

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Модуль передачі та відтворення мультимедіа  
повідомлень для систем рухомого зв'язку  
Назва теми

КвРТР.2019028.01.07 ПЗ

Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

Шифр, назва

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

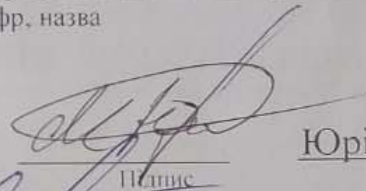
Шифр, назва

Освітня програма «Телекомунікації та інформаційно-комунікаційні технології»

Шифр, назва

Виконав:

студент IV курсу, група ТР1с-19



Юрій МОВЧАН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

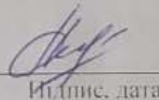
Керівник



Олександр ЯНОВИЦЬКИЙ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер



Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

зав. кафедри автоматизації  
та комп'ютерно-інтегрованих  
технологій



Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«13» червня 2022 р.

Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

Шифр, назва

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

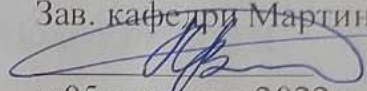
Шифр, назва

Освітня програма «Телекомунікації та інформаційно-комунікаційні технології»

Шифр, назва

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Мартинюк В.В.

  
« 05 » березня 2022 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Юрій МОВЧАН

(Прізвище, ім'я, по батькові студента)

1 Тема проєкту Модуль передачі та відтворення мультимедіа  
повідомлень для систем рухомого зв'язку

керівник проєкту Олександр ЯНОВИЦЬКИЙ, кт.н., доцент  
(Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання)

Затверджено наказом ректора університету від \_\_\_\_\_ 2022 р. № \_\_\_\_\_

2 Строк подання студентом проєкту на кафедру « 1 » 06 2022 р.

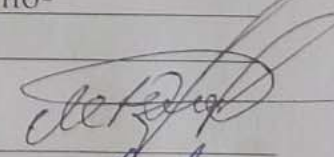
3 Вихідні дані до проєкту

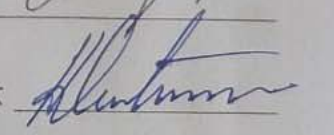
1) Сучасні підходи планування мережі 5G. 2) Дослідження основних  
труднощів побудови мереж 5G. 3) Сучасні підходи планування мережі 5G.

4) Вибір структури майбутньої мережевої архітектури мережі. 5) Вибір  
обладнання для майбутніх станцій 5G

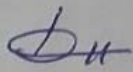
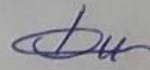

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Вступ. 2. Огляд технології 5G. 3. Планування мережі для надання  
послуг доступу. 4. Розробка принципів побудови інформаційно-  
оповіщувальної системи

Завдання отримав 

Науковий керівник 

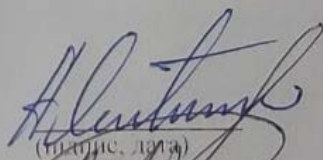
Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Ім'я, ПРІЗВИЩЕ та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Антиплагіат	Микола ФЕДУЛА, к.т.н., доцент		
Нормоконтроль	Людмила КОРЕЦЬКА, к.т.н., доцент		

ПЛАН ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

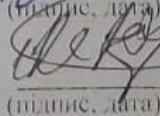
№ п/п	Найменування виду роботи	Форма звітності, термін виконання	Відмітка наукового керівника
1	Вступ	15.02.2022	Виконано
2	Огляд літератури, аналіз доцільності розробки	15.03.2022	Виконано
3	Методи виявлення цілісності мережі	10.04.2022	Виконано
4	Розробка схеми електричної принципової та розрахунки	10.05.2022	Виконано
5	Висновки	15.05.2022	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки до КРБ	25.05.2022	Виконано
7	Оформлення презентаційних матеріалів	01.06.2022	Виконано

Науковий керівник

  
(підпис, дата)

Олександр ЯНОВИЦЬКИЙ

Студент

  
(підпис, дата)

Юрій МОВЧАН

Зміст

ВСТУП.....	5
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ 5G.....	7
1.1 Мультимедіа контент в мобільному зв'язку від 3G до 5G.....	7
1.2 Основні організації, що стандартизують, п'ятого покоління.....	9
1.3 Принцип роботи 5G.....	11
1.4 Параметри мереж 5G.....	12
1.5 Частоти, що використовуються для нового стандарту.....	14
1.6 Технології, що використовуються в 5G.....	15
1.7 Сценарії надання послуг мобільного зв'язку в мережах 5G.....	20
1.8 Варіанти застосування технологій для передачі послуг мультимедіа.....	21
1.9 Архітектура опорної мережі 5G.....	24
1.10 Висновки до першого розділу.....	26
2 ПЛАНУВАННЯ МЕРЕЖІ ДЛЯ НАДАННЯ ПОСЛУГ ДОСТУПУ.....	28
2.1 Характеристика аналогових систем транкінгового радіозв'язку.....	28
2.1.1 Система SmarTrunk (SmarTrunk II).....	28
2.1.2 Система MPT – 1327.....	29
2.1.3 Система LTR.....	29
2.2 Характеристика цифрових систем транкінгового радіозв'язку.....	30
2.2.1 Система EDACS.....	30
2.2.2 Система TETRA.....	32
2.2.3 Система APCO 25.....	35
2.2.4 Система Tetrapol.....	37
2.2.5 Система iDEN.....	40
2.3 Основні параметри протоколів транкінгового радіозв'язку.....	41

КВРТР.2019028.01.07 ПЗ

	№до							
Виконав	Ю. Мовчан	<i>[Signature]</i>	13.06.22	Модуль передачі та відтворення мультимедіа повідомлень для систем рухомого зв'язку Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів	
Перевір.	О.К. Яновицький	<i>[Signature]</i>	13.06.22		Ч	2		
Т. Контр.	А.О. Корчинос	<i>[Signature]</i>	13.06.22		ТР1С-19, ФІТ, ХНУ			
Затвер.	В.В. Мартинюк	<i>[Signature]</i>	13.06.22					

2.6	Ключові завдання під час моделювання мережі.....	47
2.7	Сучасні підходи до планування мереж 5G .....	48
2.8	Основні переваги технологій Radio Dot та 5G LampSite .....	50
2.9	Загальна характеристика процесу оповіщення .....	50
2.10	Можливість кодування та нумерування вузлів оповіщення .....	51
2.11	Вибір варіанта побудови інформаційно-оповіщувальної системи територіально локалізованого об'єкта та формування вимог до неї.....	52
2.12	Висновки до другого розділу .....	53
3	РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНО-ОПОВІЩУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ.....	55
3.1	Характеристика існуючих методів підвищення вірогідності. Оцінка завадостійких кодів, що використовуються.....	55
3.2	Принципи побудови приймальної частини транкінгової системи.....	63
3.3	Розробка структурної схеми приймальної частини.....	73
3.4	Розробка функціональної схеми декодуючого пристрою. Викладення принципу роботи .....	75
3.5	Висновки до третього розділу .....	76
	ВИСНОВКИ.....	77
	ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78
	ДОДАТКИ.....	79

## ВСТУП

Нині телекомунікаційна мережу характеризується великими можливостями. Стратегічна мета розвитку національної телекомунікаційної інформаційної інфраструктури – це забезпечити країну якісними засобами та послугами зв'язку у необхідному обсязі та за найкращою ціною. Це дозволить створити високоякісні мережі зв'язку, мережу передачі даних, високошвидкісну факсимільну систему, високошвидкісну систему пошуку в базах даних, систему обробки повідомлень та бездротового зв'язку, які забезпечують обмін як голосовий, так і документний обмін даних.

Проблему розгортання мереж у деяких районах країни в основному визначаються низькою щільністю населення (великий розкид цього показника по регіонах) та високим рівнем питомих витрат. Це вимагає використання таких технічних засобів і рішень, як концентратори, пари, системи радіозв'язку з багаторазовим використанням вибраного частотного діапазону, а також використання систем передачі. Всі ці системи мають бути адаптовані до організації мобільного зв'язку.

Поряд із традиційними послугами зв'язку активно впроваджуються нові види послуг: мобільний та супутниковий зв'язок. Одним із способів використання мобільного зв'язку є використання систем бездротового радіодоступу для вирішення локальних проблем розвитку зв'язку.

В даний час смуги частот Sub-6 в основному використовуються в нових системах широкосмугового бездротового бездротового доступу WLL для телефонії, передачі даних і доступу в Інтернет. Технологія LTE була впроваджена в багатьох містах, але вона не дуже ефективна для розвитку технологій, що вимагають надшвидкий інтернет з малими затримками та в місцях масового скупчення людей. Тому організація доступу абонента до мультисервісної мережі на базі 5G має відношення до надання абонентам нових високошвидкісних технологій та нових послуг. Головною особливістю

					<i>КВРТР.2019028.01.07 ПЗ</i>	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		4

сучасного етапу розвитку систем стільникового зв'язку є перехід до систем п'ятого покоління. Перехід на мережі 5G дозволяє нам якісно змінити ситуацію в сфері мобільного зв'язку. Це здебільшого пов'язано з тим, що мережі 5G дозволяють клієнтам надавати широкий спектр нових послуг, які можуть значно збільшити прибутковість операторів, продаж обладнання для БС та смартфонів.

					<i>КВРТР.2019028.01.07 ПЗ</i>	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		5



Технології продовжуватимуть розвиватися до більшої кількості можливостей. З кожним новим поколінням з'являються нові технології, які дозволяють вирішувати нові проблеми. Інтеграція існуючих та нових технологій сприятиме підвищенню якості існуючих користувацьких послуг та появі нових. Перспектива розвитку технології мобільних мереж показано малюнку 1.1.



Рисунок 1.1 – Розвиток мобільних мереж до 2020-2025 року

Системи другого покоління засновані на методі TDMA (множинного доступу з тимчасовим розподілом). Вже 1992-1993 роках. США був розроблений стандарт системи стільникового зв'язку з урахуванням методу CDMA (множинного доступу з кодовим поділом) - стандарт IS-95 (смуга 800 МГц). Він став застосовуватися з 1995 до 1996 року. Був найпоширеніший у Гонконгу, Сполучених Штатах, Південній Кореї та Південній Кореї, а також у Сполучених Штатах використовувався варіант 1900 МГц цього стандарту.

3.5G – HSDPA (високошвидкісна передача пакетних даних від базової станції до мобільного телефону) – це стандарт мобільного зв'язку, який експерти вважають одним із перехідних етапів переходу до технологій мобільного зв'язку четвертого покоління (4G). Максимальна швидкість передачі теоретичних даних за стандартом становить 14,4 Мбіт/с. Практично досяжно у існуючих мережах – приблизно 8 Мбіт/с.

4G – це технологія четвертого покоління для мобільних широкосмугових



інститут телекомунікаційних стандартів, який є членом 3GPP та найбільш активний у розробці стандартів 5G.

IETF (Internet Engineering Task Force) розробляє рішення щодо оновлення IP-протоколу для підтримки віртуалізації мережевих функцій (NFV). Наприклад, IETF розробила технологію Service Function Chaining (SFC), яка поєднує віртуалізовані компоненти архітектури 5G, такі як базові станції, сервісні шлюзи та пакети даних в один маршрут. Це дозволяє динамічно створювати та інтегрувати функції віртуальної мережі (VNF). IETF тісно співпрацює з 3GPP.

ITU (International Telecommunication Union) – це представництво ООН у Женеві, яке стандартизує широкий спектр телекомунікаційних технологій. Зокрема, він координує спільне використання височастотного спектру, зокрема для мереж 5G.

5GPPP (5G Infrastructure Public Private Partnership) вважається одним із провідних партнерів зі стандартизації 5G. Організація поставила амбітні цілі з розробки вимог до мережі 5G, таких як захоплення ємності мережі в 1000 разів, зниження енергоспоживання обладнання на 90%, значне скорочення часу, необхідного для створення нових послуг та послуг, повного та безпечного покриття мережі та незначних затримок при передачі дані та т.д. NGMN (Next Generation Mobile Networks) Alliance. Альянс мобільних мереж наступного покоління стандартує весь спектр рішень 5G. В альянс входять керівники провідних операторів США: AT&T, U.S. Cellular та Verizon.

Крім того, існують галузеві та регіональні організації, такі як 5G Americas, Small Cell Forum, які також роблять значний внесок у розробку та стандартизацію рішень 5G.

Великі оператори зв'язку, такі як AT&T, Verizon та інші, також роблять внесок у розробку стандартів, координуючи свою роботу з ETSI та ITU, але іноді випереджають ці організації. Тому рішення цих операторів часто становлять основу стандартів ETSI та ITU.

					<i>КВРТР.2019028.01.07 ПЗ</i>	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		9



Високочастотний спектр - це те, що більшість людей думають, коли чує про 5G. Високочастотний спектр може пропонувати пікові швидкості до 10 Гбіт/с та має дуже низьку затримку. Основним недоліком високочастотного діапазону є те, що він має низьку зону покриття та погане проникнення у будівлю.

#### 1.4 Параметри мереж 5G

Згідно зі стандартами та специфікаціями розробленими організацією 3GPP були визначені наступні ключові показники для наступного покоління зв'язку:

- Пікова швидкість передачі на лінії вниз (Downlink) 20 Гбіт/с
- Пікова швидкість передачі на лінії вгору (Uplink) 10 Гбіт/с
- Мінімальна затримка у підсистемі радіодоступу для сервісів URLLC – 0,5 мс, для сервісів eMBB – 4 мс;
- максимальна щільність підключених до мережі в міських умовах пристроїв зі світу IoT – 1'000'000 пристроїв/кв.км;
- автономна робота пристроїв зі світу IoT без підзарядки акумулятора протягом 10 років;
- Підтримка мобільності за максимальної швидкості пересування об'єктів 500 км/год.
- Висока енергетична ефективність.
- Безпека здоров'ю людини.

Платформа мережі 5G надає операторам значні переваги, які виявляються головним чином розширенні функціональних можливостей і характеристик мережі, підвищенні задоволеності користувачів (User Experience). На малюнку нижче показано основні параметри мережі IMT2020 (5G) порівняно з показниками IMT-Advanced (4G).

					КВРТР.2019028.01.07 ПЗ	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		11



поверхні може бути кілька десятків або навіть сотень мініатюрних пристроїв (таких як датчики IoT).

Енергоефективність мережі 5G на порядок краща, ніж у мережі попереднього покоління.

Робоча ємність на одиницю площі, тобто швидкість передачі даних на квадратний метр зони покриття мережі, 5G на два порядки вище, ніж у мережі 4G.

### 1.5 Частоти, що використовуються для нового стандарту

Використання 5G передбачається у різних спектрах частоти. Однак у діапазоні Sub-6, є проблеми з доступними вільними частотами. Завдяки використанню низьких частот у мережах 5G можна досягти більшу площу мережі, так само використання низької частоти не потребує великих інвестицій. До того ж вони забезпечують гарне проникнення радіохвиль всередину приміщення, що є дуже важливим фактором для сценарію із застосування світу Інтернету речей. Частоти 700 МГц є важливим для системи зв'язку M2M, розумного міста, розумного будинку. Діапазони 3,4–3,8 ГГц можуть використовуватися для особливо надійного з'єднання таких об'єктів, як самоврядні машини, роботи, промислова автоматизація. Очікується, що в стандарті 5G операторами виділятимуться безперервні смуги частот 300-400 МГц.

Високочастотний спектр необхідний для мереж 5G для досягнення швидкостей передачі даних до 20 Гбіт/с, особливо для надання послуг 3D-відео у форматі UHD, AR/VR, хмарних сервісів для роботи, тактильного Інтернету тощо. для цієї мети розглядається можливість використання діапазонів 24,25-27,5 ГГц і 37-43,5 ГГц.

Специфікації, розроблені 3GPP, визначили нові смуги частот для 5G і поділили їх на два блоки: FR1 (частота до 6 ГГц) і FR2 (частота вище 6 ГГц або). Використання вищої частоти допоможе вирішити проблему, спричинену

					КВРТР.2019028.01.07 ПЗ	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		13

перешкодами в мережі, яких у високому діапазоні набагато менше. Так при використанні високої частоти збільшується і ширина радіоканалу, а отже, і збільшиться швидкість передачі даних. Так передбачається використовувати блоку FR1 ширину радіоканалу до 100 МГц, а блоку FR2 - від 50 до 400 МГц! Так, наприклад, в мережах LTE допускається ширина каналів тільки 1.4, 3, 5, 10, 15 і 20 МГц.

## 1.6 Технології, що використовуються в 5G

Для задоволення постійно зростаючих потреб у бездротовому зв'язку було розроблено стандарт 5G під загальною назвою «Нове радіо 5G». Розробка 5G NR проходила практично з нуля з урахуванням вимог мереж 5G та з використанням кращих технологій. Тому в 5G NR використовується новітня технологія модуляції, формування хвиль і технології радіодоступу (RAT), яка, крім іншого, забезпечує високу швидкість передачі даних і продовжує термін служби батареї для пристроїв 5G.

Основні відмінні риси радіотехнології 5G NR:

Оптимізована технологія OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing - мультиплексування з ортогональним частотним розділенням каналів). Ця технологія вже успішно використовується в 4G/LTE-A. OFDM являє собою комбінацію модуляції та мультиплексування. Як правило, мультиплексування включає незалежні сигнали, що надходять з різних джерел. У OFDM завдання мультиплексування застосовується до окремих сигналів, але ці окремі сигнали є набір з одного основного сигналу.

Найбільш важливою відмінністю технології OFDM від простого поділу радіосигналу по декількох паралельних частотних каналах є ортогональність, що піднесе в груповому спектрі сигналу OFDM.

Фізичне значення ортогональності полягає в тому, щоб змішувати в структурі кожної піднесучої спеціальну мітку унікального числа синусоїдальних коливань сигналу, які відрізняються по фазі на 90 градусів

					<i>КВРТР.2019028.01.07 ПЗ</i>	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		14

(ортогональні функції), дозволяючи демультимплексувати розділяти сигнали піднесучої на основі аналізу цих годинників. частотних діапазонів.

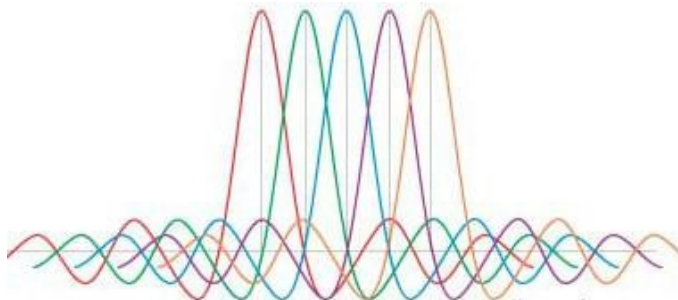


Рисунок 1.3 - Частотні канали, що перекриваються, з ортогональними несучими

Вибір несучих у загальному спектрі звичайного багатоканального сигналу через обмежені технологічні можливості сучасних смугових частотних фільтрів вимагає досить великого частотного поділу несучих, що обмежує збільшення їх кількості в даній смузі частот.

Виділення несучої у груповому спектрі сигналу OFDM під час демультимплексування здійснюється за допомогою ортогональних перетворень сигналу. Це дозволяє перекривати спектри сусідніх піднесучих, що може значно збільшити щільність частот їх розташування у спектрі сигналу та підвищити ефективність використання спектра.

Формування променя (Beamforming). Для зменшення споживання енергії та збільшення дальності використовується технологія формування променя – динамічне формування радіопроменя для конкретного користувача. Базова станція запам'ятовує, звідки надійшов сигнал і коли (не тільки з вашого телефону, але і як відображений перешкоди), і використовує методи триангуляції для розрахунку вашого приблизного розташування, а потім створює оптимальний шлях проходження сигналу. Однак необхідність відстежувати положення приймача призводить до невеликих відмінностей для

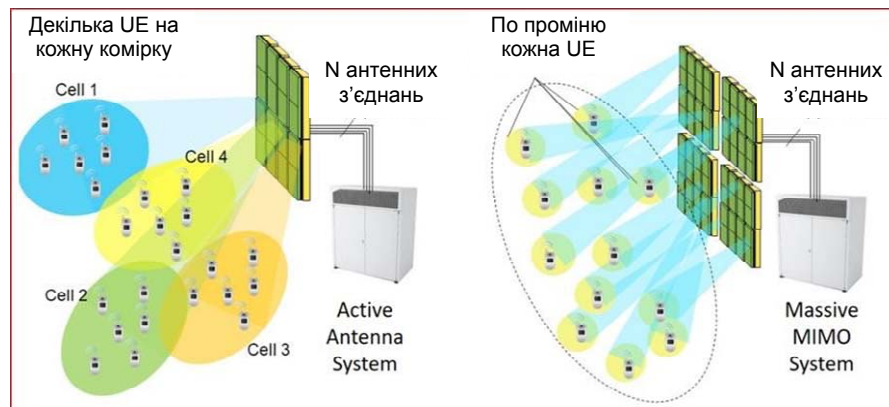
фіксованих та мобільних випадків використання, що відображається у різних випадках використання [2].



Рисунок 1.4 – Формування променів Beamforming.

MIMO (Multiple Input Multiple Output). MIMO - метод просторового кодування сигналу, який дозволяє збільшити ширину смуги каналу, який вже застосовується в мережах Wi-Fi і 4G, значно покращився в 5G, особливо в розрахованому на багато користувачів MU-MIMO (Multi-User-MIMO) в 5G Базові станції gNB, антени складаються з матриці випромінюючих вузлів. Це дозволяє підвищити рівень сигналу для конкретного користувача, мінімізуючи вплив сигналу інших користувачів[4].

Генерація променя з використанням антен MIMO вже давно не нова технологія і вже існує на ринку з такими осередками, як AAS (Active Antenna System). Встановлені на базовій станції антени AAS MIMO ділять зону покриття на комірки, рахунок цього збільшується ефективність використання діапазону, як і кількість каналів. Однак нинішні перевантажені мережі потребують динамічної генерації цифрових променів для більш ефективного використання спектра.



Малюнок 1.5 – 2D MIMO антена (ліворуч) та Massive MIMO антена (праворуч)

Використання антен MIMO в міліметровому діапазоні FR2 стає більш актуальними, тому що міліметрові радіохвилі мають гарну спрямованість завдяки збільшеній кількості антенних вузлів на антену [5]. Набір таких антенних вузлів (256 або більше) може бути об'єднаний в масивну антену MIMO. Керуючи фазою та амплітудою сигналів, така антена може динамічно створювати багато сильних та гострих променів у напрямках конкретних пристроїв.

Технології спільного використання спектра (Spectrum sharing). Багато розподілені спектри радіочастот часто не використовуються ефективно. Для вирішення цієї проблеми було розроблено технології спільного використання спектра.

Уніфікована міжчастотна взаємодія (Unified design across frequencies). Оскільки багато нових частотних діапазонів було додано до 5G NR, важливо забезпечити інтерфейс взаємодії при перемиканні каналів з однієї частоти на іншу при передачі між базовими станціями. У цьому нам допомагає технологія уніфікованої міжчастотної взаємодії.

Маленькі стільники (Small cells). Ущільнення покриття мережі призводить до збільшення кількості базових станцій. Тому було розроблено рішення для малих осередків - рішення, яке дешево, легко встановлюється та

обслуговується за низького енергоспоживання базових станцій. Їх можна повісити на стовпи вуличного освітлення, стіни будинку та інші предмети. Мережа 5G здатна ефективно координувати свою роботу та перерозподіляти навантаження між антенами. У поєднанні з формуванням променя, маленькі осередки можуть забезпечити дуже швидке покриття з низькою затримкою. Малі стільники - включають безліч вузлів - макро базові станції, метросоти, розподілені антенні системи для зовнішніх і внутрішніх мереж (або DAS), малі стільники і багато іншого - всі вони працюють разом у гетерогенній мережі.

5G буде працювати в більш високих частотних діапазонах, тому малі стільники матимуть вирішальне значення на цих частотах, оскільки сигнали не можуть проникати крізь стіни або будівлі, а розмір сот буде мати радіус охоплення менше 500 метрів. Протягом багатьох років на додаток до систем, що використовуються сьогодні для невеликих осередків, можуть виникати перешкоди у мережах 5G. У цьому випадку можна використовувати розподілену антенну систему (DAS) для «закриття» однієї або декількох багатоповерхових будівель базової станції. Невеликі антени з радіоблоками можна встановити практично в будь-якій кімнаті, забезпечуючи якість зв'язку. Єдина інфраструктура базової станції та DAS можуть використовуватись кількома операторами зв'язку одночасно.

