагає не тільки певного розширення функціональності вузлів SGSN і вузлів GGSN, а й застосування динамічної конфігурації мережевих елементів і пристроїв, особливо в разі перевантажень. Крім того, мережі доступу не-3GPP і 3GPP в даному випадку повинні мати загальне управління як на рівні елементів мережі, так і на рівні мереж зв'язку в цілому. Створення такої системи управління істотно збільшує вартість технічного рішення.

У мережах 3GPP LTE використовуються методи мережевої взаємодії, засновані на функціональному розподілі на рівні мережевої архітектури між вузлами служб LTE, основною транспортною мережею і мережею радіодоступу.

Це поділ призводить до того, що базова функціональність радіозв'язку в частині фізичного і каналного рівня RLC / MAC (Radio Link Control / Medium Access Control) реалізується eNodeB. Міжмережна взаємодія LTE з успадкованими технологіями 3GPP (2G, 3G) використовується, щоб забезпечити хендовер тільки в рамках специфікацій 3GPP. При цьому LTE використовує компонент «Еволюція системної архітектури» SAE (System Architecture Evolution), в тому числі обслуговуючий шлюз S-GW (Serving Gateway), який забезпечує мобільність користувача при хендовера між вузлами eNodeB і NodeB, що забезпечують функціонування інфраструктури

наземного бездротового доступу тобто між розширеної мережею універсального наземного доступу E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) і мережею універсального наземного радіодоступу UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) відповідно.

В рамках мереж 4G / 3G і 2G гетерогенність розглядається у вузькому сенсі в контексті взаємозв'язку між різними 3GPP-мережами радіодоступу Inter-RAT (Inter Radio Access Technology) в рамках підтримки мобільності при взаємозв'язку LTE і мереж з успадкованими технологіями 3GPP (UMTS, WiMax). У широкому сенсі гетерогенність тут полягає в підтримці мобільності при міжтехнологічній взаємодії LTE і мережами доступу до технологій не-3GPP (non-3GPP Access) [44]. На рисунку 1.3 показані основні функціональні блоки міжмережевої взаємодії для розглянутого випадку. Взаємодія LTE з іншими 3GPP мережами виконується без необхідності повторної авторизації і призначення IP-адреси, тому таке рішення менш складно, ніж взаємодія LTE з мережами не-3GPP, коли може знадобитися авторизація абонентського пристрою не-3GPP доступу в мережі LTE і навпаки. Мережа доступу не-3GPP умовно вважається недовіреною (untrusted, non-trusted) з точки зору правил інформаційної безпеки, якщо процедура і протоколи авторизації, аутентифікації в ній відрізняються від відповідних процедур 3GPP [14]. Тому можна говорити не про міжтехнологічну, але про міжсистемну взаємодію, враховуючи відмінність систем аутентифікації та авторизації.

Міжсистемна взаємодія мережі LTE і мережі не-3GPP, в тому числі недовіреною мережі не-3GPP, в рамках гетерогенних мереж підтримується на мережевому і вищих рівнях моделі ВОС, включаючи підтримку мобільності для IP- протоколу, авторизацію, аутентифікацію і забезпечення безпеки обміну даними на основі специфікацій протоколу IETF. В процесі хендвера між мережами доступу 3GPP і не-3GPP може використовуватися мобільний IP-проксі протокол (Proxу Mobile IP), де мобільність хоста / вузла заснована на використанні протоколів MIP. Тут шлюз з мережею передачі пакетів PDN-GW (Packet Data Network Gateway) забезпечує IP-доступ через WLAN до мережі 3GPP.

У сценаріях для обох мереж доступ до шлюзу PDN-GW може бути надано через шлюз S-GW, в тому числі через оператора-агрегатора трафіку точок доступу WiFi. З урахуванням підвищення автономності та інтелектуалізації абонентських пристроїв далі розглядається протокол з подвійним стеком мобільного IP протоколу, DSMIP (Dual Stack Mobile IP). Протокол DSMIP підтримує мобільність перш за все з боку абонентського пристрою, а не з боку мережі зв'язку, і підтримує версії протоколів IPv4 та

IPv6, що робить його більш універсальним, ніж інші версії протоколу IP з підтримкою мобільності користувачів, MIP (Mobile IP) [13].

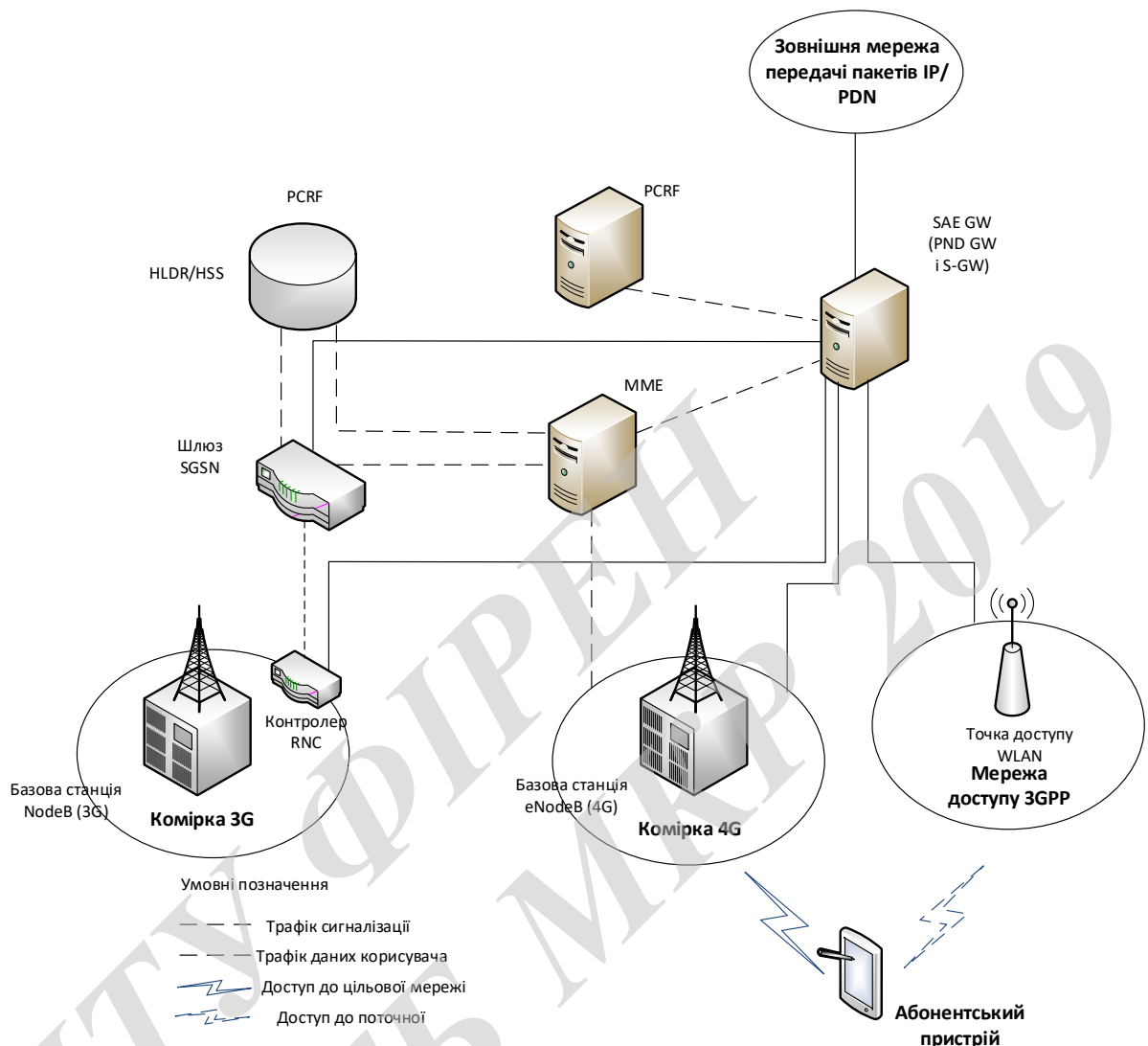


Рисунок 1.3 – Функціональна схема організації взаємодії 3GPP і не-3GPP мереж в LTE

З огляду на широке поширення та проникнення мереж 4G 3GPP і мереж доступу немає-3GPP, перш за все WiFi, далі детально розглядається процедура взаємодії між цими мережами в рамках вертикального хендовера.

1.5 Оцінювання наукового, технічного та економічного рівня НДР

Визначимо перспективність та техніко-економічний рівень даної роботи. Однозначно визначити техніко-економічний рівень нової розробки при великій кількості технічних та економічних показників досить складно. Однак можна визначити узагальнюючу оцінку техніко-економічного рівня

НДР. Оцінимо перспективність теми даної магістерської кваліфікаційної роботи за допомогою бального методу оцінок НДР. Бальна оцінка полягає в тому, що кожному параметру присвоюється певний бал в залежності від різних факторів. Для узагальнюючої оцінки технічного рівня береться сума балів по всім показникам.

В сучасних умовах науково-технічний прогрес в радіоелектронній промисловості відбувається найбільш швидкими темпами, а це звісно потребує зменшення часу на розробку (проведення НДР) і зменшення строку окупності вкладень. Виходячи з цього, необхідно орієнтуватися на час проведення НДР не більше 2 років; технічні показники результатів плануються на рівні кращих світових зразків; передбачаються отримання авторських свідоцтв; строк окупності витрат приблизно 3-4 роки.

В таблиці 1.1 наведено критерії та бальна оцінка для визначення наукового та технічного рівня науково-дослідної роботи з дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу.

Таблиця 1.1 – Критерії та бальна оцінка для визначення наукового, технічного та економічного рівня науково-дослідної роботи.

Критерії оцінки	Шкала критеріїв	Індекс оцінки
Час, необхідний для проведення НДР	2 роки і менше	+2
	3 роки	+1
	4 роки	0
	5-6 років	-1
	7 років і більше	-2
Технічні показники результатів розробки	Вище рівня кращих світових зразків	+2
	На рівні кращих світових зразків	0
	Нижче рівня кращих світових зразків	-2
Можливості отримання авторських свідоцтв на винахід	Впевненість в отриманні авторських свідоцтв	+2
	Часткові можливості	0
	Можливості немає	-1
Строк окупності витрат	2 роки і менше	+3
	3-4 роки	+2
	5 років	0
	6-7 років	-1
	8 років і більше	-2

Проаналізувавши критерії оцінки наведені в таблиці 1.1 та рівень можливих досягнень даної НДР, підрачуємо загальну суму балів згідно індексу оцінки (+2+0+2+2=+6).

В таблиці 1.2 наведено можливі результати оцінки теми НДР.

Таблиця 1.2 – Можливі результати оцінки теми НДР

Сума індексів	Оцінка теми
Позитивна(+)	Розробка є досить перспективною
Задовільна(0)	Розробка перспективна
Негативна(-)	Розробка не перспективна

У відповідності до можливих результатів оцінки теми НДР, які наведені в табл. 1.2, можна відмітити, що дана науково-дослідна робота з дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу є достатньо перспективною.

1.6 Оцінювання комерційного потенціалу розробки на тему дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки (результатів НДДКР), створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу [87].

Рекомендується здійснювати оцінювання комерційного потенціалу розробки за 12-ма критеріями, наведеними в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Критерій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботою в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					

2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві

11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведемо до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	експерт		
	А	В	С
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	3	3
2	3	3	4
3	3	2	4
4	2	3	2
5	2	2	2
6	3	3	2
7	2	2	3
8	3	3	3
9	2	2	4
10	3	3	3
11	3	2	3
12	3	4	3
Сума балів	31	32	36
Середньоарифметична сума балів СБ	33		

За даними таблиці 1.4 зробимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому доцільно користуватися рекомендаціями, наведеними в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ , розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 - 10	Низький
11 - 20	Нижче середнього
21 - 30	Середній
31 - 40	Вище середнього
41 - 48	Високий

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 33 бали, що, згідно таблиці 1.5, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

1.7 Прогнозування витрат на виконання дослідної роботи

Для обґрунтування доцільності роботи потрібно провести попередній розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи. Для визначення суми витрат на проведення НДР передбачено складання приблизного кошторису цих витрат [87].

Таблиця 1.6 – Основна заробітна плата дослідників та розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
1. Керівник проекту	11000,00	523,81	21	11000,00
2. Науковий співробітник	10000,00	476,19	21	10000,00
3. Інженер-радіотехнік	9000,00	428,57	21	9000,00
4. Технік	5500,00	261,90	21	5500,00
Разом приблизно				35500,00

Витрати на основну заробітну плату робітників (Зр), що здійснюють встановлення обладнання, складання та попереднє налагодження відсутні в зв'язку з проведенням досліджень на основі програмно-математичного моделювання процесів що відбуваються в гетерогенних когнітивних мережах.

Нарахування на заробітну плату розробників складуть приблизно 9000,00 грн.

Таблиця 1.7 – Витрати на основні матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Одиниця виміру	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Папір канцелярський	уп.	117,00	2	234,00
Компакт-диски	шт.	17,50	3	52,00
Канцелярські товари	компл.	182,00	4	728,00
Тонер для принтера	кг	6133,00	0,02	122,00
Інші витратні матеріали	-	2186,00	1	2186,00
Всього приблизно				3323,00

Витрати на комплектуючі на даному етапі проведення НДР практично відсутні в зв'язку з моделюванням значної частини роботи і досліджень за допомогою комп'ютерної техніки.

Таблиця 1.8 – Величина амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
Комп'ютеризований обчислювальний комплекс (XZ2100)	17000,00	4	1	354,00
Персональний комп'ютер STAR-EX4	15000,00	4	1	312,00
Пристрої графічного виводу інформації	12640,00	3	1	351,00
Приміщення лабораторії	164000,00	25	1	546,00
Всього приблизно				1564,00

Таблиця 1.9 – Витрати на електроенергію при проведенні досліджень

Найменування обладнання	Кількість годин роботи обладнання, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Величина оплати
Комп'ютеризований обчислювальний комплекс (XZ2100)	160,0	0,86	1	778,00
Персональний комп'ютер STAR-EX4	160,0	0,56	1	507,00
Пристрої графічного виводу інформації	60,00	0,34	1	52,00
Всього приблизно				547,00

Інші витрати складуть в межах 88750,00 грн.

Загальні витрати на проведення досліджень

$V = 35500,00 + 9000,00 + 3323,00 + 1564,00 + 547,00 + 88750,00 = 138684,00$
(грн.)

1.8 Доцільність науково-дослідної роботи з дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу

Для обґрунтування доцільності виконання науково-дослідної роботи використовується спеціальний комплексний показник, що враховує важливість, результативність роботи, можливість впровадження її результатів у виробництво, величину витрат на роботу.

Комплексний показник K_p рівні НДР розраховується за формулою [88]:

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_c \cdot R}{B \cdot t}, \quad (1.1)$$

де I - коефіцієнт важливості роботи, $I = 2 \dots 5$;

n - коефіцієнт використання результатів роботи; $n = 0$, коли результати роботи не будуть використовуватись; $n = 1$, коли результати роботи будуть використовуватись частково; $n = 2$, коли результати роботи будуть використовуватись в дослідно-конструкторських розробках; $n = 3$, коли

результати можуть використовуватись навіть без проведення дослідно-конструкторських розробок;

T_c - коефіцієнт складності роботи, $T_c = 1 \dots 3$;

R - коефіцієнт результативності роботи; якщо результати роботи плануються вище відомих, то $R = 4$; якщо результати роботи відповідають відомому рівню, то $R = 3$; якщо нижче відомих результатів, то $R = 1$;

B – вартість НДР, (тис.грн.);

t - час дослідження роботи, років.

Підставляючи числові дані в (1.1) отримаємо

$$K_p = \frac{4^2 \cdot 3 \cdot 4}{138,7 \cdot \frac{1}{12}} = 24,3.$$

Оскільки $K_p > 1$, тому науково-дослідну роботу можна вважати економічно доцільною з достатньо високим науковим, технічним та економічним рівнем.

1.9 Висновки до розділу 1

1. Перспективним напрямком розвитку мереж майбутнього (future networks) є повсюдне застосування програмно-керованих і реконфігурованих систем зв'язку. Сучасні засоби зв'язку, в тому числі абонентські пристрої, інтелектуальні в сенсі прийняття рішення про використання технологій перенесення сигналів, мережних ресурсів і програмних продуктів для надання послуг користувачеві з необхідною якістю. В рамках цієї роботи потрібно враховувати автономність абонентських пристроїв в частині вибору цільової мережі для міжсистемного VHO.

2. У майбутньому, з боку систем мережевого управління, будуть передаватися не тільки команди, які веліли точно здійснення конкретних дій засобам зв'язку. У найближчій перспективі інформаційно-керуючі команди будуть містити оперативні відомості для підтримки автономного прийняття рішення інтелектуальним елементом мережі, перш за все абонентським пристроєм, в частині зміни робочих параметрів. Це дозволяє розробляти нові методи диференційованого доступу абонентів до ресурсів мереж і систем телекомунікацій.

3. Сучасний абонентський пристрій в більшості випадків є радіоелектронний засіб з двома (Dual Radio) або більш ніж двома радіомодулями прийому-передачі (Multi Radio), що дозволяє одночасно або з

рознесенням у часі використовувати різні радіотехнології доступу для прийому і передачі трафіку різних служб зв'язку.

Таке абонентський пристрій розглядається як багаторежимний мобільний радіотермінал (ММР), що є в загальному випадку мобільним обчислювальним пристроєм з операційною системою, двома і більше радіоінтерфейсом, можливістю управління конфігурацією в частині залучення зазначених інтерфейсів і доступних мереж. Користувач ММР може вибрати найбільш відповідну мережу доступу для отримання послуг. В результаті склад користувачів мереж доступу і конфігурація програмно-апаратних засобів ММР може динамічно змінюватися.

4. Пристрої ММР для доступу до гетерогенним мереж і використовують процедуру вертикального хендовера (Vertical Handover, VHO), щоб одночасно або по черзі використовувати доступні мережі без зміни зони обслуговування зі збереженням або без збереження безперервності надання послуг. Далі проводиться дослідження міжсистемного VHO, коли в процесі переходу обслуговування ММР з поточної мережі в цільову мережу здійснюється процедура аутентифікації в цільовій мережі, а також надається ідентифікатор для функціонування програмних додатків користувача в цільовій мережі. В результаті з'являється затримка передачі інформації користувача в момент VHO, для якої не розроблено аналітичної моделі попередньої оцінки часу такої затримки з урахуванням всіх складових процесу міжсистемного VHO.

5. Сучасні ММР будуються за принципом радіопристроїв з програмованими параметрами SDR (Software Defined Radio), в яких експлуатаційні параметри і характеристики є гнучкими адаптивними і налаштованими на основі даних про доступні телекомунікаційних ресурсах. Інтелектуальний підхід до управління дозволяє поширити концепцію когнітивних систем на наземну рухливу і фіксовану радіозв'язок, на оптичні системи зв'язку, на системи Інтернету речей.

Застосування когнітивних служб підвищує ефективність VHO в частині використання РЧС, тому необхідно доповнити аналітичну модель для оцінки часу затримки VHO з урахуванням застосування когнітивної служби.

6. Вибір цільової мережі доступу для надання послуги при VHO здійснюється в рамках завдання прийняття рішення. Єдиного методу прийняття рішень на існує, відомо застосування марковських методів прийняття рішень, методів MADM, методів нечіткої логіки, генетичних алгоритмів, «Сірих систем» (gray systems). В якості методу для рейтингування альтернатив у вигляді списку мереж доступу пропонується використовувати метод аналізу ієрархій (MAI).

7. Розглянуті методи прийняття рішення можуть використовуватися користувачем, використовуватися з боку мережі доступу або використовуватися як користувачем так і з боку мережі. З урахуванням автономності та інтелектуалізації ММР далі розглядається централізований спосіб отримання інформації про доступні мережах, де ММР автономно приймає рішення про вибір мережі для підключення, а після вибору мережі управління підключенням переходить до засобів зв'язку цільової мережі.

8. Потрібно провести комплексне дослідження, що включає розробку моделей і методів для оцінки часу міжсистемного VHO, включаючи перехід в когнітивні мережі зв'язку на прикладі мереж стандарту IEEE 802.22, розробити методи вибору цільових мереж і методи, в тому числі засновані на знаннях, необхідні для вибору каналів передачі в когнітивних мережах з урахуванням впливу первинних користувачів РЧС.

Об'єднуючи весь матеріал, викладений вище можна зробити наступні висновки, що дане науково-технічне дослідження є доцільним. З техніко-економічної ефективності можна вважати результати роботи з дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу, як виконання основної мети дослідження.

Дана науково-дослідна робота з дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу є достатньо перспективною.

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 33 бали, що, згідно таблиці 1.5, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього). Також у відповідності до комплексного показника важливості та результативності роботи з врахуванням витрат на її проведення, $K_p > 1$, науково-дослідну роботу можна вважати економічно доцільною з достатньо високим науковим, технічним та економічним рівнем.

2 РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВЗАЄМОДІЇ АБОНЕНТСЬКОГО ПРИСТРОЮ З ГЕТЕРОГЕННИМИ КОГНІТИВНИМИ МЕРЕЖАМИ ДОСТУПУ

2.1 Модель для аналізу процесу отримання інформації абонентським пристроєм про доступні мережах

Розглянемо реалізацію узагальненої моделі аналізу гетерогенної когнітивної мережі доступу процесу для випадку межсистемного VHO MMP з високошвидкісної бездротової локальної обчислювальної мережі WLAN в широкосмугову мережу рухомого радіозв'язку 4-го покоління LTE, WLAN - LTE.

Необхідність у вертикальному хендовера WLAN - LTE виникає, коли умови обслуговування абонентського пристрою MMP в мережі WLAN не відповідають вимогам QoS або, коли абонентського пристрою MMP потрібно підтримувати сеанс зв'язку за межами зони обслуговування WLAN в разі початку руху користувача MMP [13, 28, 31].

Для виявлення мереж, доступних для межсистемного VHO, як реалізації ИУУ використовується вузол, який реалізує функції підтримки виявлення мереж доступу ANDSF (Access Network Discovery Support Functions), специфікований партнерством 3GPP, оскільки функції даного вузла відповідають функціям інформаційно-керуючого вузла. В розглянутій реалізації узагальненої моделі вузол ANDSF забезпечує передачу інформації про доступні мережах для VHO за запитом (request) пристрою MMP в автоматичному чи напівавтоматичному режимі за допомогою сервісу RT-GET. Процес збору інформації про доступні мережах для VHO і їх рейтингування здійснює вузол ANDSF в режимі відкладеного часу; цей процес в загальному випадку безпосередньо не пов'язаний з даним запитом MMP на міжсистемний VHO.

На початку процесу перемикавання (переходу) MMP в цільову мережу, абонентський пристрій працює тільки в поточній мережі WLAN і підтримує IP-сесію, при цьому система авторизації і аутентифікації в поточній мережі радіодоступу WLAN не відповідає специфікаціям партнерства 3GPP. З точки зору специфікації 3GPP така мережа доступу вважається недовірених (Non-trusted) і для початку роботи MMP, що переходить в мережу 3GPP LTE з

недовірених мережі, потрібно попередньо виконати процедури аутентифікації і авторизації відповідно до вимог партнерства 3GPP.

Абонентський пристрій MMP підтримує можливості принаймні «Dual Radio », тобто технічно підтримує технологію радіозв'язку WLAN і 3GPP LTE. Загальна схема взаємодії абонентського пристрою MMP з високошвидкісної бездротової локальної мережі та широкосмугового мережею рухомий радіозв'язку представлена на рисунку 2.1 [44; 45]. мережі вважаються IP-пов'язаними тобто між об'єктами цих мереж може бути встановлена IP- сесія.

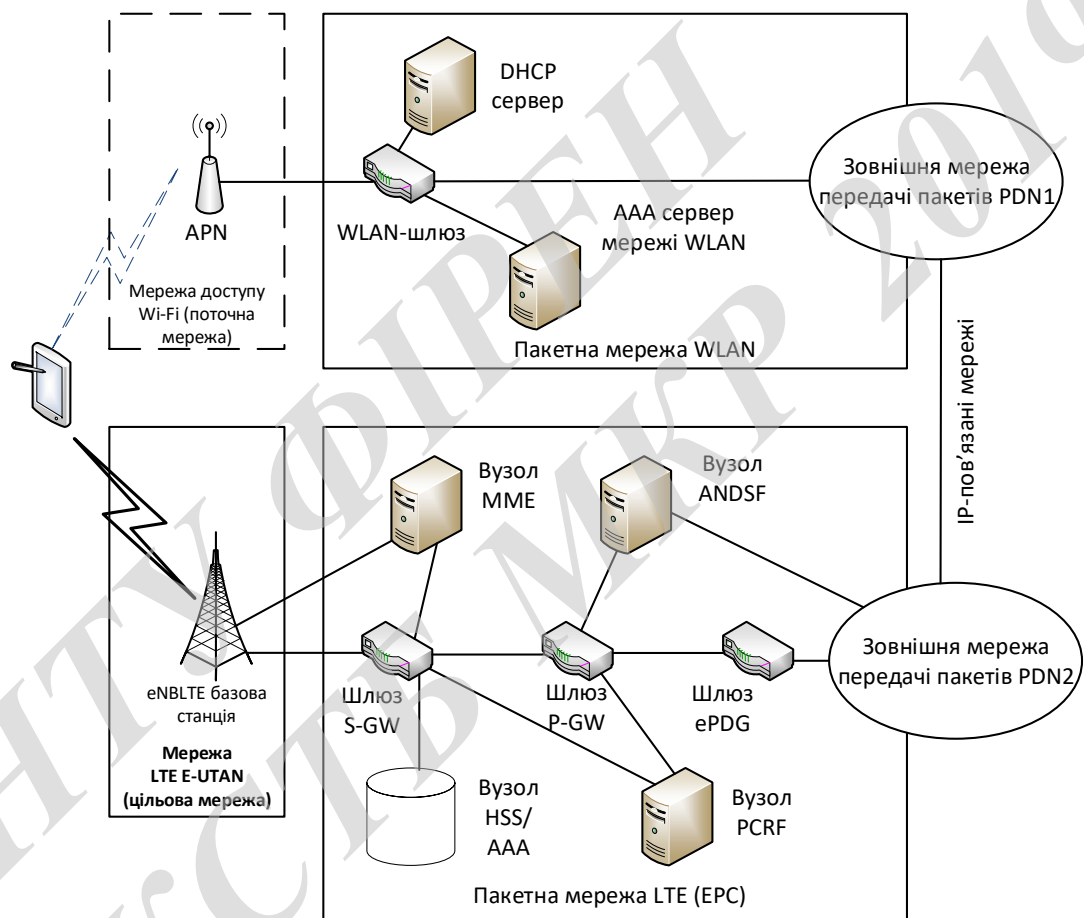


Рисунок 2.1 - Взаємодія MMP з мережами доступу WLAN і 3GPP LTE при міжсистемному VHO

З урахуванням існуючих стандартів [14; 17; 29] широкосмугова мережа рухомого радіозв'язку складається з двох компонентів: наземної мережі радіодоступу E-UTRAN та базової пакетної мережі EPC (Evolved Packet Core). мережа радіодоступу E-UTRAN складається тільки з базових станцій eNB (evolved NodeB). Базова мережа EPC містить різні функціональні

елементи, які далі будуть розглядатися як мережеві вузли і, за винятком базової станції eNodeB, можуть бути реалізовані як програмно-апаратний, так і віртуально. До зазначених елементів належить елемент управління мобільністю MME (Mobile Management Entity), що відповідає за вирішення завдань управління мобільністю абонентського терміналу; вдосконалений шлюз пакетних даних ePDG (Evolved Packet Data Gateway), який використовується для взаємодії з недовіреною мережею доступу WLAN з використанням протоколу IP. В свою чергу мережу, мережу WLAN організовує доступ MMP до PDN через іменовану точку доступу APN (Access Point Name).

