

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики
Факультет інформаційних технологій
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Рясного Олексія Миколайовича

академічної групи 172-17ск-1

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

спеціалізації¹

за освітньо-професійною
програмою

Телекомунікації та радіотехніка

на тему Проектування мережі мобільного зв'язку селища міського типу

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	к.т.н., доцент Галушко О.М.			
розділів:				
спеціальний	к.е.н., доцент Галушко О.М.			
економічний	к.е.н., доцент Романюк Н.М.			
Рецензент				
Нормоконтролер	к.т.н., доцент Галушко О.М.			

Дніпро
2020

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики
Факультет інформаційних технологій
Кафедра безпеки інформації та телекомунікацій

ЗАТВЕРДЖЕНО
Завідувач кафедри
Безпеки інформації та телекомунікацій
Корнієнко В.І.
« ____ » _____ 2020 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
бакалавра
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)
студенту групи: 172-17ск-1 Рясному Олексію Миколайовичу
(група) (прізвище ім'я по-батькові)

Тема кваліфікаційної роботи
Проектування мережі мобільного зв'язку селища міського типу

Затверджена наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від «26» 05 2020 р. № 275 - с

Розділ	Зміст	Термін виконання
<i>Стан питання Постановка задачі</i>	Розглянуто принципи побудови стандартів 3G та 4G мереж, наведено алгоритм ЧТП мереж стільникового зв'язку, сформульовані задачі кваліфікаційної роботи.	06.05 – 22.05.2020
<i>Спеціальна частина</i>	Обрано об'єкт для планування мережі стільникового зв'язку., розраховано параметри цієї мережі, встановлені втрати по трасі розповсюдження, та вплив шумів на рівень сигналів.	23.05 – 05.06.2020
<i>Економічний розділ</i>	По методу зменшення залишкової вартості було розраховано норму амортизації та амортизаційні відрахування з вартості основного обладнання та основні витрати.	06.06 – 15.06.2020

Задання видал до виконання _____

(підпис)

Галушко О.М.
(прізвище, ініціали)

Задання отримав _____

(підпис)

Рясний О.М.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: _____

Термін подання дипломного проекту до ДЕК: 18.06.2020

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: с 74 ., рисунків 13., таблиць 9., додатків 4., джерел 14.

Об'єкт розробки: мережа мобільного зв'язку у селищі міського типу.

Мета дипломної роботи: проектування мережі мобільного зв'язку селища міського типу.

Постійне зростання потреб населення в послугах мереж мобільного зв'язку, підвищенні якості і надійності обслуговування визначає актуальність теми кваліфікаційної роботи бакалавра.

У першому розділі розглянуто основні питання побудови телекомунікаційних та інформаційних мереж, принципи районування та стандарти стільникового зв'язку.

У спеціальній частині було виконано планування мережі стільникового зв'язку селища міського типу, зроблено розрахунок якісних параметрів мережі, визначено кількість стільників, баланс потужностей, втрат по трасі, шумів.

В економічному розділі виконано розрахунки вартості обладнання, витрат на його обслуговування та ремонт здійснено складання кошторису витрат на проектування мережі стільникового зв'язку в місцевості з кількістю мешканців до 10000.

СТІЛЬНИКОВИЙ ЗВ'ЯЗОК, МЕРЕЖА, ПАРАМЕТРИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ, ТРАСА, ПОТУЖНІСТЬ, ВТРАТИ, КОШТОРИС.

ABSTRACT

Explanatory note: p 74., fig. 13., table 9., appendix 4., sources 14.

Object of development: mobile communication network in an urban-type settlement.

The purpose of the thesis: the design of a mobile network of urban settlements.

The constant growth of the population's needs in the services of mobile communication networks, improving the quality and reliability of service determines the relevance of the topic of the bachelor's qualification work.

The first section discusses the main issues of building telecommunications and information networks, zoning principles and cellular standards.

In the special part, the planning of the cellular network of the urban-type settlement was performed, the calculation of the quality parameters of the network was made, the number of cells, the balance of capacities, losses along the route, noise were determined.

The economic section used a variety of equipment that worked on its maintenance and repaired the estimated warehouses on the project, which developed wall houses within 10,000.

CELLULAR COMMUNICATION, NETWORK, DISTRIBUTION
PARAMETERS, TRACK POWER, LOSSES, ESTIMATE.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ТК	- Телекомунікаційна мережа;
МОС	- Мережева операційна система;
МЕЗ	- Мережа електрозв'язку;
АТ	- Абонентські термінали;
КП	- Кінцеві пункти;
СП	- Системи передачі;
ЄНСЗУ	- Єдина національна система зв'язку України;
ПВ	- Провідного віщання;
МЗК	- Мережа загального користування;
СММЗ	- Стільникова мережа мобільного зв'язку;
МС	- Мобільна станція;
МТС	- Мобільного телефонного станцією;
DAMP	-Damage-Associated Molecular Patterns;
CDMA	- Code Division Multiple Access;
GSM	- Groupe Spécial Mobile;
UMTS	- Universal Mobile Telecommunications System;
LTE	-Advanced - Long Term Evolution;
WiMAX	-Worldwide Interoperability for Microwave Access;
АБП	-Абонентський багатофункціональний пристрій;
МТМ	- Міська телефонна мережа;
АТС	- Автоматичних телефонних станцій;
ПС	- Підстанції;
УВАТС	- Установчо-виробнича автоматична телефонна станція;
АЛ	- Абонентські лінії;
ЗЛ	- З'єднувальні лінії;
АМТС	- Автоматичну міжміську телефонну станцію;
ВВихП	- Вузол вихідного повідомлення;
ETSI	- European Telecommunications Standards Institute;