Технологія SRS (Sounding Reference Signal) є чудовим доповненням до формування променя. Завдяки їй базова станція може дізнаватися якість каналу через спеціальний пакет, відправлений від пристрою. Більшість пристроїв зазвичай підтримують передачу SRS тільки через свою основну антену, і базова станція може приймати інформацію каналу тільки для цієї антени. Але при використанні технології визначення передаючої антени можна отримати всю інформацію про канал всіх антен пристрою. Отже, базова станція може спрямовувати промінь у напрямку UE у найкращому напрямку. В результаті швидкість передачі UE значно збільшується, а у віддалених та середніх місцях від базової станції збільшуватиметься до + 40%.

					КВРТР.2019028.01.07 ПЗ	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		18

Нарізка сітки або Network Slicing. Ця концепція дозволяє операторам розділити мережу на шари мережі. Кожен шар у своїй буде ізольований друг від друга. Це необхідно для того, щоб мережа 5G можна будувати в залежності від ключових параметрів необхідних для різних сценаріїв застосування. Але привести це в реалізацію можна лише при переході до нового покоління ядра мережі.

### 1.7 Сценарії надання послуг мобільного зв'язку в мережах 5G

Деякі зі згаданих показників, наприклад, пропускна властивість та автономність, не можуть виконуватися одночасно і є взаємовиключними. Але ці показники не повинні виконуватися одночасно одним пристроєм. Ідея полягає в тому, щоб розрізняти різні типи сценаріїв для надання мобільних послуг залежно від ступеня важливості будь-якого параметра. Так, у концепції нарізки мережі фізичну архітектуру 5G можна буде розділити на безліч віртуальних мереж або шарів, кожна з яких призначена для певного варіанта застосування.

Мережа буде поділятися на три сценарії використання:

- eMBB (enhanced Mobile Broadband), надширокосмуговий мобільний зв'язок,
- URLLC (Ultra-Reliable Low Latency Communication), наднадійний зв'язок із низькою затримкою,
- mMTC (Massive Machine-Type Communications), масова машинна взаємодія.

mMTC - це сценарій міжмашинної взаємодії, коли вплив людини мінімальний, а майже всі процеси певною мірою автоматизовані. До таких пристроїв відносяться: лічильник води, газу, електроенергії, контролер вуличного освітлення, датчик місця для паркування та багато іншого зі світу IoT. Для цього сценарію немає необхідності у високих швидкостях та низьких затримках, але є потреба в автономності та підтримки великої кількості

					КВРТР.2019028.01.07 ПЗ	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		19

підключених пристроїв. Це так звані пристрої з низьким енергоспоживанням (LPWA) – прості та досить дешеві пристрої з надзвичайно низьким енергоспоживанням, батареї яких здатні працювати до 10 років. Інтерес операторів мобільного зв'язку полягає в тому, що не потребує великих інвестицій.

5G для URLLC та eMBB. Сценарії URLLC (буде частиною 3GPP версії 16) та eMBB (вже визначені у 3GPP версії 15) знаходяться у зоні відповідальності 5G. Сценарій URLLC, за своєю назвою, означає наднадійний зв'язок із низькою затримкою. А eMBB - це надширокополосне з'єднання, що означає високошвидкісний зв'язок.

### 1.8 Варіанти застосування технологій для передачі послуг мультимедіа

Домашній інтернет Бездротові мережі 5G стануть альтернативою дротовому інтернету у наших квартирах. Якщо раніше кабель заходили у квартиру, то в майбутньому – сигнал передаватиметься від вежі 5G до роутера, який роздаватиме його, як звичайний домашній WiFi. Типовий маршрутизатор 5G забезпечує швидкість завантаження 2-3 Гбіт/с. Так оператори вирішують проблему «останньої милі» та знизять вартість прокладання кабелів.

Місця масового скупчення людей. Одним з основних недоліків використання стільникового зв'язку попередніх поколінь є проблематичне використання мережі в місцях, де багато людей, мережа стає перевантаженою. Але 5G може допомогти вирішити цю проблему, тому ця технологія є важливою для таких сценаріїв. Samsung разом із японським оператором зв'язку KDDI провели тестування з використанням 5G на 30-тисячному стадіоні. Використовуючи тестові планшети 5G, вони змогли одночасно транслювати відео 4K на кілька планшетів.

Транспорт. З'явилася ідея обладнати залізницю 5G з'єднанням для розваг та комфорту пасажирів. Дослідження показало, що для досягнення високошвидкісного безшовного зв'язку необхідно обладнати залізницю

точками доступу на відстані 800 м один від одного. Випробування були успішно проведені потягом під Токіо - вони проводилися компанією Samsung спільно з оператором зв'язку KDDI. Під час тестів була досягнута швидкість 1,7 Гбіт/с, під час тесту було завантажено 8К- та 4К-відео.

Connected car. Основною перевагою є низька затримка, яка дозволяє транспортним засобам зв'язуватися один з одним на швидкості до 500 км/год. На відміну від людей-водіїв, автомобілі можуть нарешті домовлятися про маневри один з одним або з фіксованою інфраструктурою, що підвищує безпеку дорожнього руху. Система також враховуватиме погодні умови. Основними завданнями при використанні підключеного автомобіля є всебічна безпека дорожнього руху та ефективність водіння. На безпеку також можуть розраховувати велосипедисти та пішоходи зі смартфонами 5G. Сервіс заснований на принципі роботи під контролем вбудованого в автомобіль потужного штучного інтелекту. Автомобіль приймає ситуаційне рішення на основі візуальної інформації та радіолокаційних даних (Waymo).

Індустрія 4.0 Найвищі вимоги до затримки та надійності встановлюються при керуванні рухом промислових роботів, де час відгуку не може перевищувати десятки мілісекунд. Наразі це вирішується за допомогою промислового Ethernet. Цілком імовірно, що 5G боротиметься за це місце. Інші програми, такі як зв'язок між промисловими контролерами або оператором-людиною, сенсорними мережами, менш вимогливі. В даний час у більшості цих мереж використовується кабель, тому бездротова мережа 5G є економічно ефективним рішенням, що дозволяє швидко переналаштувати виробництво.

Інтернет речі. По-перше, 5G вирішить проблему з численними та погано підтримуваними стандартами зв'язку Інтернету речей, які нині обмежують розвиток цієї галузі. Хоча в даний час ми маємо датчики, які можуть взаємодіяти один з одним, вони зазвичай вимагають багато ресурсів і швидко виснажують ємність даних LTE. При швидкості 5G та низької затримки IoT житиметься від зв'язку між датчиками та інтелектуальними пристроями. У

порівнянні з сучасними інтелектуальними пристроями на ринку, для пристроїв mMTC потрібно менше ресурсів, оскільки велика кількість цих пристроїв може підключатися до однієї базової станції, що робить їх більш ефективними.

Охорона здоров'я. Наднадійний надійний комунікаційний компонент із малою затримкою (URLLC) у 5G може кардинально змінити охорону здоров'я. Оскільки URLLC ще більше знижує затримку 5G, як ви можете бачити в розширеному мобільному ширококутовому зв'язку, відкривається світ нових можливостей. Найближчими роками ви можете очікувати поліпшення в галузі телемедицини, дистанційного відновлення та фізіотерапії за допомогою AR, точної хірургії та навіть віддаленої хірургії. Лікарні можуть створювати потужні сенсорні мережі для моніторингу пацієнтів, страховики можуть навіть контролювати учасників, щоб визначити правильне лікування та процеси. Відео трансляція. Учасники ринку прогнозують зміщення в такому класичному додатку, наприклад «відеострімінг», праворуч, у бік збільшення швидкості передачі даних без будь-яких особливих вимог до затримки. Головною рушійною силою буде потреба у високоякісному 8K-відео. З появою 5G 4K і навіть 8K відео стане нормою для всіх жителів міста та передмістя, і ще більше уваги буде приділено цій якості у деталях у галузі кіновиробництва/фотографування. 5G відкриває більш високі швидкості та навантаження. Це відкриє двері для застосування міських систем відеоспостереження з інтелектуальним розпізнаванням осіб на всіх континентах. У таких системах де вся обчислювальна частина зі штучним інтелектом знаходиться в мережі, і все, що потрібно від камер відеоспостереження, це зуміти передати на сервер відео належного дозволу.

Sky Office.

На ранніх етапах комерційного розгортання 5G, крім смартфонів, ключовим продуктом 5G, як очікується, буде ноутбук, підключений до Sky Office. Sky Office – це концепція передачі обчислювальної потужності ноутбука у хмару, коли ноутбук оснащений вбудованим модемом 5G. У хмарне сховище

КВРТР.2019028.01.07 ПЗ

Арк.

22

Зм.	№докум.	Підпис	Дата
-----	---------	--------	------

можуть бути поміщені не тільки файли користувача (Cloud Drive), але і такі програми, як MS Office 365 (Cloud Office) або ігрові програмні продукти (Cloud Games). У цій концепції ноутбук просто стає екраном із клавіатурою та камерою.

Віртуальна та доповнена реальність. Промисловість розваг завжди була локомотивом розвитку побутової електроніки. Найвищі вимоги до продуктивності висуваються споживачами ігрових приставок. Найбільш просунутими, але менш поширеними технологіями в ігровому світі є тактильний інтернет (TI) - це передача тактильних відчуттів на будь-якій відстані з мінімальною, майже непомітною затримкою. Назва технології була запропонована у Дрезденському технологічному університеті, де у 2012 році розпочалася робота зі створення роботизованих систем, які можуть передавати почуття дистанційно.

БПЛА (безпілотні літальні апарати) – область, яка потребує малих затримок. Сьогодні ніхто не здивує вас легкими безпілотними роботами різного призначення – від розваг до спеціалізованих безпілотників. З їхньою допомогою вони знімають захоплюючі відео, досліджують околиці, рятують людей, перевозять товари тощо. Але майже всі вони контролюються безпосередньо людиною, яка має прямий бездротовий надійний контакт на неліцензійній частоті.

### 1.9 Архітектура опорної мережі 5G

Особливістю мережевої архітектури 5G і те, що традиційна концепція «мережевої архітектури», заснована на апаратних рішеннях у мережі 5G, не актуальна. Тому 5G часто називають не мережею, а системою або платформою, під якою приймається програмна платформа, а не апаратна платформа. Якщо мережі 1/2/3/4G будувалися з урахуванням апаратних рішень (пристроїв), то платформа 5G будувалася з урахуванням програмних рішень, зокрема

					<i>КВРТР.2019028.01.07 ПЗ</i>	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		23

програмних мереж Defined Network (SDN), і навіть віртуалізації мережевих функцій NFV (Network Function). віртуалізація).

Функції 5G реалізуються у віртуальній мережній функції (VNF), що працюють в інфраструктурі NFV. Різниця між цими схожими за звучаннями концепціями полягає в тому, що VNF – це функція, а NFV – це технологія. З іншого боку, NFV впроваджується в інфраструктуру фізичного центру обробки даних (DC) на основі стандартного комерційного обладнання (COTS). Устаткування COTS містить лише три типи відносно недорогих пристроїв - сервер, комутатор та система зберігання.

Так обладнання традиційних мереж мобільного зв'язку замінюється програмними об'єктами, що працюють у центрах обробки даних на стандартних серверах та віртуальних машинах.

На додаток до віртуальних машин програмні контейнери (containers), а також програмна архітектура мікросервісів будуть використовуватися для реалізації програмних функцій.

Архітектура мережі розподіленого мобільного доступу (D-RAN) у мережах 4G поступово перетворюється на архітектуру централізованої C-RAN (централізованої RAN).

В архітектурі 5G основні мережеві функції реалізовані у центральній хмарі (Cloud RAN) на віртуальних машинах. Важливу роль у розвитку мереж 5G відіграватимуть технологія Edge Cloud, технологія MEC (Mobile Edge Cloud), а також «хмарна хмара» (Fog Cloud)[3].

Віртуалізація мережі на основі NFV/SDN також важлива для дуже корисної мережі 5G: мережної нарізки (Network Slicing).

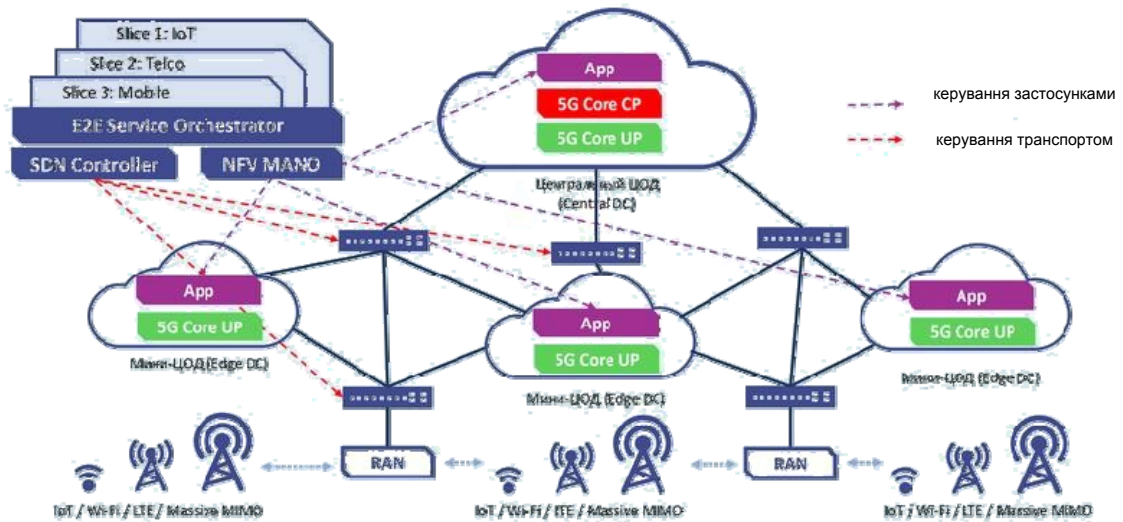


Рисунок 1.6 – Загальна архітектура мережі 5G.

Технологія поділу мережі (Network Slicing) дозволяє на основі єдиного інтегрованого мережного ресурсу виконувати логічний поділ мережі для різних типів послуг 5G, для яких потрібні різні технології радіодоступу RAT з різними властивостями середовища передачі даних. Наприклад таких послуг як:

- Високоякісне відео UHD
- Голосові послуги (5G Voice)
- Інтернет речей із великою кількістю датчиків, сенсорів.

Всі ці послуги, засновані на технології Network Slicing, працюють у єдиній фізичній інфраструктурі центральних та прикордонних хмарних центрів обробки даних, а також у «туманній» інфраструктурі (Fog Computing), яка потрібна для Massive IoT та промислового інтернету речей[7].

Це дозволяє повторно використовувати раніше створену апаратну та програмну інфраструктуру, а також гнучко перерозподіляти наявні у неї ресурси. Крім того, такий підхід дозволяє знизити як інвестиційні витрати на побудову мережі, а й експлуатаційні витрати на її обслуговування.

### 1.10 Висновки до першого розділу

Ключові принципи мережевої архітектури 5G:

Поділ вузлів мережі на елементи, що забезпечують роботу протоколів «площини користувача» (UP), та елементи, що забезпечують роботу протоколів «площини управління» (CP), що значно підвищує гнучкість у плані масштабування та розгортання.

Поділ мережі на основі послуг, що надаються певним групам кінцевих користувачів.

Реалізація мережевих вузлів у режимі віртуальної мережі – VNF (Virtual Network Functions).

Підтримка одночасного доступу до централізованих та локальних сервісів, що дозволяє реалізувати концепції хмарних обчислень (fog computing) та прикордонних обчислень (edge computing).

Визначення конвергентної архітектури, яка поєднує різні типи мереж доступу (AN - Access Network) - 3GPP (NR), а не 3GPP (WiFi і т.д.) з єдиною базовою мережею (CN - Core Network).

Підтримка уніфікованих алгоритмів та процедур аутентифікації (незалежно від типу мережі доступу).

Підтримка мережевих функцій без збереження стану, де обчислювальний ресурс відокремлений ресурсу сховища.

Підтримка роумінгу з маршрутизацією трафіку як через домашню мережу (Home routed), так і з локальною приземленням (Local breakout) у гостьовій мережі (VPLMN).

## 2 ПЛАНУВАННЯ МЕРЕЖІ ДЛЯ НАДАННЯ ПОСЛУГ ДОСТУПУ

2.1 Узагальнена структурна схема мережі стільникового зв'язку стандарту GSM. Призначення окремих підсистем, блоків і пристроїв

Розглянемо основні елементи мережі стільникового мобільного зв'язку (МСМС) і характер їх взаємодії. Схема МСМС стандарту GSM показана на мал. 1.1 [1-3]. Можна виділити чотири основні компоненти - центр управління і обслуговування (Operations and Maintenance Center - *ОМС*) і три підсистеми : підсистема мобільних станцій (*Mobile Station Subsystem - МSSS*); підсистема базових станцій (*Base Station Subsystem - BSS*); підсистема комутації (*Switching Subsystem - SSS*).

Підсистема мобільних станцій об'єднує устаткування, що забезпечує доступ абонентів в систему.

Головною ланкою в архітектурі МСМС є підсистема комутації, яка включає центр комутації рухливого зв'язку (*Mobile Switching Center - MSC*), візитний (гостьовий) реєстр місця (*Visited Location Register - VLR*) розташування, домашній реєстр місця (*Home Location Register - HLR*) розташування, центр аутентифікації (*Authentication Center - АUC*) і реєстр ідентифікації устаткування (*Equipment Identity Register - EIR*) [1, 3].

У підсистему базових станцій входять базові приймально-передавальні станції (*Base Transceiver Station - BTS*) і контролери базових станцій (*Base Station Controller - BSC*).

ЦКПС є автоматичною цифровою телефонною станцією і обслуговує групу сотів, забезпечуючи усі види з'єднань, яких потребує мобільна станція :

- 1) вихід мобільної станції на телефон загального користування;
- 2) вихід на телефон усередині мережі одного оператора;

- 3) дзвінок на телефон цього стандарту іншого оператора;
- 4) дзвінок на мережу іншого стандарту.

					КВРТР.2019028.01.07 ПЗ	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		27





б) при значних переміщеннях здійснюється перехід в інший центр комутації мобільного зв'язку.

У усіх варіантах процедури естафетної передачі вимірюється рівень декількох базових станцій і перемикання на ту базову станцію, де рівень сигналу вищий. Роумінг полягає в наданні послуг мобільному зв'язку клієнтам інших мереж цього стандарту.

Кожен абонент отримує унікальний міжнародний ідентифікатор мобільного устаткування IMEI, а також стандартний змінний модуль достовірності абонента - SIM -карту, в якій міститься: а) міжнародний ідентифікаційний номер IMSI; б) персональний ідентифікаційний номер PIN; в) персональний номер розблокування PUK. IMEI і IMSI не пов'язані один з одним. Це дає можливість використати різні SIM -карты в різних мережах або використати одну SIM -карту в різних терміналах мобільних телефонів.

## 2.2 Характеристика цифрових систем транкінгового радіозв'язку

### 2.2.1 Система TETRA

TETRA являє собою стандарт цифрового транкінгового радіозв'язку (ЦТРЗ), що складається з низки специфікацій, розроблених Європейським територіально локалізований об'єктом телекомунікаційних стандартів ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Стандарт TETRA створювався як єдиний загальноєвропейський цифровий стандарт. Однак в зв'язку з великим інтересом до нього в інших регіонах, територія його дії не обмежується тільки Європою. Так, на сьогодні TETRA розшифровується як наземне транкінгове радіо (Terrestrial Trunked Radio).

TETRA - відкритий стандарт, тобто обладнання різних виробників буде узгоджено працювати. У розробці стандарту приймали участь відомі виробники транкінгових систем, такі як Motorola, Ericsson, Matra та ін.

Поштовхом до розробки стандарту була поява множини потреб користувачів у сфері служб безпеки, підприємств, енергопостачання,

					КВРТР.2019028.01.07 ПЗ	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		30

транспорту, оборони, управління державою, комунальними службами, промисловості, а також серед користувачів суспільних систем радіозв'язку.

Новий стандарт здатний працювати у досить широкому діапазоні частот – від 60 до більш ніж 1000 МГц. За європейськими службами безпеки вже закріплена полоса від 380 до 400 МГц, а для комерційних цілей виділені частоти 410 – 430, 450 – 470, 870 – 876 та 915 – 921 МГц.

У системі закладені можливості індивідуального та групового виклику, групового виклику з підтвердженням, широкомовного виклику. Серед додаткових послуг мережі TETRA – режим прямого виклику, розробці якого було виділено особливу увагу.

Також було передбачено кілька рівнів пріоритету (у тому числі примусове роз'єднання абонентів нижчого рівня пріоритету), режим скороченого набору, завадостійке кодування та декілька рівнів секретності. Крім цього, при з'єднанні можливе ідентифікування абонента та мережі.

З нестандартних особливостей слід відзначити режим "псевдовідкритого" каналу. В цьому режимі розподілення навантаження та ресурсів здійснюється по вимогою абонента та при урахуванні пріоритету, а у "відкритому" каналі відбувається поєднаний розподіл навантаження та ресурсів. TETRA передбачає ще одну нестандартну властивість – дистанційне включення абонентної радіостанції на передачу. (Дистанційне прослуховування у абонента).

TETRA має головний варіант передачі мови і даних - TETRA V+D (Voice and Data ”), а також спеціальний варіант, що підтримує оптимальну передачу даних по пакетному радіоканалу - TETRA PDO (Packet Data Optimized), більш того, в основу системи покладена можливість суміщувати дві радіопослуги - гнучку передачу даних та пейджинг, що до теперішнього часу пропонувались окремими інфраструктурами. Це підвищує гнучкість та економічну життєвластивість системи для операторів мережі, обслуговуючого персоналу, а також привабливість для кінцевого користувача.

					КВРТР.2019028.01.07 ПЗ	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		31

Розробники стандарту вказують, що гамма технологій TETRA V+D та TETRA PDO дозволяє отримати систему з унікальними оперативними характеристиками. [3]

Широкі можливості по передачі даних дозволяють підключати до абонентського інтерфейса різні види термінального обладнання: переносні комп'ютери, пристрої PDA (цифрові асистенти), факси, принтери і т.д. Перехід на „цифру” зменшує вартість послуг для операторів, ціни для операторів та забезпечує доступ у сучасний світ телекомунікацій ( ISDN, DECT, GSM ).

Легко реалізується, наприклад , ідентифікація номера, його переадресація, швидкий набір номера, чекання та утримання виклика.

Системи стандарту TETRA можуть функціонувати в наступних режимах:

- транкінгового зв'язку;
- з відкритим каналом;
- безпосереднього зв'язку.

В режимі транкінгового зв'язку територія, що обслуговується, перекривається зонами дії приймально-передавальних станцій. Стандарт TETRA дозволяє використовувати в системах не тільки розподілений канал керування, так і організувати його узгодження з виділеним частотним каналом управління. При роботі мережі з розподіленим каналом керування службова інформація передається або тільки у контрольному кадрі мультикадра (одному з 18), або ще у спеціально виділеному частотному каналі (одному з 4-х каналів, що організуються на одній частоті). У доповненні до цього, мережа зв'язку може використовувати додатковий виділений частотний канал управління, спеціально призначений для обміну службовою інформацією (при цьому система надає повний обсяг послуг зв'язку) .

У режимі з відкритим каналом група користувачів має можливість встановлювати з'єднання типу "один на декілька пунктів" без будь-якої процедури встановлення режиму. Будь-який абонент, що під'єднався до групи,

може у будь-який момент використати цей канал. У цьому режимі радіостанції працюють у двочастотному симплексі.

У режимі безпосереднього (прямого) зв'язку між терміналами встановлюється дво- чи багато точкові підключення по радіоканалах, що не зв'язані з каналом управління мережею, без передачі сигналів крізь базові приймально-передавальні станції.

В системах стандарту TETRA мобільні станції можуть працювати у так званому режимі „подвійного стеження” (Dual Watch), при якому забезпечується прийом повідомлень від абонентів, що працюють як у режимі транкінгового, так і прямого зв'язку. [4]

Стандарт TETRA забезпечує два рівня безпеки інформації:

- стандартний рівень, що використовує шифрування радіоінтерфейсу (забезпечується ступінь захисту інформації, аналогічний системі стільникового зв'язку GSM);
- високий рівень, при використанні наскрізного шифрування (від джерела до одержувача).