Також при розробці реалізації узагальненої моделі використовуються:

- шлюз взаємодії з пакетними мережами P-GW (Packet Data Network Gateway) для підтримки мобільності терміналів при взаємодії з мережами Ні-3GPP;

- обслуговуючий шлюз S-GW, що виконує, в тому числі функції агента протоколу динамічної настройки хоста DHCPv4 (Dynamic Host Configuration Protocol), або протоколу DHCPv6, де хостом є MMP;

- вузол / сервер «домашніх» абонентів HSS (Home Subscriber Server).

- вузол (логічний елемент) PCRF (Policy and Charging Rules Function), що відповідає за управління нарахуванням плати за надані послуги зв'язку, а також за якість з'єднань відповідно до заданих конкретному абоненту характеристиками.

Транспортна IP-мережу визначається як пакетна мережа передачі даних або мережу з комутацією пакетів PDN (Packet Data Network). Для мережі WLAN доступ до PDN здійснюється через WLAN-шлюз, який виконує функції комутатора і маршрутизатора, які в рамках моделі не беруть участі в міжсистемних VHO.

Для пошуку і вибору цільової мережі абонентський пристрій MMP звертається із запитом до вузла ANDSF. Ім'я сервера ANDSF для звернення до нього з боку пристрою MMP по IP-мережі вважається загальнодоступним. Відповідь (Response) сервера на запит за допомогою сервісу PT-SET включає, як мінімум список доступних мереж LTE з їх рейтингом і мережевими ідентифікаторами; цільові мережі можуть бути вказані в порядку зменшення рейтингу (пріоритету для даного типу користувача) для межсистемного VHO. Також ИУУ з функцією ANDSF може надати відомості про межсистемної політиці підтримки мобільності, способах маршрутизації пакетів даних в

цільових мережах, дані про наявність поточного дозволу або заборони межсистемного VHO для MMP і дані про типи радіотехнологій в доступних мережах.

Вузол ІУУ з функцією ANDSF може підтримувати режим як домашньої, так і «гостьовий» мережі за допомогою https-клієнта на пристрої користувача; в розробляється моделі використовується режим домашньої мережі. Для обміну з ANDSF використовується еталонна точка стику рівня додатків S14, яка має специфікацію 3GPP. Всі вузли на схемі виконують штатні функції згідно специфікації 3GPP. Аутентифікація проводиться в рамках загальної архітектури початкового завантаження GBA (Generic Bootstrapping Architecture) згідно специфікації [45] для забезпечення захищеного обміну інформацією. Далі в реалізації моделі розглядаються тільки параметри, відповідні атрибутам сигнальних повідомлень для межсистемного VHO.

Функціональна блок-схема для моделювання обміну сигнальними повідомленнями при отриманні інформації про рейтинг доступних цільових мереж від ANDSF представлена на рисунку 2.2. В даному випадку використовується мобільна версія протоколу IPv6 з подвійним стеком IPv4 / IPv6, DSMIPv6 (Dual-Stack Mobile IP version 6) [27], що дозволяє формувати IP-тунелі, використовуючи як протокол IPv4, так і протокол IPv6. Вже згадана блок-схема також може використовуватися для інших протоколів IP з підтримкою мобільності, розглянутих в розділі 1.

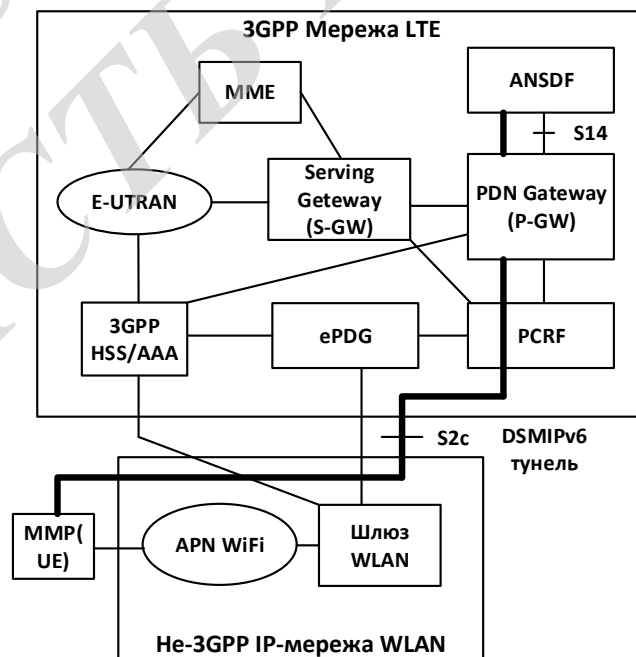


Рисунок 2.2 - Функціональна схема взаємодії MMP з ІУУ (ANDSF) при допомозі тунелювання

Взаємодія WLAN і 3GPP LTE за допомогою MMP також забезпечується через специфікований 3GPP інтерфейс S2c для взаємодії MMP з шлюзом P-GW з метою передачі даних користувача MMP і сигнальної інформації. Інтерфейс S2c підтримує протокол DSMIPv6 як на абонентському пристрої MMP, так і LTE / EPC. також в розглянутій реалізації використовується сімейство протоколів управління мобільністю на базі хостів НВМ (Host Based Mobility), де хостом вважається MMP.

На початку міжсистемного VHO проводиться взаємна авторизація системи обміну повідомленнями між MMP і вузлом ANDSF. абонентський пристрій MMP, після отримання інформації від ANDSF через S14 і S2c, автоматично або напівавтомат (за участю користувача) ініціює міжсистемний VHO в цільову мережу LTE. При підключенні до мережі LTE / EPC проводиться необхідна авторизація абонентського пристрою MMP в цільовій мережі 3GPP LTE. Далі розробляється детальна реалізація узагальненої моделі аналізу гетерогенної когнітивної мережі при міжсистемних VHO для отримання інформації про доступні мережах для міжсистемного VHO, яка у вигляді графічної схеми обміну сигнальними повідомленнями представлена на рисунку 2.3.

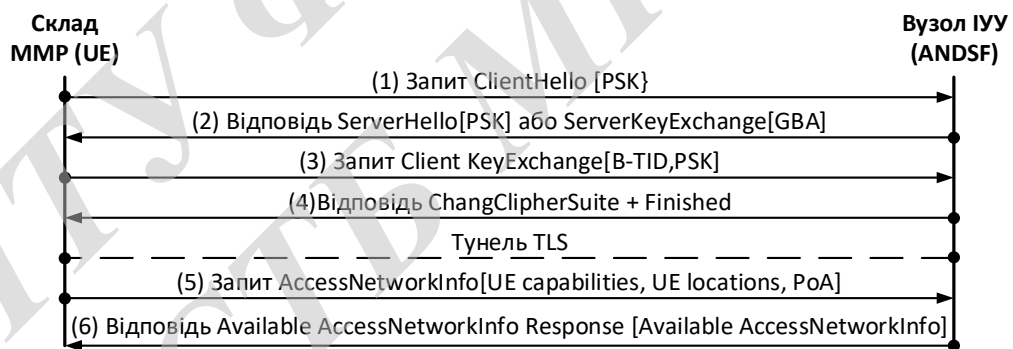


Рисунок 2.3 - Обмін сигнальними повідомленнями при взаємодії MMP з єдиним джерелом даних про рейтинг цільових мереж

Повідомлення (1) у вигляді запиту ClientHello від абонентського пристрою MMP передається в сторону вузла ІУУ з функцією ANDSF с допомогою сервісу PT-GET через поточну мережу доступу WLAN по протоколу IP. Повідомлення в якості атрибута включає шифронабори (cipher suite) в режимі з попередніми розподілом ключів PSK (Pre-Shared Key) і являє собою запит аутентифікації послідовності обміну інформацією про ключах

між MMP і ANDSF. Це перший запит аутентифікації, призначений для взаємної аутентифікації користувача пристрою і вузла ANDSF при з'єднанні призначеного для користувача пристрої через незахищену мережу з ІУУ [26, 27]. Включення в запит шіфронабора з PSK вказує ANDSF на підтримку тунелювання для забезпечення безпеки транспортного рівня TLS (Transport Layer Security). Можливі й інші засоби підтримки аутентифікації, які змінюють кількість переданих повідомлень, але не впливають на цілісність і несуперечливість розглянутої реалізації узагальненої моделі обміну сигнальними повідомленнями при міжсистемних VHO.

Відповідь або відповідь було надіслане (2) ServerHello message передається в сторону MMP за допомогою сервісу PT-SET в разі, коли функція сервера мережевого додатки NAF (Network Application Server) для забезпечення інформаційної безпеки на стороні вузла ANDSF здатна встановити TLS тунель на основі одного з шіфронаборів з PSK, який був переданий у повідомленні (1) або передається список з позначенням допустимих режимів GBA за допомогою повідомлення ServerKeyExchange. Запит (3) Client KeyExchange передається від MMP за допомогою сервісу PTSET для інформування ANDSF про обраний метод завантаження даних додатків с допомогою ідентифікатора завантаження транзакцій B-TID (Bootstrapping Transaction Identifier) з урахуванням перевірки автентичності PSK на підставі специфікацій 3GPP. Тут же, в разі необхідності, може передаватися повідомлення про зміну шіфронабора.

Відповідь вузла (4) ChangeCipherSuite (і наступне безпосередньо за ним повідомлення Finished, яке розглядається як частина повідомлення 4) передається від ANDSF за допомогою сервісу PT-SET для завершення передачі відкритих ключів і ідентифікаторів методів безпечної передачі даних між вузлом-сервером ANDSF і вузлом-клієнтом MMP.

Далі за допомогою обраного і узгодженого шіфронабора Cipher Suite між MMP і вузлом ANDSF встановлюється тунель для забезпечення безпечного TLS-з'єднання. Тунель розглядається як рівноправне симетричне відношення і з урахуванням результатів глави 2 може розглядатися як віртуальний канал управління.

За TLS-тунелю MMP передає запит AccessNetworkInfo Request (5) в сторону вузла ANDSF за допомогою сервісу PT-GET про доступні мережах доступу (Access Networks) для VHO. Запит містить:

- дані про технічні можливості MMP / UE (User Equipment Capabilities), де UE
- позначення пристрою MMP в термінах 3GPP;
- дані про місцезнаходження MMP у вигляді координат UE Locations;
- дані про ідентифікатор точки доступу PoA (Point of Access) WLAN.

Існує технічна можливість, у відповідність з якою вузол ANDSF може самостійно визначати місцезнаходження MMP, але в даному випадку ця можливість не розглядається.

У відповідь повідомлення (6) Access Network Info Response з інформацією про доступних мережах, передається за допомогою сервісу PT-SET, включає список доступних мереж, інформацію про прилеглих мережах з доступними технологіями радіодоступу (Available Access Network Info) і ідентифікатор доступного вузла ePDG.

З урахуванням використання архітектури GBA, вузол ИУУ з функцією ANDSF може дистанційно встановлювати / реконфігурирует настройки MMP, що дозволяють працювати в цільових мережах. В результаті абонентський пристрій MMP зможе використовувати правила підтримки межсистемной мобільності і мати необхідну технічну інформацію для підключення до мережі 3GPP LTE / EPC.

Таким чином, пристрій MMP з безпечного з'єднання за допомогою взаємної аутентифікації і технології тунелювання отримує від єдиного інформаційно-керуючого вузла з функцією ANDSF необхідну інформацію для прийняття рішення про вибір цільової мережі для перемикавання (Переходу) MMP з високошвидкісної бездротової мережі WLAN в широкопasmову мережу рухомого радіозв'язку 4G.

2.2 Модель для аналізу отримання абонентським пристроєм інформації про доступність когнітивних мереж

Реалізація узагальненої моделі з урахуванням межсистемного VHO при переході MMP в бездротову когнітивну мережу доступу буде проводитися з використанням єдиного джерела інформації про рейтинг цільових мереж.

Когнітивна технологія описується з урахуванням положень міжнародного стандарту когнітивного радіо IEEE 802.22, де для прийому-передачі інформації використовуються «білі плями» РЧС на рівні місцевої та регіональної (Внутрислонової) ТВ-мережі.

У стандарті IEEE 802.22 для позначення абонентського пристрою використовується поняття «абонентського пристрою в приміщенні клієнта», CPE (Customer Premises Equipment). У розробляється реалізації узагальненої моделі ці пристрої функціонально розглядаються як рівнозначні, позначаються як MMP (CPE) і конструктивно виконуються у вигляді стаціонарного або (пере) носиться абонентське пристрої мережі IEEE 802.22.

Згідно зі схемою когнітивної мережі IEEE 802.22, MMP (CPE) підключається до базової станції БС (Base Station, BS) доступу с використанням інформації ІУУ з функцією менеджера РЧС (Spectrum Manager) в частині ТВ-діапазону.

Інформація менеджера РЧС періодично оновлюється в результаті вимірів доступності спектра, в тому числі за допомогою даних MMP (CPE). іншою важливою функцією менеджера РЧС IEEE 802.22 є встановлення граничного значення EIRP для запобігання ненавмисних перешкод для первинних (Ліцензійних) користувачів РЧС. В рамках даної реалізації узагальненої моделі, пристрій MMP (CPE) розглядається як SDR, реалізує функції прийому-передачі для мережі 3GPP LTE і мережі IEEE 802.22 з допомогою програмного управління і реконфігурації модуля прийому-передачі.

У мережі IEEE 802.22 для вихідного і вхідного потоку трафіку далі розглядається нормальний режим, при якому БС широкомовно розсилає дані в суперкадрі з заголовком управління SCH (Superframe Control Header), який доступний для прийому MMP (CPE) за допомогою пасивного прослуховування радіоефіру. Базова станція IEEE 802.22 також виконує функції шлюзу в мережу PDN з функцією IP-маршрутизатора, затримки якого враховуються в затримках БС IEEE 802.22. Нехай до початку межсистемного VHO MMP підтримує фізичне з'єднання і IP-сеанс зв'язку через базову станцію 3GPP LTE eNodeB. Для отримання IP адреси в цільовій мережі IEEE 802.22 використовується сервер DHCP, сервер для підтримки протоколу простий передачі файлів TFTP (Trivial File Transfer Protocol) [264], сервер часу мережі (Time Server). З урахуванням збіги функціонального призначення, менеджер РЧС IEEE 802.22 і ANDSF в рамках деталізації загальної моделі процесу доступу до ресурсів гетерогенних когнітивних мереж розглядаються як єдина функціональна сутність ІУУ, що позначається як «менеджер РЧС / ANDSF» (Spectrum Manager / ANDSF), відповідно розширюючи раніше зазначену функціональність ІУУ з функцією ANDSF.

Нехай абонентський пристрій MMP (CPE) працює в поточній мережі мобільного радіодоступу 3GPP 3GPP LTE і підтримує IP-сесію в мережі PDN з використанням GTP тунелю між вузлами S-GW і P-GW. У довільний момент часу обслуговування MMP (CPE) в мережі 3GPP LTE стає недоцільним або неможливим, наприклад, при виході із зони дії мережі 3GPP LTE або в зв'язку з погіршенням якості обслуговування. Цей випадок характерний для приміських або сільських районів, що характеризуються низькою щільністю населення або для зон невпевненого прийому сигналу eNodeB 3GPP LTE. Тоді надання користувачеві MMP (CPE) бездротового широкопasmового доступу до необхідного QoS зі створенням нового сеансу зв'язку, можливо з використанням когнітивних технологій в мережі IEEE 802.22 WRAN, як це показано на рисунку 2.6.

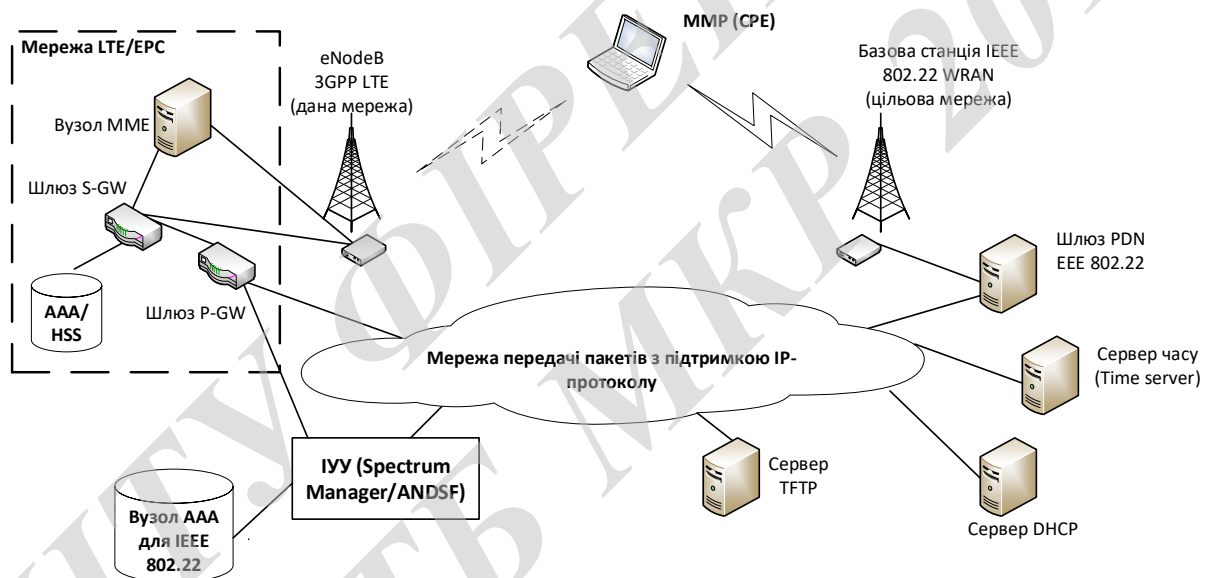


Рисунок 2.6 - Схема взаємодії MMP з мережею 3GPP LTE і когнітивної мережею IEEE 802.22 при міжсистемних VHO

Для організації сеансу зв'язку в когнітивній мережі необхідно виявити поточні мережі IEEE 802.22 WRAN в місці знаходження MMP (CPE) і далі здійснити повторну аутентифікацію в цільовій мережі, оскільки авторизація і аутентифікація для підтримки сеансу зв'язку в поточній широкопasmового мережі 3GPP LTE в повному обсязі збігається з аутентифікацією мережі IEEE 802.22. Наприклад, для роботи в мережі IEEE 802.22 не потрібно ідентифікація по IMSI і індикація хендовера.

Як і в підрозділі 2.1, для переходу в цільову мережу пристрій користувача MMP (CPE) звертається із запитом до ИУУ с функцією ANDSF / Spectrum Manager, де ім'я вузла вважається загальнодоступним. Відповідь (response) сервера на запит включає список мереж і їх мережевих ідентифікаторів, в тому числі мереж стандарту IEEE 802.22.

Модель обміну сигнальними повідомленнями для аналізу даної фази (етапи) межсистемного VHO представлена на рисунку 2.7 і в цілому збігається з моделлю для виявлення мережі 3GPP LTE. Пристрій MMP (CPE) може самостійно виявляти базову станцію стандарту IEEE 802.22 за допомогою функції сканування РЧС в частині виявлення частоти несучої і прийому ширококомовних повідомлень стільникової трансляції IEEE 802.22.

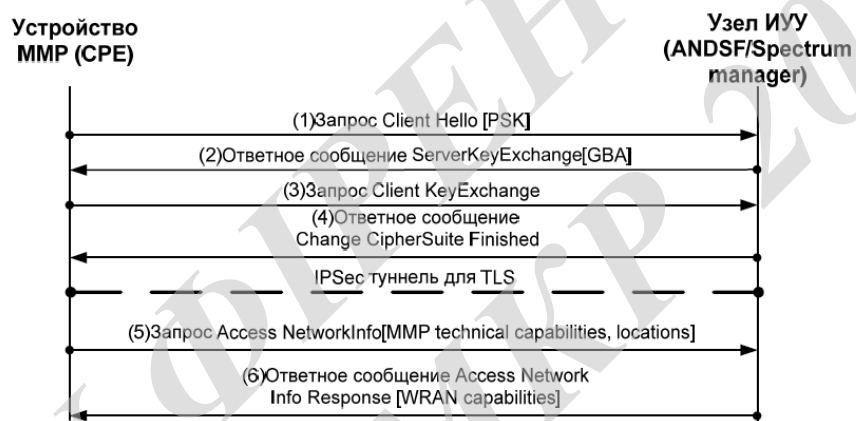


Рисунок 2.7 - Обмін сигнальними повідомленнями при авторизації пристрою MMP при міжсистемних VHO LTE-WLAN IEEE 802.22

Запит (1) ClientHello формується за допомогою сервісу PT-GET від абонентського пристрою MMP в сторону вузла Spectrum Manager / ANDSF через поточну мережу 3GPP LTE по протоколу IP. Повідомлення включає шіфронабори з PSK. Запит потрібно для аутентифікації обміну інформацією про ключах для взаємної аутентифікації MMP і Spectrum Manager / ANDSF з підтримкою TLS тунелю.

У відповідь повідомлення (2) формується за допомогою сервісу PT-SET, і в даному випадку передбачає передачу тільки списку з позначенням режимів GBA як параметр повідомлення ServerKeyExchange. Запит (3) у вигляді ClientKeyExchange передається від MMP (CPE) за допомогою сервісу PT-SET для вказівки обраного методу завантаження с допомогою V-TID з

урахуванням перевірки справжності PSK на підставі специфікацій 3GPP, розглянутих в підрозділі 3.1.

У відповідь повідомлення (4) ChangeCipherSuite формується за допомогою сервісу PT-SET і являє собою завершальне повідомлення для передачі відкритих ключів і ідентифікатора методу завантаження інформації між ІУУ з функцією ANDSF / Spectrum Manager і MMP (CPE). Далі за допомогою обраного і узгодженого шіфронабора Cipher Suite між MMP (CPE) і вузлом ANDSF / Spectrum Manager встановлюється безпечне TLS-з'єднання, де відношення між вузлом MMP (CPE) і ІУУ з функцією ANDSF / Spectrum рівноправне і симетричне, а тунель можна розглядати як віртуальний канал управління.

Вузол MMP (CPE) надсилає запит AccessNetworkInfo Request (5) про цільових мережах для межсистемного VHO, який формується за допомогою сервісу PTGET, і направляється в сторону ІУУ (ANDSF / Spectrum Manager). Запит містить дані про технічні можливості MMP (CPE), місцезнаходження MMP (CPE). У відповідь повідомлення (6) Access Network Info Response формується з допомогою сервісу PT-SET з інформацією про доступні мережах із зазначенням технічних можливостей бездротової мережі доступу (WRAN capabilities). З урахуванням використання архітектури GBA, ІУУ з функцією ANDSF / Spectrum Manager може проводити оновлення або завантаження програмного забезпечення на MMP (CPE) для установки налаштувань, що дозволяють працювати в цільовій мережі.

Після отримання та обробки сигнального повідомлення (6), абонентське пристрій MMP в рамках даної реалізації узагальненої моделі активує або реконфігурується радіомодуль для підтримки RAT IEEE 802.22 з метою проведення сканування доступності телеканалів у ТВ-діапазоні, щоб підтвердити, чи дійсно канал (и), зазначені ІУУ з функцією ANDSF / Spectrum Manager в даний момент часу є тимчасово вільними.

У разі, якщо серед зазначених каналів немає вільних, пристрій MMP (CPE) може повторно провести сканування доступного діапазону ТВ-частот, після чого повідомити дані про виявлені вільних каналах ІУУ з функцією ANDSF / Spectrum Manager за допомогою розглянутого вище запиту AccessNetworkInfo Request, в якому вказати параметри і ідентифікатори виявлених тимчасово вільних ТВ-каналів. Ця інформація оновлює базу даних використання радіочастотного спектру, підтримувану ІУУ з функцією ANDSF / Spectrum Manager.

У відповідь на (5) ІУУ з функцією ANDSF / Spectrum Manager за допомогою повідомлення (6) Access Network Info Response підтверджує отриману інформацію, обробляє її і передає оновлений список знову виявлених каналів для використання абонентських пристрій MMP (CPE).

На час до отримання поновлення абонентської пристрій MMP (CPE) починає процедуру ініціалізації з використанням отриманої при скануванні інформації. У разі, якщо інформація, отримана при скануванні, що не збігається з отриманою від ІУУ з функцією ANDSF / Spectrum Manager, процедура ініціалізації призупиняється і сканування повторюється.

Кількість і тривалість зазначених повторів є предметом окремого дослідження і остаточно визначається при формуванні технічних специфікацій ІУУ з функцією ANDSF / Spectrum Manager і далі детально не розглядається. В рамках запропонованого методу для визначення величини затримки часу пропонується використовувати значення показника таймера T46 в стандарті IEEE 802.22.