Засоби захисту інтерфейса стандарту TETRA містять механізм аутентифікації абонента та інфраструктури, забезпечення конфіденційності трафіка за рахунок потоку псевдоімен та специфічного шифрування інформації. Визначена додаткова міра захисту інформації забезпечується можливістю переключання інформаційних каналів і каналів управління в процесі ведення сеансу зв'язку. Більш високий рівень захисту інформації є унікальною вимогою спеціальних груп користувачів. [3, 4]

На сьогодні реальні проекти створення великих мереж транкінгового радіозв'язку існують у Великобританії, Фінляндії, Норвегії, Швеції, Данії, Угорщині.

### 2.2.2 Система Tetrapol

Стандарт Tetrapol, специфікації якого були розроблені фірмою Marta Communications у 1994 році, описує цифрову транкінгову систему радіозв'язку

					КВРТР.2019028.01.07 ПЗ	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		33



статусних викликів, підтримка режиму передачі даних про місце розташування об'єкта, що отримується за допомогою приймачів GPS, передача відео зображень.

В стандарті TetraPol передбачені стандартні процедури, що забезпечують стандартний рівень обслуговування абонентів: динамічне перегрупування, аутентифікація абонента, роумінг, пріоритетний виклик, управління передавачем абонента, дистанційна зміна параметрів абонентського радіотерміналу, закладених до нього при програмуванні та інше.

Системи стандарта надають стандартні мережеві процедури та ряд додаткових послуг, що дозволяють ефективно реалізовувати специфічні мережі, разом з наданням сервісних послуг. До таких послуг відносять :

- пріоритет доступу (при перевантаженні каналів);
- пріоритет виклику (за схемою пріоритетів);
- пріоритетне сканування (можливість абонента однієї групи отримувати виклик з будь-якої іншої);
- виклик, санкціонований диспетчером;
- переадресація виклику;
- вибіркоче прослуховування;
- дистанційне прослуховування та ін. [3, 4]

У зв'язку з тим, що стандарт TetraPol орієнтований на задоволення вимог правоохоронних органів, у ньому передбачені різноманітні механізми забезпечення безпеки зв'язку, направлені на запобігання погроз несанкціонованого доступу до системи, прослуховування переговорів, створення навмисних завад. До числа таких механізмів входять :

- алгоритмічна реконфігурація мережі;
- управління доступом до системи;
- наскізне шифрування інформації ;
- аутентифікація абонентів ;
- використання часових ідентифікаторів абонентів;

- імітація активності радіоабонентів;
- дистанційне відключення абонентів ;
- поширення ключів по радіоканалу.

Системи стандарту Tetrapol широко використовуються у Франції. Крім мережі зв'язку RUBIS національної жандармерії, системи Tetrapol експлуатуються французькою поліцією (система Astropole) та службою залізниць (система Iris).

Також стандарт Tetrapol користується популярністю і в країнах Європи. На основі стандарту розгорнуті мережі зв'язку поліції Мадрида та Каталонії, підрозділів безпеки Чехії, служби аеропорта у Франкфурті. Спеціальна мережа зв'язку Matrasom 9600 розгортається і в інтересах Берлінського транспортного підприємства. Радіостанції мережі зв'язку будуть встановлені на більш ніж двох тисячах автобусів цієї компанії. Крім радіомережі буде задіяна функція визначення місця розташування транспортних засобів, тощо. [3]

### 2.2.3 Система iDEN

Технологія iDEN (integrated Digital Enhanced Network) була розроблена компанією Motorola на початку 90-х років. Перша комерційна система на базі цієї технології була розгорнута в США компанією Nextel в 1994 році.

iDEN можна охарактеризувати як корпоративний стандарт з відкритою архітектурою. Так, компанія Motorola зберігає за собою всі права по модифікації системного протоколу та разом з тим, подає ліцензії на вироблення компонентів системи різноманітними виробниками.

Системи iDEN мають можливість надавати послуги телефонного зв'язку по будь-яких напрямках : мобільний абонент- мобільний абонент, мобільний абонент – абонент телефонної мережі загального користування. Телефонний зв'язок повністю напівдуплексний. Абонент системи iDEN в змозі передавати та отримувати на свої термінали текстові повідомлення, а також передавати дані (в комутаційному режимі зі швидкістю 9,6 кбіт/сек, а в пакетному – до 32 кбіт/сек), що забезпечує можливість організації факсимільного зв'язку та

електронної пошти, а також взаємодії з фіксованими мережами, в тому числі з Internet. Пакутий режим передачі даних підтримує протокол TCP/IP.

Система iDEN виконана на базі технологій багато станційного доступу з часовим розподілом каналу.

У стандарті використовується стандартний для Америки та Азії частотний діапазон 805 – 821/855 – 866 МГц. iDEN має найвищу спектральну ефективність серед розглянутих стандартів транкінгового радіозв'язку. Він дозволяє розмістити в 1 МГц до 240 інформаційних каналів. Разом з тим, розміри зон покриття базових станцій в системах iDEN менше, ніж в системах інших стандартів, що пояснюється малою потужністю абонентських терміналів (0.6 Вт – для портативних станцій, та 3 Вт – для мобільних).

Архітектурі системи iDEN властиві риси, характерні як для транкінгових, так і для стільникових систем, що підкреслює орієнтацію iDEN на обслуговування великої кількості абонентів та інтенсивний трафік. При створенні комерційних систем для обслуговування організацій чи підприємств в системі може бути створено до 10000 віртуальних мереж, у кожній з яких може бути до 65500 абонентів, об'єднаних при необхідності в 6255 груп. При цьому кожна група може користуватись всією зоною зв'язку, що забезпечується даною системою.

Перша комерційна система, розгорнута в 1994 році, компанією Nextel, на даний момент є загальнонаціональною і налічує близько 5500 сайтів та 2.7 млн абонентів. В США є інша мережа, оператором якої є компанія Southern Communications. Мережі iDEN розгорнуті також в Канаді, Бразилії, Мексиці, Колумбії, Аргентині, Японії, Сінгапурі, Китаї, Ізраїлі та інших державах. Загальне число абонентів iDEN у світі на сьогодні становить 3 мільйони чоловік. [1, 32]

					КВРТР.2019028.01.07 ПЗ	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		37



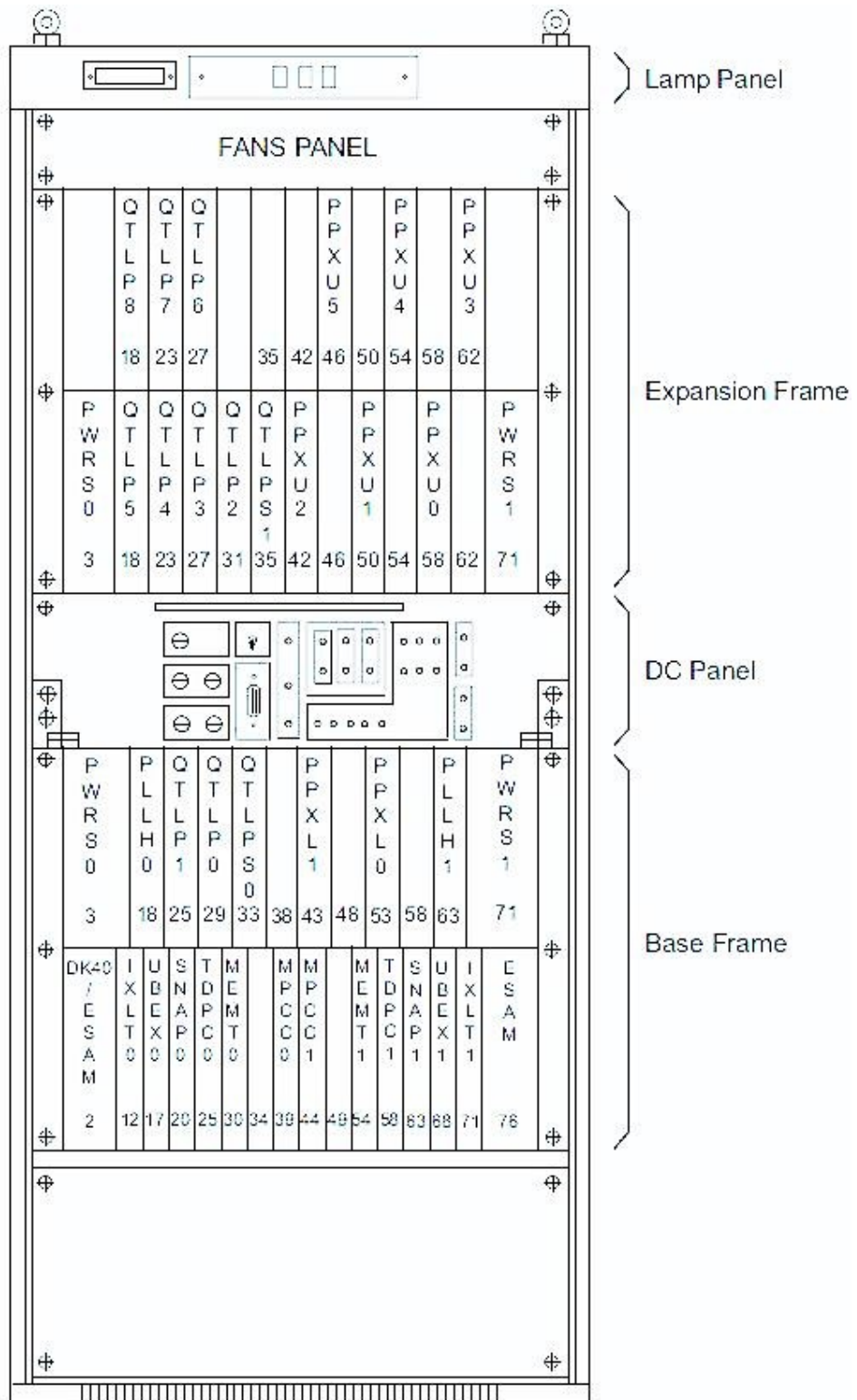


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд контролера базових станцій D900BC





БС, як вже відзначалося, є дуплексний приймач, працюючий в автоматичному режимі, який формує зону обслуговування цієї станції. БС підтримує роботу в наступних частотних діапазонах: GSM 850 (лінія вгору, т. е. діапазон роботи передавачів МС або діапазон роботи приймачів БС - від 824 до 849 МГц; лінія вниз, т. е. діапазон роботи приймачів МС або діапазон роботи передавачів БС - від 869 до 894 МГц); розширений E-GSM 900 (лінія вгору - від 880 до 915 МГц; лінія вниз - від 925 до 896 МГц); GSM 1800 (лінія вгору від 1710 до 1785 МГц; лінія вниз - від 1805 до 1880 МГц); GSM 1900 (лінія вгору - від 1850 до 1910 МГц; лінія вниз - від 1930 до 1990 МГц).

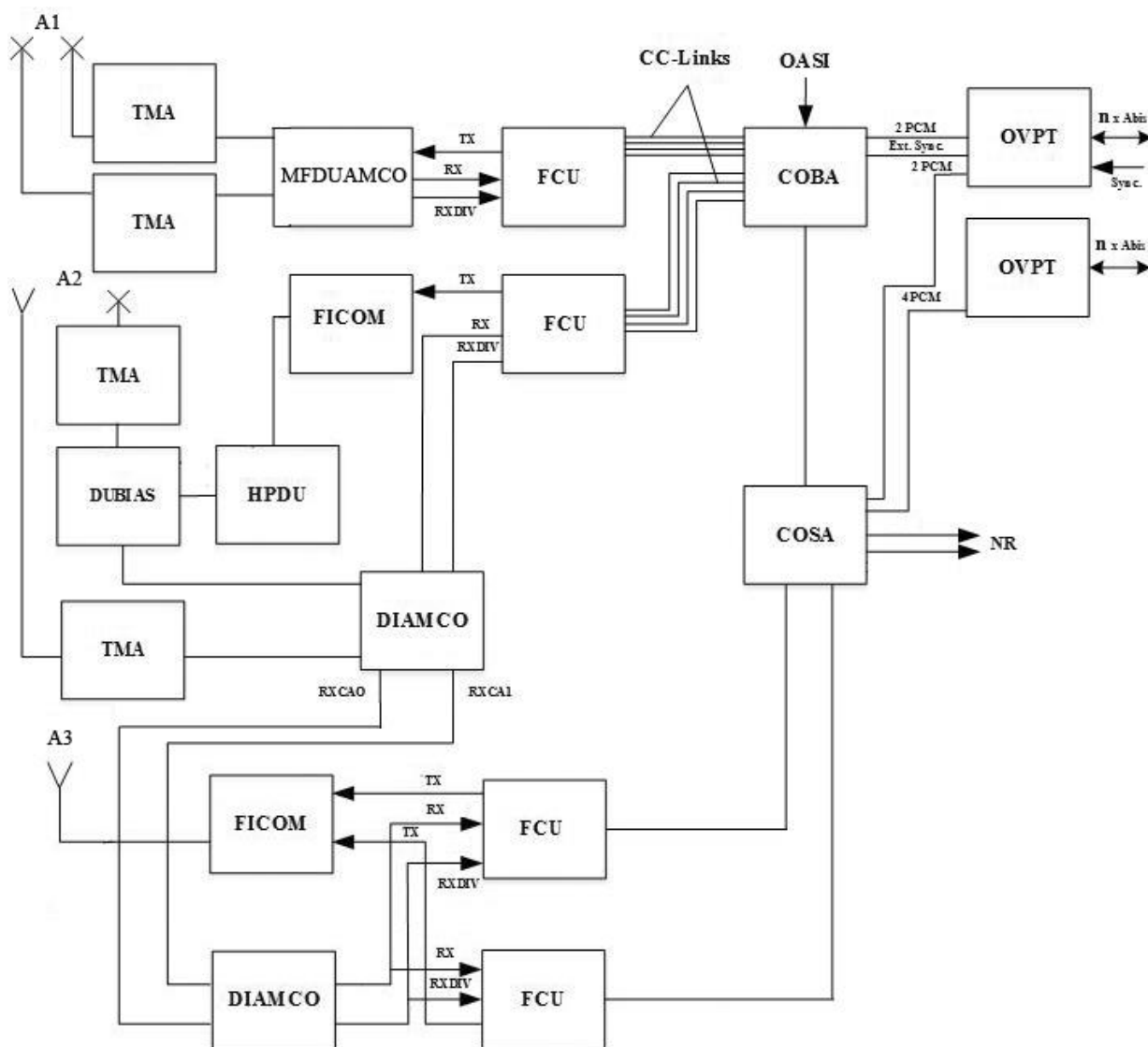


Рисунок 2.4 – Загальна структурна схема базової станції BS - 240 II



програмного забезпечення. На рисунку не показані блоки і облаштування системи електроживлення, а також фільтри, вентилятори, які забезпечують роботу устаткування в складних кліматичних умовах роботи устаткування.

Приймач FCU здійснює прийом і передачу сигналів на частотах, виділених операторові в діапазонах, вказаних раніше. Можливе використання трьох конструктивних варіантів блоків FCU. Блоки типу GCU використовуються в діапазонах 900 і 1800 МГц з гаусом МЧМ (мінімальна частотна маніпуляція, або MSK - Minimal Shift Keying) або (GMSK - Gaussian MSK), при якій закон зміни фази впродовж послідовних повторень хід інтегральної функції гауса розподілу. Використання цього виду модуляції забезпечує плавність зміни фази і частоти, тобто високу міру компактності спектру в порівнянні із стандартною квадратурною відносною фазовою маніпуляцією - ОФМ-4.

Блоки типу ECU використовуються в діапазонах 850, 900, 1800 і 1900 МГц з модуляцією GMSK і додатковою модуляцією ОФМ-8 для технології GPRS. Блоки типу FlexCU також використовуються в діапазонах 850, 900, 1800 і 1900 МГц з модуляціями GMSK і ОФМ-8, проте в одному корпусі цього блоку об'єднані два ідентичні приймачі, що дозволяє створити різні режими роботи устаткування.

Всього відомі близько 17 різних варіантів конструктивного виконання усіх приймачів. Рівень вихідного сигналу передавачів знаходиться в діапазоні від 45,7 до 48,3 дБм (37-68 Вт) в залежності типу FCU, діапазону частот, модуляції і ряду інших чинників.

Устаткування БС має модульну структуру, що полегшує ремонт і обслуговування. Для організації роботи передається інформація управління і конфігурації, а також інформація про стан блоків і аварійної сигналізації. У діапазон зворотного каналу від МС до БС, т. е. у напрямі «вгору» (up - link), приймається радіосигнал від мобільної станції (через антену і тракт антенного

фідера), потім проводиться його демодуляція, розділення його на мовну і сигнальну інформацію, і передача її далі у напрямі контролера базової станції.

У діапазоні прямого каналу, т. е. у напрямі «вниз» (down - link), мова і сигнальна інформація після обробки у блоці процесора далі у вигляді єдиного сигналу передається через тракт антенного фідера і антену на мобільну станцію. БС зазвичай містить декілька секторних антен, хоча можлива установка однієї антени з круговою діаграмою спрямованості. Тракт Антенного фідера складається з коаксіального або оптичного кабелю, ряду додаткових пристроїв, облаштувань захисту від ударів блискавок, щоглових виносних підсилювачів. Щоб запобігти впливу грозового атмосферного розряду на апаратуру, використовуються захисні розрядники і запобіжники. Можлива організація одночасної роботи у вигляді роботи в двох частотних діапазонах, ними є діапазони GSM 850 / GSM 1800; GSM 850 / GSM 1900; GSM 900 / GSM 1800; GSM 900 / GSM 1900. На мал. 1.6 показаний загальний вигляд дводіапазонної антени зі знятим захисним чохлом для базової станції BS - 240 II.

## 2.5 Основні параметри протоколів транкінгового радіозв'язку

Основні параметри систем транкінгового радіозв'язку зведені в таблицю

2.1. [1, 2]

					<i>КВРТР.2019028.01.07 ПЗ</i>	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		45

Таблиця 2.1 – Основні параметри систем транкінгового радіозв'язку

№ п/п	Характеристика стандарту (системи) радіозв'язку	EDACS	TETRA	APCO 25	Tetrapol	iDEN
1	Розробник стандарту	Ericsson (Швеція)	ETSI	APCO	Matra Communication s (Франція)	Motorola
2	Статус стандарту	Корпоративний	Відкритий	Відкритий	Корпоративний	Корпоративний з відкритою архітектурою
3	Можливий діапазон робочих частот, МГц	138-174 403-423 450-470 806-870	Теоретично 150-900 Виділено у Європі для служб суспільної безпеки 380-395/ /390-395	138-174 406-512 746-869	70-520	805-821 855-866
4	Вид модуляції	FM	п/4 –DQPSK	C4FM(12,5 кГц) CQPSK (6,25кГц)	GMSK (BT = 0,25)	M16-QAM
5	Метод мовного кодування та швидкість мово-перетворення	Адаптивне багаторівневе кодування (перетворення 64кбіт/с та компресія до 9,2 кбіт/сек)	CELP (4.8 кбіт/сек)	IMBE (4.8 кбіт/сек)	RPCELP (6 кбіт/сек)	VSELP (7.2 кбіт/сек)
6	Швидкість передачі інформації у каналі , біт/сек	9600	7200 (28800- при передачі 4-х інформаційних каналів по одній фізичній частоті)	9600	8000	9600 (до 32 к при передачі даних у пакетному режимі).
8	Метод розділення каналів зв'язку	Частотне розділення	Часове з використанням частотного у багатозоновій системі	Частотне розділення	Частотне розділення	Часове розділення
10	Можливості шифрування інформації	Стандартний фірмовий алгоритм наскрізного шифрування	1. стандартні алгоритми 2. наскрізне шифрування	4 рівні захисту	1. стандартні алгоритми 2. наскрізне шифрування	Нема відомостей

## 2.6 Ключові завдання під час моделювання мережі

Перед початком розгортання комерційної мережі потрібне велике та ефективне моделювання мережі. Метою моделювання мережі є вирішення наступних ключових завдань:

- Необхідно вирішити задачу частотно-територіального планування, щоб забезпечити мінімальну кількість міжсистемних перешкод, при максимальній зоні обслуговування, забезпечуючи необхідну якість передачі інформації та ЕМС з існуючим радіообладнанням;
- перевірити характеристики наявної мережі;
- оптимізувати методи перетворення та передачі інформації по майбутній мережі;
- Оптимізувати установки пристроїв, що працюють у цій мережі.

Для вирішення вищезгаданих проблем моделювання бездротової мережі необхідні такі вихідні дані:

- карта місцевості, необхідна адекватного описи умов поширення сигналу в аналізованому регіоні під час використання моделі в автоматизованих комп'ютерних системах;
- інформація про розподіл абонентів (трафіку) в оцінюваній області та їх характеристики (питоме Ерлангове навантаження), аналітично визначена або представлена у форматі взаємозамінних картографічних даних;
- технічні характеристики майбутньої мережі (технології передачі та обробки інформації, діапазон частот, необхідний рівень ЗСШ тощо), що залежать від стандарту, що використовується;
- показники майбутнього обладнання;
- координати та технічні характеристики радіообладнання, що працює в регіоні, необхідного для розрахунку показників ЕМС, спроектованих і експлуатованих у цьому регіоні мереж.

## 2.7 Сучасні підходи до планування мереж 5G

Проектування мережі 5G відрізняється від процесів проектування попередніх стандартів. Справа в тому, що обладнання для 5G, а також і сама архітектура мережі значно змінюється. Як говорилося раніше, 5G стає більш віртуальною, ніж апаратною. Тобто навіть процес обробки даних у дата центрі змінюється[6].

Створення максимально можливої зони покриття забезпечуючи необхідну ємність мережі - є основним підходом до проектування мережі наступного покоління на ранніх стадіях розвитку. Ці поставлені завдання найчастіше є суперечливими один одному. Так, наприклад, у місті з щільною забудовою, покриття мережі набагато менше, ніж вони повинні бути, але при цьому зберігається хороша пропускна властивість. А в приміській зоні все навпаки, зона покриття більша і покривають великі території, але пропускна властивість значно нижча.

На сьогодні існує кілька підходів до планування мережі 5G:

1. Планування мережі "з нуля": мережа розгортається в новій області без опори на існуючі мережі (4G). Такі мережі називаються автономними. Такий підхід недоцільний через велику територію країни.

2. Мережа 5G будується поступово з максимальним використанням існуючих 4G мереж (за допомогою модернізації). В цьому випадку доцільно встановити перші базові станції 5G, в місцях, де мережа 4G не справляється з обслуговуванням трафіку і вирішувати проблему не покриття, а насамперед нарощування ємності мережі. З огляду на те, що використання цього підходу вимагає менших інвестицій, це оптимальний вибір для ринку.

3. Мережа 5G будується з використанням інфраструктури існуючої мережі 3G шляхом заміни базових станцій 3G/HSPA (також програмного забезпечення в них) на 5G та відповідно зміцнення транспортної інфраструктури (за допомогою модернізації). Це дороге рішення, яке потребує значних разових інвестицій. Цей варіант також розглядається, оскільки

					<i>КВРТР.2019028.01.07 ПЗ</i>	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		48

важливість мережі 3G знижується з кожним роком, і багато країн оголосили про намір відмовитися від мережі третього покоління.

4. Створення єдиного оператора 5G по всій країні. Його можна створити за підходом 1 або 2, якщо є така можливість та фінансування. Всі діючі оператори мають можливість продавати послуги цього «перевізника». Тут є низка мінусів:

- не готове законодавство;
- не задіяний механізм конкуренції, а отже, собівартість проекту та ціни на його послуги можуть виявитися надто високими;
- немає стимулів до розвитку.

5. Спільне будівництво мереж 5G декількома операторами. Цей підхід означає, що держава видає ліцензії та частоти за умови, що кожна або кілька таких ліцензій призначено для спільного використання двома або більше операторами. Подібні приклади існують там. Цей метод є найбільш ймовірним, тому що інвестиції в цей проект величезні, і цей метод допоможе операторам скоротити витрати втричі.

Проектування мережі включає наступні етапи:

- підготовчий етап, на ньому відбувається збір інформації про заплановану мережу, тобто ємність майбутньої мережі, зона покриття, готуються необхідні ресурси та проводять моделювання.
- номінальне та детальне планування, яке включає вибір та використання різних методів планування. Він включає налаштування моделі розподілу, визначення порогових значень із запланованого ресурсу, створення докладного плану радіомережі на основі порогових значень, перевірку швидкості передачі з більш докладною оцінкою трафіку, налаштування планування, параметри планування gNB;
- визначення ключових показників ефективності та параметрів планування використання параметрів та лічильників gNB, які визначають ефективність ключових показників та цілей на основі постачальника



ефективності управління персоналом. Вона повинна відповідати загальним вимогам, що ставляться безпосередньо до управління та систем зв'язку, що його забезпечують.

Стійкість системи – визначає її властивість до протистояння діям агресивних факторів та забезпечення виконання функцій, покладених на неї.

Неперервність – властивість системи забезпечити надійний постійний зв'язок. Забезпечується застосуванням потужного передавача та достатньою висотою встановлення антени для організації впевненого прийому по всій зоні обслуговування; резервуванням основного обладнання, забезпечення кількох видів доступу у систему.

Скритність – властивість системи сховати від зовнішнього світу зміст інформації, її важливість. Забезпечується введенням обмежень на секретність інформації, що передається використанням технічних рішень, що відповідатимуть даній вимозі.

Оперативність – властивість системи реагувати на швидкі зміни обстановки та діяти відповідно змінам, швидко передавати інформацію. Досягається забезпеченням високої швидкості передачі ( $> 2$ -х кбіт/сек.) та наданням пріоритетів абонентам.

Надійність системи – властивість системи витримувати складні умови використання, протистояти намаганням користувача вивести її з ладу або погіршити її роботу. Тобто під надійністю системи приймається її справна робота і злагоджене функціонування її вузлів протягом великого часу її використання особливо за складних умов військовопрофесійної діяльності. [5]

## 2.10 Можливість кодування та нумерування вузлів оповіщення

Індивідуальний виклик передбачає встановлення двоточкового з'єднання, що комутується, між двома мобільними абонентами (користувачами транкінгової системи) чи між мобільним абонентом і стаціонарним терміналом для обслуговування прямого двостороннього зв'язку.

					<i>КВРТР.2019028.01.07 ПЗ</i>	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		51

Індивідуальний виклик в системах ТРЗ може бути ініційований будь-яким користувачем системи та направлений будь-якому абоненту, зареєстрованим у даній системі під визначеною адресою, включаючи абонентів телефонної стаціонарної мережі, зовнішніх АТС.

Груповий виклик передбачає встановлення багатопунктового двонаправленого з'єднання, що комутується, між стороною, що викликає, та декількома абонентами виклику.

Груповий виклик може ініціюватись або мобільним абонентом, або диспетчером мережі (оператором) за допомогою лінійного терміналу. Для встановлення цього групового з'єднання використовується так званий груповий номер, що присвоюється кожному з членів групи.

Груповий номер мобільному абоненту може бути присвоєний оператором мережі двома способами:

- статично при конфігурації системи;
- динамічно по радіоінтерфейсу при модифікації груп абонентів. [5, 6]

## 2.11 Вибір варіанта побудови інформаційно-оповіщувальної системи територіально локалізованого об'єкта та формування вимог до неї

На основі проведеного аналізу можливостей системи рухомого радіозв'язку, їх переваг та недоліків з великою долею переконання можна стверджувати, що їх застосування у сигнально-інформаційній (оповіщувальній) системі організації у значній мірі підвищить оперативність, надійність цієї системи; а також набуде достатнього зросту її гнучкості, мобільності та швидкості внутрішнього та зовнішнього обміну інформацією.

Так, на основі проведеного аналізу в даній роботі пропонується структура сигнально-інформаційної системи територіально локалізованого об'єкта, що вдосконалена застосуванням засобів рухомого радіозв'язку (на основі використання технологій транкінгу).

					<i>КВРТР.2019028.01.07 ПЗ</i>	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		52

У структурі оповіщувальної (інформаційної) системи територіально локалізованого об'єкту можна виділити такі структурні елементи:

- засоби відправки повідомлень;
- канали зв'язку;
- засоби прийому та опрацювання повідомлень;
- засоби передачі повідомлень;

Внутрішні відправники повідомлень (службовці територіально локалізованого об'єкту) мають змогу відправляти повідомлення з телефонів через внутрішню АТС, з персональних комп'ютерів (ПК), що входять до складу внутрішньої комп'ютерної мережі, та з портативних радіостанцій внутрішньої локальної транкінгової мережі територіально локалізованого об'єкту. Зовні користувачі можуть відправляти повідомлення з радіостанцій транкінгових та стільникових мереж, міської телефонної мережі (за допомогою телефону чи ПК з модемом) та військових мереж зв'язку по телефонних та телеграфних каналах. Усі повідомлення надходять до центру опрацювання повідомлень, який організується у чергового по територіально локалізованого об'єкту та являє собою автоматизоване робоче місце (телефонна гарнітура, ПК зі спеціальним програмним забезпеченням і модемом) та транкінговий термінал, що підключений до пристрою керування базовою станцією (ПКБС), який пов'язаний з кінцевою транкінговою радіостанцією чергового та виходом на гучномовний зв'язок.

ПКБС здійснює управління базовою станцією та забезпечує доступ до зовнішніх мереж, а також використовується для підключення диспетчерських пунктів та терміналів для експлуатаційного та технічного обслуговування.

## 2.12 Висновки до другого розділу

Транкінговий термінал, підключений до ПКБС та призначений для контролю за станом системи, проведення діагностики неполадок, обліку тарифікаційної інформації, внесення змін до бази даних абонентів і т.д.

					<i>КВРТР.2019028.01.07 ПЗ</i>	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		53

До даної сигнально-інформаційної системи буде висуватись два вида вимог:

- загальні вимоги до СТС;
- спеціальні вимоги.

До вимог першої групи, як вже наголошувалось, увійдуть наступні вимоги:

- стійкість;
- неперервність;
- оперативність;
- скритність;
- безпека.

Крім загальних вимог до сигнально-інформаційної системи висуваються і спеціальні вимоги щодо її технічної реалізації. Потрібно вирішити наступні питання:

- забезпечення надійного зв'язку в межах площі розташування об'єкту (радіус зони покриття  $R = 25 - 30$  км);
- забезпечення обслуговування 80 – 100 абонентів на першому етапі розгортання системи та передбачити подальше розширення кількості абонентів до 300 – 600 осіб;
- забезпечення компактності обладнання;
- можливість універсалізації системи для різних служб, та створення загальної мережі транкінгового зв'язку;
- вирішення питання несанкціонованого доступу.

Усім вищенаведеним вимогам відповідає цифровий стандарт TETRA. Основною його перевагами над іншими стандартами є ще й відкритість протоколу. Таким чином з'являється можливість модифікації даного протоколу з метою підвищення завадостійкості передачі інформації. [4, 5]

## 3 РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНО-ОПОВІЩУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

### 3.1 Характеристика існуючих методів підвищення вірогідності. Оцінка завадостійких кодів, що використовуються

В залежності від умов можуть використовуватись декілька методів підвищення вірогідності передачі інформації. Першим і найпростішим є збільшення енергетичного потенціалу сигналу з метою створення значної переваги корисного сигналу над завадою, але його простота призводить до спливання реальних і вагомих недоліків застосування цього методу. По-перше, враховуючи умови розповсюдження радіосигналу, а саме зменшення його амплітуди за законом експоненти від відстані робить його неефективним на великих інтервалах, по-друге енергетичні витрати на передачу такого сигналу досить суттєві, що зменшує час використання системи в автономному режимі (тобто в режимі живлення від внутрішньої акумуляторної батареї) і в наслідок цього всього – недоцільні, по-третє при збільшенні вихідної потужності до певного часу ми маємо деякий результат але сусідні кореспонденти, помітивши погіршення зв'язку в наслідок забивання слабого сигналу потужним, будуть збільшувати потужність свого передавача, що в решті решт неприпустимо із-за вимог до економічності приймальної частини апаратури, так як вона живиться від акумуляторної батареї, а збільшене енергоспоживання не вигідне за довільних обставин. Тому метод підвищення вірогідності за допомогою збільшення вихідної потужності відкидається. [7]

Існує також метод при якому не вводиться надлишкових вузлів в послідовність кодової комбінації, але відбувається декілька разове повторення інформації, так звана мажоритарна обробка сигналу, коли приймається, наприклад три копії сигналу, а потім порівнюється і на основі порівняння приймається рішення про сигнал, що передається. Наприклад, при застосування





визначеному порядку перевірочних вузлів між інформаційними елементами вихідної послідовності.

В залежності від способу введення надлишковості блочні коди можна поділити на дві групи: подільні і неподільні. В подільних кодах інформаційні і перевірочні елементи чітко розмежені і розташовані на визначених позиціях. Процес кодування зводиться до визначення перевірочних вузлів і встановлення їх на визначені позиції. Блочні роздільні коди прийнято позначати двома цифрами  $(n, m)$ , де  $n$  – довжина кодової комбінації,  $m$  – кількість інформаційних вузлів в кодовій комбінації.

В неподільних кодах елементи кодової комбінації не поділяються на інформаційні і перевірочні, що ускладнює процес декодування. До неподільних блочних кодів відносяться коди з постійною вагою і коди Плоткіна. Останні із-за складності процесів кодування і декодування не знайшли широкого застосування.

Широко застосовуються коди з постійною вагою, в комбінаціях яких кількість одиниць однакова. Прикладом є відомий код “3” із “7” МТК-3, семизначний код з постійною вагою 3.

В свою чергу подільні коди поділяються на систематичні і несистематичні. Несистематичні коди представлені тільки кодами Баргера, які називають ще кодами з додаванням. Більшість відомих подільних кодів складають систематичні коди, в яких сума довільних двох комбінацій по модулю 2 дає дозволена комбінацію цього ж коду. Процеси кодування і декодування зводяться до сумування інформаційних і перевірочних вузлів по модулю 2 в різних комбінаціях. До систематичних кодів відносяться коди Хемінга, Голя, Варшамова, Елайеса, Галагера та інші, що відрізняються головним чином правилом визначення вузлів для сумування.

Циклічні коди володіють високою здатністю корегування помилок, а реалізація пристроїв кодування і декодування для таких кодів і простішою ніж для решти систематичних кодів.

					<i>КВРТР.2019028.01.07 ПЗ</i>	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		58

В якості оцінки завадозахищеності корегуючого коду використовують імовірність надходження кодової комбінації з помилками після процесу декодування. Для підрахунку цієї оцінки повинні бути відомі наступні характеристики:

$b_n^i(i)$  – функція помилок, що приймає значення “0” або “1”, і вказує чи виявляється або не виявляється даним кодом  $j$ -й приклад  $i$  кратної помилки;  $j$  приймає значення від 1 до  $C_n^i$ ;  $i$  змінюється від 1 до  $n$ ;

$P_n^i(n)$  – імовірність появи  $j$ -го прикладу  $i$  кратної помилки в дискретному каналі; визначається або в результаті статистичних випробувань, або визначається аналітично, якщо відомий математичний закон розподілу помилок.

Імовірність появи комбінації з помилками на виході декодуючого пристрою дорівнює (1) [7]:

$$P_{\text{пом}} = \sum_i \sum_j b_n^i(i) \cdot P_n^j(i). \quad (3.1)$$

В більшості практичних випадків розрахунки за даною формулою ускладнені. В тих випадках коли імовірності появи помилок визначеної кратності можна вважати рівними, формула спрощується і приймає вигляд [7]:

$$P_{\text{пом}} = \sum_i B_n^i \frac{P(i,n)}{C_n^i}, \quad (3.2)$$

де  $B_n^i = \sum_i b_n^i(i)$  – кількість помилок кратності  $i$ , що не виявляються кодом;

$P(i,n) = \sum_i P_n^i(i)$  – імовірність появи  $i$  кратної помилки в кодовій комбінації довжини  $n$ .

Якщо код виправляє всі помилки кратності  $l^1$  і не виправляє помилок більших кратностей то  $b_n^i = 0$  при  $i \leq l$  та  $B_n^i = C_n^i$  при  $i \geq l + 1$ , тобто імовірність помилки при виправленні дорівнює [7]:

$$P_{\text{пом вип}} = \sum_{i=l+1}^n P(i,n). \quad (3.3)$$

Якщо  $(n, m)$  код з мінімальною кодовою відстанню  $d$  використовується для віднаходження помилок то він візнаходить всі помилки до  $d - 1$  включно а рету не віднаходить, що трансформують передану комбінацію в інші дозволені

комбінації, тобто  $V_n^i = 0$ , при  $i \leq d-1$  і  $V_n^i = A_i$  при  $i \geq d$ , де  $A_i$  кількість комбінацій ваги  $i$ .

Таким чином, імовірність надходження до користувача кодової комбінації з помилкою при їх визначенні [7]:

$$P_{\text{пом виз}} = \sum_{i=d}^n A_i / C_n^i P(i, n). \quad (3.4)$$

Для відношення  $A_i / C_n^i$  можна віднайти приблизне значення з того, що кожній кратності  $i \geq d$  поля зразків помилок, що визначаються складає  $\beta = 1/2^{n-m}$  від загальної кількості можливих. Таким чином [7]:

$$P_{\text{пом виз}} = 1/2^{n-m} \sum_{i=d}^n P(i, n). \quad (3.5)$$

При частковому виправлення помилок кратності до  $l^1$  включно і гарантованому віднайдення помилок кратності до  $d-l^1-1$  імовірність появи помилок на виході декодуючого пристрою дорівнює [7]:

$$P_{\text{пом вв}} = \sum_{i=0}^l C_n^i / 2^{n-m} \sum_{i=d-l}^n P(i, n) \quad (3.6)$$

При проведенні аналізу коду Хемінга з виправленням поодинокі помилки з  $n$  вузлів кодової комбінації формується  $k$  груп вузлів, що підібрані визначеним чином. В кожній групі кількість одиничних вузлів повинна бути парною, для цього в кодуєчому пристрої до інформаційних вузлів додається один перевірочний (збитковий елемент), а в декодуєчому пристрої проводиться перевірка на парність кожної з  $k$  груп прийнятої комбінації. Таким чином загальна кількість перевірочних вузлів як і кількість перевірок дорівнює  $k$ .

Правило побудови коду Хемінга повинно відповідати на три запитання: яка кількість  $k$  при заданій кількості  $m$ ; які елементи кодової комбінації повністю охоплюються кожною з перевірок на парність; на яких позиціях повинні розміщуватись перевірочні елементи.

Значення  $k$  при визначеному  $m$  з абсолютної межі збитковості при підстановці  $l^1 = 1$  (код виправляє поодинокі помилки) [8]:

$$k \geq \log_2 (1+n). \quad (3.7)$$

Так як  $k = n - m$  і  $2^k \geq 1+n$ , то

$$2^m \leq 2^n / 1+n \quad (3.8)$$

Друге запитання. Результати всіх перевірок записуються зправа наліво. Якщо отримується непарне число – записується 1, парне – 0. Якщо в кожному перевірці будуть входити тільки елементи визначені, то при спотворення кодової комбінації двійкове число  $p$  буде вказувати на номер спотвореного елемента.

Ефективність коду Хемінга. Слід врахувати, що коди можуть виправляти поодинокі помилки або визначати подвійні. Імовірність наявності помилок в кодовій комбінації після декодування в режимі виправлення помилок дорівнює (1) [8]:

$$P_{\text{пом вип}} = p (n / 1 + 1)^{1-\alpha} = p (n / 2)^{1-\alpha}, \quad (3.9)$$

а в режимі визначення помилок –

$$P_{\text{пом виз}} = p / 2^{n-m} (n / d)^{1-\alpha} = p / 2^k (n / 3)^{1-\alpha} \quad (3.10)$$

Виграш по вірності в порівнянні з простими кодами тієї ж довжини складає в режимі виправлення:

$$\tau_{iв} = P(\geq 1, n) / P_{\text{пом вип}} = 2^{1-\alpha} = 1...2, \quad (3.11)$$

в режимі визначення:

$$\tau_{iвиз} = P(\geq 1, n) / P_{\text{пом виз}} = 2^k 3^{i-\alpha}. \quad (3.12)$$

Як видно, виграш в режимі виправлення незначний і залежить тільки від показнику групування помилок  $\alpha$ . [6, 7]

В останні роки широке застосування отримали циклічні коди. Поряд з високою ефективністю, технічна реалізація їх достатньо проста. Основна властивість циклічних кодів, що визначає їх назву полягає в тому, що якщо деяка кодова комбінація належить коду то кодова комбінація, отримана внаслідок циклічного зсуву даної теж буде належати даному коду. Так як

циклічні коди відносяться до систематичних, то сума по модулю 2 двох довільних комбінацій утворює дозволена комбінацію того ж коду. Тому найменша кодова відстань в циклічному кодi визначається найменшою вагою його комбінацій, дійсно для отримання найменшої кодової відстані необхідно отримати суму по модулю 2 всіх пар кодових комбінацій і виявити суму з найменшою вагою. Але результат додавання також дає дозволена кодову комбінацію. Завдяки цьому процедура визначення найменшої кодової відстані може бути зведена до простого визначення комбінації з найменшою вагою.

Для більш зручного запису комбінацій циклічного коду застосовується поліноміальний запис кодових комбінацій:

$$F(x) = a_{n-1}x^{n-1} + a_{n-2}x^{n-2} + a_{n-3}x^{n-3} + a_{n-4}x^{n-4} + \dots + a_1x + a_0, \quad (3.13)$$

де  $x$  – основа системи числення (в даному випадку дорівнює 2);

$a$  – цифри системи числення (в даному випадку дорівнюють 0 і 1);

$n$  – довжина кодової комбінації.

Принцип визначення помилок за допомогою циклічних кодів полягає в тому, що в якості дозволених комбінацій використовуються такі, що без залишку діляться на вибраний утворюючий поліном. Якщо ж в результаті передачі в кодовій комбінації утворилась помилка, то в результаті ділення отримується залишок. Суть побудови циклічного коду полягає в тому, що вихідна кодова комбінація спочатку помножується на одночлен  $x^k$ , а потім додається залишок  $R(k)$  від ділення  $F(x)x^k$  на утворюючий поліном. Таким чином, ліквідується залишок і утворюється кодова комбінація.

Корегуюча властивість циклічного коду залежить від кількості членів і ступеню  $k$  утворюючого поліному.

Загальних правил визначення утворюючого поліному для довільних умов немає, однак в конкретних умовах слід використовувати конкретні властивості корегуючих кодів. З теорії кодування відомо, що  $P(x)$  повинен входити в якості співмножника в розклад двучлена  $(x^n + 1)$ , степiнь якого дорiвнює довжині кодової комбінації. В свою чергу  $n$  вибирається з умови:

$$n = 2^e - 1 \quad (3.14)$$

Даний двочлен можна розкласти на неприводимі поліноми, що є дільниками числа  $e$ . Неприводимий поліном це такий поліном, що не ділиться на довільний поліном рівної або меншої степені а тільки сам на себе та на одиницю.[7]

Для оцінки ефективності циклічних кодів виразимо кратність помилок, що гарантовано виправляються і мінімальну кодову відстань через параметри коду.

Використовуючи викладене раніше можна записати:

$$e = \log_2 (n + 1); \quad (3.15)$$

$$l^1 = k/e = (n - m)/\log_2 (n + 1); \quad (3.16)$$

$$d = 2l^1 + 1 = 2(n - m)/\log_2 (n + 1) + 1. \quad (3.17)$$

Вирази з виграшу у порівнянні з простими кодами для режимів виправлення і визначення помилок відповідно матимуть вигляд [7]:

$$\tau_{iB} = P(\geq 1, n) / P_{\text{пом вип}} = ((n - m) / \log_2 (n + 1) + 1)^{1-\alpha}, \quad (3.18)$$

в режимі визначення –

$$\tau_{i\text{виз}} = P(\geq 1, n) / P_{\text{пом виз}} = (2(n - m) / \log_2 (n + 1) + 1)^{1-\alpha}. \quad (3.19)$$

Звідси видно, що циклічні коди значно ефективніші в режимі визначення, ніж виправління помилок. Так при абсолютній збитковості  $k = 7$  так і  $k = 10$  значення  $\tau_{iB}$  і  $\tau_{i\text{виз}}$  білше приблизно в 100 і 1000 разів відповідно.

Таким чином, найдоцільніше використовувати циклічні коди для підвищення вірогідності на приймальній частині апаратури.

### 3.2 Принципи побудови приймальної частини транкінгової системи

В цифрових системах радіозв'язку використовуються спеціальні види модуляції, що відрізняються від аналогових видів. Це викликано як особливостями цифрового сигналу, що дозволяє використовувати більш ефективні функціональні залежності між модулюємим і модулюючим

сигналом, так і необхідністю забезпечення електромагнітної сумісності з іншими системами зв'язку.

Для передачі сигналу по радіоканалу стандарт TETRA пропонує використовувати диференційну квадратурну фазову модуляцію з зсувом фази  $\pi/4$ - міжнародне позначення  $\pi/4$ - DQPSK. Ця модуляція дозволяє формувати компактний спектр радіосигналу з малим рівнем позасмугових випромінювань при високій швидкості передачі інформації і достатній завадозахищеності. Крім того прийом даного сигналу може проводитись на різноманітні види демодуляторів, від найпростішого частотного до когерентних, що важливо при побудові приймачів різних класів. [3]

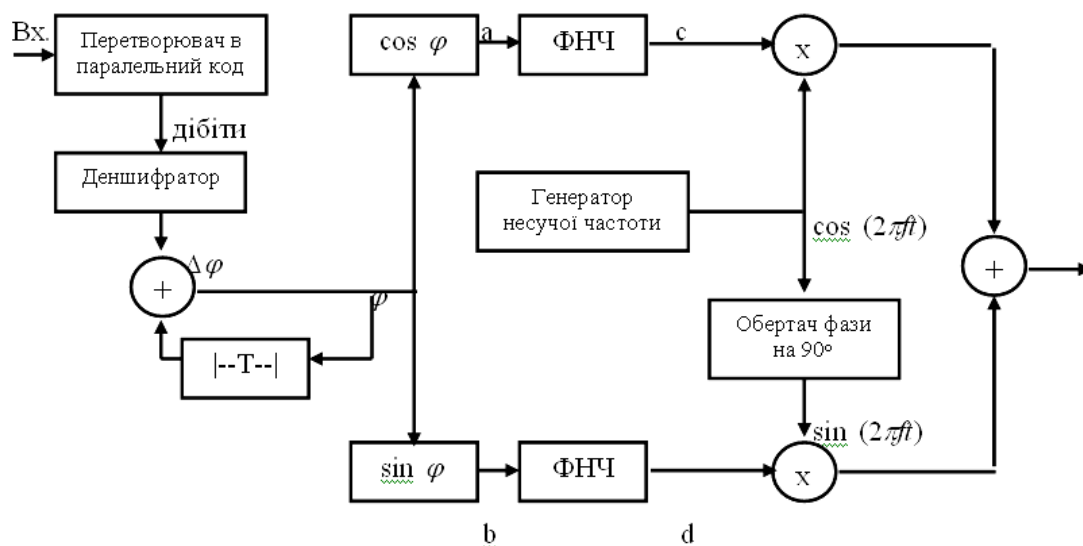


Рисунок 3.2 – Функціональна схема  $\pi/4$ - DQPSK модулятора

Процес передачі можна розглядати на прикладі модулятора зважаючи на те, що процес демодуляції є його дзеркальним відображенням. Напочатку біти, що надходять на вхід об'єднуються попарно в дібіти. На рисунку 3.3 межі дібітів відмічені пунктирними лініями. Кожному дібіту ставиться у відповідність приращення фазового кута  $\Delta\phi$ . Така процедура зменшує швидкість цифрового потоку в двічі, так як два інформаційні біти кодуються

одним значенням фазового кута. Залежність між дібітом і прирощенням фазового кута приведена в таблиці 3.1.