Після обробки MMP (CPE) відповідного повідомлення (6), цільова мережу IEEE 802.22 для VHO вважається виявленою, обраної та починається аутентифікація MMP в обраної цільової мережі. Для цього в розроблюваної моделі використовується протокол PMIPv6. Мережа IEEE 802.22 розглядається як недовірих (non-trusted) і яка не відповідає стандарту 3GPP.

2.3 Висновки до розділу 2

1. Для аналізу гетерогенної когнітивної мережі з міжсистемних вертикальним хендовера розроблені реалізації узагальненої моделі обміну сигнальними повідомленнями для опису взаємодії абонентських пристроїв з цими мережами доступу. Розроблені реалізації узагальненої моделі дозволяють оцінити кількість сигнальних повідомлень і мережевих вузлів з урахуванням отримання MMP інформації про доступні цільових мережах з єдиного джерела і з автономним вибором MMP цільової мережі для переходу. після автономного вибору цільової мережі для переходу, управління послідовністю обміну сигнальними повідомленнями здійснюється з боку мережевих вузлів поточної і цільової мережі.

2. В рамках реалізації межсистемного VHO з високошвидкісної бездротової локальної мережі в широкосмуговий стільникову мережу 4-го

покоління виділено кілька послідовних етапів обміну сигнальними повідомленнями. На основі діючих стандартів протоколів мереж доступу і протоколів забезпечення інформаційної безпеки, послідовність обміну сигнальними повідомленнями сформована як функціонально повна і детермінована, вказані запити, відповіді (відповідні повідомлення), повідомлення-індикація і їх параметри з урахуванням відносин між мережевими вузлами на основі узагальненої загальної моделі обміну сигнальними повідомленнями.

3. В рамках реалізації узагальненої моделі аналізу гетерогенної когнітивної мережі створена модель межсистемного VHO з широкосмугового мережі 4-го покоління в когнітивну мережу доступу, яка використовує «білі плями» ТВ-спектра, стандартизовану в рамках рекомендації IEEE 802.22.

Інформація про рейтинг доступних мереж і наявності «білої плями» надходить в абонентський пристрій з єдиного джерела інформації, який моделюється інформаційно-керуючим вузлом, який виконує як функції ANDSF, так і функції менеджера радіочастотного спектру в рамках IEEE 802.22.

4. Вперше детально розглядаються етапи аутентифікації, ідентифікації в цільовій когнітивній мережі IEEE 802.22. розглянутий варіант з отриманням нового мережевого ідентифікатора в цільовій мережі забезпечує розширені можливості при створенні нового сеансу зв'язку. Для цього виробляється функціонально-обумовлена деталізація узагальненої моделі обміну сигнальними повідомленнями, що передаються між мережевими вузлами.

5. Отримані реалізації узагальненої моделі обміну сигнальними повідомленнями при міжсистемному вертикальному хендвері показують її спроможність для опису обміну сигнальними повідомленнями незалежно від особливостей протоколів мереж доступу.

3 РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕТЕРОГЕННИХ КОГНІТИВНИХ МЕРЕЖ ДОСТУПУ

3.1 Метод оцінки часу межсистемного вертикального хендвера абонентського пристрою в когнітивну мережу доступу

Для оцінки часу межсистемного VHO в цільову когнітивну мережу доступу використовується реалізація узагальненої моделі аналізу гетерогенної когнітивної мережі в розділах 3.4-3.6 з використанням когнітивної технології відповідно до стандарту IEEE 802.22-2011 [26]. В цей момент аналітичної моделі для оцінки часу переходу абонентського пристрою MMR з 3GPP LTE в мережу IEEE 802.22 не розроблено [23, 25, 34, 44]. Крім того, в наведених дослідженнях не враховується час, необхідний на обробку даних в процесі аутентифікації при доступі до IEEE 802.22, хоча ізольовано зазначена процедура була розглянута в [42].

Розробляється аналітична модель включає оцінку часу очікування і часу обслуговування заявок на міжсистемний VHO. З урахуванням [260; 261] максимальну кількість користувачів в зоні обслуговування однієї БС стандарту IEEE 802.22 становить 512 пристроїв CPE. В рамках розроблюваної моделі і методу передбачається, що 10% від кількості цих користувачів надійшли на обслуговування в результаті межсистемного VHO з мережі 3GPP LTE в мережу IEEE 802.22. Процедура обслуговування заявки передбачає обмін по

На кожному обслуговуючому вузлі вхідний трафік розділяється на основний і фоновий трафік. Трафік межсистемного VHO, який формується сигнальними повідомленнями (1) - (39) вважається основним, до фонового трафіку відносяться сигнальні повідомлення горизонтального хендвера, повідомлення зовнішніх систем управління та інших сигнальних повідомлень. За допомогою послідовно переданих сигнальних повідомлень утворюється маршрутна ланцюг, що складається з $K = 39$ станів. Ці стани можна вважати мікростанів в рамках всієї системи зв'язку, зміною яких призводить до зміни конфігурації мережі, яка обслуговує абонентський пристрій MMR.

Першим повідомленням вважається повідомлення (1) ClientHelloMessage на вузлі (I), який в термінах IEEE 802.22 також позначається як CPE. Завершується обслуговування заявки обробкою останнього повідомлення

DSA-ACK на BC IEEE 802.22, після чого в мережі IEEE 802.22 починається обслуговування трафіку користувача.

Як значення часу обслуговування сигнальних повідомлень на вузлах мережі IEEE 802.22 використовуються значення таймерів для обробки сигнальних повідомлень, отримані зі стандарту [26]. Указанні значення можуть бути змінені шляхом проведення статистичних спостережень на базових станціях мережі IEEE 802.22 і програмних налаштувань таймерів; зміна зазначених значень не впливає на цілісність і несуперечливість використовуваного методу.

Аналіз часу VHO для розглянутого процесу доступу передбачає успішне обслуговування кожного сигнального повідомлення, час обслуговування заявки розподілено експоненціально. Крім того, тимчасові інтервали обслуговування заявок на вузлах мережі IEEE 802.22, особливо для менеджера РЧС і ANDSF, які можна розглядати як об'єднаний вузол, істотно більше часу обслуговування ніж на інших вузлах.

У цих умовах очевидним є припущення про істотне зниженні оцінки інтенсивності надходження заявок на перехід з мережі широкосмугового доступу в когнітивну мережу зв'язку, що знайшло відображення в пропонованій моделі. З огляду на, що в цілому технології когнітивних мереж знаходяться в початковій стадії розвитку, низька інтенсивність запитів на VHO 3GPP LTE - WLAN IEEE 802.22 обґрунтована.

Використовуючи для розрахунку вихідні дані і застосовуючи для аналітичного розрахунку, отримані дані, зазначені в вигляді графіка на рисунку 3.1.

Результати чисельного аналізу наведені на рисунку 4.8. ці результати слід розглядати як верхню граничну оцінку, оскільки з точки зору етапів межсистемного VHO тут найбільш повна процедура з максимальним кількістю сигнальних повідомлень.

Мінімальний час для переходу абонентського пристрою MMR з мережі 3GPP LTE в мережу WRAN IEEE 802.22 становить 100 сек. При цьому, якщо інтенсивність запитів на VHO дорівнює нулю, то це означає, що в системі залишаються тільки пристрої, ініційовані користувачем в мережі IEEE 802.22, як це показано далі на рисунку 3.2.

Слід зазначити, що порівняно низька інтенсивність запитів відповідає аналогічним дослідженням, наприклад в [13], де $\lambda_0 \approx 0,028$ з'єднань в секунду для вторинного користувача РЧС.

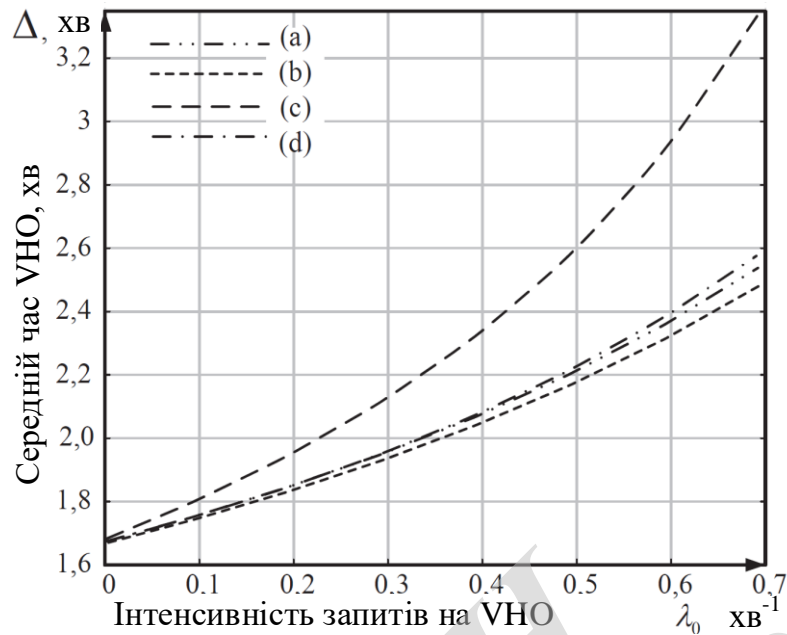


Рисунок 3.1 - Середній час VHO в когнітивну мережу зв'язку IEEE 802.22

За відсутності застосування вузла ANDSF цей час можна розглядати як проміжок часу ініціалізації пристрою в когнітивній мережі IEEE 802.22, то є реалізацію тільки кроків (7) - (18) і (26) - (39) на рисунках 3.8 і 3.9 відповідно. Збільшення інтенсивності VHO впливає на збільшення середнього часу міжсистемного VHO, як це видно на рисунку 3.1.

Істотне збільшення часу міжсистемного VHO обумовлено значним часом формування списку доступних каналів. Це час включає як час власне виявлення вільного каналу, так і час підтвердження, рівного як мінімум 30 з, того, що ТБ-канал вільний; максимальне значення часу підтвердження за таймером T28 становить 60 с.

Час пошуку вільного каналу може бути скорочено шляхом використання методів інтелектуального менеджменту, що дозволяє вибирати канали, ймовірність незайнятості яких в короткостроковій перспективі мінімальна з урахуванням досвіду їх минулого використання. Цей метод прийняття рішення може застосовуватися без зміни пропонованої моделі за рахунок зменшення часу обслуговування заявки вузлом (II) SM / ANDSF.

Аналіз когнітивної мережі на різних фазах і станах MMP при міжсистемних хендвера можна провести за допомогою узагальненої SDL діаграми. Оцінка часу переходу MMP зі стану S01 в стан S02, і далі в стан S03 представлена на рисунку 3.1.

Проте, можна рекомендувати використання межсистемного VHO в мережу IEEE 802.22 маючи на увазі, що до початку передачі потоку трафіку в цільовій мережі зберігається сеанс зв'язку в поточній мережі 3GPP LTE.

Дослідження переходу з стан S01 в стан S04 вважається недовірених і що не відповідає специфікації 3GPP.

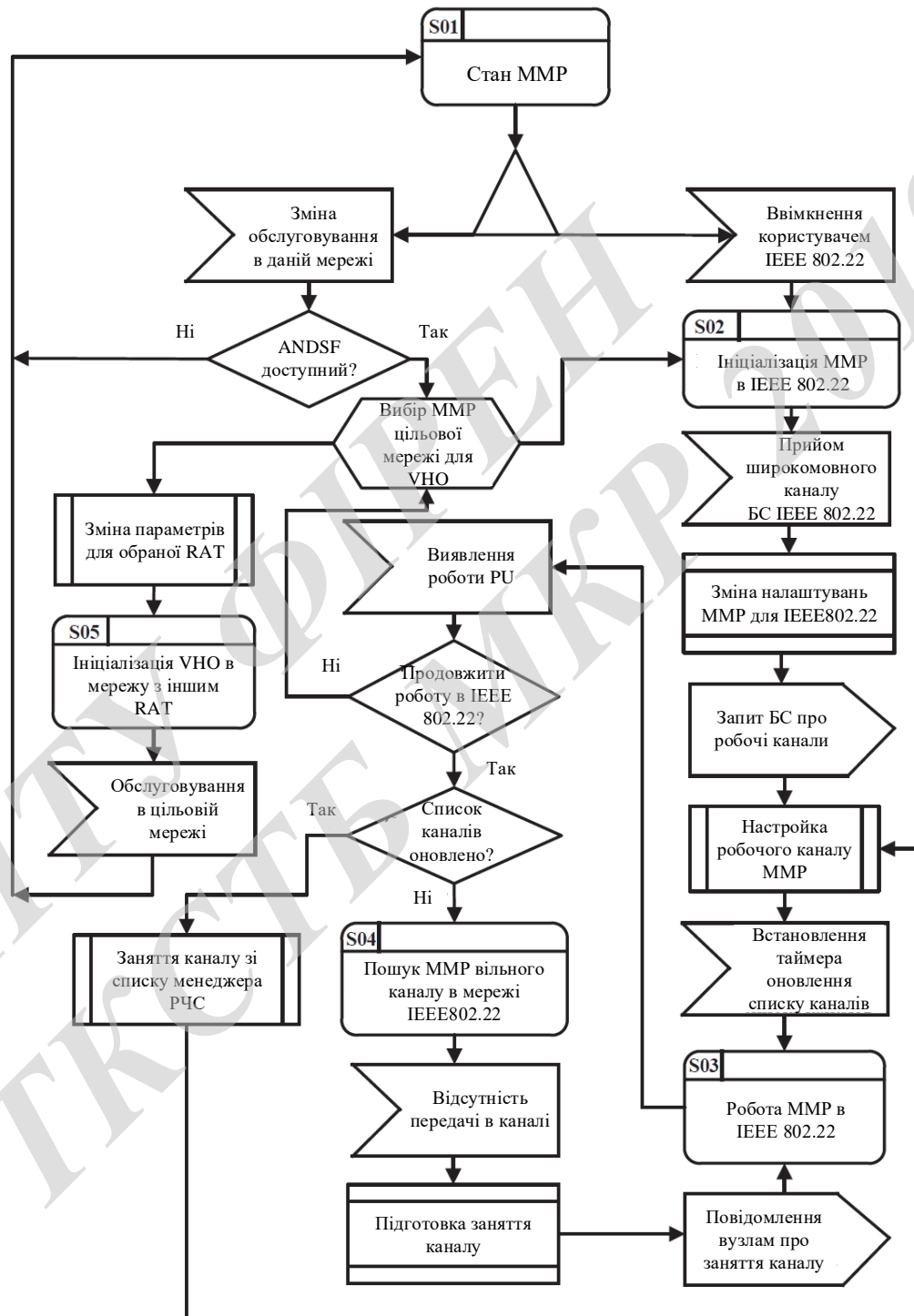


Рисунок 3.2 - Узагальнена SDL діаграма доступу MMP до ресурсів когнітивної мережі зв'язку IEEE 802.22

Далі проводиться аналіз і оцінка часових параметрів доступу до ресурсів когнітивної мережі зв'язку після виявлення роботи первинного (ліцензійного) користувача PU РЧС тобто з настання стану S04 і до моменту повернення до стану S03. Це необхідно, оскільки в когнітивної мережі вторинний користувач використовує канал зв'язку, тимчасово вільний від роботи ММР первинного користувача. Аналіз таким чином полягає в оцінці часу затримки доступу до вільного каналу для прийому-передачі інформації. З урахуванням в цілому експериментального характеру застосування на ЕСЕ РФ технології IEEE 802.22, дослідження проводиться методами імітаційно-статистичного моделювання.

Час доступу до ресурсів когнітивної мережі зв'язку еквівалентно затримці доступу (access delay), яка розглядається як час очікування вторинним користувачем РЧС доступу до зайнятих PU РЧС каналах мережі зв'язку. на мережах доступу, як правило, нормується максимально допустима затримка доступу (Maximum acceptable access delay) [36].

Оцінка затримки доступу до каналів когнітивної мережі актуальна для визначення загальної затримки передачі трафіку користувача в мережі, а також може використовуватися для оцінки безперервності забезпечення сеансу зв'язку з урахуванням різного характеру додатків користувача, перш за все додатків реального часу і програм, які потребують масштабі, близькому до реального часу.

Нехай досліджувані ММР з функціями SDR статично розташовуються в випадковому порядку на поверхні з площею 100 на 100 м. Передбачається, що розглядаються пристрої в випадкові моменти часу здійснюють спробу доступу до вільного каналу з урахуванням впливу первинних користувачів РЧС.

Вплив первинних користувачів РЧС оцінюється як доступність каналу для вторинного користувача РЧС технології, тобто як ймовірність заняття користувачем вторинним користувачем каналу, ліцензованого для первинного користувача, що визначається ймовірністю доступності каналу (Probability of Channel Availability) [170; 284]. Імовірнісний підхід дозволяє розглянути ситуацію, коли доступність каналів обмежена для використання вторинними користувачами РЧС.

Кожен пристрій ММР розглядається як ведучий пристрій (Master Device) і тому регулярно отримує через БС IEEE 802.22 оновлюваний ІУУ (Менеджером РПС) список доступних каналів для підключення. Нехай

пристрій MMR авторизовано для роботи в мережі WRAN IEEE 802.22, а виявлення роботи первинного користувача в займаному каналі сталося у момент між двома оновленнями списку доступних каналів. Пристрій MMR, в разі виявлення роботи первинного користувача РЧС, припиняє випромінювання і переходить до самостійного пошуку і заняття будь-якого іншого доступного каналу зі списку, який може розглядатися як резервний канал. Резервний канал може бути використаний для прийому-передачі інформації між MMR всередині осередку IEEE 802.22, поки менеджера РЧС, який виступає в якості єдиного джерела інформації про стан каналів мережі, що не оновити список доступних каналів.

Таким чином, далі розглядається в цілому децентралізована процедура доступу до каналів, ліцензованим для первинного користувача РЧС. Раніше в цій роботі децентралізований доступ до ресурсів когнітивної мережі не розглядався. Передача інформації з фізичного каналу відбувається без перешкод. У цих умовах на процес доступу до каналу для обміну даними впливає рівень управління доступом до каналу передачі MAC [20, 21, 38]. На MAC-рівні визначається, який саме з тимчасово вільних каналів буде використаний [15, 17]. У той же час з допомогою протоколу маршрутизації визначається, через які проміжні вузли (або без таких) буде здійснюватися передача між вузлом-джерелом і вузлом-одержувачем інформації.

Потік повідомлень, що надходять від вузлів, описується за допомогою розподілу Пуассона, час обслуговування кожної заявки на MMR розподілено експоненціально. Під час імітаційного моделювання було реалізовано два статистичних експерименту із зазначеними даними. Сценарію з числом 1,3,5 каналів з кількістю вузлів 5, 10 і 20, результати моделювання представлені в роботах автора [56; 58] Час симуляції було вибрано в 60 з, як час, після закінчення якого оновлюється список каналів. Довжина пакета даних вказана в 512 байт, швидкість передачі джерела інформації 0,5 Кбіт / с.

Для моделювання використовується симулятор ns2 з модулем для дослідження когнітивної мережі CRCN (cognitive radio cognitive network), з підтримкою багатоканальної структури мережі [30]. використовується протокол маршрутизації AODV [11].

Результати моделювання представлені на рисунках 3.10 - 3.12. на графіках рисунка 3.2 видно, що при значенні доступності від 0,1 до 0,3 в досліджуваній системі спостерігаються досить великі затримки доступу до

каналу. Цей результат аналогічний порівняно високим затримкам, показаним на рисунку 3.3.

У той же час в діапазоні доступності від 0,3 до 0,6 спостерігається найбільш істотне зниження затримки доступу ММР до каналу, наприклад, для 20 ММР для одноканальної схеми таке зниження склало від 23 мс до 12 мс, а для трехканальної схеми - від 20 мс до 10 мс.

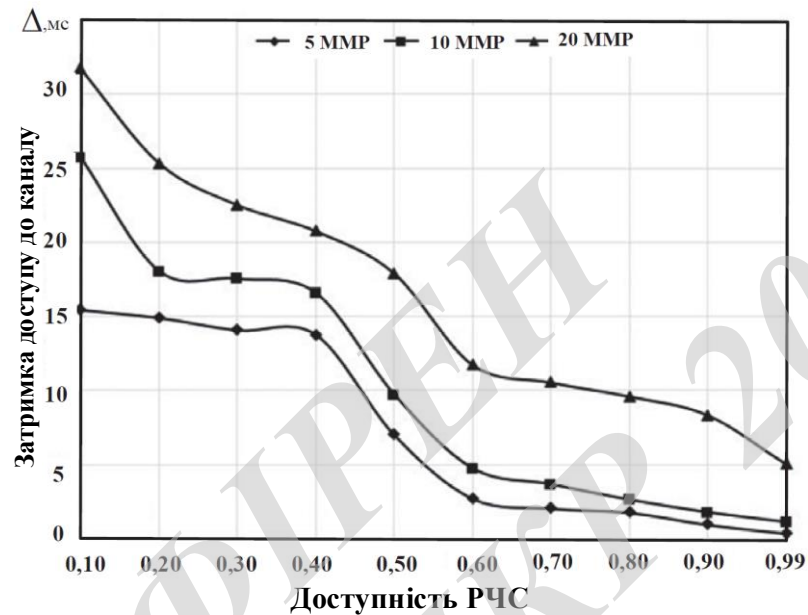


Рисунок 3.2 - Затримка доступу ММР до каналу в когнітивній мережі зв'язку для схеми з 1 каналом

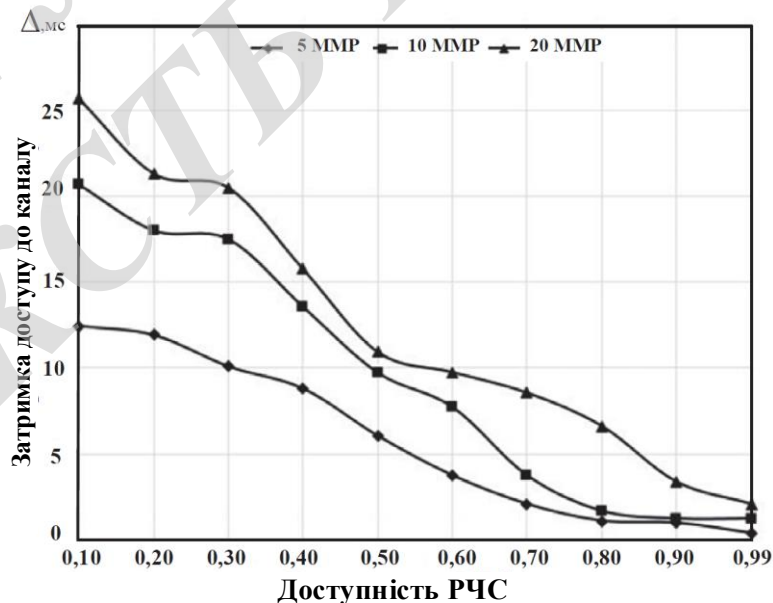


Рисунок 3.3 - Затримка доступу ММР до каналу в когнітивній мережі зв'язку для схеми з 3 каналами

На схемі на рисунку 3.4 для п'ятиканальної схеми зниження затримки доступу відбувається більш плавно, різкого градієнта на схемі не спостерігається.

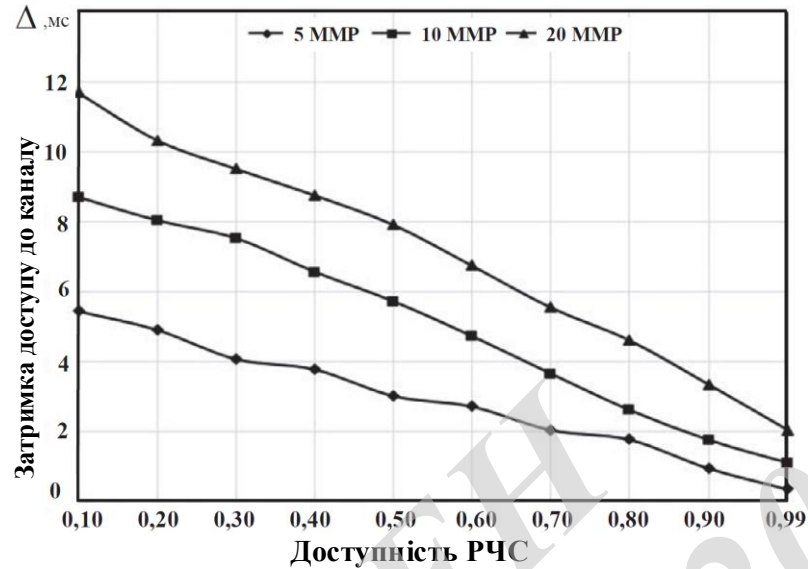


Рисунок 3.4 - Затримка доступу ММР до каналу в когнітивній мережі зв'язку для схеми з 5 каналами

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновок про те, що для джерел даних з низькою інтенсивністю в діапазоні доступності від 0,3 до 0,6 спостерігається найбільш яскраво виражене зниження затримки доступу. Крім того, можна відзначити, що в розглянутому діапазоні, наприклад для значення 0,5, для 20 ММР в 3-х канальній схемою затримка доступу становить 11 мс, а для 20 ММР в п'ятиканальній схемою з тією ж кількістю вузлів зазначена затримка доступу становить 8 мс; розглядається відмінність, якщо немає спеціальних вимог, можна оцінювати як несуттєве. Це дозволяє зменшувати кількість каналів в когнітивній системі без істотного зниження затримки доступу до каналу і управляти кількістю каналів в когнітивній мережі зв'язку.

Отримані результати в цілому не суперечать незалежно проведеним дослідженням в [16], де в аналітичній моделі для когнітивних мереж значення доступності РЧС становили від 0,3 до 0,6. Інший підхід для оцінки доступності каналу запропонований [26], де кількість когнітивних РЕМ SU одно 15, кількість РУ змінюється від 0 до 50, швидкість передачі каналу становить 2 Мбіт / с, час передачі даних вторинним користувачем 80 мс при інтенсивності трафіку 100 пакетів / с. Для розглянутих умов час затримки

доступу до каналу склало для 10 PU величину 50 мс, а для 5 PU при 20 SU час доступу склала 40 мс, що близько до результатів моделювання в дисертаційній роботі для 1 каналу, а відмінності пояснюються різними способами моделювання активності PU.