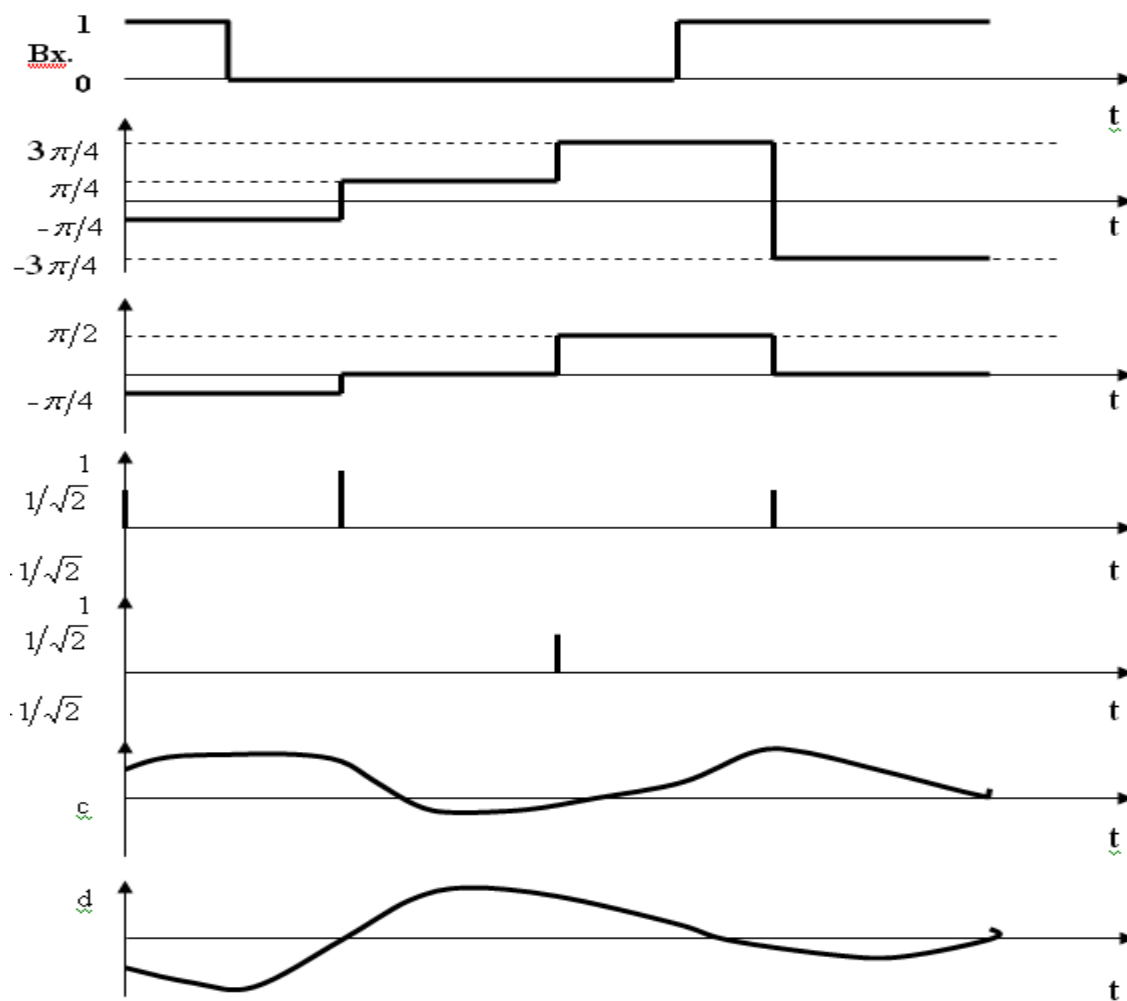


Рисунок 3.3 – Часові діаграми формування сигналу у  $\pi/4$ -DQPSK модуляторі

Таблиця 3.1 – Залежність дібіта від прирощення фазового кута

№ з/с	Дібіт	Приріст фазового кута $\Delta\phi_i$
1	00	$+\pi/4$
2	01	$+3\pi/4$
3	10	$-\pi/4$
4	11	$-3\pi/4$



На рисунку 3.3 показана форма квадратурних компонент без врахування затримки сигналу в ФНЧ. Генератор і обертач фази формують коливання несучої або проміжної частоти  $f_0$ .

З приведених вище пояснень видно, що обробка кожного дібита пов'язана з плавною зміною фази коливання. Швидкість зміни фази можна розглядати як частотну модуляцію. При  $\pi/4$ - DQPSK модуляції можливі дві швидкості зміни фази: велика – при обробці дібітів, що потребують великої зміни фази на  $3\pi/4$ , і менша, на  $\pi/4$ , значення девіації можна знайти за формулою

$$\Delta f = \frac{\Delta\varphi}{2\pi T}, \quad (3.22)$$

де  $T$  – тривалість дібита.

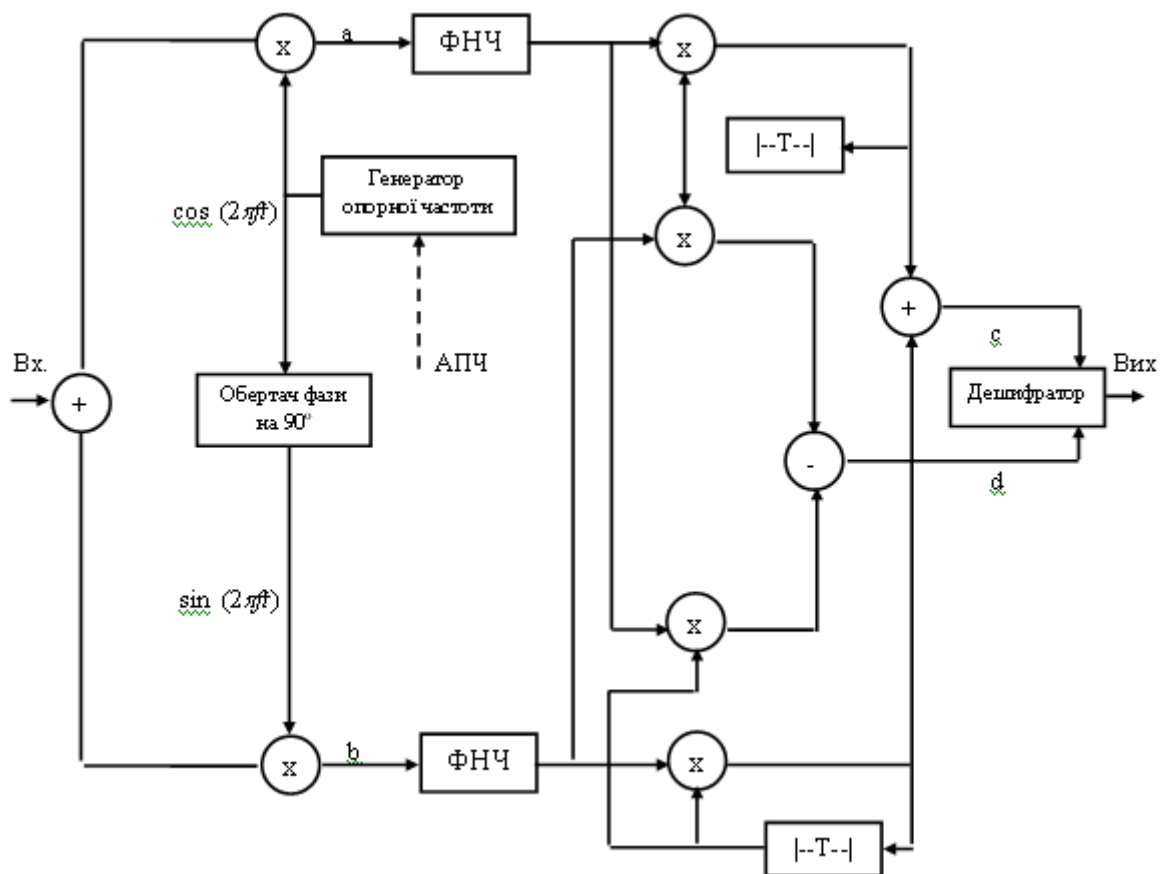


Рисунок 3.5 – Структурна схема  $\pi/4$ - DQPSK модулятора

Підставивши відомі значення:  $T = 1/18$  кГц,  $\Delta\varphi_2 = 3\pi/4$ ,  $\Delta\varphi_1 = \pi/4$ , отримаємо  $\Delta f_1 = 6,75$  кГц,  $\Delta f_2 = 2,25$  кГц. Звідси видно, що при передачі розглянутого вище поля корекції частоти послідовно випромінюється частота на 6,75 кГц вище несучої і на 2,25 кГц вище несучої, і знову на 6,75 кГц вище, що дозволяє при необхідності проводити синхронізацію несучої. Як відзначалось раніше, прийом  $\pi/4$ - DQPSK сигналу може відбуватись на демодуляторах різних типів.

Структурна схема демодулятора  $\pi/4$ -DQPSK сигналу показана на рисунку 3.5. На вхід демодулятора надходить сигнал. Коло, що складається з генератора опорної частоти з автопідстройкою (АПЧ) і обертача фази, формує квадратурні опорні коливання, синхронізовані з несучою частотою сигналу. В точках а і б сигнал поділяється на квадратурні компоненти

$$S_a(t) = A_c(t) \cos[ \varphi_k(t) + \psi ]; \quad S_b(t) = A_s(t) \sin[ \varphi_k(t) + \psi ]; \quad (3.23)$$

де  $\varphi_k(t)$  – фаза коливання при передачі k-го дібіта;

$\psi$  – випадкова початкова фаза опорного коливання.

Далі квадратурні компоненти фільтруються ФНЧ, параметри яких ідентичні формуючим фільтрам передавача.

В диференційному декодері відбувається компенсація початкової фази  $\psi$ , і відновлення відносності прирощення фази на інтервалі дібітів, що приймаються.

Як відзначалось раніше, фільтри відіграють важливу роль в прийомі  $\pi/4$ -DQPSK сигналу. Критерії визначення параметрів цих фільтрів відрізняються від прийнятих в аналогових системах.

ФНЧ призначені для формування максимально вузького спектру в модуляторі і виділення сигналу на фоні шуму в демодуляторі. Відомо, що при звуженні полоси пропускання ФНЧ менш  $1/T_d$  (де  $T_d$  – тривалість дібіта) у вихідному сигналі виникають міжсимвольні спотворення.

Для мінімізації міжсимвольних спотворень використовуються ФНЧ зі спеціальними імпульсними характеристиками, що дозволяють контролювати рівень міжсимвольних спотворень. До таких фільтрів відносяться фільтри Найквіста, імпульсна характеристика яких перетинає нульвий рівень з періодом рівним половині тривалості дібіта а амплітудно-частотна (АЧХ) має нечітку симетрію відносно частоти зрізу по рівню 0,5, при цьому частота зрізу ФНЧ  $f_{0,5} = 1/2T_d$ . Таким чином, незалежно від форми вхідної послідовності в визначені моменти часу з періодичністю дебітів, сигнал відгуку дібіта буде визначатись тільки одним дібітом. Варіанти форми АЧХ показані на рисунку 3.6. Представлені АЧХ характеризуються додатковим параметром  $\alpha$ , що визначає крутизну АЧХ в перехідній області і швидкість затухання бокових пелюсток імпульсної характеристика фільтра. [2, 4]

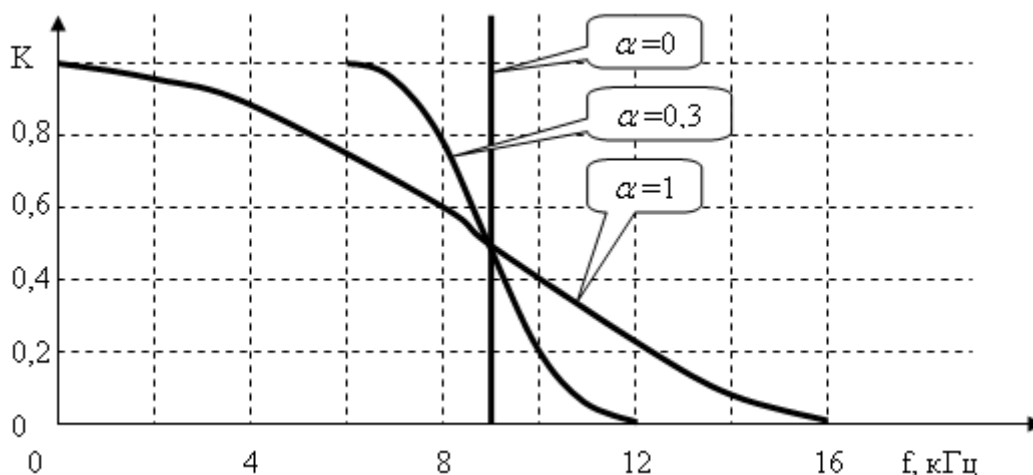


Рисунок 3.6 – Залежність АЧХ фільтрів Найквіста від значення параметру  $\alpha$

Оскільки в тракту модулятора-демодулятора сигнал проходить через два послідовно ввімкнених ФНЧ, то наскрізна АЧХ тракту  $K_T = K_1 \cdot K_2$ , тому для забезпечення необхідної форми наскрізної АЧХ необхідно, щоб  $K_1 = K_2 = \sqrt{K}$ . Стандарт TETRA задає АЧХ ФНЧ виду, що показано на рисунку 3.7. Один фільтр не прибирає міжсимвольні спотворення, але з урахуванням іншого

фільтру в демодуляторі імпульсна характеристика набуває вигляду, що приведений на рисунку 3.8.

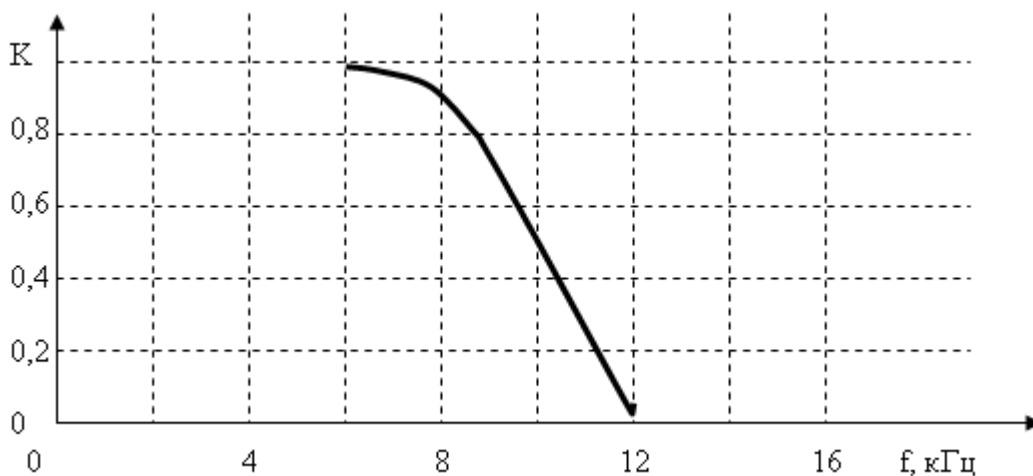


Рисунок 3.7 – Вигляд АЧХ ФНЧ, який використовується стандартом TETRA

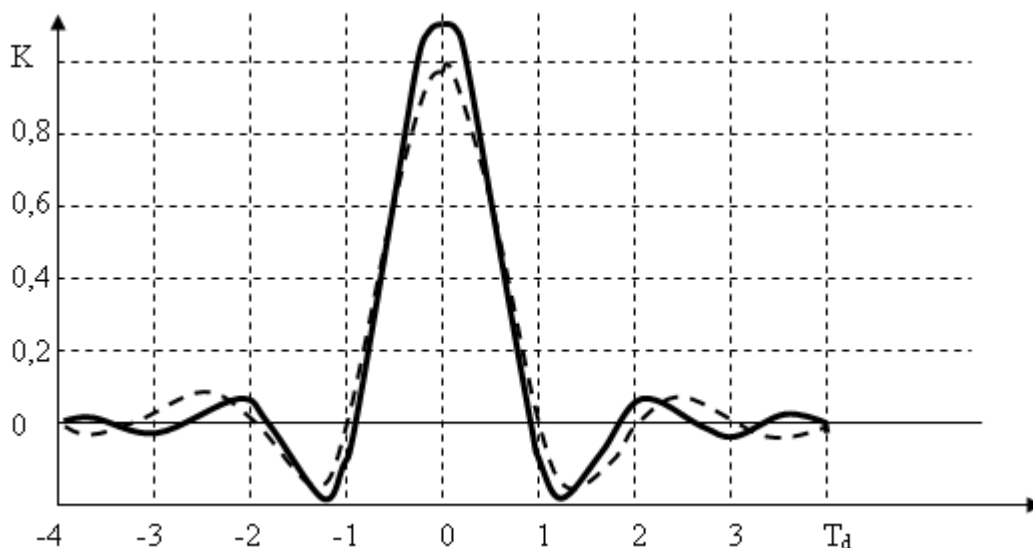


Рисунок 3.8 – Загальна АЧХ фільтрів на приймальній та передавальній частині апаратури

Використання цифрового сигналу для передачі мовних повідомлень вимагає іншого підходу до визначення чутливості цифрових радіостанцій ніж аналогових.

Як правило, якість каналу зв'язку в цифрових системах характеризується імовірністю помилкового прийому на один біт, тобто відношенням помилково прийнятих біт до загальної кількості інформації, що передавалась.

На відміну від аналогового каналу зв'язку в якому якість мови падає приблизно пропорційно відношенню сигнал/завада, в цифровому каналі спостерігається пороговий ефект.

Якість мови на значному проміжку залишається майже сталою але при досягненні порогового значення різко знижується. Це пояснює рисунок 3.9. Пороговий ефект тісно пов'язаний з особливостями перетворення мовного сигналу в цифрову форму, і зазвичай характеризує стійкість алгоритму перетворення мови до помилок в каналі зв'язку. Тому в цифрових системах за чутливість приймають сигнал на вході приймача при якому забезпечується необхідна імовірність помилки на біт. [2, 3]

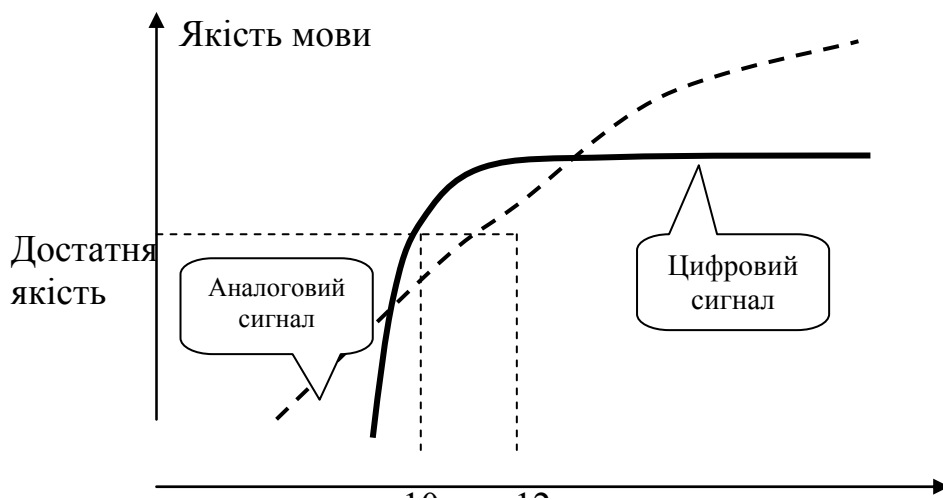


Рисунок 3.9 – Залежність якості передачі мови від відношення сигнал/завада

Випробування показали, що достатня якість мови зберігається при імовірності помилки на біт до 4%. Відносно цього значення при різних умовах розповсюдження сигналу задана чутливість мобільної і базової станції для мовного каналу (Таблиця 3.2) [4].

Таблиця 3.2 – Значення чутливості мобільної і базової станції для мовного каналу

Тип радіостанції	Умови розповсюдження радіосигналу	
	статичні	динамічні
Базова	- 115 дБ	- 106 дБ
Мобільна	- 112 дБ	- 103 дБ

Нарешті, слід розглянути вимоги стандарту до заводо захищеності. Стандарт задає 4 параметри, що визначають заводо захищеність приймачі радіостанцій:

- рівень блокування;
- двосигнальна вибірковість;
- трьохсигнальна вибірковість;
- захисне відношення в суміщеному каналі.

Перші три параметри характеризують можливість роботи приймача поблизу потужних джерел завод. Вочевидь, що вони найбільш важливі для базових станцій, що часто встановлюються поблизу інших радіостанцій.

Захисне відношення в суміщеному каналі використовується при підготовці частотно-територіального плану системи зв'язку. Особливо при побудові багатозонової системи, так як воно характеризує допустимий рівень заводу в каналі зв'язку. Даний параметр незначно залежить від якості апаратури і визначається перед усім системними параметрами: видом модуляції, кодуванням і т.д. В системі зв'язку, що розглядається з врахуванням динамічних умов розповсюдження радіохвиль захисне відношення не гірше 19 дБ.

Номінальний рівень сигналу, для якого специфіковані параметри приймача дорівнює – 85 дБм. Параметри радіоприймача повинні зберігатись при збільшенні вхідного сигналу до – 45 дБм при динамічних умовах розповсюдження, і до – 20 дБм при статичних. [2]

### 3.3 Розробка структурної схеми приймальної частини

Приставаючи до розробки структурної схеми приймальної частини апаратури необхідно визначитись з вимогами, що ставляться до неї, а також з функціями, що повинні виконуватись нею. Перш за все – це вимоги до чутливості, а означає – дальності радіозв'язку та якості прийому.

Виходячи з того, що сигнал на передачу і на прийом проходить через одну антену необхідно розділити його з метою забезпечення приймальної частини від впливу потужного сигналу на передачі. Це можна зробити декількома способами.

Перш за все, необхідно відзначити, що можна розділити сигнали за частотою за допомогою фільтрів. Канали на передачу і на прийом повинні проходити на різних частотах, що не доцільно в умовах насиченості радіочастотного діапазону, та й не дуже застосовно в умовах стандарту TETRA, де для одного каналу виділяється досить вузька частотна смуга. [1]

Після комутації сигналу на прийом він повинен пройти через вузькосмуговий фільтр, який знаходиться в тракці радіочастоти. Даний фільтр необхідний для відсіювання побічних коливань і створення найкращих умов для попереднього підсилення сигналу. Вузькосмуговий фільтр повинен перебувати у стані чергового прийому та налаштованим на канал управління з метою контролю за станом системи, прийому сигналів управління і оперативної реакції на зміну стану, надходження виклику тощо. Фільтр повинен бути перестроюваним (рисунок 3.10) то за допомогою керуючого впливу він повинен управлятись (перестроюватись).

Після виділення сигналу він повинен бути перенесений в іншу частотну область. Це можна виконати за допомогою змішувачів. Необхідно виконувати два перенесення частоти. Після першого за допомогою фільтру відсіяти сусідні канали прийому, що утворюються в результаті додавання і віднімання частот опорного генератора і частоти сигналу. Після другого, за допомогою фільтрів необхідно відсіяти дзеркальні канали прийому.

					КВРТР.2019028.01.07 ПЗ	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		73

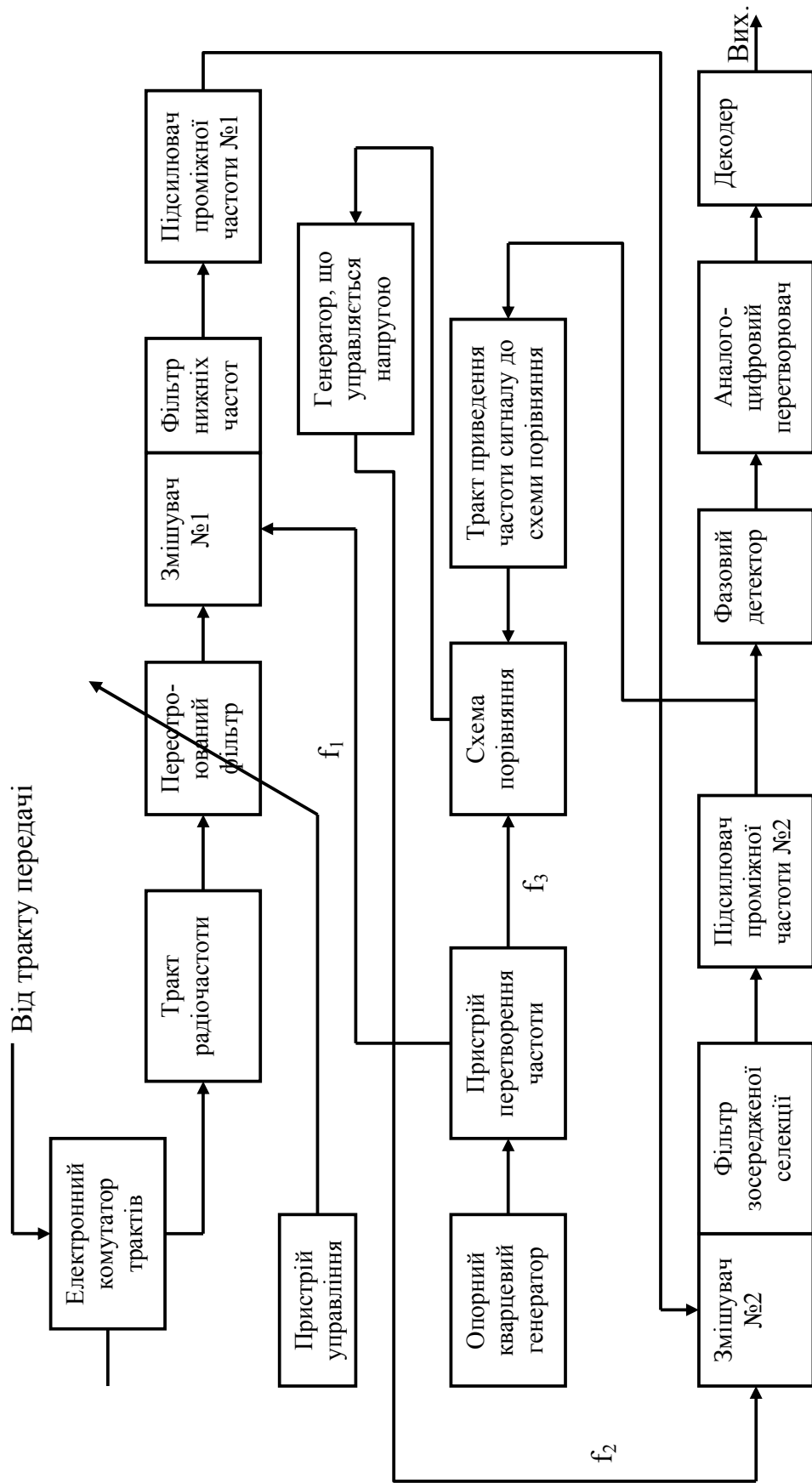


Рисунок 3.10 – Структурна схема приймальної частини

Зм.	№докум.	Підпис	Дата

Змішувачі №1 та №2 використовують частоту від опорного кварцевого генератора, з нестабільністю  $10^{-7}$ , що задовольняє вимогам.

З метою компенсування втрат потужності сигналу в змішувачах і фільтрах треба підсилити сигнал, а далі для підтримання частоти, що надходить на фазовий детектор сталою, пропонується застосувати схему ЧАПЧ (частотної автопідстройки частоти). Звичайно, простіше застосувати схему фазової автопідстройки частоти, але з урахуванням того, що сигнал передається зміною фаз – даний метод не можливий.

Для реалізації методу ЧАПЧ в даному випадку застосовується схема приведення частоти сигналу до схеми порівняння. Схемою порівняння може служити звичайний частотний детектор, що виробляє напругу, яка пропорційна різниці частот між сигналом, що приймається і сигналом від опорного кварцевого генератора. Дана напруга подається на ГКН (генератор, що керується напругою). Цей прилад генерує коливання синусоїдальної форми, що можуть змінюватись за частотою в деяких межах, що встановлені коефіцієнтом пропорційності між напругою управління і частотою сигналу. Таким чином підтримується сигнал на виході тракту проміжної частоти сталою і придатною для детектування в фазовому детекторі.

#### 3.4 Розробка функціональної схеми декодуючого пристрою. Викладення принципу роботи

Принцип побудови кодуючих і декодуючих пристроїв полягає в тому, що для заміни процедури ділення полінома на поліном сумуванням використовуються регістри зсуву зі зворотніми зв'язками з кількістю комірок, що дорівнює ступеню утворюючого поліному, і суматори по модулю 2, кількість яких на одиницю менша за вагу утворюючого поліному. Суматори включаються перед ненульовими членами полінома, за винятком члена з найвищим ступенем.

					<i>КВРТР.2019028.01.07 ПЗ</i>	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		75

Пристрої декодування використовують властивість подільності кодової комбінації на утворюючий поліном і будуються аналогічно кодуємим пристроям з використанням регістрів зсуву зі зворотніми зв'язками. [9].

Структурна схема декодуєчого пристрою приведена на рисунку 3.14. Дана схема розроблена на логічних елементах. Але на меті - розробити схему з використанням мікропроцесорних технологій, тобто спростити її апаратне виконання, а всі операції по декодуванню покласти на мікро контролер, в який записується програма.

### 3.5 Висновки до третього розділу

Отже розроблений пристрій забезпечує передачу та відтворення мультимедіа повідомлень для систем рухомого зв'язку. Щодо визначення елементної бази для реалізації даного пристрою необхідно керуватись вимогами по електроживленню, тобто економічності системи, вимогами по стійкості до умов використання. Це означає, що дана система повинна стійко працювати за умов великих перепадів температур, також система повинна мати досить високу надійність і стійкість до відмов, що досягається простотою технічної реалізації, зменшенням кількості елементів, що застосовуються, вибором їх маркування, а тобто вибором вузлів, що конкретно спроможні працювати в умовах, що передбачені умовами використання.

## ВИСНОВКИ

Стратегічна мета розвитку національної телекомунікаційної інформаційної інфраструктури – це забезпечити країну якісними послугами зв'язку. Це дозволить створити високоякісні мережі зв'язку, мережу передачі даних, високошвидкісну факсимільну систему, високошвидкісну систему пошуку в базах даних, систему обробки повідомлень та бездротового зв'язку, які забезпечують обмін як голосовий, так і документний обмін даних.

Поряд із традиційними послугами зв'язку активно впроваджуються нові види послуг: мобільний та супутниковий зв'язок. Одним із способів використання мобільного зв'язку є використання систем бездротового радіодоступу для вирішення локальних проблем розвитку зв'язку.

Організація доступу абонента до мультисервісної мережі на базі 5G має відношення до надання абонентам нових високошвидкісних технологій та нових послуг. Головною особливістю сучасного етапу розвитку систем стільникового зв'язку є перехід до систем п'ятого покоління. Перехід на мережі 5G дозволяє нам якісно змінити ситуацію в сфері мобільного зв'язку. Це здебільшого пов'язано з тим, що мережі 5G дозволяють клієнтам надавати широкий спектр нових послуг, які можуть значно збільшити прибутковість операторів, продаж обладнання для БС та смартфонів.

					<i>КВРТР.2019028.01.07 ПЗ</i>	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		77



ДОДАТКИ

					<i>КВРТР.2019028.01.07 ПЗ</i>	Арк.
Зм.		№докум.	Підпис	Дата		79



Рисунок 1 – Практичні переваги 5G.

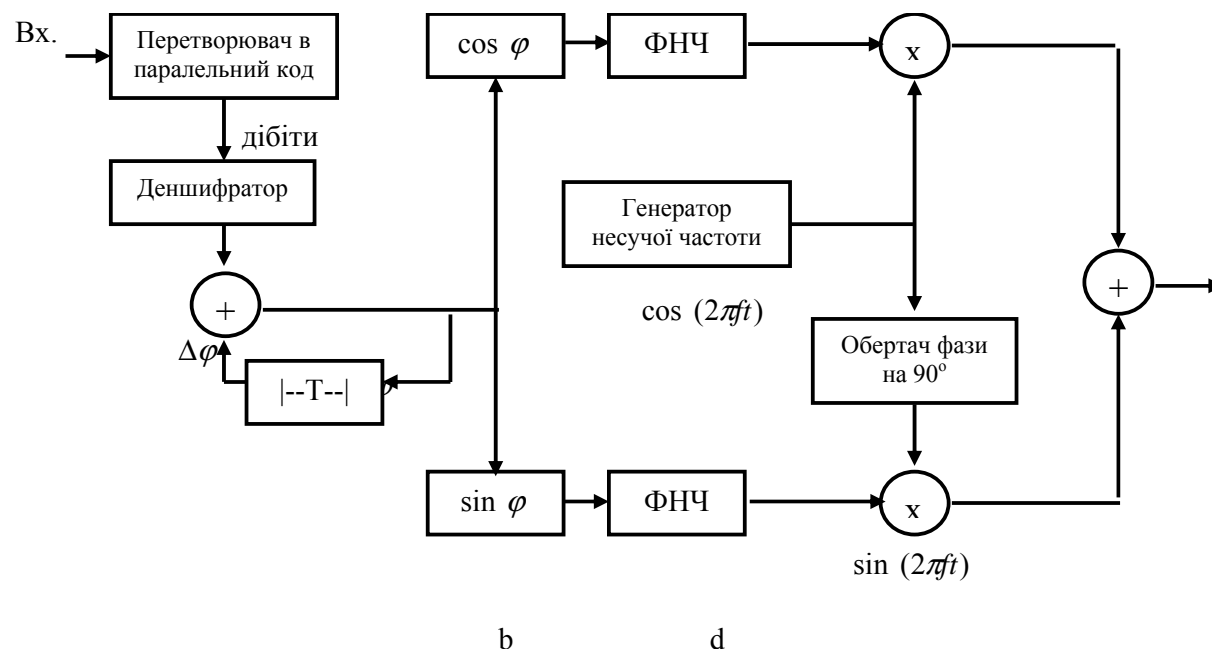


Рисунок 2 – Функціональна схема  $\pi/4$ -DQPSK модулятора

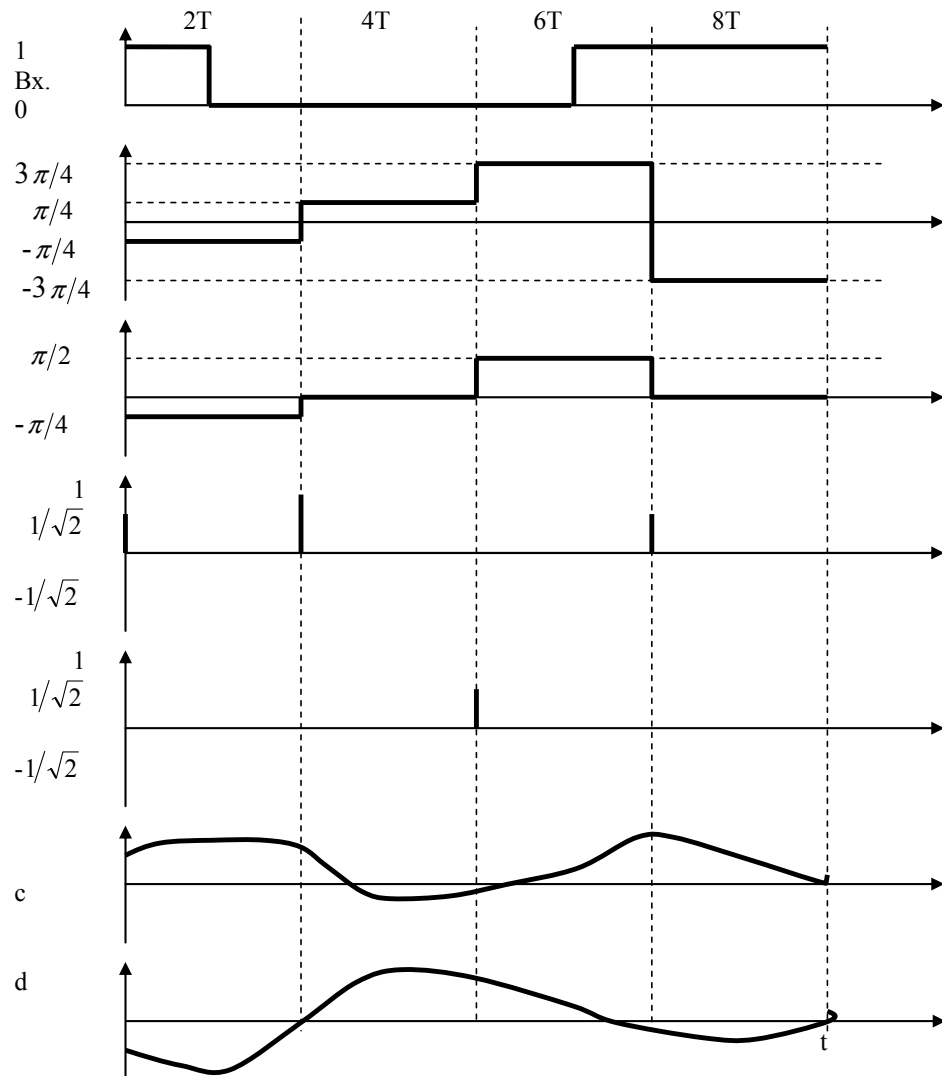


Рисунок 3 – Часові діаграми формування сигналу у  $\pi/4$ -DQPSK модуляторі

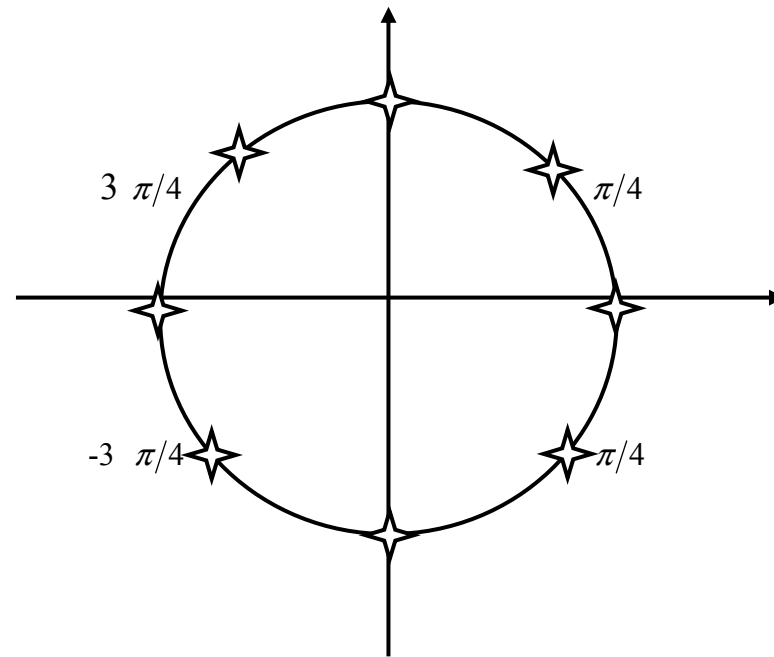


Рисунок 4 – Можливі позиції фази із фазовими кутами кратними  $\pi/4$

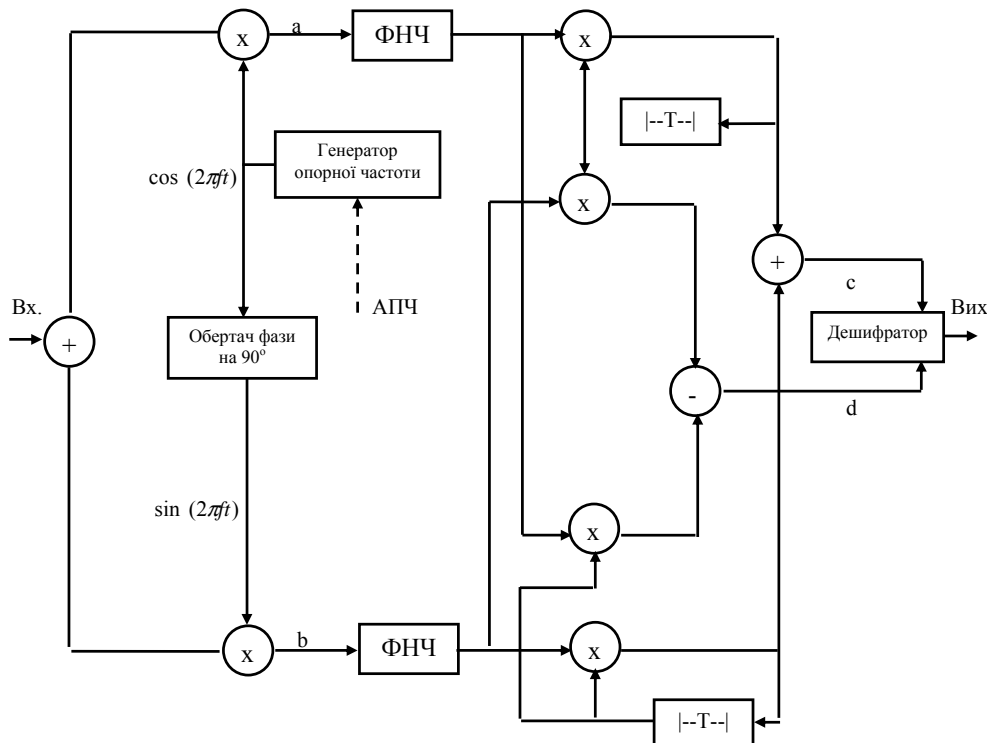


Рисунок 5 – Структурна схема  $\pi/4$ -DQPSK модулятора

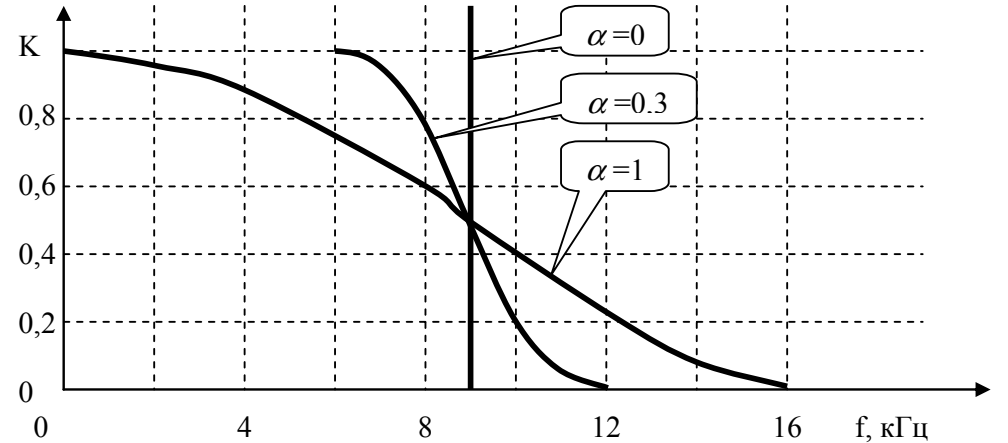


Рисунок 6 – Залежність АЧХ фільтрів Найквіста від значення параметру  $\alpha$

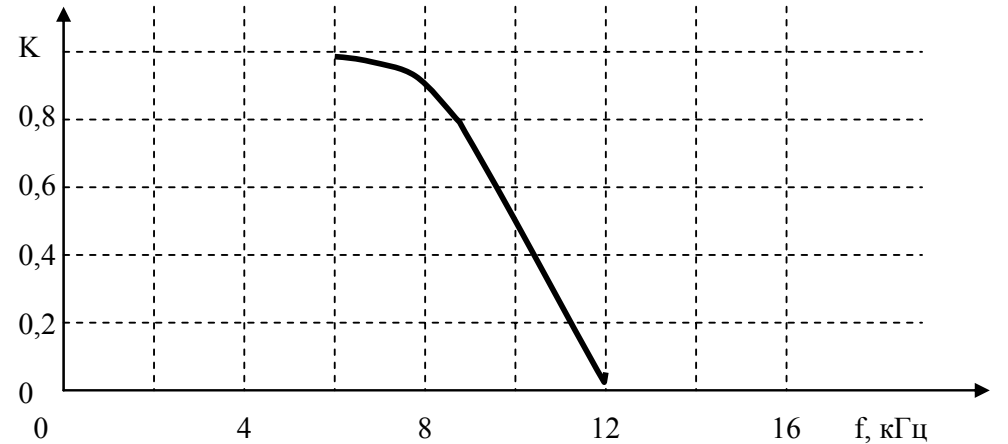


Рисунок 7 – Вигляд АЧХ ФНЧ, який використовується стандартом TETRA

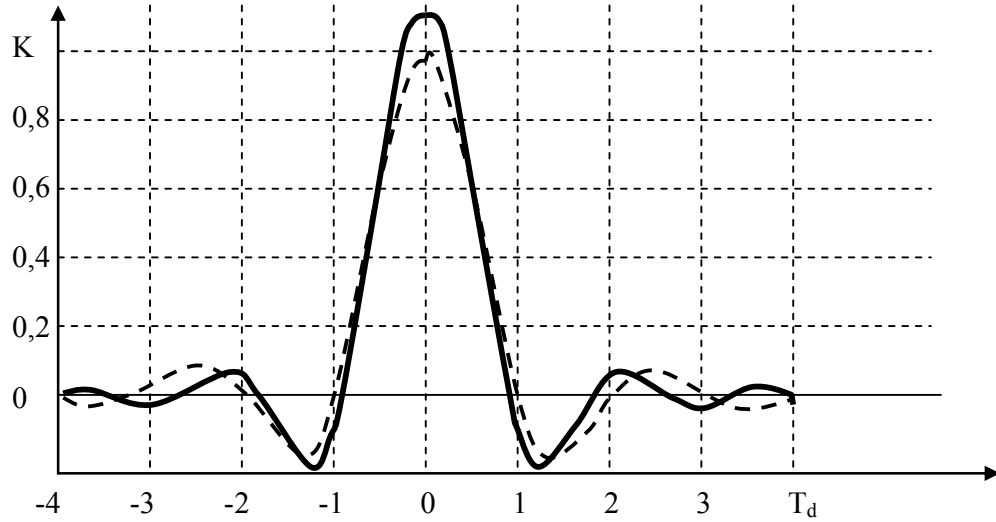


Рисунок 8 – Загальна АЧХ фільтрів на приймальній та передавальній частині апаратури

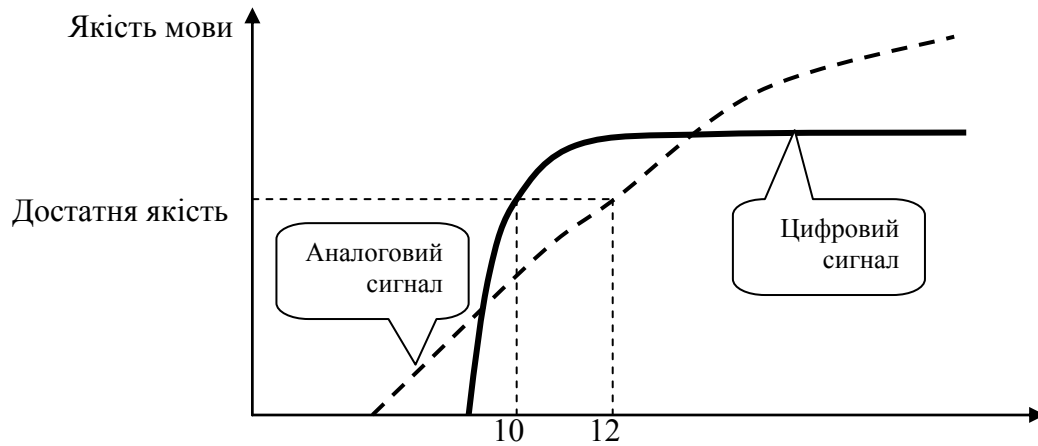


Рисунок 9 – Залежність якості передачі мови від відношення сигнал/завада

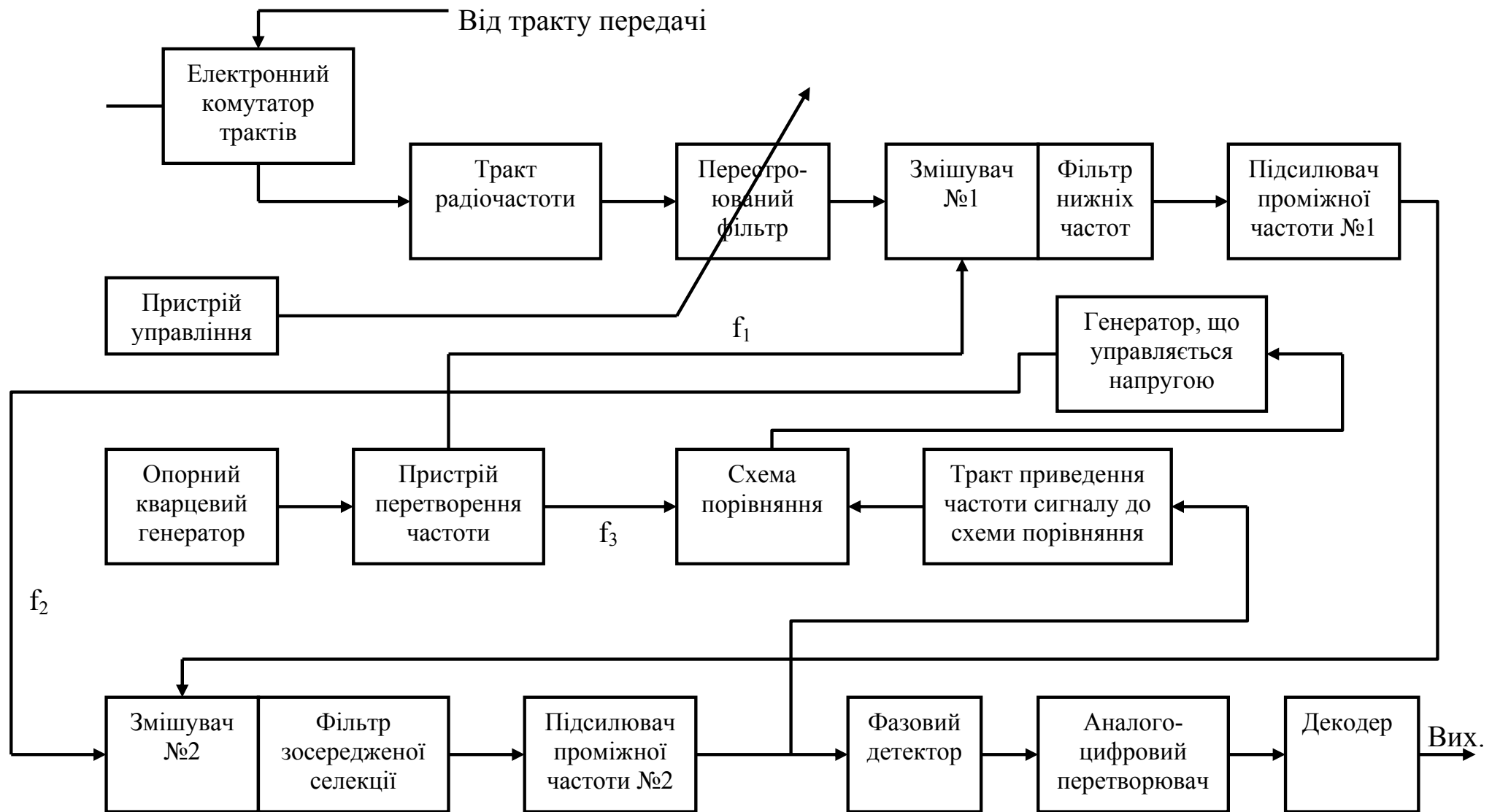


Рисунок 9 – Структурна схема приймальної частини

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему

## МОДУЛЬ ПЕРЕДАЧІ ТА ВІДТВОРЕННЯ МУЛЬТИМЕДІА ПОВІДОМЛЕНЬ ДЛЯ СИСТЕМ РУХОМОГО ЗВ'ЯЗКУ

Виконав:

студент 4 курсу, група ТР1с-19-1

Юрій МОВЧАН

Керівник:

к.т.н., доцент

Олександр ЯНОВИЦЬКИЙ

## МУЛЬТИМЕДІА КОНТЕНТ В МОБІЛЬНОМУ ЗВ'ЯЗКУ ВІД 3G ДО 5G

Таблиця 1.1 - Покоління систем мобільного зв'язку

Покоління	Найменування стандарту
0G	PTT, MTS, IMTS, AMTS, Mobitex, Autotel/PALM, ARP
1G	NMT, AMPS, Nicap
2G	GSM, iDEN, D-AMPS, IS-95, PDC, CSD, GPRS, HSCSD, WiDEN
2.75G	EDGE/EGPRS, CDMA2000 (1xRTT)
3G	UMTS (W-CDMA, FOMA), CDMA2000, TD-SCDMA, WiMAX
3.5G	UMTS (HSPA, HSDPA, HSUPA), CDMA2000 (EV-DO Rev.A)
3.75G	UMTS (HSPA+), CDMA2000 (EV-DO Rev.B/3xRTT)
4G	WiMAX, LTE
5G	WiMAX, LTE, CDMA

З моменту появи мережі мобільного зв'язку зазнали тривалого шляху розвитку. З'явилися нові типи пристроїв – смартфони, планшети, пристрої доповненої реальності, дрони та ін. Можливості мобільних технологій вже давно вийшли за рамки голосових послуг та створюють нові способи обміну даними. Це призвело до збільшення трафіку в мережах по всьому світу.

## ПРИНЦИП РОБОТИ 5G

5G - це покоління мобільного зв'язку, яке працює відповідно до стандартів телекомунікацій, що йдуть за існуючою технологією LTE. Наприклад, частота домашнього WiFi становить 2,4 або 5 ГГц, частота існуючих мобільних мереж – до 2,6 ГГц.

Частота збільшилася вдесятеро, тому в 5G використовуються міліметрові хвилі. Вони погано проходять через перешкоди, тому змінюється архітектура мережі. Раніше зв'язок забезпечували великі вежі на великі відстані, але тепер потрібно повсюдно встановлювати багато компактних і малопотужних вишок.

На відміну від LTE, 5G працює у трьох різних діапазонах спектру. Низькочастотний спектр може бути описаний як спектр нижче 1 ГГц. Низькочастотний спектр забезпечує велику зону покриття та проникнення, є великий недолік: пікова швидкість передачі даних не перевищує 100 Мбіт/с.

Згідно зі стандартами та специфікаціями розробленими організацією 3GPP були визначені наступні ключові показники для наступного покоління зв'язку:

- Пікова швидкість передачі на лінії вниз (Downlink) 20 Гбіт/с
- Пікова швидкість передачі на лінії вгору (Uplink) 10 Гбіт/с
- Мінімальна затримка у підсистемі радіодоступу для сервісів URLLC – 0,5 мс, для сервісів eMBB – 4 мс;
- максимальна щільність підключених до мережі в міських умовах пристроїв зі світу IoT – 1'000'000 пристроїв/кв.км;
- автономна робота пристроїв зі світу IoT без підзарядки акумулятора протягом 10 років;
- Підтримка мобільності за максимальної швидкості пересування об'єктів 500 км/год.
- Висока енергетична ефективність.
- Безпека здоров'ю людини.

## ПРАКТИЧНІ ПЕРЕВАГИ 5G



Рисунок 1 – Практичні переваги 5G.

Пікова швидкість: мережа 5G забезпечує у 20 разів більшу швидкість порівняно з 4G, тобто близько 20 Гбіт/с.

Швидкість на користувача може досягати 100 Мбіт/с та більше.

## ТЕХНОЛОГІЇ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В 5G

Оптимізована **технологія OFDM** (Orthogonal frequency-division multiplexing - мультиплексування з ортогональним частотним розділенням каналів). Ця технологія вже успішно використовується в 4G/LTE-A. OFDM являє собою комбінацію модуляції та мультиплексування.

**Формування променя (Beamforming)**. Для зменшення споживання енергії та збільшення дальності використовується технологія формування променя – динамічне формування радіопроменя для конкретного користувача. Базова станція запам'ятовує, звідки надійшов сигнал і коли (не тільки з вашого телефону, але і як відображений перешкоди), і використовує методи триангуляції для розрахунку вашого приблизного розташування.

**MIMO** (Multiple Input Multiple Output). MIMO - метод просторового кодування сигналу, який дозволяє збільшити ширину смуги каналу, який вже застосовується в мережах Wi-Fi і 4G, значно

покращився в 5G, особливо в розрахованому на багато користувачів MU-MIMO (Multi-User-MIMO) в 5G Базові станції gNB, антени складаються з матриці випромінюючих елементів.

**Технологія SRS** (Sounding Reference Signal) є чудовим доповненням до формування променя. Завдяки їй базова станція може дізнаватися якість каналу через спеціальний пакет, відправлений від пристрою.



Рисунок 2 – Формування променів Beamforming.

## ВАРІАНТИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ПОСЛУГ МУЛЬТИМЕДІА

### **Домашній інтернет**

Бездротові мережі 5G стануть альтернативою дротовому інтернету у наших квартирах. Якщо раніше кабель заходили у квартиру, то в майбутньому – сигнал передаватиметься від вежі 5G до роутера, який роздаватиме його, як звичайний домашній WiFi. Типовий маршрутизатор 5G забезпечує швидкість завантаження 2-3 Гбіт/с.

### **Місця масового скупчення людей**

Одним з основних недоліків використання стільникового зв'язку попередніх поколінь є проблематичне використання мережі в місцях, де багато людей, мережа стає перевантаженою. Але 5G може допомогти вирішити цю проблему

### **Транспорт**

З'явилася ідея обладнати залізницю 5G з'єднанням для розваг та комфорту пасажирів. Дослідження показало, що для досягнення високошвидкісного безшовного зв'язку необхідно обладнати залізницю точками доступу на відстані 800 м один від одного.

### **Рухомий автотранспорт**

Основною перевагою є низька затримка, яка дозволяє транспортним засобам зв'язуватися один з одним на швидкості до 500 км/год. На відміну від людей-водіїв, автомобілі можуть нарешті домовлятися про маневри один з одним або з фіксованою інфраструктурою, що підвищує безпеку дорожнього руху.

### **Інтернет речей.**

5G вирішить проблему з численними та погано підтримуваними стандартами зв'язку Інтернету речей, які нині обмежують розвиток цієї галузі.

## АРХІТЕКТУРА ОПОРНОЇ МЕРЕЖІ 5G

Особливістю мережевої архітектури 5G і те, що традиційна концепція «мережевої архітектури», заснована на апаратних рішеннях у мережі 5G, не актуальна. Тому 5G часто називають не мережею, а системою або платформою, під якою мається на увазі програмна платформа, а не апаратна платформа. Якщо мережі 1/2/3/4G будувалися з урахуванням апаратних рішень (пристроїв), то платформа 5G будувалася з урахуванням програмних рішень, зокрема програмних мереж Defined Network (SDN), і навіть віртуалізації мережевих функцій NFV (Network Function). віртуалізація).

Функції 5G реалізуються у віртуальній мережній функції (VNF), що працюють в інфраструктурі NFV. Різниця між цими схожими за звучаннями концепціями полягає в тому, що VNF – це функція, а NFV – це технологія. З іншого боку, NFV впроваджується в інфраструктуру фізичного центру обробки даних (DC) на основі стандартного комерційного обладнання (COTS). Устаткування COTS містить лише три типи відносно недорогих пристроїв - сервер, комутатор та система зберігання.

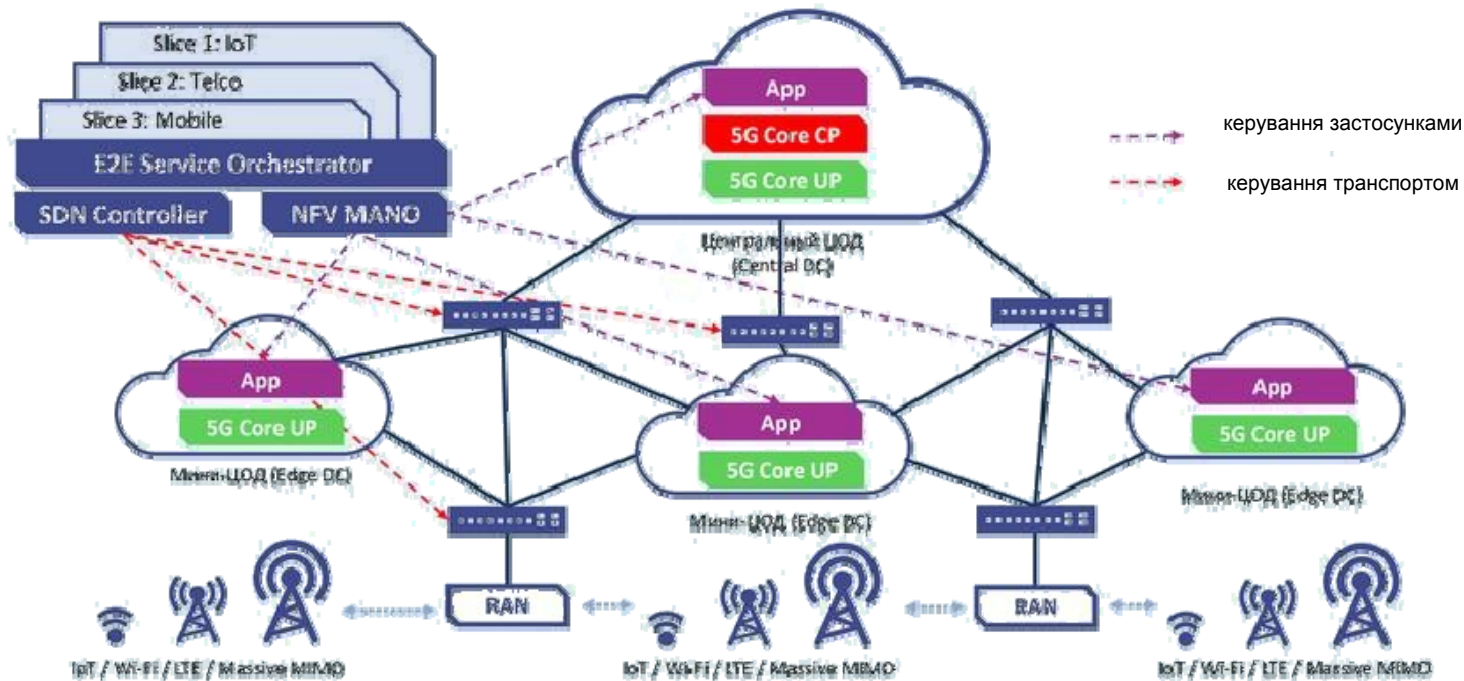


Рисунок 3 – Загальна архітектура мережі 5G.

# ПЛАНУВАННЯ МЕРЕЖІ ДЛЯ НАДАННЯ ПОСЛУГ ДОСТУПУ

## Характеристика цифрових систем транкінгового радіозв'язку

### Система TETRA

TETRA являє собою стандарт цифрового транкінгового радіозв'язку (ЦТРЗ), що складається з низки специфікацій, розроблених Європейським територіально локалізований об'єктом телекомунікаційних стандартів ETSI (European Telecommunications Standards Institute).

Стандарт TETRA створювався як єдиний загальноєвропейський цифровий стандарт.

TETRA – відкритий стандарт, тобто обладнання різних виробників буде узгоджено працювати. У розробці стандарту приймали участь відомі виробники транкінгових систем, такі як Motorola, Ericsson, Matra та ін.

Системи стандарту TETRA можуть функціонувати в наступних режимах:

- транкінгового зв'язку;
- з відкритим каналом;
- безпосереднього зв'язку.

Стандарт TETRA забезпечує два рівня безпеки інформації:

- стандартний рівень, що використовує шифрування радіоінтерфейсу (забезпечується ступінь захисту інформації, аналогічний системі стільникового зв'язку GSM );
- високий рівень, при використанні наскрізного шифрування (від джерела до одержувача).

## Характеристика цифрових систем транкінгового радіозв'язку

### Система Tetrapol

Стандарт Tetrapol орієнтований на задоволення вимог правоохоронних органів, у ньому передбачені різноманітні механізми забезпечення безпеки зв'язку, направлені на запобігання погроз несанкціонованого доступу до системи, прослуховування переговорів, створення навмисних завад.

До числа таких механізмів входять :

- алгоритмічна реконфігурація мережі;
- управління доступом до системи;
- наскізне шифрування інформації ;
- аутентифікація абонентів ;
- використання часових ідентифікаторів абонентів;
- імітація активності радіоабонентів;
- дистанційне відключення абонентів ;
- поширення ключів по радіоканалу.

### Система iDEN (integrated Digital Enhanced Network)

З точки зору статусу стандарту, iDEN можна охарактеризувати як корпоративний стандарт з відкритою архітектурою. Так, компанія Motorola зберігає за собою всі права по модифікації системного протоколу та разом з тим, подає ліцензії на вироблення компонентів системи різноманітними виробниками.

Телефонний зв'язок повністю напівдуплексний. У системі передбачена можливість голосової пошти.

## КЛЮЧОВІ ЗАВДАННЯ ПІД ЧАС МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖІ

Метою моделювання мережі є вирішення наступних ключових завдань:

- Необхідно вирішити задачу частотно-територіального планування, щоб забезпечити мінімальну кількість міжсистемних перешкод, при максимальній зоні обслуговування, забезпечуючи необхідну якість передачі інформації та сумісність з існуючим радіообладнанням;
- перевірити характеристики наявної мережі;
- оптимізувати методи перетворення та передачі інформації по майбутній мережі;
- оптимізувати установки пристроїв, що працюють у цій мережі.

### Сучасні підходи до планування мереж 5G

На сьогодні існує кілька підходів до планування мережі 5G:

1. Планування мережі "з нуля": мережа розгортається в новій області без опори на існуючі мережі (4G). Такі мережі називаються автономними. Такий підхід недоцільний через велику територію країни.

2. Мережа 5G будується поступово з максимальним використанням існуючих 4G мереж (за допомогою модернізації). З огляду на те, що використання цього підходу вимагає менших інвестицій, це оптимальний вибір для ринку.

3. Мережа 5G будується з використанням інфраструктури існуючої мережі 3G шляхом заміни базових станцій 3G/HSPA (також програмного забезпечення в них) на 5G та відповідно зміцнення транспортної інфраструктури (за допомогою модернізації). Це дороге рішення, яке потребує значних разових інвестицій.

4. Створення єдиного оператора 5G по всій країні. Всі діючі оператори мають можливість продавати послуги цього «перевізника».

5. Спільне будівництво мереж 5G декількома операторами. Цей підхід означає, що держава видає ліцензії та частоти за умови, що кожна або кілька таких ліцензій призначено для спільного використання двома або більше операторами.

## ШИФРУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ТА ЇЇ ЗАХИСТ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ

Під безпекою інформації в системах транкінгового радіозв'язку розуміють виключення несанкціонованого використання системи та забезпечення секретності переговорів рухомих абонентів.

Забезпечення безпеки інформації розглядається на прикладі стандарту TETRA.

Цей стандарт забезпечує два рівня безпеки інформації, що передається: стандартний рівень, що використовує шифрування в радіоканалі, та високий рівень, який забезпечується за допомогою наскрізного шифрування із застосуванням криптографічних алгоритмів.

Головними механізмами забезпечення безпеки інформації в стандарті TETRA є:

- автентифікація абонентів;
- шифрування інформації;
- забезпечення секретності абонентів;

В стандарті TETRA використовується поточний метод шифрування, при якому ключова послідовність (псевдо випадкова), що формується побічно додається до потоку даних. Знаючи ключ та початкове значення псевдовипадкової послідовності, одержувач інформації має можливість сформувати таку ж послідовність та розшифрувати закодоване повідомлення при зберіганні синхронізації між передавальною та приймальною сторонами.

## РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНО-ОПОВІЩУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Система транкінгового радіозв'язку характеризується здатністю передачі мови і даних, тобто формалізованих повідомлень. На сьогоднішній день широко застосовується як перший так і другий вид зв'язку. Явним прикладом цього є широке застосування в системах стільникового зв'язку такого виду послуг як SMS – Short Messages Service (служба коротких текстових повідомлень) або MMS – Multimedia Service.

Також при передачі мови є вимоги до швидкості передачі. Відомо, що при визначеному методі перетворення мовного сигналу в цифрову форму існує деяка нижня межа швидкості передачі сигналу, при якій якість передачі мови є достатньою для повноцінної розмови. Збільшення швидкості передачі сигналу призведе до розширення спектру сигналу, а за умов економного використання радіочастотного діапазону хвиль, що виділений для даної системи, це не припустимо так як розширення спектру призведе до займання ділянки сусідніх каналів, а тобто зменшення кількості інформаційних каналів і економічних втрат, а за умов насичення сайту абонентами – до збільшення часу доступу до каналу зв'язку, або й взагалі впродовж якогось часу неможливості встановлення зв'язку в умовах низького пріоритету а тобто втрати оперативності, а тобто доцільності системи як такої.

## ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ПРИЙМАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ТРАНКІНГОВОЇ СИСТЕМИ

Для передачі сигналу по радіоканалу стандарт TETRA пропонує використовувати диференційну квадратурну фазову модуляцію з зсувом фази  $\pi/4$ - міжнародне позначення  $\pi/4$ - DQPSK.

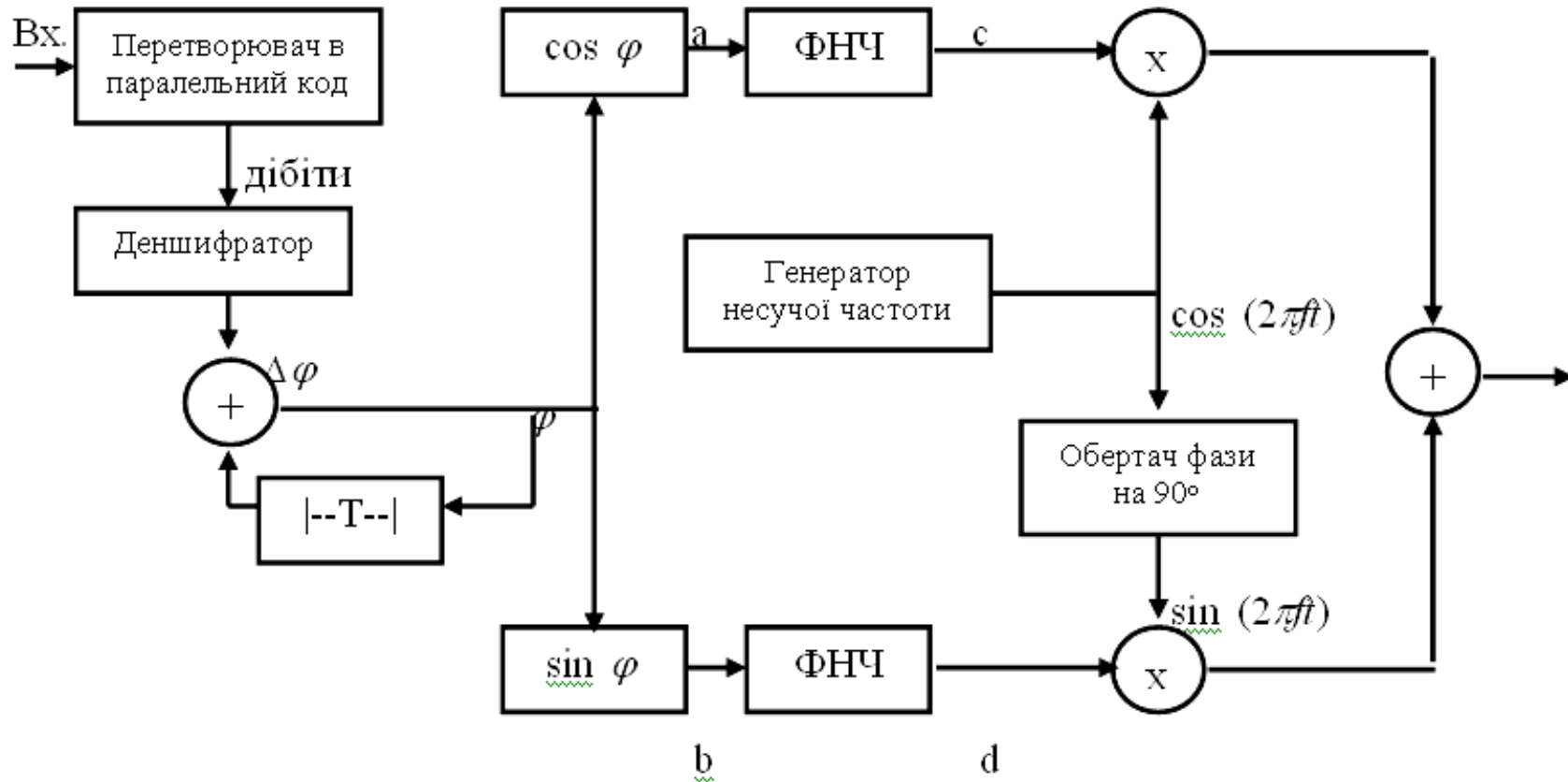


Рисунок 4 – Функціональна схема  $\pi/4$ - DQPSK модулятора

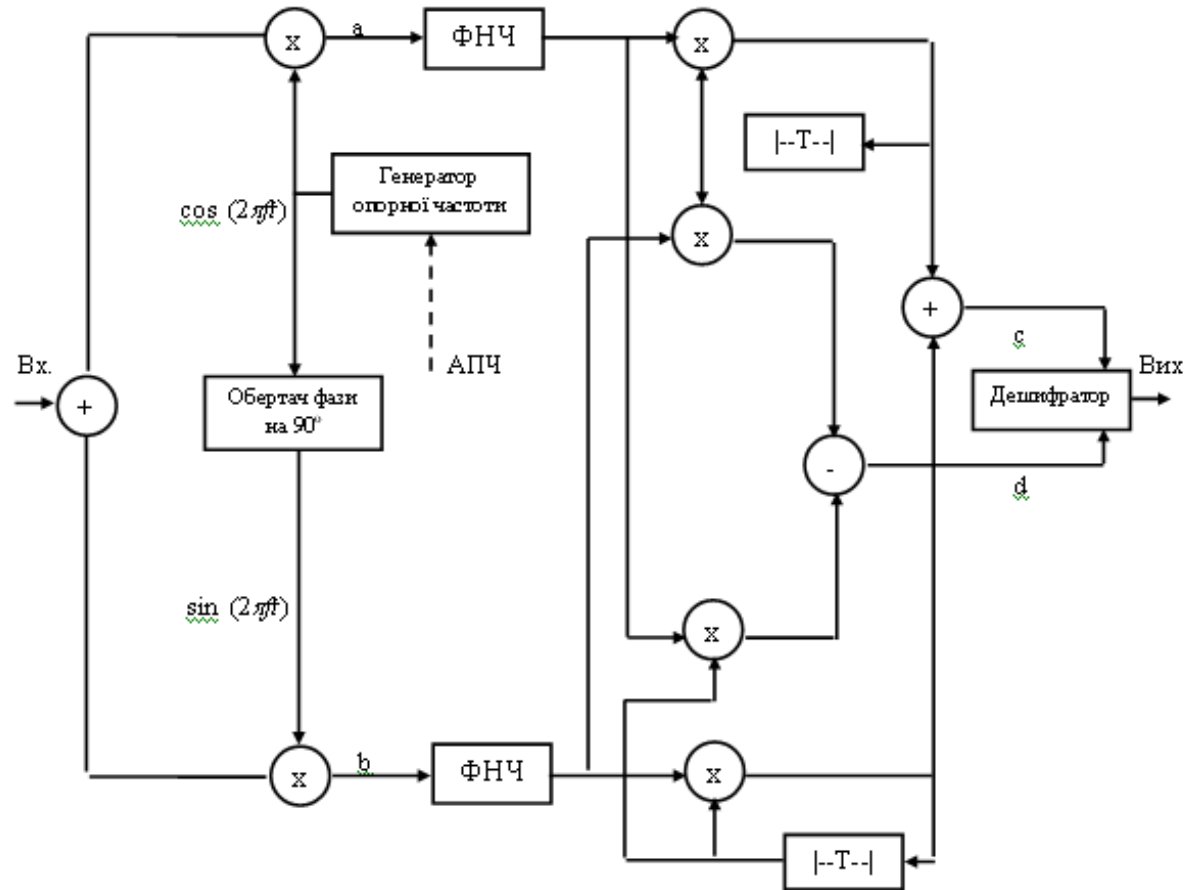


Рисунок 5 – Структурна схема  $\pi/4$ - DQPSK модулятора

На вхід демодулятора надходить сигнал. Коло, що складається з генератора опорної частоти з автопідстройкою (АПЧ) і обертача фази, формує квадратурні опорні коливання, синхронізовані з несучою частотою сигналу. В точках а і b сигнал поділяється на квадратурні компоненти

$$S_a(t) = A_c(t) \cos[ \varphi_k (t) + \psi ]; \quad S_b(t) = A_s(t) \sin[ \varphi_k (t) + \psi ]; \quad (3.23)$$