3.2 Модель для аналізу станів гетерогенної когнітивної мережі

Наявність гетерогенних когнітивних мереж створює технічну змогу збереження безперервності сеансу зв'язку з використанням міжсистемного VHO. При цьому абонентський пристрій MMR може використовувати когнітивні технології доступу до РЧС з урахуванням наявності двох або більше приймально-передавальних радіомодулів, наприклад, в розглянутому в розділі 2 режимі multi-mode, за допомогою якого організовує сеанси зв'язку в доступних мережах. Тому актуальною є задача дослідження станів використовуваних MMR осередків (стільників) мереж з частково перекриваючими один одного зонами обслуговування, де в одній мережі використовується когнітивна радіотехнологія, а іншій мережі когнітивна технологія не використовується. Як параметр станів розглядається кількість сеансів зв'язку в мережі.

Нехай є дві перекриваючі один одного мережі, які умовно позначаються як С і L. Особливістю мережі С є використання когнітивної технології, наприклад, IEEE 802.22. Особливістю мережі L є використання стандартної радіотехнології 3GPP LTE. Нехай є два варіанти абонентських пристроїв. У першому варіанті пристрій MMR може бути підключено і підтримувати сеанс зв'язку в обох мережах С і L. У другому варіанті пристрій MMR може використовувати тільки технологію когнітивного радіо CR в мережі С.

Нехай обидві мережі мають обмежену кількість мережевих ресурсів, під яким мається на увазі кількість частотних каналів, кодових послідовностей або число передавальних одиниць [16-19], які далі сукупно позначаються як каналні одиниці. За аналогією з главою 2, мережу, в якій пристрій MMR обслуговується спочатку, називається поточною мережею, мережа, до якої MMR отримує доступ в результаті міжсистемного VHO називається цільовою мережею. Для CR використовується тільки поточна мережа. Причиною міжсистемного VHO є зміна умов обслуговування в поточній мережі, наприклад, істотне збільшення надходить навантаження,

внаслідок чого збільшується ймовірність втрат, зниження доступної користувачеві пропускну здатності мережі, зниження потужності сигналу базової станції нижче порогового рівня. При цьому після межсистемного VHO для абонентського пристрою (L) MMRi відбувається звільнення ресурсів поточної мережі L і припинення в ній сеансу зв'язку.

Для дослідження імовірнісних характеристик системи зв'язку з запропоновані варіанти обслуговування абонентських пристроїв передбачається, що мережі C і L мають певну кількість одиниць каналних ресурсів, які охоплюють C B і L B відповідно. Для організації сеансу зв'язку абонентського пристрою потрібно принаймні C b одиниць каналного ресурсу мережі C і L b одиниць каналного ресурсу мережі L.

Обслуговування заявки на організацію сеансу зв'язку для пристрою (L) MMRi надається в мережі L, а при неможливості надати обслуговування з необхідним якістю здійснюється міжсистемний VHO в когнітивну мережу C.. Обслуговування заявки на організацію сеансу зв'язку від пристрою (C) CR j надходить тільки в мережу C. Загальна схема розглянутої мережі із зазначенням напрямки межсистемного VHO приведена на рисунку 3.5.

Сукупність сеансів зв'язку, які підтримується в даній схемою з точки зору використання каналного ресурсу, виглядають наступним чином:

$$(v_1, v_2, v_3),$$

де v_1 - кількість сеансів зв'язку, організованих в цільовій мережі C при міжсистемних VHO з поточної мережі L; v_2 - кількість сеансів зв'язку, організованих в поточній (первісній) мережі L; v_3 - кількість сеансів зв'язку, організованих в поточній (первісній) мережі C.

Сеанси зв'язку 2 v і 3 v ініціюються в поточних (первинних) мережах, сесія 1 v організовується в результаті межсистемного VHO з поточної мережі L в цільову мережу C. Інформація про первісну мережі для ініціалізації сеансу зв'язку для (L) і MMR або (C) j CR вважається відомою, число можливих станів приймається кінцевим.

Нехай інтенсивність надходження заявки на організацію сеансу зв'язку від будь-якого пристрою (L) і MMR позначається як $L \lambda$, час обслуговування цієї заявки описується негативним експоненціальним розподілом зі середнім значенням параметра обслуговування $L \mu$. Аналогічно для пристрою (C) j CR

інтенсивність надходження заявок на обслуговування позначається як $C \square$,
інтенсивність обслуговування заявок позначається як $C \square$.

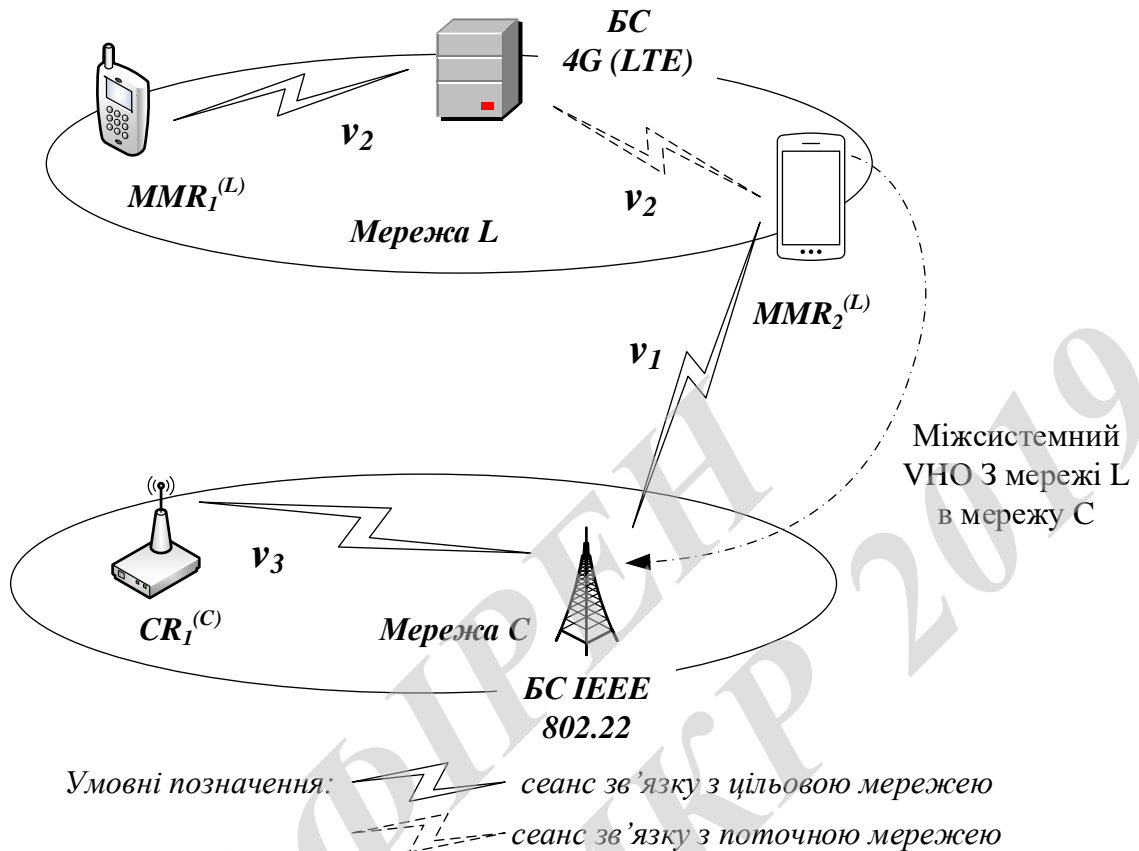


Рисунок 3.5 - Когнітивна мережу зв'язку з міжсистемних VNO з широкосмугового мережі в когнітивну мережу доступу

Нехай в як завгодно малий момент часу для кожного стану переходу приймається або отримує відмову в обслуговуванні тільки одна заявка.

Кількість обслуговуваних заявок збільшується або зменшується в відповідно до різними станами системи після переходів.

Сума ймовірностей всіх станів даної системи визначається згідно з формулою:

$$\sum_{h=0}^{v_1^{\max}} \sum_{k=0}^{v_2^{\max}} \sum_{l=0}^{v_3^{\max}} P(h, k, l) = 1,$$

Схема з основними граничними станами для моделі межсистемного VNO в когнітивну мережу представлена на рисунку 3.6. Розглянемо далі

можливі переходи між станами системи і відповідні їм обмеження для схеми на рисунку 3.6.

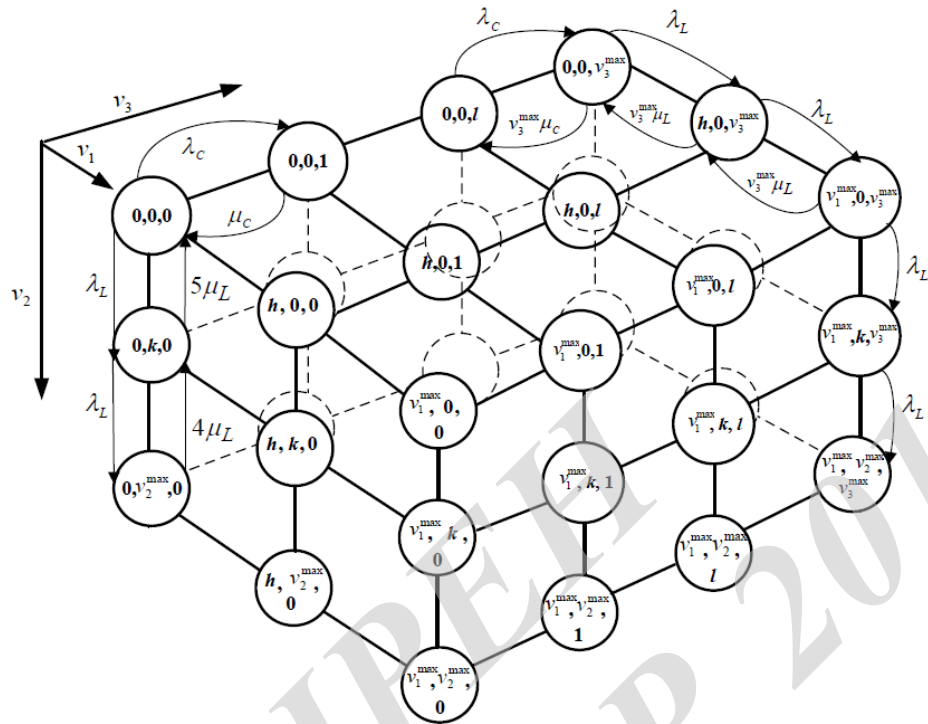


Рисунок 3.6 - Граничні стану на тривимірній ланцюга Маркова для аналізу станів гетерогенної когнітивної мережі з використанням межсистемного VHO

У розглянутій постановці завдання відмову в обслуговуванні заявок на організацію сесії в мережі С і в мережі L одночасно (блокування обслуговування) настає в разі, якщо мережа L або мережу С не мають необхідних мережевих ресурсів для обслуговування заявки. Імовірність відмови обслуговування (L) p^{MMR_i} заявок для пристрою (L) і MMR за умови інтенсивності надходження заявок $L \square$ можна виразити за такою формулою:

$$p^{MMR_i^{(L)}} = P \left[(v_3 b_c + (v_1 + 1) b_L > B_c) \cap (v_1 b_c + (v_2 + 1) b_L > B_L) \right] | \lambda_L,$$

Очевидно, що ця формула визначає ймовірність втрати заявки для системи з явними втратами. Тоді за умови інтенсивності надходження заявок $L \square$, цю ймовірність можна виразити за такою формулою:

$$p^{VHO_{MMR}^{(C)}} = P\left[\left((v_3 b_c + (v_1 + 1)b_L) \leq B_c\right) \cap \left((v_2 + 1)b_L > B_L\right)\right] | \lambda_L,$$

Ймовірність відмови обслуговування (С) MMRj р заявок для пристрою (С) j CR при умови інтенсивності надходження заявок С □ можна виразити за наступною формулою:

$$p^{MMR_j^{(C)}} = P\left[\left(v_1 b_L + (v_3 + 1)b_c > B_c\right)\right] | \lambda_c,$$

Очевидно, що ця формула визначає ймовірність втрати заявки для системи з явними втратами.

3.3 Висновки до розділу 3

1. Ефективність використання абонентського пристрою MMR в гетерогенній когнітивній мережі з використанням межсистемного VHO передбачає збереження безперервності надання послуг зв'язку. Це необхідно, перш за все, для додатків реального часу і мереж з сверхмалими затримками. Тому потрібна розробка методів оцінки затримки перемикання (переходу) MMR в цільову мережу з урахуванням використання когнітивних технологій для доступу до РЧС.

2. Обумовлена перемиканням абонентського пристрою MMR з поточної мережі в цільову мережу сукупне час затримки надання послуг зв'язку користувачеві, оцінюється як сума часів затримок на окремих етапах (Фазах) перемикання MMR з поточної в цільову мережу доступу. Це дозволяє проводити детальний аналіз тривалості окремих етапів доступу до ресурсів гетерогенних когнітивних мереж в рамках сукупної затримки.

3. В якості основної аналітичної моделі для аналізу перемикання MMR з поточної в цільову мережу при міжсистемних VHO обґрунтовано обрані відкриті мережі масового обслуговування, зокрема методи аналізу перебування заявки в неоднорідній експоненційної Семо і метод розрахунку часу перебування заявки в багатофазній СМО з фоновим трафіком.

4. Застосування методу аналізу перебування заявки в неоднорідній експоненційної Семо на основі ВСМР методу дозволило отримати оцінку середнього часу межсистемного VHO з бездротову локальну мережу в широкосмуговий стільникову мережу зв'язку для різної інтенсивності

надходить навантаження з урахуванням затримок на всіх вузлах $M | M | 1 | \square$ і $M | M | \square$, обробних сигналні повідомлення на основі реалізацій узагальненої моделі обміну сигналними повідомленнями. Дану оцінку можна вважати гранично допустимої з урахуванням характеру надходить навантаження.

5. За допомогою методу, що враховує наявність фонового трафіку, був проведено більш детальний аналіз міжсистемного VHO, де до фонового трафіку був віднесений трафік, який не належить до обслуговується в даний момент заявці на міжсистемний VHO. Застосування моделі багатофазної СМО з фоновим трафіком дозволило отримати розрахункову модель для аналізу часу міжсистемного VHO при різних варіантів співвідношення інтенсивностей основного і фонового трафіків, а також для різних варіантів часу обслуговування сигналного повідомлення фонового трафіку.

6. Показано, що при міжсистемних VHO між бездротовими високошвидкісними локальними мережами та широкосмуговими стільниковими мережами не відбувається істотного збільшення затримки передачі трафіку, якщо інтенсивність фонового трафіку на мережевих вузлах перевищує інтенсивність основного трафіку не більше ніж на порядок. Якщо це співвідношення досягає двох і більше порядків, час затримки неприпустимо для забезпечення безперервності послуг реального часу.

7. Показано, що якщо інтенсивність основного і фонового трафіку однакова, і при цьому тривалість обслуговування повідомлень фонового трафіку не перевищує 20 мс, то істотного збільшення тривалості міжсистемного VHO не відбувається.

8. За допомогою моделі багатофазної СМО з фоновим трафіком була отримана аналітична модель для оцінки середнього часу міжсистемного VHO в когнітивну мережу зв'язку стандарту IEEE 802.22. використана схема централізованого отримання інформації про доступні канали за допомогою вузла ИУУ з функціями ANDSF і менеджера РЧС IEEE 802.22.

9. Показано, що мінімальний час для переходу MMR з мережі 3GPP LTE в мережу WRAN IEEE 802.22 становить принаймні 100 с для випадку первинного виявлення та подальшого підтвердження наявності вільних ТВ-каналів в даній точці зони обслуговування безпосередньо для надійшла заявки. У разі використання попередньо сформованого списку тимчасово вільних каналів зазначений час скорочується по крайній міру в 1,5 ... 2 рази.

10. Методом імітаційно-статичного моделювання було проведено дослідження часу перемикання ММР між заздалегідь відомими каналами когнітивної ad-hoc мережі в припущенні, що в каналі, використовуваному ММР, з ймовірністю від 0,1 до 0,99 відсутній працює РЕЗ ліцензійного (Первинного) користувача РЧС. ММР автономно, без доступу до ИУУ, на основі раніше отриманого списку доступних каналів зв'язку, в разі початку роботи РЕЗ первинного користувача перемикається на інший канал. динаміка зміни затримки доступу до каналу при використанні когнітивної технології для малих груп користувачів і малих навантажень найістотніше проявляється при доступності РЧС від 0,3 до 0,6.

11. Розроблено модель для аналізу станів у вигляді кількості сеансів зв'язку для гетерогенної когнітивної мережі з використанням межсистемного VHO з мережі 3GPP LTE в мережу IEEE 802.22 з використанням тривимірної Марківського ланцюга. Введено обмеження на використовуваний мережевий ресурс і побудована відповідна Марковська модель з граничними значеннями кількості сеансів зв'язку в когнітивній мережі IEEE 802.22 і мережі 3GPP LTE з використанням межсистемного VHO в когнітивну мережу.

12. За допомогою методу аналізу багатовимірних марковських ланцюгів отримані аналітичні вирази для оцінки прогнозного значення кількості сеансів зв'язку в когнітивній мережі на основі аналізу ймовірності переходів між її станами.

4 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ КОГНІТИВНИХ МЕРЕЖ ДОСТУПУ

У роботі зроблено обгрунтований висновок про те, що в Нині гетерогенні когнітивні мережі доступу використовуються для організації передачі кінцевого трафіку за допомогою різних RAT, систем авторизації, і аутентифікації, політик обслуговування і QoS [37]. Технічні можливості абонентського пристрою MMP (в т.ч. SDR), що застосовується для реалізації Інтернет речей, безпілотного наземного та повітряного транспорту [40] дозволяють перемикає трафік авторизованого належним чином користувача по різних цільовим мереж, якщо це не створює перешкод роботі інших засобів і мереж зв'язку. При цьому радіочастотний спектр використовується користувачами на ліцензійної та неліцензійної основі. Порядок доступу і використання РЧС користувачами на ліцензійної та неліцензійної основі визначається законодавчими та нормативно-правовими актами уповноваженого органу державної виконавчої влади в області організації використання РЧС, з урахуванням вимог щодо забезпечення електромагнітної сумісності пристроїв РЕЗ та запобігання впливів, перешкоджають штатному функціонуванню РЕМ первинних (ліцензійних) користувачів РЧС.

В рамках МКР в гетерогенних когнітивних мережах доступу пропонується використовувати міжсистемний VHO для переходу MMP з поточної в цільову мережу доступу для будь-яких RAT, які підтримуються MMP, і в загальному випадку, з аутентифікацією MMP в цільовій мережі доступу.

При використанні запропонованих моделей і методів аналізу гетерогенних когнітивних мереж доступу рекомендується визначити наступні функціональні ролі:

- користувач гетерогенних когнітивних мереж - фізична або юридична особа, правомочна використовує сертифіковане MMP або інше РЕМ з функціями організації доступу до гетерогенним когнітивним мереж для прийому і передачі трафіку різних служб електрозв'язку;

- оператор гетерогенної когнітивної мережі доступу – юридична особа, яка забезпечує експлуатаційно-технічне управління гетерогенної когнітивної мережею, в тому числі управління конфігурацією пристроїв MMP та інших РЕЗ з аналогічними властивостями; організовує можливість встановлення

з'єднання між користувачами гетерогенних когнітивних мереж доступу і транспортними мережами; організовує доступ користувачів ММР чи інших РЕЗ до ІУУ;

- постачальник прикладних сервісів - забезпечує підтримку ІУУ в частини функції ANDSF і менеджера РЧС; надає доступ до програмних додатків для вибору мережі при міжсистемних VHO; надає можливість використання правил, машини логічного висновку, динамічного поновлення онтології; підтримує необхідні протоколи і налаштування для системи авторизації та аутентифікації, в тому числі з використанням перспективної єдиної системи ідентифікації засобів зв'язку.

При використанні запропонованих моделей і методів аналізу гетерогенних когнітивних мереж доступу допускається, що перераховані функціональні ролі можуть збігатися. Для підтримки прикладних сервісів, в тому числі пропонується аналітичні моделі і методів, доцільно використовувати «хмарні» обчислювальні технології, що використовують розподілену обробку даних.

Використання запропонованих моделей і методів аналізу гетерогенних когнітивних мереж доступу передбачає застосування ММР різної обчислювальної потужності, включаючи пристрої SDR с різним діапазоном змін конфігурації, а також РЕЗ, здатних підтримувати тільки когнітивну технологію.

Результати дисертаційної роботи в частині розробленої узагальненої моделі обміну сигнальними повідомленнями потрібні на рівні мережі зв'язку. Результати дисертаційної роботи в частині аналітичних методів використовуються на ІУУ з урахуванням результатів обробки даних моніторингу мережевих вузлів. Результати дисертаційної роботи в частині процедур прийняття рішення використовуються на ІУУ і ММР, а в частині використання онтології – на ІУУ і ММР.

Для використання запропонованих моделей і методів аналізу гетерогенних когнітивних мереж доступу, доцільно, щоб абонентський засіб зв'язку ММР і базова станція мережі доступу (засіб зв'язку) підтримувало такі інформаційно-технологічні сервіси та служби:

- геопозиціонування (визначення місцезнаходження) пристрої з мінімальною точністю до 50 метрів за допомогою супутникових мереж ГЛОНАСС / GPS або методами триангуляції;

- зондування, в тому числі прийом широкомовної передачі, РЧС для визначення факту роботи РЕЗ, радіомереж з визначенням ідентифікаторів і стандартів радіомереж;

- авторизовану (довірену) і безпечну передачу інформації про конфігурації програмно-апаратного забезпечення і профілі послуг користувача за запитом ІУУ або авторизованого кореспондируючого вузла;

- програмно-апаратний конфігурацію в тому числі самоконфігурування;

- підтримка зовнішнього управління, в тому числі функція 3GPP «З реле часу »;

- доступність засоби зв'язку для зовнішнього моніторингу;

- можливість безпосереднього зв'язку з іншими пристроями в режимі ad-hoc мережі, в тому числі в режимі передачі коротких повідомлень.

Для використання запропонованих моделей і методів аналізу гетерогенних когнітивних мереж доступу пристрій ММР має мати можливість запитувати ІУУ про наявність доступних мереж для межсистемного VHO по відомим IP-адресами або звертатися до відповідних служб оператора зв'язку або здійснювати пошук постачальника прикладних сервісів для отримання мережевого ідентифікатора ІУУ. Оператор зв'язку або постачальник прикладних сервісів повинні забезпечити безпечний віддалений доступ до ІУУ, можливість виявлення ІУУ, підтримку авторизації запитів ММР для отримання даних ІУУ.

Пристрій ММР, базові станції (точки) доступу, ІУУ і необхідні мережеві вузли (шлюзи) повинні підтримувати загальну інформаційну модель управління для забезпечення функціональної сумісності та організації обміну сигнальними повідомленнями із застосуванням сервісів моделі ВОС, необхідних атрибутів опису засобів зв'язку і відносин між ними.

Доцільно, щоб пристрій ММР мало програмної конфігурацією, що дозволяє забезпечувати початкове завантаження додатків з довірених джерел, в тому числі архітектуру початкового завантаження мережі GBA, підтримувати протоколи безпеки EAP і IKE, протокол https, аутентифікацію і авторизацію по протоколам DIAMETER і RADIUS з можливістю взаємної аутентифікації ММР і вузлів авторизації цільової мережі з урахуванням такі атрибути авторизації, ка як ролі.

Застосування розглянутих і, можливо, додаткових, протоколів і технологій забезпечення безпеки необхідно для забезпечення

конфіденційності і цілісності, в тому числі переданих сигнальних повідомлень, безпечного використання довірених і недовірених об'єктів в вигляді мереж доступу і засобів зв'язку, а також захисту наскрізних даних (наприклад, облікових даних) від розкриття транзитними або проміжними об'єктами (Наприклад, мережевими вузлами ретрансляції).

Для реалізації межсистемного VHO пристрій MMR має володіти можливістю передати вимоги по QoS або параметри додатків (у тому числі груп додатків) користувача при запитах в сторону ІУУ про надання списку доступних мереж із зазначенням їх рейтингу. вимоги по QoS або параметри додатків MMR включають, але не вичерпуються, такими показниками як гарантована швидкість передачі, затримка, зміна затримки, значення (рівень, коефіцієнт) втрат, рівень помилок передачі пакетів, із зазначенням нижнього граничного значення, верхнього граничного значення, цільового значення для додатків (трафіку) реального часу і додатків (трафіку), не критичних до режиму реального часу.

Використовувані в рамках запропонованих моделей і методів аналізу гетерогенних когнітивних мереж доступу затримки на вузлах зв'язку при обробці сигнальних повідомлень повинні визначатися за результатами моніторингу, збору і аналізу статистичної інформації на протязі тижня 24 години на добу не менше ніж 1 раз в 15 хвилин або за аналогією з інформацією про подібні мережах за період часу тижні. Доцільно в якості місяців спостереження за сигнальним трафіком при міжсистемних VHO вибирати періоди часу і сезони року, в які проводяться контрольні спостереження за трафіком користувачів.

Доцільно, щоб визначення рейтингу доступних мереж проводилося централізовано ІУУ з обумовленою дискретністю за часом з урахуванням типізації (типу) профілю послуг користувача (наприклад, обраного тарифного плану) користувача. При цьому оператор зв'язку повинен мати технічну можливість підтримувати різні рівні QoS згідно з чинними нормативно-правових актів та міжнародних стандартів. Пристрій MMR в режимі ad-hoc мережі повинно мати можливість вести трансляцію або багатоадресну передачу за умови підтримки таких режимів поточної мережею і кореспондуючими абонентськими пристроями (кінцевими засобами зв'язку).

Для використання запропонованих моделей і методів аналізу гетерогенних когнітивних мереж доступу MMR має мати технічну

можливість підтримувати синхронізацію і установку поточного часу мережі з зовнішніх джерел для роботи в цільовій мережі. Також ММР підтримує функціональну та технічну можливість тестування, в тому числі віддаленого, робочих характеристик з'єднання з поточною мережею, а також можливість зондування РЧС з метою визначення моменту початку роботи первинного користувача РЧС в робочому діапазоні частот або за допомогою прослуховування пілот-каналу.

Пристрій ММР має мати функціональну та технічну можливість відстежувати стан поточної мережі в сенсі доступного QoS відносного порогових значень додатків користувача, пов'язаних характеристик канального і фізичного рівня, періодично оновлювати відомості про доступне QoS маючи на увазі необхідність ініціалізації межсистемного VHO.

Ініціалізація межсистемного VHO передбачає запуск окремих процедур, передбачених узагальненою моделлю межсистемного VHO.

Підставою для початку межсистемного VHO неприпустиме погіршення QoS, отримання інформації про доступну мережі з найкращим значенням QoS, а в разі когнітивної мережі - виявлення роботи РЕЗ (джерела) первинного користувача РЧС на займаному каналі.

У разі відсутності зв'язку з ІУУ для вибору цільової мережі при міжсистемних VHO абонентське пристрою ММР (кінцевого засобу зв'язку) доцільно підтримувати кешування тобто збереження в неактивному стані даних про раніше здійснених міжсистемних VHO і параметрах цільових мереж в прив'язці до даних геопозиціонування, включаючи інформацію про необхідної конфігурації і правилах логічного висновку для переходу в раніше обрану цільову мережу. Для забезпечення межсистемного VHO необхідно забезпечити можливість підтримки передачі Буферізований сигнальних повідомлень. Відносно ідентифікованого пристрої ММР (кінцевого кошти зв'язку) рекомендується організувати через ІУУ доступ до сховища даних в складі системи експлуатаційної підтримки OSS, організованого за принципом бази даних для управління конфігурацією CMDB для верифікації поточної програмно-апаратної конфігурації ММР з метою підвищення оперативності прийняття рішення про технічну можливість, доцільність і необхідність оновлення програмно-апаратної конфігурації ММР (Кінцевого засобу зв'язку) для здійснення межсистемного VHO в цільову мережа.

Для використання запропонованих моделей і методів аналізу гетерогенних когнітивних мереж доступу система OSS оператора зв'язку і телекомунікаційне програмне забезпечення мережевих вузлів повинні підтримувати засоби та протоколи управління MMP (кінцевими засобами зв'язку), включаючи можливість їх конфігурації, моніторингу, діагностики, авторизації, отримання даних про події на MMP, зокрема про обраної мережі для межсистемного VHO.

Для використання запропонованих моделей і методів аналізу гетерогенних когнітивних мереж доступу оператор зв'язку або постачальник прикладних сервісів повинен забезпечити зберігання, управління, оновлення онтологій (сховища фактів) і підтримку функціонування правил логічного висновку на основі онтологій. При розробці онтології доцільно використовувати спільну мову для моделювання онтологій, наприклад, OWL і єдиний формат для правил, описують вибір робочого каналу зв'язку в когнітивної мережі IEEE 802.22. В рамках онтології необхідно здійснювати семантичний опис відносин між об'єктами класів з можливістю розширення онтології як в частині класів (підкласів), так і в частині відносин без втрати повноти, цілісності і спроможності онтологічної моделі. Для використання запропонованих моделей і методів аналізу гетерогенних когнітивних мереж доступу оператор зв'язку або постачальник прикладних сервісів повинен мати можливість зробити предметно-орієнтовану онтологію доступною для сторонніх систем OSS, MMP (кінцевих засобів зв'язку) шляхом оголошення. Доцільно, щоб оператор зв'язку або постачальник прикладних сервісів мали можливість моделювати за допомогою онтології засоби зв'язку, що не належать до гетерогенним когнітивним мереж доступу, наприклад, елементи оптичних транспортних мереж.

Для використання запропонованих моделей і методів аналізу гетерогенних когнітивних мереж постачальник прикладних сервісів забезпечує можливість формування і управління семантичними інформацією про земельні ресурси мереж доступу, в тому числі встановлювати зв'язки (асоціації) між об'єктами класів, оновлювати і видаляти асоціації. Доцільно підтримувати спільну мову для семантичного опису, такий як RDF і мати можливість робити семантичні описи доступними в рамках всієї системи організації доступу. На основі семантичних описів MMP (кінцеве засіб зв'язку), ІУУ і мережеві вузли підтримують функціональні можливості для обробки гетерогенних даних для забезпечення правил виконання операцій

над мережевими (канальними) ресурсами і атрибутами, описаних за допомогою онтології.

Пристрій ММР і ІУУ повинні мати можливість класифікувати додатки (за результатами аналізу програмно-апаратної конфігурації ММР) з точки зору забезпечення передачі трафіку в реальному масштабі часу, в масштабі часу близькому до реального, або з якістю, доступним в даний момент часу. ММР і ІУУ повинні підтримувати настроюються політики надання послуг і організації сеансів зв'язку, що визначають режими радіозв'язку в цільовій мережі на підставі інформації ІУУ. ММР має мати можливість автономного моніторингу наявності в точці місцезнаходження інших мереж радіодоступу. При використанні когнітивних РЕМ з функціями SDR в базі даних управління конфігурацією в складі OSS оператора зв'язку доцільно зберігати такі дані:

- геокоординати розташування РЕЗ із зазначенням точності визначення
- модель РЕМ SDR;
- тип системи РЕЗ і клас випромінювання;
- діапазон робочих смуг частот;
- підтримувана мінімально допустима, максимальна і цільова ширина каналу;
- показники випромінюваної потужності;
- для випадку стаціонарного пристрою-висота підвісу антени в метрах;
- норми частотно-територіального розносу або захисні відносини.

При використанні когнітивних технологій IEEE 802.22 ІУУ для формування списку доступних каналів може звертатися до бази даних GLDB і в результаті обробки такого запиту формується список доступних для зондування частотних каналів і відповідні максимально допустимі потужності випромінювання для РЕЗ SDR, що використовують «білі плями» РЧС. При обробці запиту когнітивного РЕМ SDR, необхідно, щоб в деякому районі розташування РЕЗ не створюватиме ненавмисних перешкод РЕЗ первинних користувачів РЧС, які також розглядаються як захищаються РЕМ в сенсі захисту від перешкод. Для забезпечення взаємодії РЕЗ SDR і ІУУ з функцією менеджера радіочастотного спектру може використовуватися «Протокол доступу до баз даних «білих плям» (Protocol to Access White Space Databases, PAWS »), який використовує протокол HTTP і криптографічний протокол TLS, щоб РЕМ SDR могло отримати інформацію від GLDB про доступних ділянках РЧС.

4.1 Висновки до розділу 4

Можливість програмно-керованої конфігурації пристрою ММР для організації доступу до ресурсів гетерогенних когнітивних мереж з використанням межсистемного VHO призводить до ускладнення зберігання коду управління абонентським пристроєм. Для адаптації ММР до постійно змінюваних умовами експлуатації, особливо в умовах швидкого розвитку технологій радіодоступу, застосування когнітивних служб програмне забезпечення ММР вимагає постійного оперативного оновлення, що не завжди технічно можливо. Тому розробляється метод, що дозволяє забезпечити використання ресурсів гетерогенних когнітивних мереж без постійного зміни програмного коду управління ММР.

Для управління технічними характеристиками ММР, забезпечують використання різних технологій доступу, пропонується використовувати предметно-орієнтовану онтологію для створення концептуальної моделі і використовувати правила, розроблені в рамках онтології. Використання правил, які не є вбудованими процедурами управління ММР, дозволяє підвищити гнучкість і адаптивність управління без необхідності постійної модифікації збережених програм управління, що необхідно для забезпечення роботи абонентського пристрою в гетерогенних мережах.

Для демонстрації можливостей предметно-орієнтованої онтології і створення правил управління створена онтологія когнітивної мережі зв'язку стандарту IEEE 802.22, призначена насамперед для опису функцій і технічних характеристик пристроїв, здатних використовувати технології «білих плям» РЧС. Розроблено правила, що описують перемикання ММР між каналами IEEE 802.22 з урахуванням впливу користувачів РЧС. Таким чином, ММР оперативно налаштовується для роботи в мережі IEEE 802.22.

Вперше розроблено предметно-орієнтовану онтологію для створення концептуальної моделі, використання знань і правила, сформульовані за допомогою елементів онтології. Використання правил, які не є процедурами алгоритму, дозволяє підвищити гнучкість і адаптивність управління ММР без необхідності постійної модифікації збережених програм управління, що необхідно для забезпечення роботи абонентського пристрою в гетерогенних мережах.

Розроблена онтологія і правила можуть використовуватися для організації коштів логічного висновку про можливість використання ММР

доступних мереж для межсистемного VHO. Правила логічного висновку, реалізовані з урахуванням положень стандарту IEEE 802.22, дозволяють запобігти ненавмисні перешкоди роботі РЕЗ первинних користувачів РЧС шляхом оперативного звільнення радіоканалу при виявленні роботи РЕМ РУ.

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок витрат на проведення НДР з дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу

В техніко-економічному обґрунтуванні представленому в першому розділі даної магістерської кваліфікаційної роботи було приблизно обґрунтовано доцільність проведення НДР. Тому в даному розділі будуть проведені більш детальні розрахунки витрат на проведення НДР з дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу.

Для економічного розрахунку витрат на проведення НДР потрібно скласти кошторис витрат, який передбачає розрахунок основних калькуляційних статей.

Основна заробітна плата дослідників та розробників, яка розраховується за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (5.1)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.;

T_p – число робочих днів в місяці, 21 дн;

t – число днів роботи розробника (дослідника).

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.

Таблиця 5.1 – Основна заробітна плата дослідників та розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
1. Керівник проекту	11000,00	523,81	21	11000,00
2. Науковий співробітник	10000,00	476,19	21	10000,00
3. Інженер-радіотехнік	9000,00	428,57	21	9000,00
4. Технік	5500,00	261,90	21	5500,00
Разом				35500,00

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p), що здійснюють встановлення обладнання, складання та попереднє налагодження відсутні в зв'язку з проведенням досліджень на основі програмно-математичного

моделювання процесів що відбуваються в гетерогенних когнітивних мережах доступу.

Додаткова заробітна плата розробників, дослідників та робітників, які приймали участь в розробці НДР розраховується як 11 % від основної заробітної плати розробників та робітників:

$$\begin{aligned} Z_d &= Z_o \cdot 11 / 100\% \\ Z_d &= 35500,00 \cdot 11 / 100 \% = 3905,00 \text{ (грн.)} \end{aligned} \quad (5.2)$$

Нарахування на заробітну плату дослідників.

Згідно діючого законодавства нарахування на заробітну плату для організацій всіх сфер діяльності складають 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати.

$$\begin{aligned} H_3 &= (Z_o + Z_d) \cdot 22 / 100\% \\ H_3 &= (35500,00 + 3905,00) \cdot 22 / 100\% = 8669,10 \text{ (грн.)} \end{aligned} \quad (5.3)$$

Суттєві витрати на матеріали та комплектуючі на даному етапі проведення НДР практично відсутні в зв'язку з моделюванням значної частини роботи і досліджень за допомогою комп'ютерної техніки.

Витрати на матеріали, що були використані при проведенні досліджень, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.4)$$

де, - H_i - витрати матеріалу i -го найменування, кг;

C_i - вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.;

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$;

n - кількість видів матеріалів,

Проведені розрахунки зводимо до таблиці.

Таблиця 5.2– Витрати на основні матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Одиниця виміру	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Папір канцелярський	уп.	117,00	2	234,00
Компакт-диски	шт.	17,50	3	52,50
Канцелярські товари	компл.	182,00	4	728,00
Тонер для принтера	кг	6133,00	0,02	122,66
Інші витратні матеріали	-	2186,00	1	2186,00
Всього				3323,16

З врахуванням транспортних витрат вартість матеріалів складе

$$M = 3323,16 * 1,1 = 3655,48 \text{ грн.}$$

5.2 Амортизація обладнання для проведення досліджень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_{б}}{T_{е}} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (5.5)$$

де $Ц_{б}$ – балансова вартість обладнання, приміщень тощо, які використовувались для розробки нового технічного рішення, грн.;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, приміщень під час розробки, місяців;

$T_{е}$ – строк корисного використання обладнання, приміщень тощо, років.

Проведені розрахунки необхідно звести до таблиці.

Таблиця 5.3 - Величина амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
Комп'ютеризований обчислювальний комплекс (XZ2100)	17000,00	4	1	354,17
Персональний комп'ютер STAR-EX4	15000,00	4	1	312,50
Пристрої графічного виводу інформації	12640,00	3	1	351,11
Приміщення лабораторії	164000,00	25	1	546,67
Всього				1564,44

Витрати на силову електроенергію на проведення досліджень розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n, \quad (5.6)$$

де, V — вартість 1 кВт-години електроенергії, $V = 2,21$ грн./кВт –година;

P — встановлена потужність обладнання, кВт.;

Φ — фактична кількість годин роботи обладнання, годин. ;

K_n — коефіцієнт використання потужності.

Всі проведені розрахунки зведемо до таблиці

Таблиця 5.4 – Витрати на електроенергію при проведенні досліджень

Найменування обладнання	Кількість годин роботи обладнання, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Величина оплати
Комп'ютеризований обчислювальний комплекс (XZ2100)	160,0	0,86	1	778,82
Персональний комп'ютер STAR-EX4	160,0	0,56	1	507,14
Пристрої графічного виводу інформації	60,00	0,34	1	52,92
Всього				547,20

Інші витрати.

Інші витрати охоплюють: загальнопромислові витрати, адміністративні витрати, витрати на відрядження, матеріали, окремі непередбачені комплектуючі тощо.

Інші витрати доцільно приймати як 200...300% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників.

Величина інших витрат складе:

$$I = 35500,00 * 250 / 100 = 88750,00 \text{ (грн.)}$$

Загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи.

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи:

$$B = 35500,00 + 3905,00 + 8669,10 + 3655,48 + 1564,44 + 547,20 + 88750,00 = 142591,22 \text{ (грн.)}$$

5.3 Визначення коефіцієнта наукової значимості отриманих результатів НДР

Коефіцієнт наукової значимості результатів проведеної НДР K_{3H} можна підрахувати за формулою:

$$K_{3H} = \frac{\sum_1^3 b_i \cdot d_i}{\sum_1^3 b_{\max} \cdot d_i}, \quad (5.7)$$

де b_i - значимість отриманих результатів: b_1 - ступінь наукової новизни, b_2 - рівень теоретичної обґрунтованості, b_3 - ступінь експериментальної перевірки результатів.

d_i - питома вага кожної характеристики, значення якої наведено в таблиці;

3 – кількість характеристик, за якими була зроблена оцінка результатів науково-дослідної роботи.

Бальна оцінка отриманих результатів наведена в таблиці .

Максимальне значення отриманих результатів можна прийняти в межах 7...10 балів;

Таблиця 5.5 – Показники для оцінювання наукової значимості результатів виконання НДР

Характеристики	Питома вага характеристик	Бальна оцінка характеристик		
		Ступінь новизни b_1	Рівень теоретичної обґрунтованості b_2	Ступінь експериментальної перевірки результатів b_3
		1	3...5	7...10
b_1	0,500	Часткове удосконалення виробів, технологій, матеріалів, програмного продукту, тощо	Суттєве удосконалення виробів, технологій, матеріалів, програмного продукту, тощо	Нові напрямки в розробці виробів, технологій, матеріалів, програмного продукту, тощо. Створення принципово нової техніки
b_2	0,333	Позитивне рішення на основі зроблених узагальнень	Установлення залежностей, які використовувались в інших випадках	Відкриття нових шляхів рішення задачі
b_3	0,167	Експериментальна перевірка не робилась	Результати перевірялись на невеликій кількості даних	Результати перевірені на великій кількості даних

Підставляючи числові дані $d_1 = 0,5$, $d_2 = 0,333$, $d_3 = 0,167$, $b_{\max} = 10$ у вираз (5.7) оцінимо наукову значимість отриманих результатів:

$$K_{3H} = \frac{7 \cdot 0,5 + 7 \cdot 0,333 + 6 \cdot 0,167}{8 \cdot 0,5 + 8 \cdot 0,333 + 8 \cdot 0,167} = 0,83.$$

5.4 Внесок дослідника в досягнення отриманих результатів НДР

Особистий внесок дослідника в досягнення отриманих результатів НДР можна розрахувати за формулою:

$$V = \frac{k_{TBI} \cdot 3_i}{\sum_1^n k_{TBI} \cdot 3_i}, \quad (5.8)$$

де k_{TBI} - коефіцієнт творчої участі кожного виконавця НДР, який оцінюється наступним чином: проведення досліджень – 3 бали, робоче проектування – 1,5 бали, освоєння – 1,0 балів.

Якщо виконавець приймав участь в декількох видах робіт, то береться сума відповідних балів;

Z_i - заробітна плата кожного виконавця НДР;

n - кількість всіх виконавців НДР,

Розраховуємо внесок дослідника:

$$V = \frac{3 \cdot 5500,00}{1,5 \cdot 11000,00 + 3 \cdot 10000,00 + 1,5 \cdot 9000,00} = 0,31.$$

5.5 Висновки до розділу 5

Загалом запланована науково-дослідна робота з дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу вимагає вкладення для проведення досліджень в межах 142591,00 грн.

Отримані результати досліджень мають високий рівень наукової значимості (в межах 0,83), що свідчить про доцільність проведення розробок.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В цьому розділі проводиться аналіз небезпечних, шкідливих [1] та уражаючих для людини і оточуючого довкілля факторів, що утворюються під час проведення дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу. В ньому висвітлюються, зокрема, технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, визначення загального рівномірного штучного робочого освітлення методом світлового потоку, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні дослідження, безпека у надзвичайних ситуаціях.

6.1 Гігієна праці та виробнича санітарія

6.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Визначаємо для приміщення для проведення дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іб.

Згідно із [2] допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні для теплого та холодного періодів року наведені у таблиці 6.1 додатку Х.

Для опромінення менше 25% поверхні тіла людини, допустима інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м².

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК) у повітрі робочої зони і підлягає систематичному контролю з метою запобігання можливості перевищення ГДК, значення яких для роботи з ЕОМ наведено в таблиці 6.2 додатку Х.

При використанні ЕОМ джерелом зараження повітря є також іонізація молекул речовин, які містяться в повітрі. Рівні позитивних та негативних іонів повинні відповідати [4] і наведені в таблиці 6.3 додатку Х.

Для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату та складу повітря робочої зони передбачено: в приміщенні повинна бути розміщена система опалення для холодного і кондиціонування для теплого періодів року; припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

6.1.2 Виробниче освітлення

З метою забезпечення раціональних гігієнічних умов на робочих місцях великі вимоги пред'являються до кількісних та якісних параметрів освітлення.

З точки зору задач зорової роботи в приміщенні, в якому проводиться робота з дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу, відповідно до [3] визначаємо, що вони відносяться до IV розряду зорових робіт. Вибираємо контраст об'єкта з фоном – середній, а характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд зорових робіт *в*.

Нормативні значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості при штучному освітленні наведені в таблиці 6.4 додатку X.

Так як приміщення розташоване в місті Вінниця (друга група забезпеченості природним світлом), а вікна орієнтовані за азимутом 135°, то за таких обставин КЕО розраховується за виразом [3, 4]

$$e_N = e_n m_N [\%], \quad (6.1)$$

де e_n – табличне значення КЕО для бокового освітлення, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

За відомими значеннями одержимо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:

$$e_{N, б} = 1,5 \cdot 0,85 = 1,28 (\%);$$

$$e_{N, с} = 0,9 \cdot 0,85 = 0,77 (\%).$$

Для забезпечення нормативних значень показників освітлення передбачено такі заходи: за недостатнього природного освітлення у світлий час доби доповнення штучним за допомогою газорозрядних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення; застосування штучного освітлення в темний час доби.

Визначення загального рівномірного штучного освітлення проведемо за допомогою методу світлового потоку. Приміщення має розміри (м): $7 \times 5 \times 3,3$.

Знайдемо кількість світильників для забезпечення необхідної нормованої освітленості робочих поверхонь за формулою [3]:

$$N = \frac{ESK_3Z}{\Phi_L n \eta} \text{ [шт]}, \quad (6.2)$$

де Φ_L – світловий потік лампи світильника, лм;

E – нормована освітленість, лк;

S – площа приміщення, що освітлюється, м²;

K_3 – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітленості ($Z = 1,15$ для ламп розжарювання та ДРЛ; $Z = 1,1$ для люмінесцентних ламп, якщо співвідношення L/h – не перевищує встановлених значень);

n – кількість ламп у світильнику;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

З конструктивних міркувань, враховуючи габарити робочого приміщення, приймаємо кількість ламп ЛБ-40 у світильнику $n = 2$, для яких світловий потік $\Phi_L = 3200$ лм.

Площа приміщення, що освітлюється визначається за формулою

$$S = ab \text{ [м}^2\text{]}, \quad (6.3)$$

де a, b – довжина та ширина приміщення відповідно, м.

Вибираємо коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння люмінесцентних ламп $K_3 = 1,5$. Для люмінесцентних ламп приймаємо коефіцієнт нерівномірності освітленості $Z = 1,1$.

Коефіцієнт η визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення i , коефіцієнтів відбиття стін та стелі.

Знайдемо показник приміщення за формулою:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)}, \quad (6.4)$$

де h – висота світильника над робочою поверхнею, м.

Висоту світильника над робочою поверхнею знайдемо за формулою:

$$h = H - h_3 - h_p \text{ [м]}, \quad (6.5)$$

де h_3 – висота звісу світильника ($h_3 = 0,15$ м);

h_p – висота умовної робочої поверхні ($h_p = 0,8$ м).

Після підстановки відомих значень у формули (5.3, ..., 5.5) отримаємо:

$$S = 7 \cdot 5 = 35 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$i = \frac{7 \cdot 5}{2,35(7 + 5)} = 1,24;$$

$$h = 3,3 - 0,15 - 0,8 = 2,35 \text{ (м)}.$$

Вибираємо коефіцієнти відбиття стін та стелі: $\rho_{стелі} = 70 \%$; $\rho_{стін} = 50 \%$.

За значеннями i , $\rho_{стелі}$, $\rho_{стін}$ вибираємо $\eta = 51,4 \%$ $= 0,514$ для світильників з люмінесцентними лампами ЛПО01.

Отже, кількість світильників для забезпечення необхідної нормованої освітленості робочих поверхонь становить

$$N = \frac{200 \cdot 35 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{3200 \cdot 2 \cdot 0,514} = 3,5 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо $N = 4$ світильників, які для забезпечення рівномірності освітлення розташовуємо в $n_p = 2$ ряди по

$$N_l = N / n_p \text{ [шт]}. \quad (6.6)$$

Оскільки довжина світильника не на багато більша за довжину люмінесцентної лампи, встановленої в ньому, то загальна довжина усіх світильників у ряді становитиме

$$\Sigma L_{ce} = L_{lce} N_l \text{ [м]}, \quad (6.7)$$

де L_{lce} – довжина одного світильника (для ЛБ-40 $L_{lce} = 1,2$ м).

Після підстановки відомих значень у формули (6.6, 6.7) отримаємо:

$$N_l = 4 / 2 = 2 \text{ (шт)};$$

$$\Sigma L_{ce} = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ (м)}.$$

Поскільки $\Sigma L_{ce} = 2,4$ м $< a = 7$ м, тому необхідно розрахувати розриви між світильниками за формулою

$$\Delta L_{cb} = \frac{a - \Sigma L_{cb}}{N_1 + 1} \text{ [м]}. \quad (6.8)$$

Визначимо відстань між рядами світильників за формулою

$$L_p = b / n_p \text{ [м]}. \quad (6.9)$$

За отриманими значеннями побудуємо схему розташування світильників ЛПО01 у приміщенні, зображену на рисунку 6.1.

Знайдемо сумарну електричну потужність всіх світильників, встановлених в приміщенні за формулою

$$\Sigma P_{CB} = P_L N n \text{ [Вт]}, \quad (6.10)$$

де $P_L = 40$ Вт – потужність однієї лампи ЛБ-40.

Після підстановки відомих значень у формули (6.8, ..., 6.10) отримаємо:

$$\Delta L_{cb} = \frac{7 - 2,4}{2 + 1} = 1,53 \text{ (м)};$$

$$L_p = 5 / 2 = 2,5 \text{ (м)};$$

$$\Sigma P_{CB} = 40 \cdot 4 \cdot 2 = 320 \text{ (Вт)}.$$

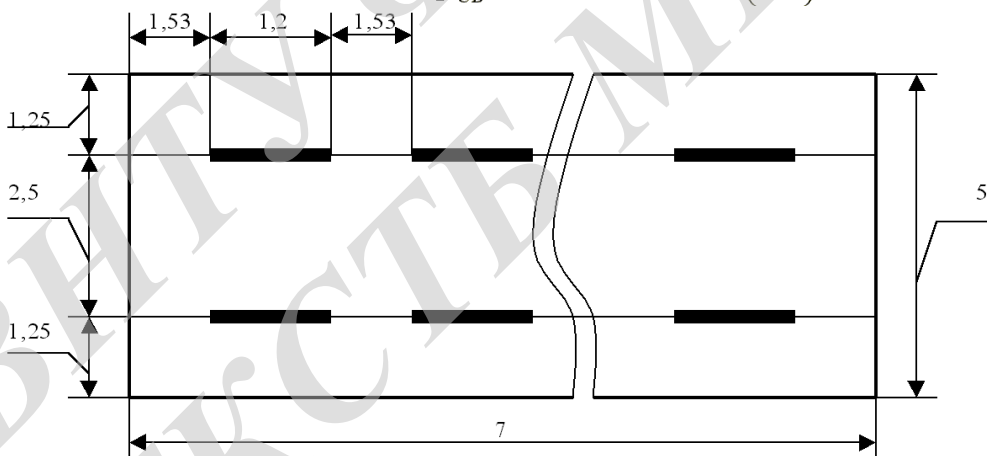


Рисунок 6.1. - Схема розташування світильників ЛПО01 у приміщенні

6.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Зважаючи на те, що при використанні пристроїв крім усього іншого устаткування застосовується обладнання, робота якого генерує шум та вібрацію, потрібно передбачити шумовий та вібраційний захист.

Визначено, що приміщення, де відбувається робота з дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу може містити робочі місця із шумом та вібрацією, що створюється вентиляторами блоку живлення комп'ютера та кулерами мікропроцесора, відеоадаптера.

З метою запобігання травмуванню працівників від дії шуму він підлягає нормуванню. Головним документом з питань виробничого шуму, що діє на території України, є [5], у відповідності з яким допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в виробничих приміщеннях не мають бути більшими ніж значення, які приведені в таблиці X.5 додатку X. Норми виробничих вібрацій наведені в таблиці 6.6 додатку X для локальної вібрації.