де  $\varphi_k (t)$  – фаза коливання при передачі k-го дібіта;

$\psi$  – випадкова початкова фаза опорного коливання.

Фільтри відіграють важливу роль в прийомі  $\pi/4$ - DQPSK сигналу. Критерії вибору параметрів цих фільтрів відрізняються від прийнятих в аналогових системах.

Для мінімізації міжсимвольних спотворень використовуються ФНЧ зі спеціальними імпульсними характеристиками, що дозволяють контролювати рівень міжсимвольних спотворень. До таких фільтрів відносяться фільтри Найквіста, імпульсна характеристика яких перетинає нульвий рівень з періодом рівним половині тривалості дібіта а амплітудно-частотна (АЧХ) має нечітку симетрію відносно частоти зрізу по рівню 0,5, при цьому частота зрізу ФНЧ  $f_{0,5} = 1/2T_d$ .

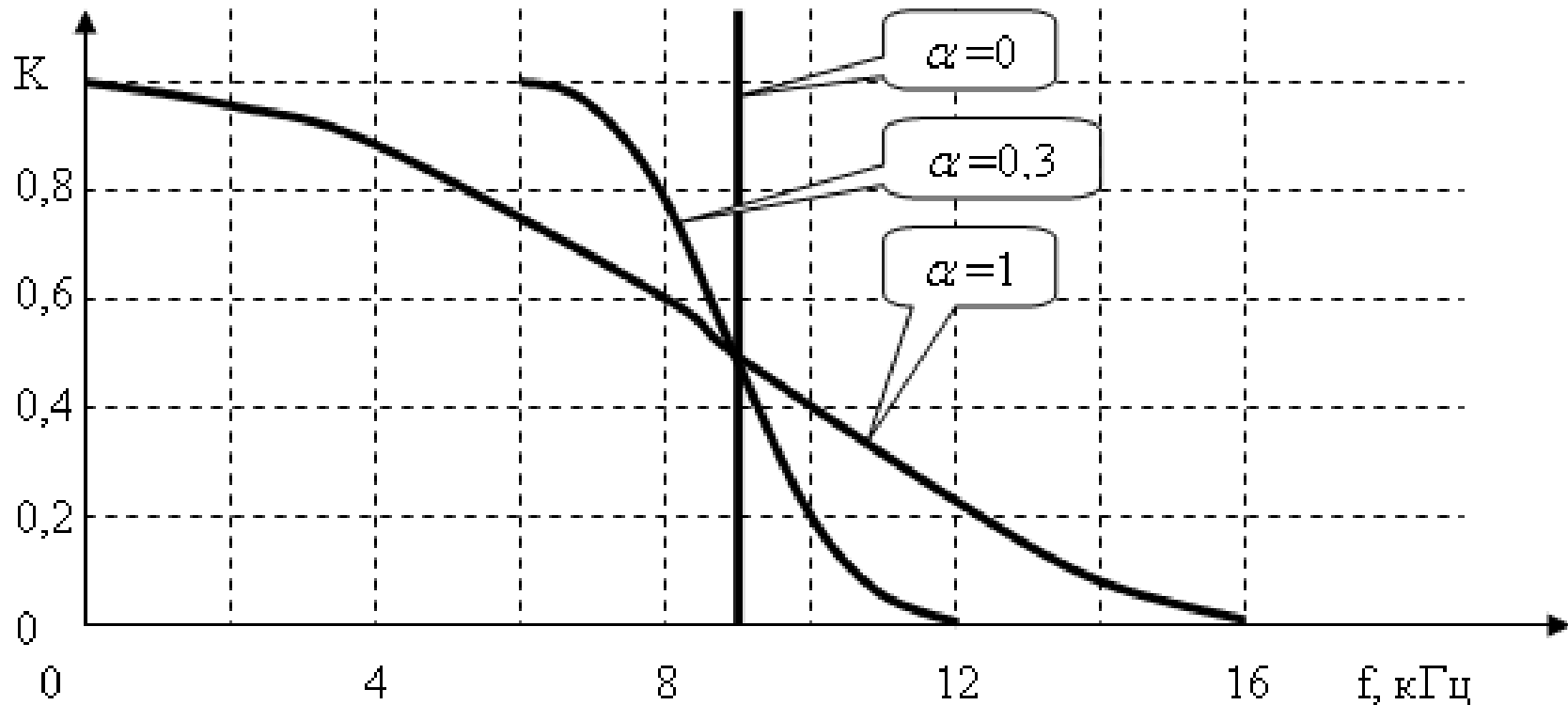


Рисунок 6 – Залежність АЧХ фільтрів Найквіста від значення параметру  $\alpha$

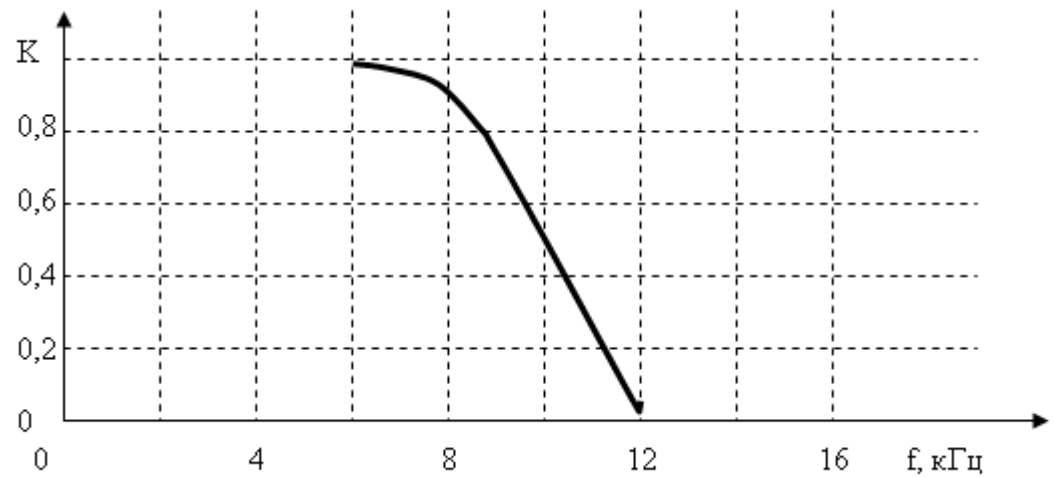


Рисунок 7 – Вигляд АЧХ ФНЧ, який використовується стандартом TETRA

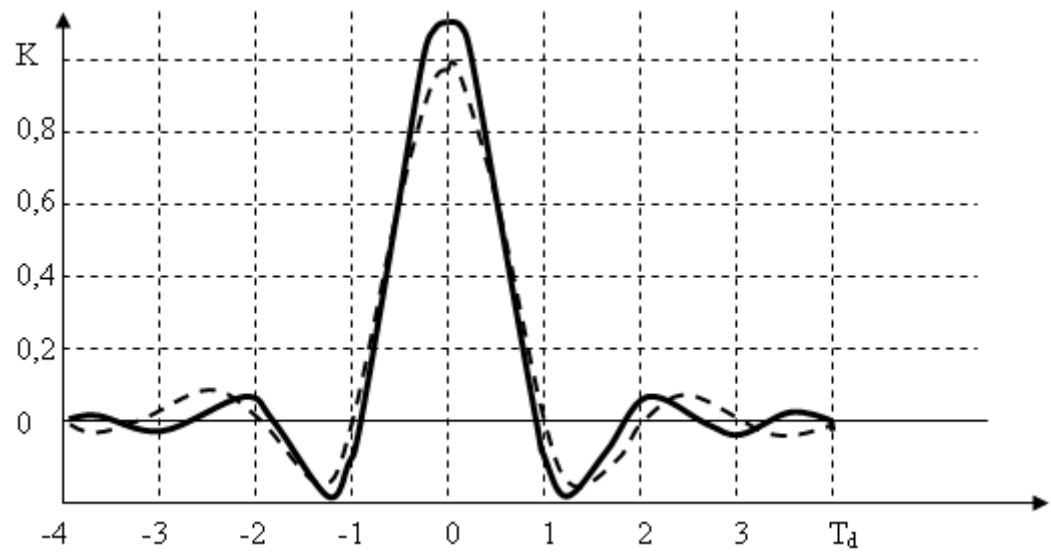


Рисунок 8 – Загальна АЧХ фільтрів на приймальній та передавальній частині апаратури

## РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИЙМАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ

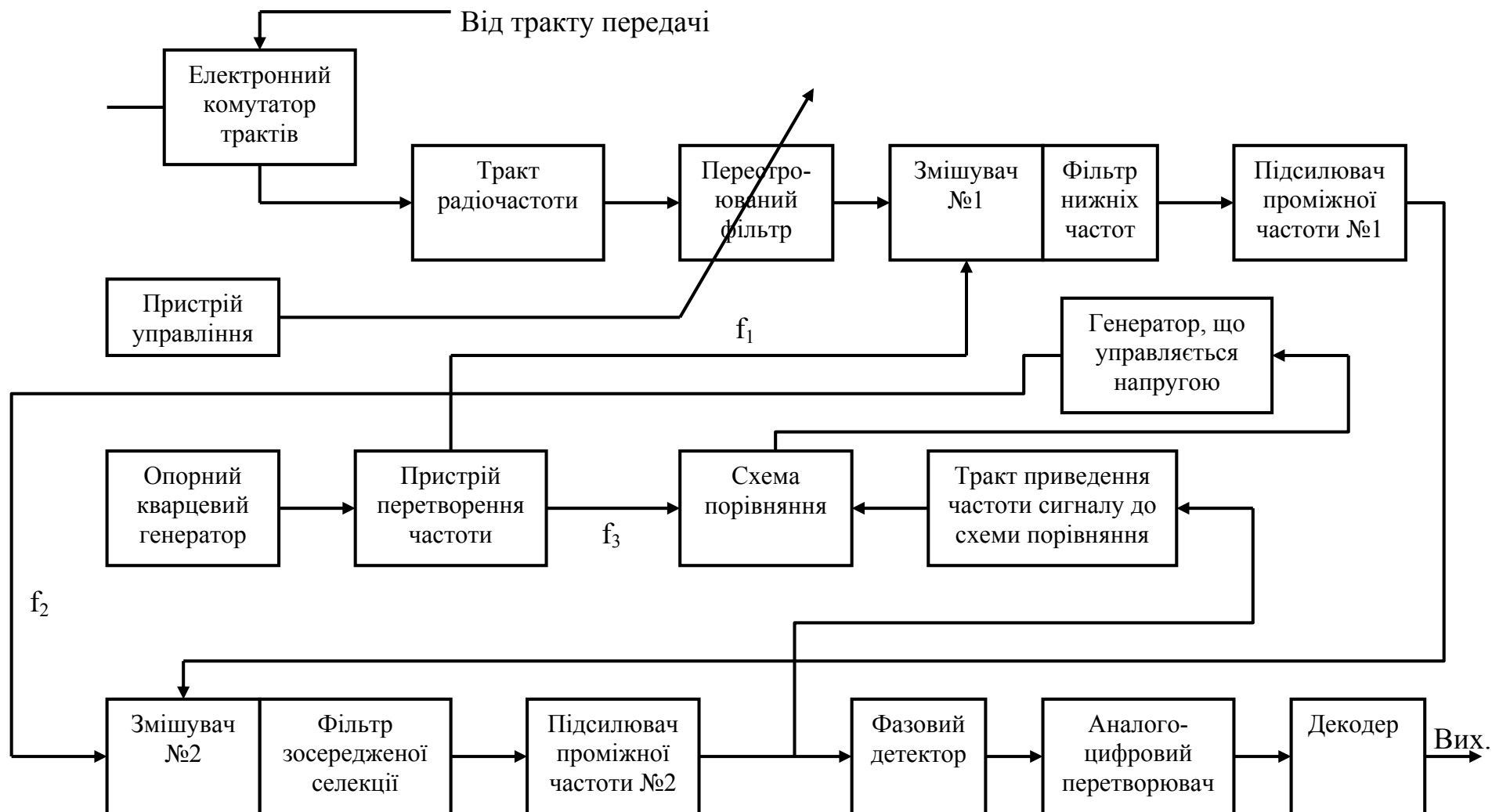


Рисунок 9 – Структурна схема приймальної частини

## ВИСНОВКИ

Стратегічна мета розвитку національної телекомунікаційної інформаційної інфраструктури – це забезпечити країну якісними послугами зв'язку. Це дозволить створити високоякісні мережі зв'язку, мережу передачі даних, високошвидкісну факсимільну систему, високошвидкісну систему пошуку в базах даних, систему обробки повідомлень та бездротового зв'язку, які забезпечують обмін як голосовий, так і документний обмін даних.

Поряд із традиційними послугами зв'язку активно впроваджуються нові види послуг: мобільний та супутниковий зв'язок. Одним із способів використання мобільного зв'язку є використання систем бездротового радіодоступу для вирішення локальних проблем розвитку зв'язку.

Організація доступу абонента до мультисервісної мережі на базі 5G має відношення до надання абонентам нових високошвидкісних технологій та нових послуг. Головною особливістю сучасного етапу розвитку систем стільникового зв'язку є перехід до систем п'ятого покоління. Перехід на мережі 5G дозволяє нам якісно змінити ситуацію в сфері мобільного зв'язку. Це здебільшого пов'язано з тим, що мережі 5G дозволяють клієнтам надавати широкий спектр нових послуг, які можуть значно збільшити прибутковість операторів, продаж обладнання для БС та смартфонів.

Завідувачу кафедри автоматизації та  
комп'ютерно-інтегрованих технологій  
Валерію МАРТИНЮКУ  
здобувача вищої студента, студента  
Юрія МОВЧАНА,  
4 курсу, гр. ТР1с-19-1

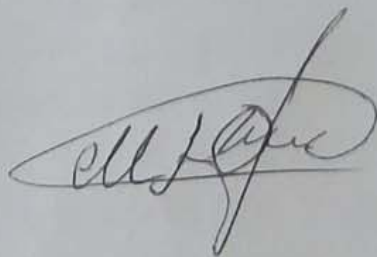
### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

\_\_\_\_\_ дата



Юрій МОВЧАН

Ім'я користувача:  
Кафедра АКІТІК

Дата перевірки:  
10.06.2022 00:45:16 EEST

Дата звіту:  
10.06.2022 00:46:35 EEST

ID перевірки:  
1011529410

Тип перевірки:  
Doc vs Internet

ID користувача:  
100005862

Назва документа: Мовчан - 2\_5265215839983902493

Кількість сторінок: 104 Кількість слів: 21272 Кількість символів: 160050 Розмір файлу: 1.18 MB ID файлу: 1011402585

## 5.93% Схожість

Найбільша схожість: 2.6% з Інтернет-джерелом (<http://www.kntu.kr.ua/doc/science/zahody/viki/2021/1-tez.pdf>)

5.93% Джерела з Інтернету

221

Сторінка 106

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

40

## Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 33.0%

Словари проверки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Ошибка в документах: 10%

ID: 105003 Название: Бакалаврська кваліфікаційна робота Добавлено в БД: 2022-06-10 Авторы: Мовчан Ю. Руководители: Яновський О.К. Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	138731	1090	47061 (34%)	351 (32%)

## Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы
13976	Название: Підвищення надійності системи транкінгового зв'язку Добавлено в БД: 2014-05-26 Авторы: Шпуняр С.М. Руководители: Підченко С.К. Консультанты: Опоненты:	46014 (33.0%)	338 (31.0%)

Tue Jun 14 13:38:42 EEST 2022, Федула Микола Васильович, Хмельницький національний університет, ХНУ

## Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 78.0%

Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Помилка в документах: 10%

ID: 105259 Назва: Бакалаврська кваліфікаційна робота Додано в БД: 2022-06-14 Автора: Мовчан Ю. Керівники: Яновський О.К. Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	128643	969	111573 (87%)	848 (88%)

## Джерело плагиату

ID	Опис	Наявність плагиату в документі	
		Символы	Лексемы
105003	Назва: Бакалаврська кваліфікаційна робота Додано в БД: 2022-06-10 Автора: Мовчан Ю. Керівники: Яновський О.К. Консультанти: Опоненти:	100766 (78.0%)	745 (77.0%)
13976	Назва: Підвищення надійності системи транкінгового зв'язку Додано в БД: 2014-05-26 Автора: Шпуняр С.М. Керівники: Підченко С.К. Консультанти: Опоненти:	54582 (42.0%)	411 (42.0%)

Thu Jun 16 14:46:41 EEST 2022, Федула Микола Васильович, Херсонський національний технічний університет

## Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 75.0%

Словари проверки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Ошибка в документах: 10%

ID: 105717 Название: Бакалаврська кваліфікаційна робота Добавлено в БД: 2022-06-16 Авторы: Мовчан Ю. Руководители: Яновський О.К. Консультанты: Опоненты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	101137	778	76167 (75%)	607 (78%)

## Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы
105003	Название: Бакалаврська кваліфікаційна робота Добавлено в БД: 2022-06-10 Авторы: Мовчан Ю. Руководители: Яновський О.К. Консультанты: Опоненты:	58914 (58.0%)	459 (59.0%)
105259	Название: Бакалаврська кваліфікаційна робота Добавлено в БД: 2022-06-14 Авторы: Мовчан Ю. Руководители: Яновський О.К. Консультанты: Опоненты:	76167 (75.0%)	604 (78.0%)
13976	Название: Підвищення надійності системи транкінгового зв'язку Добавлено в БД: 2014-05-26 Авторы: Шпуняр С.М. Руководители: Підченко С.К. Консультанты: Опоненты:	23121 (23.0%)	184 (24.0%)

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ  
**АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Модуль передачі та відтворення мультимедіа повідомлень для систем рухомого зв'язку

Автор: Юрій МОВЧАН

Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітня програма Телекомунікації та інформаційно-комунікаційні технології

Науковий керівник к.т.н., доц. Олександр ЯНОВИЦЬКИЙ

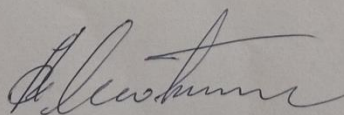
Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	<b>відповідає</b>
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнуті. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укріплення запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження: Запозичення у розмірі 3,56%, що виявлені в роботі, містять посилання на відповідні джерела літератури, що використані в роботі. Результати, що наведені у довідці з системи Anti-Plagiarism, складають 75%. Це пов'язано з тим, що робота була завантажена у систему тричі, а далі посилалась сама на себе. Результати конструкторського розділу не містять запозичень. Розроблена схема електрична та її опис є унікальними та також не містять запозичень. Робота приймається до захисту.

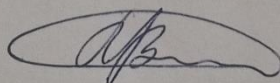
18.06.2022р.

Науковий керівник роботи:



Олександр ЯНОВИЦЬКИЙ

Зав. каф. АКІТ



Валерій МАРТИНЮК

МІНІСТЕРСТВО ОВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Юрій МОВЧАН

Тема: Модуль передачі та відтворення мультимедіа повідомлень  
для систем рухомого зв'язку

Спеціальність: 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Обсяг кваліфікаційної роботи

Кількість листів креслень 5 Кількість сторінок записки 94

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень в кваліфікаційній роботі розглянуто сучасні технології до 5G, проаналізовано принципи планування мережі для надання послуг доступу, а також розроблено принципів побудови інформаційно-оповіщувальної системи

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню Кваліфікаційна робота повністю відповідає виданому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки та техніки і передових методів роботи:

У першому розділі розглянуто мультимедіа контент в мобільному зв'язку від 3G до 5G, опрацьовано теоретичні питання стосовно принципів роботи, параметри мереж п'ятого покоління. В ракурсі поставленого завдання увага приділена сценаріям надання послуг мобільного зв'язку в мережах 5G. Другий розділ присвячено плануванню мережі для надання послуг доступу, що включає аналогові та цифрові системи транкінгового радіозв'язку. Третій розділ охоплює розробку принципів побудови інформаційно-оповіщувальної системи. Проведено опрацювання питання щодо характеристик існуючих методів підвищення вірогідності, а також оцінки завадостійких кодів, що використовуються.

4. Позитивні сторони роботи: в роботі достатньо пропрацьовано питання, щодо організації зв'язку саме з рухомими об'єктами, для яких змінний рівень сигналу має постійне місце. Другим аспектом є пошук рішення у напрямку підвищення достовірності прийнятої інформації для отримання мінімізації рівня помилок при прийомі інформації та показане можливе застосування циклічних кодів для цієї задачі.

5. Негативні сторони роботи: представлені дослідження виконано лише у теоретичній площині досліджень.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: -

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на достатньому рівні

8. Інші зауваження: -

9. Оцінка дипломної роботи: Розглянувши представлену роботу, вважаю, що робота заслуговує оцінки "відмінно" ( 4,60 , "В")

10. Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, місце роботи)

к.т.н., доцент каф. ТМІТ Костянтин ГОРЯЩЕНКО

«10» 06 2022р.

  
ПІСЬМЕ