Для встановлення допустимих показників шуму та вібрації в приміщенні запропоновано такі заходи: оздоблення стін спеціальними перфорованими плитами, панелями з метою шумопоглинання; передбачено використовувати в приміщенні штори із щільної тканини.

6.1.4 Виробничі випромінювання

Значення напруженості електромагнітного поля на робочих місцях з персональними комп'ютерами не повинні перевищувати граничнодопустимі, які складають 20 кВ/м.

Експозиційна доза рентгенівського випромінювання на відстані 5 см від екрана до корпусу монітора при будь-яких положеннях регульовальних пристроїв не повинні перевищувати $7,74 \cdot 10^{-12}$ Кл/кг, що відповідає потужності еквівалентної дози 0,1 мБер/год (100 мкР/год) у відповідності до [14].

З метою гарантування захисту і досягнення нормативних рівнів випромінювань потрібно застосовувати приєкранні фільтри, локальні світлофільтри та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.

6.2 Технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні дослідження

Сучасний етап розвитку техніки, автоматизації розробок та досліджень характеризується широким використанням на робочому місці ЕОМ. Велика кількість прикладних програм перетворює ЕОМ на основне знаряддя праці радіоінженера.

6.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Розташування робочих місць, забезпечених ЕОМ здійснюється у приміщеннях з однобічним розміщенням вікон, що неодмінно мають бути обладнані сонцезахисним засобами: шторами та жалюзіями [7].

У випадку розміщення робочих місць у приміщеннях з джерелами небезпечних та шкідливих виробничих факторів, вони зобов'язані розташовуватися в повністю відокремлених кабінетах з природним освітленням та організованою вентиляцією. Площа, на якій розташовується одне робоче місце для обслуговуючого персоналу, повинна становити не менше $6,0 \text{ м}^2$, об'єм – не менше ніж 20 м^3 , а висота – не менше $3,2 \text{ м}$ [8].

Поверхня підлоги має бути гладкою, не слизькою, без вибоїн, мати антистатичні властивості, зручною для вологого прибирання. Не дозволяється застосовувати для оздоблення інтер'єру полімерні матеріали, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

6.2.2 Електробезпека

В середині приміщення, в якому здійснюється робота з дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу, особливу увагу потрібно надати запобіганню небезпеки ураження електричним струмом. У відповідності до [9] це приміщення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом через наявність високої (понад 75 %) вологості. Через це безпека експлуатації електрообладнання повинна забезпечуватись комплексом заходів, що передбачають застосування ізоляції струмовідних частин, захисних блокувань, захисного заземлення та ін [10].

6.2.3 Пожежна безпека

Відповідно до [11] приміщення, в якому проводиться робота з дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу, відноситься до категорії пожежної небезпеки Б. Дане приміщення відноситься до 2-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.

Мінімальні межі вогнестійкості конструкцій приміщення, що розглядається наведені в таблиці 6.7. В таблиці 6.8 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Вибираємо, що приміщення, в якому проводиться робота з дослідження, має бути оснащене двома вогнегасниками, пожежним щитом, ємністю з піском [12].

6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Визначення області працездатності когнітивної гетерогенної мережі в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Найзагрозливішим для гетерогенної мережі може бути дія електромагнітного імпульсу та вплив сейсмічних коливань.

Дія механічних факторів землетрусу на елементи когнітивної гетерогенної мережі характеризується складним комплексом. Значення їх залежить в основному від потужності і тривалості землетрусу, відстані до об'єкту, конструкції та розмірів елементів об'єкта тощо.

Результатом дії сейсмічних хвиль є землетрус, що призводить до руйнування будівель, ліній електропередач, електричних апаратів і машин, а також дамбу водосховища тощо. Це може призвести до важких аварій в самій цифровій мережі та порушить її електропостачання. Щоб запобігти шкідливим, наслідкам виконують розрахунки по стійкості роботи об'єктів чи обладнання, визначають коефіцієнт захисту даного об'єкта.

ЕМІ може поширюватись на десятки і сотні кілометрів в навколишньому середовищі і по різних комунікаціях, здійснюючи вплив на об'єкти там, де ударна хвиля, світлове випромінювання і проникаюча радіація втрачають свої значення як вражаючі фактори. Також може виникнути в лініях зв'язку, енергопостачання, систем обчислювальних машин, напруги, що можуть викликати пробій ізоляції елементів апаратури і пристроїв, підключених до повітряних і підземних ліній. Ступінь пошкоджень залежить від наведеного імпульсу напруги чи струму і електричної міцності обладнання.

6.3.1 Визначення області працездатності когнітивної гетерогенної мережі в мовах дії сейсмічних хвиль

По таблиці (6.1) [26], для кожного елемента визначаємо границю стійкості при яких він отримує середні руйнування. Дані заносимо в таблицю 6.1

Таблиця 6.1 - Границі стійкості кожного елемента мережі когнітивної гетерогенної мережі

№	Елементи когнітивної гетерогенної мережі	$\Delta P_{\text{фгран}}$, кПа	$\Delta P_{\text{фгран}}$, кПа
1	Опори лінії	10	10
2	Портальні опори	10	
3	Кабельна мережа	30	
4	Вимикачі	15	
5	Електричне обладнання	15	
6	Трансформатори струму та напруги	20	
7	Релейний захист	50	
8	Антени	40	
9	Силові трансформатори	20	
10	Транслятори	35	

Границя стійкості об'єкта в цілому складає 10 кПа. Найбільш уразливий елемент когнітивної гетерогенної мережі – опори повітряних ліній. Початку середніх руйнувань відповідає інтенсивність землетрусу $I = 7,3$ б.

Приємомо що цифрова мережа зв'язку знаходиться на відстані від епіцентру землетрусу $R = 160$ км, $h = 180$ км. В інших випадках значення магнітуди буде інше.

Допустима потужність землетрусу, б;

$$I_R = 1,5 \cdot M - 3,5 \lg \sqrt{R^2 + h^2} + 3; \quad (6.1)$$

$$M = (I_R + 3,5 \lg \sqrt{R^2 + h^2} + 3) / 1,5; \quad (6.2)$$

$$M = (7,3 + 3,5 \lg \sqrt{160^2 + 180^2} + 3) / 1,5 = 5,8(\text{б}).$$

Цифрова мережа зв'язку буде стійко працювати в діапазоні зміни магнітуди від 0 до 5,8 балів за шкалою Ріхтера.

6.3.2 Визначення області працездатності когнітивної гетерогенної мережі в умовах дії ЕМІ

Електромагнітний імпульс (ЕМІ) - вражаючий фактор ядерної зброї, а також будь-яких інших джерел ЕМІ (наприклад блискавки, спеціальної

електромагнітної зброї, короткого замикання в обладнанні великої потужності і т.д.).

Значні порушення викликає електромагнітний імпульс у роботі цифрових та контрольних пристроїв. Великі електричні потенціали відносно землі, які виникають на екранах, жилах кабелів, антенно-фідерних пристроях та провідних лініях зв'язку, виникають внаслідок дії ЕМІ і можуть являти небезпеку для обслуговуючого персоналу.

Дані про елементи когнітивної гетерогенної мережі наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Дані про елементи когнітивної гетерогенної мережі зв'язку

Елемент	$U_{ж}$, В	L_i , м	N, %
Управління	12	0,4	10
Передавальні пристрої	48	0,25	15
трансформатор	24	0,3	15

Визначаємо допустиму напругу:

$$U_{д} = U_{ж} + \frac{U_{ж}}{100} \cdot N; \quad (6.3)$$

$$U_{д1} = 12 + \frac{12}{100} \cdot 10 = 13,2(B);$$

$$U_{д2} = 48 + \frac{48}{100} \cdot 15 = 55,2(B);$$

$$U_{д3} = 24 + \frac{24}{100} \cdot 15 = 27,6(B).$$

В якості показника стійкості елементів когнітивної гетерогенної мережі до дії електромагнітного імпульсу використовується коефіцієнт безпеки, який визначається відношенням гранично допустимої напруги $U_{д}$ до наведеної, тобто створеної ЕМІ в даних умовах $U_{Е}$, який вимірюється у децибелах:

$$K_B = 20 \cdot \lg \cdot \frac{U_D}{U_E} (\text{дБ}). \quad (6.4)$$

Для нормальної роботи елементів необхідно, щоб виконувалась умова:

$$K_B \geq 40 (\text{дБ}).$$

$$U_{\Gamma} = \frac{U_D}{K} (\text{дБ}); \quad (6.5)$$

$$U_{\Gamma 1} = \frac{13,2}{10^{\frac{40}{20}}} = 0,132 (\text{В});$$

$$U_{\Gamma 2} = \frac{55,2}{10^{\frac{40}{20}}} = 0,552 (\text{В});$$

$$U_{\Gamma 3} = \frac{27,6}{10^{\frac{40}{20}}} = 0,276 (\text{В}).$$

Напруженість електричного поля для вертикальної складової знаходимо з формули [26]:

$$U_1 = \frac{E_B \cdot L_{\Gamma}}{\eta} (\text{В}). \quad (6.6)$$

де $\eta=1$ – коефіцієнт екранування лінії.

$$E_B = \frac{U_1}{L_{\Gamma}}; \quad (6.7)$$

$$E_{B1} = \frac{0,132}{0,4} = 0,33 (\text{В / м});$$

$$E_{B2} = \frac{0,552}{0,25} = 2,21 (\text{В / м});$$

$$E_{B3} = \frac{0,276}{0,3} = 0,92 (\text{В / м}).$$

6.4 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи когнітивної гетерогенної мережі в умовах дій загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Основними напрямками по підвищенню стійкості роботи когнітивної гетерогенної мережі є:

1. Встановлення анкерних опор в сейсмічно небезпечних зонах які сприймають навантаження від поперечних складових тяжіння проводів.
2. Встановлення захисних екранів й захисних пристроїв які значною мірою знижують параметри електромагнітного імпульсу в екранованій області.
3. Використання захисних та іскрових розрядників і плавких запобіжників.
4. Встановлення грозозахисних пристроїв – блискавковідводів, які складаються з блискавко приймачів і струмовідвідних спусків; встановлення спеціальних пристроїв захисту від імпульсних перенапруг .
5. Використання симетричних двопровідних ліній в електричних мережах.
6. Встановлення сучасних систем захисту і попередження аварійних ситуацій.

Необхідно проводити захист населення і територій від НС техногенного та природного характеру на принципах:

- пріоритетності завдань, спрямованих на рятування життя та збереження здоров'я людей і довкілля;
- безумовного надання переваги раціональній та превентивній безпеці;
- вільного доступу населення до інформації щодо захисту населення і територій від НС техногенного та природного характеру;
- особистої відповідальності та піклування громадян про власну безпеку, неухильного дотримання ними правил поведінки та дій у НС техногенного та природного характеру;
- обов'язковості завчасної реалізації заходів, спрямованих на запобігання виникненню НС техногенного та природного характеру та мінімізацію їх негативних психосоціальних наслідків;
- урахування економічних, природних та інших особливостей територій і ступеня реальної небезпеки виникнення НС техногенного та природного характеру;

- максимально можливого, ефективного і комплексного використання наявних сил і засобів, які призначені для запобігання НС техногенного та природного характеру і реагування на них.

Висновки : отже, було визначено область працездатності когнітивної гетерогенної мережі зв'язку в умовах дії сейсмічних коливань та електромагнітного імпульсу. В ході розрахунків було отримано такі показники:

В умовах дії сейсмічних хвиль кореляційний приймач широкосмугової когнітивної гетерогенної мережі зв'язку буде нормально працювати в діапазоні зміни магнітуди від 0 до 5,8 балів за шкалою Ріхтера.

Елементи когнітивної гетерогенної мережі зв'язку і здатні працювати в умовах дії електромагнітного імпульсу при таких напруженостях вертикальної складової електричного поля: елементи управління до 0,33 В/м, передавальні пристрої до 2,21 В/м, трансформатор до 0,92 В/м.

Також в даному розділі проаналізовано основні шкідливі фактори сейсмічних коливань та ЕМІ, можливі наслідки їх дій на мережі WCDMA зв'язку, розроблено методи по підвищенню стійкості її роботи та захисту населення.

6.5 Висновки до розділу 6

В результаті написання цього розділу було опрацьовано такі питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, визначення загального рівномірного штучного робочого освітлення методом світлового потоку, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу, безпека у надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

В результаті проведення аналізу бездротових мереж зв'язку визначено новий напрямок їх розвитку у вигляді гетерогенних когнітивних мереж доступу. Це дозволяє підвищити ефективність використання абонентського пристрою у вигляді багаторежимного мобільного радіотерміналу, ММР. Підвищення ефективності досягається можливістю вибору цільової мережі доступу, більшою мірою задовольняє показникам якості надання послуг, ніж поточна мережа, безпосередньо в даній точці місцезнаходження зі збереженням безперервності надання послуг при переході в цільову мережу.

Для переходу в цільову мережу доступу безпосередньо в даній точці простору застосовується міжсистемний вертикальний хендвер (міжсистемний VHO), який передбачає не тільки зміну мережі обслуговування, але і в загальному випадку здійснення аутентифікації, ідентифікації та організацію сеансу зв'язку в цільовій мережі.

Час, що витрачається на міжсистемний VHO, еквівалентно затримці передачі трафіку при перемиканні ММР в цільову мережу. величину цієї затримки потрібно враховувати з метою збереження безперервності надання послуг зв'язку, в першу чергу послуг реального часу, послуг управління безпілотним транспортом, в системах телемоніторингу, там, де потрібні дуже малі затримки. Для отримання інформації про доступні мережі пропонується використовувати інформаційно-керуючий вузол, ІУУ.

Для оцінки часу міжсистемного VHO розроблено узагальнену модель обміну сигнальними повідомленнями в гетерогенній когнітивній мережі доступу, яка включає етапи встановлення безпечного з'єднання ММР з ІУУ, отримання ММР інформації про доступні мережі, автономний вибір цільової мережі для переходу, авторизацію в цільовій мережі, отримання ідентифікатора (адреси) в цільовій мережі, організацію сеансу зв'язку і початок передачі трафіку користувача. В рамках системного підходу узагальнена модель обміну сигнальними повідомленнями є функціонально повною, здатної до розвитку і незалежної від особливостей протоколів мереж доступу.

Розроблено реалізації узагальненої моделі обміну сигнальними повідомленнями з урахуванням відносин між мережевими вузлами і використання когнітивних технологій. Реалізації узагальненої моделі використовуються для оцінки затримки передачі трафіку при перемиканні ММР в цільову мережу.

Розглянуто методи, що дозволяють дати оцінку затримки при міжсистемних VHO з урахуванням різного часу обслуговування сигнального

трафіку окремими вузлами бездротових високошвидкісних локальних мереж, ширококутових стільникових мереж, когнітивних мереж зв'язку.

При міжсистемних VHO між бездротовими локальними мережами та ширококутовими стільниковими мережами не відбувається істотного збільшення затримки передачі трафіку, якщо інтенсивність фонового трафіку на мережевих вузлах перевищує інтенсивність основного трафіку не більше ніж на порядок. Якщо це співвідношення сягає двох і більше порядків, час затримки неприпустимо для забезпечення безперервності послуг реального часу.

Вперше отримана оцінка затримки перемикання MMR в когнітивну мережу при міжсистемних VHO в режимі виявлення каналів, тимчасово використовуваних первинними (ліцензійними) користувачами РЧС, безпосередньо в момент надходження заявки. Потрібно чимало часу на підтвердження відсутності роботи РЕЗ первинних користувачів і такий режим не рекомендується для послуг реального часу. Доцільно використовувати режим з наданням MMR списку попередньо виявлених каналів з підтвердженням відсутності роботи РЕЗ первинних користувачів. Для запобігання перешкод роботі РЕЗ первинних користувачів потрібно постійний контроль моменту початку їх роботи з боку MMR і ІУУ.

Для малих груп вторинних користувачів РЧС при наявності списку доступних робочих каналів для когнітивної ad-hoc мережі, час доступу до каналу істотно зменшується, якщо доступність РЧС, що виражається як ймовірність відсутності роботи первинних користувачів РЧС, збільшується від 0,3 до 0,6.

Отримано прогнозні значення кількості сеансів зв'язку для когнітивної мережі доступу з урахуванням впливу міжсистемного VHO з ширококутовою мережі, що доцільно використовувати при плануванні потужних показників гетерогенної когнітивної мережі в цілому.

Розроблено експертний метод для оцінки доцільності межсистемного VHO типового користувача в конкретну мережу з кількох метрик з використанням єдиної бази оцінок. Метод дозволяє порівнювати одночасно до десяти заявок по кожній метриці для конкретної мережі. Також запропонований метод вибору цільової мережі з використанням однієї метрики, де при ухваленні рішення про вибір цільової мережі враховуються встановлені користувачем допустимі відхилення від необхідного значення метрики.

Для управління доступом MMR до когнітивної мережі IEEE 802.22 на основі знань і фактів вперше розроблена предметно-орієнтована онтологія і правила логічного висновку для прийняття рішення про вибір робочого

каналу. Це дозволяє ММР працювати в когнітивній мережі без суттєвої модифікації алгоритмів і запобігати перешкоди роботі РЕЗ первинних користувачів.

За результатами магістерської кваліфікаційної роботи рекомендується приступити до підготовки наявної інформаційно-технологічної інфраструктури до застосування міжсистемного VHO з урахуванням зроблених рекомендацій і появи мереж п'ятого покоління, 5G.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з вдосконаленням запропонованих моделей і методів в рамках концепції випереджаючого технічного обслуговування і проактивного менеджменту коштів і мереж зв'язку з урахуванням цифрового розвитку виробничої та невиробничої сфери, громадського транспорту, вдосконалення Інтернету речей.

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов, Е. М. Современные направления повышения эффективности спектра и внедрения новых радиотехнологий / Е. М. Виноградов // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2016. – Т.4, №1. – С. 68–78.
2. Винокурова, Н. Н. Моделирование беспроводной мобильной сети с ячеистой топологией в среде симуляции ns2 / Н. Н. Винокурова, А. А. Елифанцев // Теория и техника радиосвязи. – 2016. – №4.– С. 28–33.
3. Вихрова О. Г. К анализу показателей качества обслуживания в современных беспроводных сетях / О. Г. Вихрова, К. Е. Самуйлов, Э. С. Сопин, С. Я. Шоргин // Информатика и её применения. – Т.9, 2015.– Вып. 4. – С.48–55.
4. Гребешков, А. Ю. Современные реконфигурируемые радиосистемы: когнитивность и особенности управления / А. Ю. Гребешков // Вестник связи. – 2015. – №5. – С. 42–47.
5. Гребешков А. Ю. Исследование доступа к каналам передачи в реконфигурируемых когнитивных сетях связи следующего поколения / А. Ю. Гребешков, А. В. Зуев // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2015. – Т.9, №6. – С. 9–14.
6. Гребешков, А. Ю. Разработка процедуры вертикального хендовера из сети 3GPP LTE в сеть IEEE 802.22 / А. Ю. Гребешков, А. В. Зуев // II Научный форум телекоммуникации: Теория и технологии ТТТ-2017. Проблемы техники и технологий телекоммуникаций ПТ и ТТ-2017: материалы междунар. научн.–техн. конф. – Казань: КНИТУ-КАИ, 2017. – Т.1. – С. 316–319.
7. Гребешков, А. Ю. Вертикальный хендовер и когнитивные технологии в гетерогенных беспроводных сетях / А. Ю. Гребешков, А. В. Зуев //Труды НИИР. Сб. научн. статей. – 2017 . – №1. – С.27–34.
8. Гребешков, А. Ю. Анализ стандартов когнитивного радио с использованием «белых пятен» для региональных сетей связи / А. Ю. Гребешков // II Научный форум телекоммуникации: Теория и технологии ТТТ-2017. Проблемы техники и технологий телекоммуникаций ПТ и ТТ-2017: материалы междунар. научн.–техн. конф. – Казань: КНИТУ-КАИ, 2017. – Т.1.– С. 320-323.
9. Гребешков, А. Ю. Анализ времени переключения сеанса связи в гетерогенных беспроводных сетях при вертикальном хэндовере / Ю. В. Гайдамака, А. Ю. Гребешков, О. Г. Вихрова, Э. Р. Зарипова // Информатика и её применения. – 2017. – Т.11,№4. – С.70–78.

10. Гребешков, А. Ю. Процедура обмена сигнальными сообщениями при инициализации абонентского оборудования в сети беспроводного широкополосного доступа / А. Ю. Гребешков, Э. Р. Зарипова // 20 Междунар. науч. конф. «Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь» (DCCN-2017): материалы конференции – М.: Техносфера, 2017. – С. 569–574.

11. Гребешков, А. Ю. Исследование времени переключения абонентского устройства между сетью LTE и когнитивной радиосетью / А. Ю. Гребешков, Э. Р. Зарипова, А. В. Зуев // Инфокоммуникационные технологии. – 2018. – Т.16, №1. – С.108–116.

12. Гребешков, А. Ю. Обобщённая модель обмена сигнальными сообщениями при межсистемном вертикальном хэндовере / А. Ю. Гребешков // XIX Междунар. научн.-техн. конф. «Проблемы техники и технологии телекоммуникаций»: тезисы докладов. – Уралск: Казахстанский университет инновационных и телекоммуникационных систем, 2018. – С. 60–61.

13. Дулькейт, И. В. Использование SDR технологий в морской радиосвязи/ И. В. Дулькейт, С. А. Завьялов, В. М. Свирский // Омский научный вестник. Вып. Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы. – 2018. – №1(157). – С. 63–68.

14. Зайцев, И. В. Оценка пропускной способности когнитивной системы связи в условиях воздействия помех на её ключевые элементы/ И. В. Зайцев, А. А. Молев // Успехи современной радиоэлектроники. – 2017. – №5. – С.52–62.

15. Колбанёв, А. М. Модели информационного взаимодействия / А. М. Колбанёв, В. В. Цехановский – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016.– 172 с.

16. Колбанёв, А. М. Регулируемый множественный доступ в беспроводной сети умных вещей / Н. А. Верзун, А. М. Колбанёв, А. В. Омелян // Омский научный вестник.– 2016.– №4(148). – С. 147–151.

17. Косичкина, Т. П. Когнитивные сверхширокополосные радиосистемы как

метод повышения эффективности использования радиочастотного спектра / Т. П. Косичкина, В. С. Сперанский, А. П. Спиринов, А. А. Фролов // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2015. – Т.9, №12 – С. 37–43.

18. Кучерявый А. Е., Тактильный Интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками/ А. Е. Кучерявый, М. А. Маколкина, Р. В. Киричюк // Электросвязь. – 2016. – №1. – с.44–46.

19. Кучерявый, Е. А. Методология распределения ресурсов в гетерогенных сетях / Кучерявый Е. А., Самуйлов К. Е. // Электросвязь. – 2018. – № 4. – С. 34–40.

20. Наумов, В. А. Мультипликативные решения конечных цепей Маркова: монография / В. А. Наумов, К. Е. Самуйлов, Ю. В. Гайдамака – М.: РУДН, 2015. – 159 с.

21. Николашин, Ю. Л. SDR радиоустройства и когнитивная радиосвязь в декаметровом диапазоне частот/ Ю. Л. Николашин, И. А. Кулешов, П. А. Будко, Е. С. Жолдасов, Г. А. Жуков // Научные исследования в космических исследованиях Земли.– 2015. – №1. – С. 20–31.

22. Справочник по перспективам внедрения систем когнитивного радио в диапазоне УВЧ в странах участников РСС/Приложение 1 к решению РСС №9/2.3. – Региональное содружество в области связи, 2016. – 93 с.

23. Степанов, С. Н. Теория телетрафика. Концепции, модели, приложения / С. Н. Степанов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 866 с.

24. Степанов, С. Н. Построение и анализ модели передачи данных на линии доступа от конечной группы абонентов /А. М. Романов, С. Н. Степанов, Д. Л. Осия // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт.– 2015.– Т.9, №9.– С. 29–34.

25. Степанов, С. Н. Математическая модель линии доступа при обслуживании трафика реального времени и эластичного трафика данных: на англ. языке /А. М. Романов, С. Н. Степанов // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт.– 2017.– Т.11, №9.– С. 74–79.

26. Фелижанко, А. Сети сотовой связи и Wi-Fi: теория и практика интеграции / А. Фелижанко // Первая миля. – №3. – 2015. – С. 36–40.

27. Adigun, O. Cognitive radio for 5G wireless networks / O. Adigun, M. Pirmoradian, C. Politis; in «Fundamentals of 5G mobile networks», edited by J. Rodriguez. – John Wiley & Sons, Ltd., 2015. – P. 143–149.

28. Al-Khansa, R. A Semi-distributed LTE-WiFi system design for future LTE-unlicensed deployments in small-cell environments / R. Al-Khansa, H. A. Artail // Proc. of IEEE 11th International conference on wireless and mobile computing, networking and communications, WiMob. – 2015. – P.43–50.

29. Anabi, H. K. Database-assisted television white space technology: challenges, trends and future research directions/ H. K. Anabi, R. Nordin, N. F. Abdullah // IEEE Access. – 2016. – Vol.4. – P.8162–8183.

30. Anabi, H. K. From sensing to predictions and database technique: a review of TV White Space information acquisition in cognitive radio networks/ H. K. Anabi, R. Nordin, O. B. Abdulghafoor et al. // Wireless Personal Communication. – 2017.– Vol. 96. – Iss. 4. – P.6473–6502.

31. Babaei A. On the impact of LTE-U on Wi-Fi performance/ A. Babaei, J. Andreoli-Fang, Y. Pang, B. Hamzeh // *International Journal of Wireless Information Networks*. – 2015. – Vol. 22.– Iss. 4. – P.336–344.
32. Bukhari, J. QoS based approach for LTE-WiFi handover/ J. Bukhari, N. Akkari // *Proc. 7th Internatuonal Conferenece on Computer Science and Information Technology*. – 2016.– P.1–6.
33. Cacciapuoti, A. S. Channel availability for mobile cognitive radio networks/ A. S. Cacciapuoti, M. Caleffi, L. Paura, Md. A. Rahman // *Journal of Network and Computer Applications*. – 2015. – Vol. 47. – Iss. 3. – P.131–136.
34. Chen, Q. Embedding LTE-U within Wi-Fi bands for spectrum efficiency improvement/ Q. Chen, Y. Guanding, H.M. Elmaghraby, J. Hämäläinen, Z. Ding// *IEEE Network*. – 2017. – Vol. 31.– Iss. 2. – P.72–79.
35. Chiasserini, C. F. Analytical modeling of wireless communication systems (Series «Stochastic models in computer science and telecommunication networks set») / C. F. Chiasserini, M. Gribaudo, D. Manini. – ISTE Ltd. and John Wiley & Sons, Inc., 2016. – 155 p.
36. Dehalwar, V. Review of IEEE 802.22 and IEC 61850 for real-time communication in Smart Grid / V. Dehalwar, A. Kalam, M.L. Kolhe, A. Zayegh// *Proc. International conference computing and network communications*. – 2015. – P.571–575.
37. Elmubark, M. A. New methods for TVWS database protocol / M. A. Elmubark, R. A. Saeed, M. A. Elshikh, R. A. Mokhtar // *International Journal of Computer Science and Telecommunications (IJCST)*. – 2015. – Vol. 6. – Iss. 2. – P. 15–21.
38. ETSI TS 103 145 Reconfigurable radio systems (RRS); System architecture and high level procedures for coordinated and uncoordinated use of TV white spaces: technical specification, ver. 1.1.1. – ETSI, 2015 – 99 p.
39. ETSI EN 303 144 Reconfigurable Radio Systems (RRS); Enabling the operation of Cognitive Radio System (CRS) dependent for their use of radio spectrum on information obtained from Geo-location Databases (GLDBs); Parameters and procedures for information exchange between different GLDBs, ver. 1.1.1. – ETSI, 2015. – 46 p.
40. Fernández, N. Experimental assessment of a cognitive mechanism to reduce the impact of outdated TEDs in optical networks / Fernández, N., Durán, R. J., Siracusa, D., Francescon, A. et al // *Journal Photonic Network Communication*. – 2015. – Vol. 31. – Iss. 2. – P.259–271.
41. Ghos, S. K. An analytical framework for throughput analysis of real time applications in All-IP networks/ S. K. Ghos, S. C. Ghosh// *IEEE 31st International*

Conference on Advanced Information Networking and Applications, ICAINA. – 2017. – P.508–515.

42. Giluka, M. K. Handovers in Uplink/Downlink decoupled LTE HetNets/ M. K. Giluka, M. S. Ali Khan, G. M. Krishna et al. // Proceeding of 2016 IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops, WCNCW. – 2016. – P.315–320.

43. Głabowski, M. Analytical modelling of cellular networks with calls handover and traffic overflow/ M. Głabowski, M. Sobieraj //10th International Symposium on Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing, CSNDSP. – 2016. – P.79–84.

44. Granlund, D., P. Holmlund and C. Åhlund. Opportunistic mobility support for resource constrained sensor devices in smart cities/ D. Granlund, P. Holmlund, C. Åhlund. // Sensors. – 2015. – No.15. – P.5112–5135.

45. Grebeshkov, A. Yu. Computer simulation of uncoordinated dynamic channel access method in cognitive radio network for radio terminal device / A. Yu. Grebeshkov, A. V. Zuev // Instrumentation engineering, electronics and telecommunications, IEET– 2015 : XI International Scientific-Technical Conference “Instrumentation Engineering in the XXI Century. Integration of Science, Education and Production”. – Izhevsk : Publishing House of Kalashnikov ISTU, 2016. – P. 80–88.

46. Grebeshkov, A. Yu. Computer Simulation of Average Channel Access Delay in Cognitive Radio Network / A. Yu. Grebeshkov, A. V. Zuev, D. S. Kiporov // Proceedings of the 19th International Scientific Conference «Distributed computer and communication networks: control, computation, communications (DCCN-2016)». – 2016. – Vol. 3. – P. 184–191.

47. Grebeshkov, A. Yu. Computer simulation of average channel access delay in cognitive radio network / A. Yu. Grebeshkov, A. V. Zuev, D. S. Kiporov // 19th International Conference Distributed Computer and Communication Networks, DCCN; Communications Computer and Information Science. – 2016. – CCIS Vol. 678. – P. 325–336.

48. Grebeshkov, A. Cognitive optical networks: architectures and techniques/ A. Grebeshkov // Proceedings of SPIE–The International Society for Optical Engineering. International conference «Optical Technologies for Telecommunications», OTT16. – SPIE vol. 10342. – 2016. – 8 pages.

49. Grebeshkov, A. Modelling of vertical handover from untrusted WLAN Network to LTE/ A. Grebeshkov, E. Zaripova, A. Roslyakov, K. Samouylov // Proceedings of 31st European Conference on Modelling and Simulation, ECMS 2017. – 2017. – P. 694–700.

50. Grebeshkov, A. Yu. Modeling of vertical handover from 3GPP LTE to cognitive wireless regional area network /A. Yu. Grebeshkov, A. P. Pshenichnikov, E. R. Zaripova // 9th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops, ICUMT. – Munich: Germany, 2017. – 6 p.

51. Grebeshkov, A. Yu. Vertical Handover Time Estimation Method / A. Yu. Grebeshkov, A. P. Pshenichnikov, E. R. Zaripova // Межд. научн. конф. «Аналитические и вычислительные методы в теории вероятностей и её приложениях, АВМТВ-2017»: материалы конференции. – М.: РУДН, 2017. – С. 290–294.

52. Gutiérrez, J. 5G-XHaul: a converged optical and wireless solution for 5G transport networks / J. Gutiérrez, N. Maletic, D. Camps–Mur, E. Garcia, I. Berberana et al. // Trans. Emerging Telecommunication Technics. – 2016. – Vol. 27. – Iss. 9. – P.1187–1195.

53. Yew, Hoe-Tung A vertical handover management for mobile telemedicine system using heterogeneous wireless networks / Yew, Hoe-Tung, E. Supriyanto, M.H. Satria, Y.-W. Hau // International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA). – 2016. – Vol. 7. – Iss. 7. – P.1–9.

54. Holland, O. Opportunistic spectrum sharing and white space access: The Practical Reality/ O. Holland, H. Boguka, A. Medeisis, A. (ed.) // Hoboken, NJ: Wiley, 2015. – 736 p.

55. Huang, Y. A machine learning approach for dynamic optical channel add/drop strategies that minimize EDFA power excursions / Y. Huang, W. Samoud, C.L. Gutterman, C. Ware, M. Lourdiane et al. // Proceedings of 42nd European Conference on optical communications, ECOC. – 2016. – P.1–3.

56. Introduction to cognitive radio networks and applications / ed. by Tomar, G., Bagwari, A., Kanti, J. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017.– 315 p.

57. Kashmar, N. Identifying the effective parameters for vertical handover in cellular networks using data mining techniques/ N. Kashmar, M. Atieh, A. Haidar // Procedia Computer Science, 98 (publ. by Elsevier B.V). – 2016. – P.91–99.

58. Kirsal, Y. Modelling and analysis of vertical handover in highly mobile environments/ Y. Kirsal, E. Ever, A. Kocyigit, O. Gemikonakli, G. Mapp // Journal of Supercomputers. – 2015.– Vol.71. – Iss. 12. – P. 4352–4380.

59. Kreher R. LTE signaling, troubleshooting and performance measurement, second Edition / R. Kreher, K. Gaenger. – Wiley, 2016. – 360 p.

60. Lin Ying-Dar Wi-Fi offloading between LTE and WLAN with combined UE and BS information/ Lin Ying-Dar, Ku Chia-Yu, Lai Yuan-Cheng, Liang Yun-Hao // Wireless Networks. – 2018. – Vol. 24. – Iss. 4. – P. 1033–1042.

61. Marquez-Barja J.M., Breaking the vehicular wireless communications barriers vertical handover techniques for heterogeneous networks/ J.M. Marquez-Barja, H. Ahmadi, S.M. Tornell, C.T. Calafate et al // IEEE Transactions on vehicular technology.– 2015. – Vol.64. – Iss. 12. – P.5878–5890.

62. Matsumura, T. Compact IEEE 802.22-based radio equipment enabling easy installation for regional area network system using TV White-spaces / T. Matsumura, H. Ueno, K. Mizutani, H. Harada // IEEE International Symposium on Local and Metropolitan Area Networks, LANMAN. – 2017.– 6 p.

63. Mishra, A.K. White space communication. Advances, developments and engineering challenges: edited by Mishra, A.K., D.I. Johnson.– Switzerland: Springer International Publishing, 2015. – 295p.

64. Miyim, A. M. Vertical Handover Solutions Over LTE-Advanced Wireless Networks: An Overview/ A. M. Miyim, M. Ismail, R. Nordin // Wireless Personal Communications.– 2014.– Vol. 4. – Iss. 4. – P. 3051–3079.

65. Oh, S. W. TV White Space. The First step towards better utilization of frequency spectrum / S. W. Oh, Y. Ma, M. Tao et al.– IEEE Press, Wiley, 2016. – 360 p.

66. Oliveira, J. Toward terabit autonomic optical networks based on a software defined adaptive/cognitive approach / J. Oliveira, E. Magalhães, J. Januário, M. Siqueira et al // Journal Optical Communication Network. – 2015. – Vol. 7. – Iss. 3. – P.A421–A431.

67. Orimolade, J. ANDSF-based WLAN Offloading in the Evolved Packet System (EPS) / J. Orimolade, N. Ventura, O. Falowo // Proc. of 18th Mediterranean Electrotechnical Conference, MELECON. – 2016. – P.1–6.

68. Prados-Garzon, J. Latency evaluation of a virtualized MME / J. Prados-Garzon, J.J. Ramos-Munoz, P. Ameigeiras, P. Andres-Maldonado, J.M. Lopez-Soler //Proceedings of the 2016 Wireless Days. – 2015. – P. 1–3.

69. Pyattaev, A. 3GPP LTE-assisted Wi-Fi-direct: trial implementation of live D2D technology / A. Pyattaev A, J. Hosek, K. Johnsson, R. Krkos, Y. Koucheryavy et al // ETRI Journal.– 2015. – Vol. 37. – Iss. 5. – P. 877–887.

70. Sicker, C. D., Blumensaadt, L. The Wireless spectrum crunch: White Spaces for 5G? / C. D. Sicker, L. Blumensaadt; in Fundamentals of 5G mobile networks, ed. by Rodriguez, J. – John Wiley & Sons, Ltd., 2015. – P.165–189.

71. Stewart, R. TV White Space communications and networks / R. Stewart, D. Crawford, A. Stirling. – WP. Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, 2018. – 216 pages.

72. Sukhov, A. M. Generating a function for network delay / M. A. Astrakhantseva, S. S. Boldyrev, A. A. Bukatov, A. K. Pervitsky, A. M. Sukhov // Journal of High Speed Networks. – 2016. – Vol. 22. – No. 4. – P.321–333.

73. Thyagaturu, A. Software defined optical networks (SDONs): a comprehensive survey / A. Thyagaturu, A. Mercian, M.P. McGarry, M. Reisslein, et al. // IEEE Communications survey and tutorials. – 2016. – Vol.18. – Iss. 4. – P. 2738– 2768.

74. Wang, C. An enhanced authentication protocol for WRANs in TV white space / Wang, M. Ma, Z. Zhao // Security and Communication networks . – 2015. – Vol.8. – Iss. 13. – P.2267–2278.

75. White space communication technologies: ed. by Carvallo, N.B., Cidronali, A., Gomez-Garcia, R. – Cambridge University Press, 2015. – 282 p.

76. Xenakis, D. ANDSF-Assisted Vertical Handover Decisions in the IEEE 802.11/LTE-Advanced Network / D. Xenakis, N. Passas, L. Merakos, C. Verikoukis // Journal Computer Networks: The International Journal of computer and telecommunications networking. – 2016. – Vol. 106. – Iss. C. – P. 91–108.

77. Zheng K. Heterogeneous vehicular networks. (In Springer Briefs in Electrical and Computer Engineering) / K. Zheng, L. Zhang, W. Xiang, W. Wang W. – Springer, 2016. – 82 p.

78. Zhou, H. Dynamic sharing of wireless Spectrum / Zhou, H., Yu, Q., Shen (Sherman) X. et al. – Springer International Publishing AG, 2017. – 113 p.

79. 3GPP TS 22.105. Technical specification 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Services and service capabilities (Release 13). – 2015. – 34 p.

80. 3GPP TS 23.402. Technical specification 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Architecture enhancements for non-3GPP accesses (Release 14). – 2016.–308 p.

81. 3GPP TS 33.402. Technical specification 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; 3GPP System Architecture Evolution (SAE); Security aspects of non-3GPP accesses (Release 14). – 2016.–71 p.

82. 3GPP TS 29.274 Technical Specification Group Core Network and Terminals; 3GPP Evolved Packet System (EPS); Evolved General Packet Radio Service (GPRS) Tunnelling Protocol for Control plane (GTPv2-C); Stage 3 (Release 13). – 2017.–359 p.

83. 3GPP TS 33.919 Technical Specification Group Core Network and Terminals; 3G Security; Generic Authentication Architecture (GAA); System description (Release 13). – 2016.– 17 p.

84. 3GPP TS 23.401 Technical Specification Group Services and System Aspects General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access (Release 13).– 2017.– 380 p.

85. 3GPP TS 24.007 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Core Network and Terminals; Mobile radio interface signaling layer 3; General aspects (Release 13).–2015.– 149 p.

86. 3GPP TS 36.331 Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification (Release 13).–2018. – 302 p.

87. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В.О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.

88. Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – Вінниця : ВДТУ, 2003. – 75с.

89. ГОСТ 12.0.003-74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

90. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

91. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

92. Пособие по расчету и проектированию, естественного, искусственного и совмещенного освещения НИИСФ – М.: Стройиздат. 1985. – 384 с.

93. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

94. ДСН 3.3.6.039 99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

95. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

96. Березюк О. В. Охорона праці. Підсумкова державна атестація спеціалістів, магістрів в галузях електроніки, радіотехніки, радіоелектронних апаратів та зв'язку : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 104 с.

97. Правила улаштування електроустановок. 2-е вид., перероб. і доп. – Х: "Форт", 2009. – 736 с.

98. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.

99. ДБН В.1.1.7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

100. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.

101. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97), МОЗ України. – К., 1997.

ДОДАТКИ

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток А (Технічне завдання)

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток Б
(обов'язковий)

Функціональна схема РЕЗ SDR

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток В
(обов'язковий)

Схема отримання і обробки даних в системі когнітивного радіо

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток Г
(обов'язковий)

Функціональна схема організації взаємодії 3GPP і не-3GPP мереж в LTE

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток Д
(обов'язковий)

Узагальнена SDL діаграма доступу ММР до ресурсів когнітивної мережі
зв'язку IEEE 802.22

ВНТУ ФІРМЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток Е
(обов'язковий)

Когнітивна мережа зв'язку з міжсистемним VHO з широкосмугової мережі в
когнітивну мережу доступу

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток Є
(обов'язковий)

Затримка доступу ММР до каналу в когнітивній мережі зв'язку

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

Додаток А
(обов'язковий)
ВНТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав.кафедри ТКСТБ ВНТУ,
канд. техн. наук, професор
Г.Г.Бортник
“ _ ” _____ 2019 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи
ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ КОГНІТИВНИХ МЕРЕЖ ДОСТУПУ
08-34.МКР.011.00.000 ТЗ

Керівник роботи
к.т.н., доц. кафедри ТКСТБ ВНТУ
Городецька О.С.

Виконавець: ст. гр. ТКС-18м
Шугайло К.І.

Вінниця-2019

1 ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Робота проводиться на підставі наказу ректора по Вінницькому національному технічному університету від “02” 10 2019 року № 254 та індивідуального завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

Дата початку роботи: 02.09.2019 р.

Дата закінчення: 09.12.2019 р.

2 МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР

Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження принципів вдосконалення і розвитку бездротових мереж зв'язку на основі застосування гетерогенних когнітивних мереж доступу

Задачами магістерської кваліфікаційної роботи є:

- розробка технічного завдання;
- аналіз переходу багатого режимного абонентського пристрою в обрану цільову мережу доступу за допомогою міжсистемного VHO, включаючи отримання інформації про доступні мережі, вибір цільової мережі, організацію безпечного з'єднання, аутентифікацію, отримання ідентифікатора і організація сеансу зв'язку в цільовій мережі.
- дослідження узагальненої моделі та методу опису сигнальних повідомлень між мережевими вузлами при міжсистемних VHO.
- розробка реалізації узагальненої моделі та методів оцінки часу перемикання абонентського пристрою з високошвидкісної бездротової локальної мережі в широкосмугову стільникову мережу при міжсистемних VHO.
- розробка реалізації узагальненої моделі та методу оцінки часу перемикання абонентського пристрою з широкосмугової мережі в когнітивну мережу зв'язку при міжсистемних VHO.

- дослідження методу для аналізу стану когнітивної мережі доступу з урахуванням міжсистемного VHO з широкосмугової мережі.

- дослідження методу рейтингування доступних мереж по метриках і методів прийняття рішення про вибір цільової мережі за допомогою експертних оцінок відповідності послуг користувача і технічних можливостей доступних йому мереж.

- дослідження предметно-орієнтованої онтології і моделі для представлення знань про використання каналів когнітивної мережі стандарту IEEE 802.22.

- розробка методичних рекомендацій щодо застосування розроблених моделей і методів в гетерогенних когнітивних мережах.

Об'єкт дослідження є гетерогенні когнітивні мережі доступу.

Предмет дослідження є процеси взаємодії абонентського пристрою з гетерогенними когнітивними мережами доступу.

Основними завданнями роботи є:

- техніко-економічне обґрунтування доцільності даної розробки;
- дослідження властивостей гетерогенних когнітивних мереж доступу;
- дослідження моделей для аналізу взаємодії абонентського пристрою з гетерогенними когнітивними мережами доступу;
- дослідження моделей і методів аналізу;
- особливості використання результатів дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу;
- аналіз економічної ефективності проведеної розробки;
- дослідження питань безпеки життєдіяльності.

Досліджені мережі доступу забезпечать підвищення якості обслуговування користувача без зміни його місця розташування шляхом надання технічної можливості переходу на обслуговування в доступну мережу, рейтинг обслуговування якої для даного типу користувача вищий за рейтинг поточної мережі;

- підтримку безперервності надання послуг на етапі вибору цільової мережі шляхом порівняння допустимої затримки передачі трафіку послуг користувача з часом, який потрібен абонентському пристрою для переходу на обслуговування в обрану мережу;

- запобігання перешкод роботі радіоелектронних засобів первинних користувачів радіочастотного спектру за рахунок оперативного зміни параметрів роботи абонентського пристрою в когнітивній мережі на основі використання знань, фактів і правил логічного висновку.

3 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МКР

Робота базується на результатах звіту з переддипломної практики “Дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу”, який виконувався у ВНТУ 2019/2020 н.р. Під час підготовки магістерської кваліфікаційної роботи будуть використані матеріали цього звіту.

Список використаних джерел розробки:

3.1 Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и применение / Бернард Скляр ; [пер. с англ]. – М.: Изд. Дом “Вильямс”, 2003. – 1104с.

3.2 Гребешков, А. Ю. Исследование времени переключения абонентского устройства между сетью LTE и когнитивной радиосетью / А. Ю. Гребешков, Э. Р. Зарипова, А. В. Зуев // Инфокоммуникационные технологии. – 2018. – Т.16, №1. – С.108–116.

3.3 Гребешков, А. Ю. Обобщённая модель обмена сигнальными сообщениями при межсистемном вертикальном хэндовере /А. Ю. Гребешков // XIX Междунар. научн.-техн. конф. «Проблемы техники и технологии телекоммуникаций»: тезисы докладов. – Уральск: Казахстанский университет инновационных и телекоммуникационных систем, 2018. – С. 60–61.

3.4 Дулькейт, И. В. Использование SDR технологий в морской радиосвязи/ И. В. Дулькейт, С. А. Завьялов, В. М. Свирский // Омский

научный вестник. Вып. Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы. – 2018. – №1(157). – С. 63–68.

3.5 Кучерявый, Е. А. Методология распределения ресурсов в гетерогенных сетях / Кучерявый Е. А., Самуйлов К. Е. // Электросвязь. – 2018. – № 4. – С. 34–40.

3.6 Stewart, R. TV White Space communications and networks / R. Stewart, D. Crawford, A. Stirling. – WP. Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier, 2018. – 216 pages.

3.7 3GPP TS 36.331 Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification (Release 13).–2018. – 302 p.

3.8 Положення про кваліфікаційну роботу у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. О. Н. Романюк, Р. Р. Обертюх, Т. О. Савчук, Л. П. Громова – Вінниця : ВНТУ, 2015 – 27 с.

3.9 Кухарчук В.В., Ігнатенко О.Г., Обертюх Р.Р. Методичні вказівки до оформлення дипломних проєктів (робіт) для студентів всіх спеціальностей.- В.: ВДТУ, 2002.

3.10 Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проєктах та роботах. Навчальний посібник. – В.: ВДТУ, 2003.

3.11 ДСТУ 3008-2015. Інформація та документація, звіти у сфері науки і техніки.- К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016.

3.12 Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры. Справочник. Под ред. Э.Т.Романьчевой.- М: Радио и связь, 1989.

3.13 Бортник Г.Г., Васильківський М.В. Методичні вказівки до підготовки магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка» усіх форм навчання.- Вінниця:ВНТУ, 2018.- 50 с.

4 ВИКОНАВЕЦЬ

Вінницький національний технічний університет, кафедра телекомунікаційних систем та телебачення, студент групи ТКС-18м Шугайло К.І.

5 ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ МКР

Пропонується виконати дослідження принципів вдосконалення і розвитку бездротових мереж зв'язку на основі застосування гетерогенних когнітивних мереж доступу.

Технічні вимоги, яким повинна відповідати розробка, наступні:

- тривалість обслуговування повідомлень фонового трафіку – 20 мс;
- середній час VHO – 2,6 хв;
- інтенсивність запитів на VHO – 0,5;
- кількість багаторежимних мобільних радіотерміналів – 20;
- доступність радіочастотного спектру – 0,99;
- затримка доступу до каналу – 2 мс;
- геопозиціонування мобільного пристрою - 50 м;
- діапазон робочих частот – від 50 МГц до 60 ГГц;

При розробці бездротових мереж зв'язку слід максимально використовувати стандартне та уніфіковане обладнання гетерогенних когнітивних мереж доступу.

6 ЕТАПИ МКР І ТЕРМІНИ ЇХ ВИКОНАННЯ

№	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Очікувані результати	Звітна документація
		початок	закінчення		
1.	Розробка технічного завдання (ТЗ)	02.09.2019р.	06.09.2019р.	Розроблене ТЗ	Додаток А
2.	Дослідження властивостей гетерогенних когнітивних мереж доступу	09.09.2019р.	13.09.2019р.	Проведений аналіз	Вступ. Розділ 1.

3.	Розробка моделей для аналізу взаємодії абонентського пристрою з гетерогенними когнітивними мережами доступу	16.09.2019р.	04.10.2019р.	Математичні моделі	Розділ 2
4.	Розробка моделей і методів аналізу	07.10.2019р	25.10.2019р.	Розроблений метод	Розділ 3
5.	Особливості використання результатів дослідження гетерогенних когнітивних мереж доступу	28.10.2019р.	08.11.2019р.	Характеристики і параметри	Розділ 4
6.	Аналіз економічної ефективності	11.11.2019р.	15.11.2019р.	Економічна частина МКР	Розділ 5
7.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	18.11.2019р.	22.11.2019р.	Частина ОТ та БНС	Розділ 6
8.	Оформлення пояснювальної записки (ПЗ) та графічної частини	25.11.2019р.	29.11.2019р.	Оформлена документація	ПЗ та графічна частина
9.	Нормоконтроль, попередній захист, рецензування МКР	02.12. 2019р.	06.12.2019р.	Позитивні відзиви	Відзив. рецензія
10.	Захист МКР ЕК		09.12. 2019р.	Позитивний захист	Протокол ЕК

7 ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОРЯДОК РЕАЛІЗАЦІЇ МКР

В результаті виконання роботи будуть розроблені:

- функціональна схема PE3 SDR;
- схема отримання і обробки даних в системі когнітивного радіо;
- функціональна схема організації взаємодії 3GPP і не-3GPP мереж в LTE;
- узагальнена SDL діаграма доступу MMP до ресурсів когнітивної мережі зв'язку IEEE 802.22;

- когнітивна мережу зв'язку з міжсистемним VHO з широкосмугової мережі в когнітивну мережу доступу;
- затримка доступу ММР до каналу в когнітивної мережі зв'язку;
- економічна частина МКР;
- розділ ОП та БНС;
- рекомендації щодо подальшого використання розробленої гетерогенної когнітивної мережі доступу.

Результати, отримані в процесі виконання даної роботи, будуть впроваджені в галузі телекомунікацій:

- Регіональний Центр експлуатації телекомунікаційної мережі України шляхом впровадження когнітивної мережі зв'язку з міжсистемним VHO з широкосмугової мережі в когнітивну мережу доступу;

- ПАТ “Укртелеком” шляхом впровадження гетерогенної когнітивної мережі доступу.

Очікуваний техніко-економічний ефект. При впровадженні результатів досліджень очікується:

- підвищення якості обслуговування користувача без зміни його місця розташування шляхом надання технічної можливості переходу на обслуговування в доступну мережу, рейтинг обслуговування якої для даного типу користувача вищий за рейтинг поточної мережі;

- підтримка безперервності надання послуг на етапі вибору цільової мережі шляхом порівняння допустимої затримки передачі трафіку послуг користувача з часом, який потрібен абонентського пристрою для переходу на обслуговування в обрану мережу;

- запобігання перешкод роботі радіоелектронних засобів первинних користувачів радіочастотного спектру за рахунок оперативного зміни параметрів роботи абонентського пристрою в когнітивній мережі на основі використання знань, фактів і правил логічного висновку.

8 МАТЕРІАЛИ, ЯКІ ПОДАЮТЬ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ ТА ПІД ЧАС ЕТАПІВ

За результатами виконання МКР до ЕК подаються пояснювальна записка, графічна частина МКР, відзив і рецензія.

9 ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ МКР ТА ЇЇ ЕТАПІВ

Поетапно результати виконання МКР розглядаються керівником роботи та обговорюються на засіданні кафедри.

Захист магістерської кваліфікаційної роботи відбувається на відкритому засіданні ЕК.

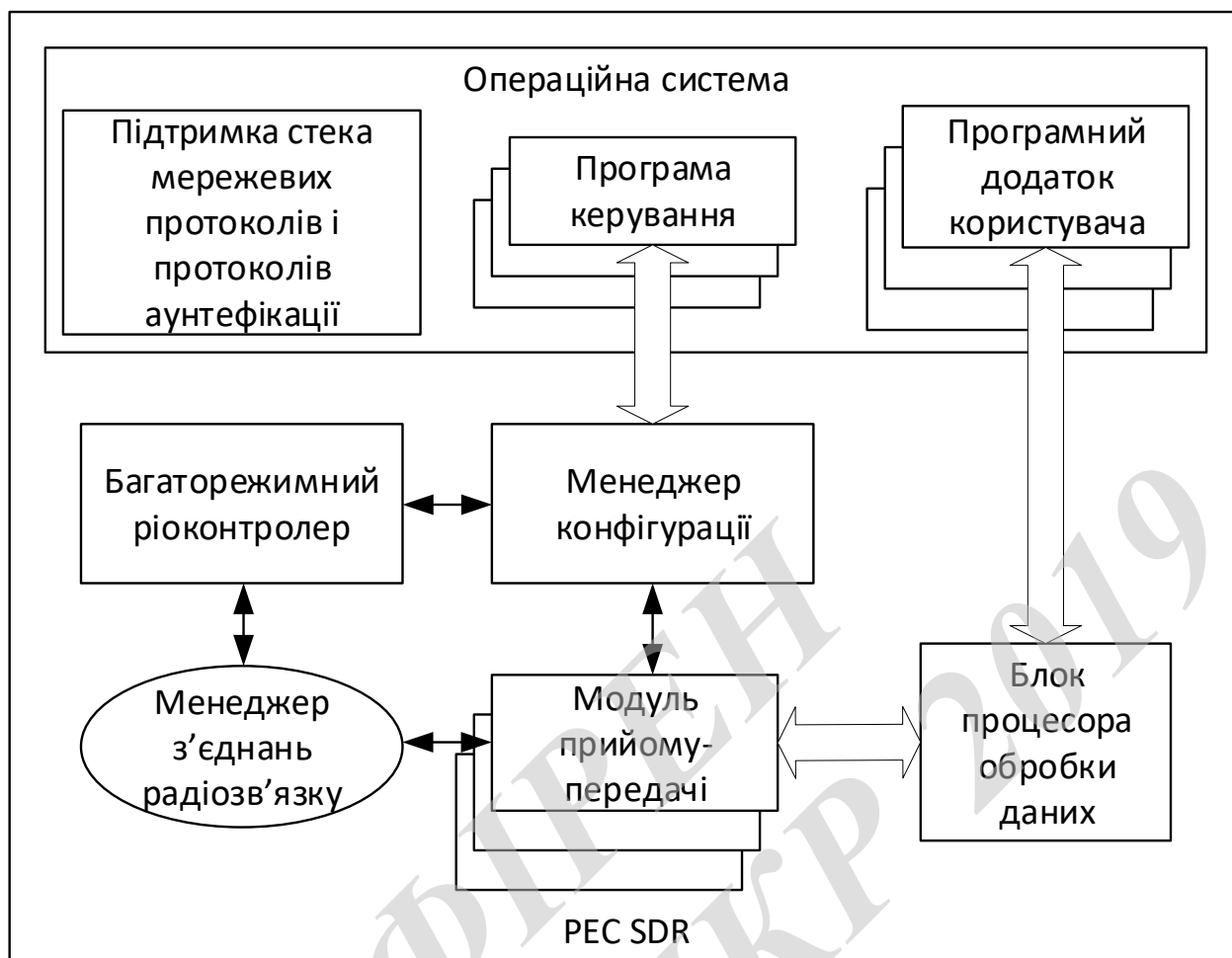
10 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Документація, що розробляється в процесі виконання досліджень повинна містити:

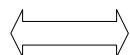
- техніко-економічне обґрунтування розробки;
- функціональну схему РЕЗ SDR;
- схему отримання і обробки даних в системі когнітивного радіо;
- функціональну схему організації взаємодії 3GPP і не-3GPP мереж в LTE;
- когнітивну мережу зв'язку з міжсистемним VHO з широкосмугової мережі в когнітивну мережу доступу;
- економічну частину та розділ БЖД і ЦЗ;
- рекомендації щодо подальшого використання розробленої гетерогенної когнітивної мережі доступу.

11 ВИМОГИ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ З ОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ

У зв'язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з її технічного захисту не передбачаються.



Умовні позначення

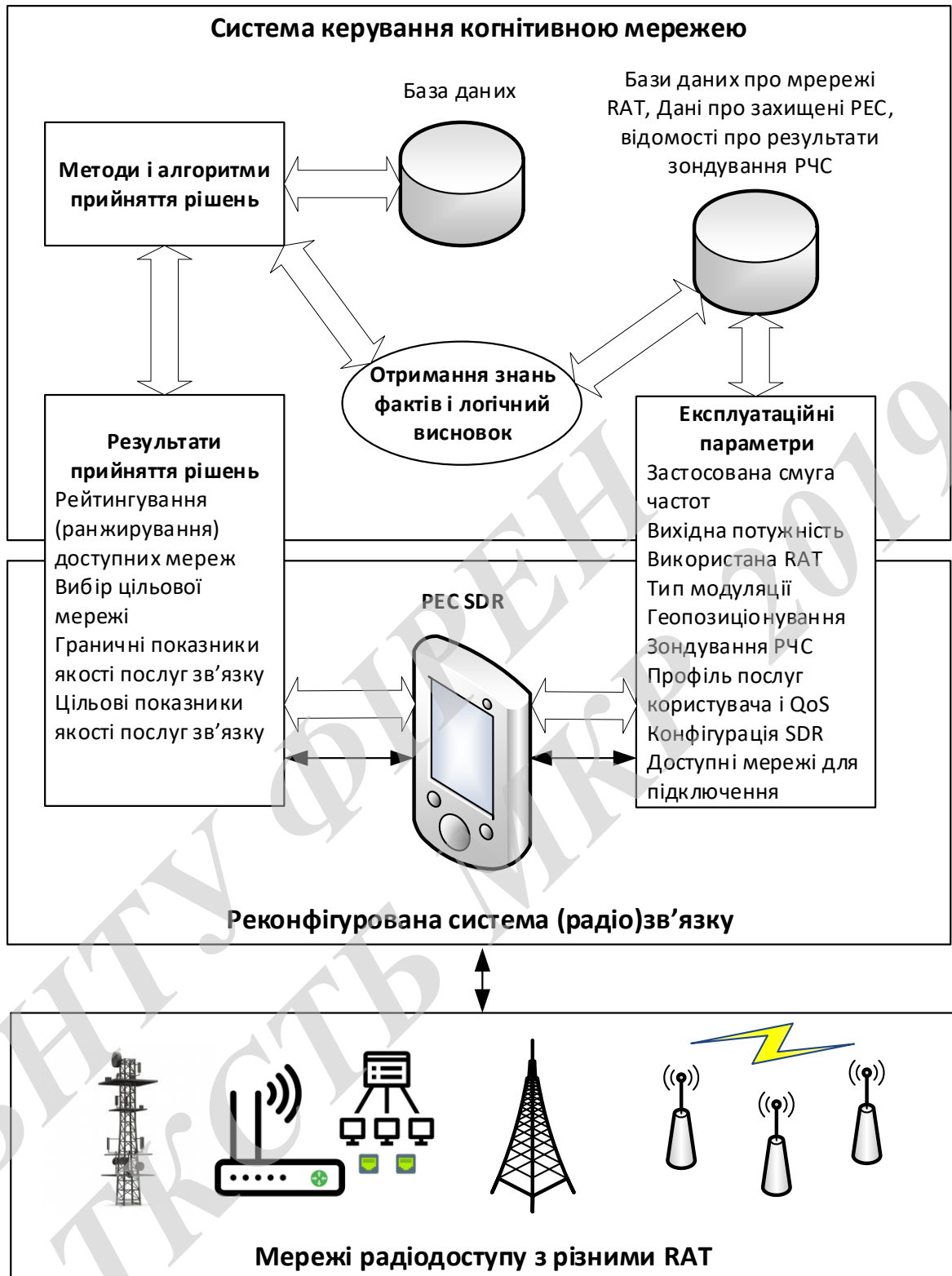


- передача даних

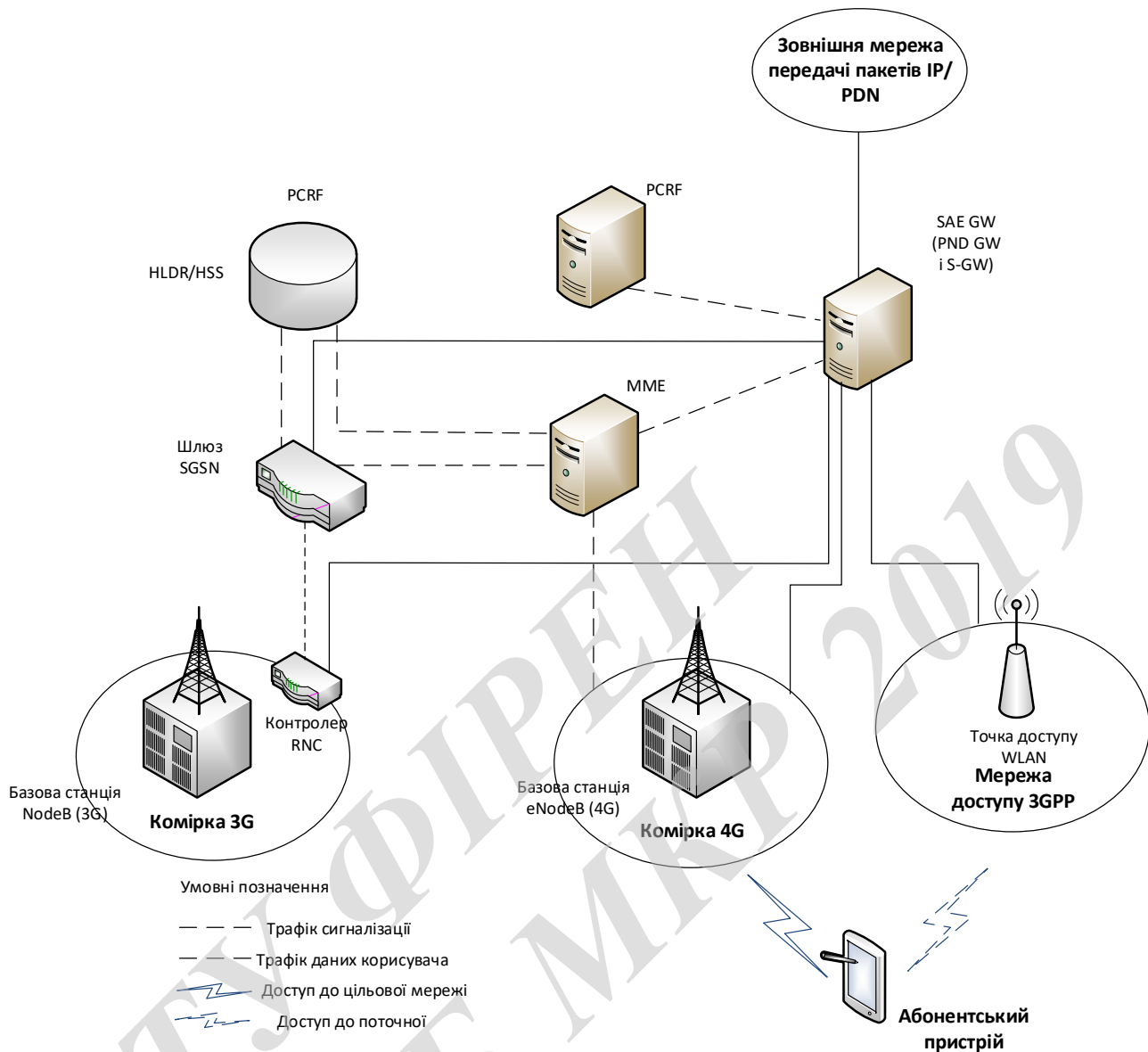


- сигнали керування

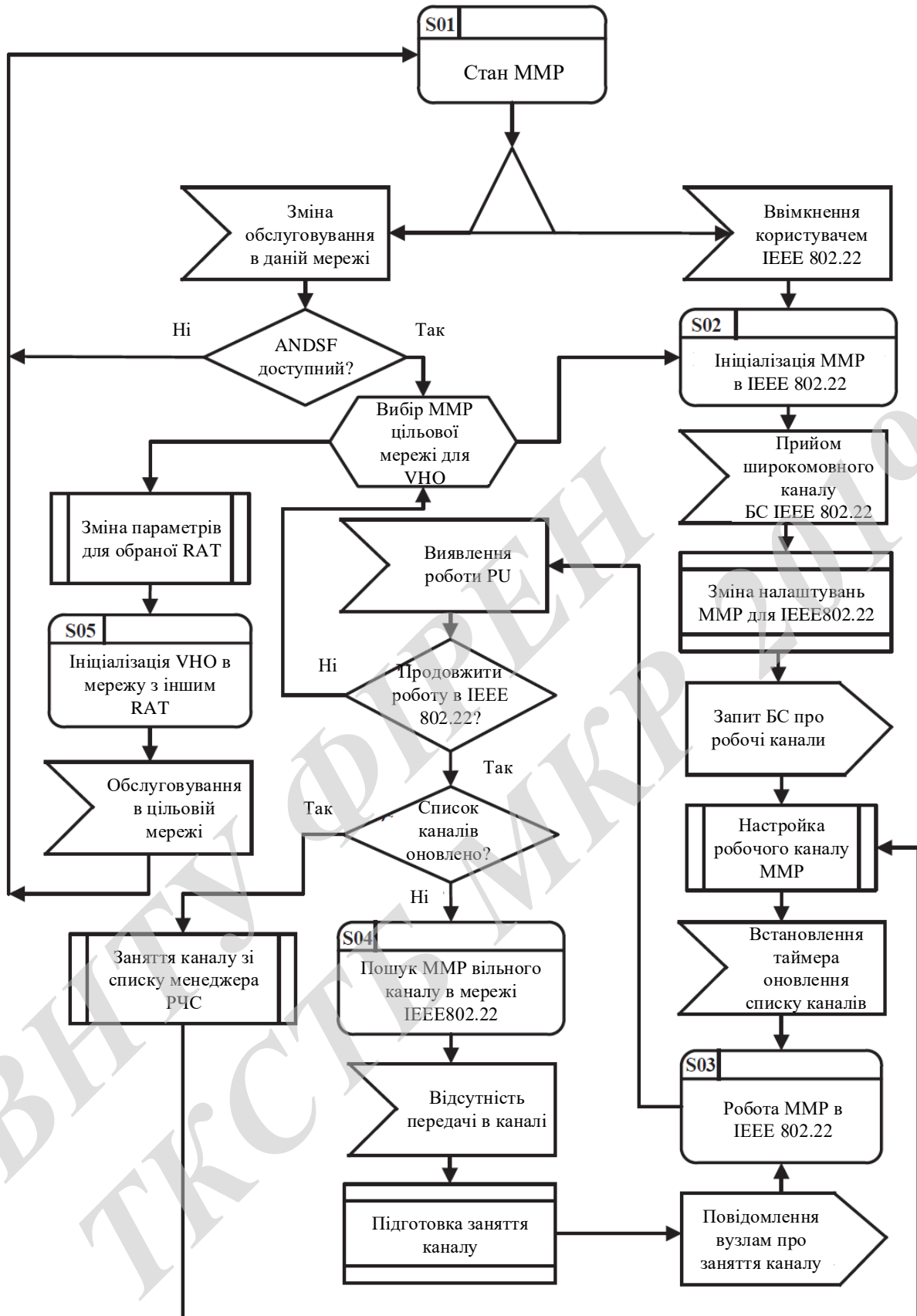
					08-34. МКР.011.00.000 Е8					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Функціональна схема PE3 SDR					
Розроб.		Шугайло К.І.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Городецька О.С.							1	1
Реценз.								ВНТУ, гр. ТКС-18м		
Н. Контр.		Городецька О.С.								
Затверд.		Бортник Г.Г.								



					08-34. МКР.011.00.000 Е8			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Схема отримання і обробки даних в системі когнітивного радіо			
Розроб.		Шугайло К.І.						
Перевір.		Городецька О.С.						
Реценз.								
Н. Контр.		Городецька О.С.						
Затверд.		Бортник Г.Г.			Літ.	Арк.	Аркушів	
							1	1
						ВНТУ, гр. ТКС-18м		



					08-34. МКР.011.00.000 Е8					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Функціональна схема організації взаємодії 3GPP і не-3GPP мереж в LTE					
Розроб.	Шугайло К.І.							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Городецька О.С.								1	1
Реценз.								ВНТУ, гр. ТКС-18м		
Н. Контр.	Городецька О.С.									
Затверд.	Бортник Г.Г.									

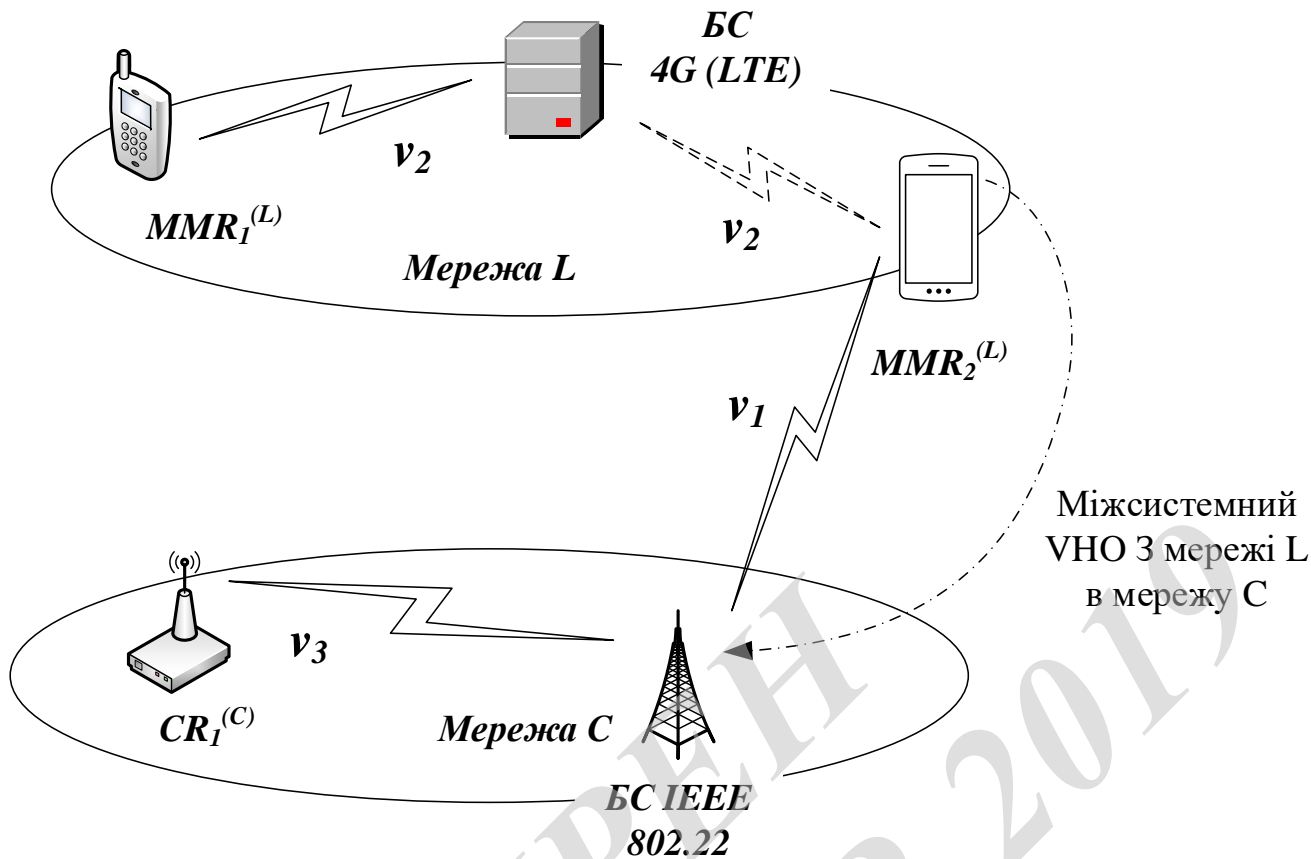




08-34. МКР.011.00.000 Е8

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Шугайло К.І.		
Перевір.		Городецька О.С.		
Реценз.				
Н. Контр.		Городецька О.С.		
Затверд.		Бортник Г.Г.		

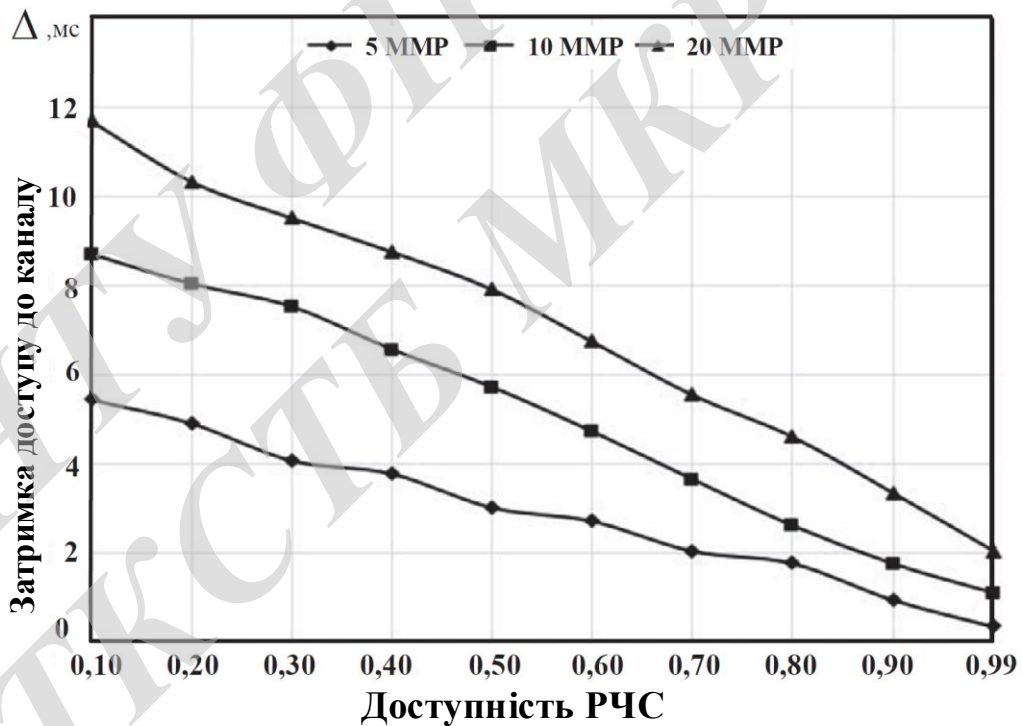
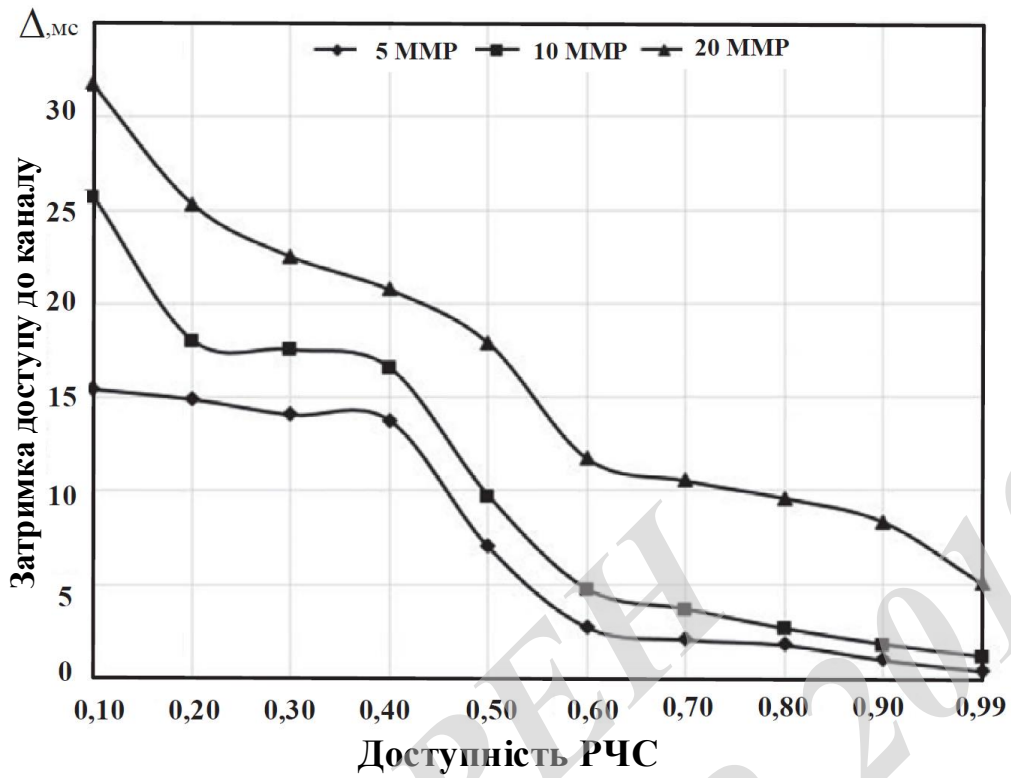
Узагальнена SDL діаграма доступу MMP до ресурсів когнітивної мережі зв'язку IEEE 802.22

Літ.	Арк.	Аркушів
	1	1
ВНТУ, гр. ТКС-18м		



Умовні позначення:  сеанс зв'язку з цільовою мережею
 сеанс зв'язку з поточною мережею

					08-34. МКР.011.00.000 Е8					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Когнітивна мережа зв'язку з міжсистемним ВНО з широкосмугової мережі в когнітивну мережу доступу					
Розроб.	Шугайло К.І.							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Городецька О.С.								1	1
Реценз.								ВНТУ, гр. ТКС-18м		
Н. Контр.	Городецька О.С.									
Затверд.	Бортник Г.Г.									



					08-34. МКР.011.00.000 Е8			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шугайло К.І.			Затримка доступу MMP до каналу в когнітивній мережі зв'язку	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Городецька О.С.					1	1
Реценз.						ВНТУ, гр. ТКС-18м		
Н. Контр.		Городецька О.С.						
Затверд.		Бортник Г.Г.						