TUP	- Telephone User Part;
MTP	- Message Transfer Part;
SCCP	- Skinny Client Control Protocol;
VLR	-Visitors Location Register;
БС	- Базова станція (BS);
КБС	- Контролер БС (BSC);
ЦКСМ	- Центр комутації стільникової мережі (MSC);
ЦКО	- Центр керування та обслуговування (OMC);
ЦКМ	- Центр керування мережею (NMC);
ТМЗК	- Телефонна мережа загального користування (PSTN);
ППД	- Мережа пакетної передачі даних (PDN);
ЦМІО	- Цифрова мережа з інтеграцією обслуговування (ISDN);
РПер	- Регістр переміщення (VLR);
РП	- Регістр положення (HLR);
ЦА	- Центр автентифікації (AUC);
ТК	- Транскодер (TC);
РС	- Рухома станція (MS);
РІО	- Регістр ідентифікації обладнання (EIR);
ПБС	- Підсистема БС (BSS);
ПК	- Підсистема комутації (SSS);
АА	- Алгоритм автентифікації;
Кі	- Індивідуальний ключ;
IMEI	- International Mobile Equipment Identity;
TDD	- Time Division Duplex;
FDD	- Frequency Division Duplex.
ЧТП	- Частотно-територіальне планування.

ЗМІСТ

	С
ВСТУП.....	8
1 СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	10
1.1 Загальні відомості про телекомунікаційні та інформаційні мережі.....	10
1.2 Телекомунікаційна мережа.....	10
1.3 Параметри ефективності телекомунікаційної мережі.....	12
1.4 Інформаційна мережа	13
1.5 Структура мереж зв'язку	15
1.6 Стільниковий зв'язок	19
1.7 Принципи побудови міської телефонної мережі.....	23
1.8 Принципи районування	25
1.9 Стандарт GSM.....	28
1.10 GSM-900.....	30
1.11	Стандарт
CDMA.....	32
1.12 Інтерфейси з зовнішніми мережами.....	33
1.13 Внутрішні GSM інтерфейси.....	34
1.14. Інтерфейси між мережею GSM і зовнішнім устаткуванням.....	35
1.14.1 Структура обладнання мереж стільникового зв'язку.....	36
1.15. CDMA	
1X.....	42
1.16. LTE.....	43
1.17. Алгоритм частотно-територіального планування мереж стільникового зв'язку.....	45
1.18. Вихідні дані для планування мережі.....	46
1.19. Постановка задачі.....	48

1.20.Висновки.....	48		
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	49		
2.1 Вибір об'єкту планування мережі стільникового зв'язку.....	50		
2.2 Розрахунок якісних параметрів мережі.....	51		
2.3	Визначення	баланса	
потужностей.....	57		
2.4	Визначення	втрат	НА
ТРАСІ.....	58		
2.5 Розрахунок шумів.....	59		
2.5.1. Теплові шуми приймача.....	59		
2.5.2		Індустріальні	
шуми.....	61		
2.6	Відношення	сигнал-шум	на
приймача	61		вході
2.7			Вибір
обладнання.....	62		
2.8.Зіставлення розрахунку числа БС з фактом.....	62		
2.9.Висновки.....	63		
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	64		
3.1 Загальні відомості щодо обґрунтування ефективності проектування.....	64		
3.2	Складання	кошторису	витрат
проектування.....	65		на
3.3	Розрахунок		заробітної
плати	65		
3.4	Визначення	відрахування	на
заходи.....	66		соціальні
3.5 Розрахунок витрат на обслуговування та ремонт обладнання.....	67		

3.6	Інші
витрати.....	67
3.7	
Висновки.....	68
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	70
ДОДАТОК А.....	71
ДОДАТОК Б.....	72
ДОДАТОК В.....	73
ДОДАТОК Г.....	74

Вступ

Мобільний зв'язок – один із сучасних напрямків в галузі зв'язку, що отримало інтенсивний розвиток протягом останніх десятиліть. Поява мобільного зв'язку ознаменувало собою нову еру в техніці зв'язку і привело до створення цілого ряду унікальних сервісних послуг в сфері телекомунікацій.

В даний час одне з домінуючих положень на ринку мобільного зв'язку займає стільниковий зв'язок. Системи стільникового зв'язку вперше введені в експлуатацію в кінці 70-х - початку 80-х років у країнах Скандинавії, США та Саудівської Аравії. Стільниковий принцип топології мережі з повторним використанням частот в чому вирішує проблему дефіциту частотного ресурсу і в даний час є основним у створюваних системах мобільного зв'язку загального користування.

Системи стільникового зв'язку – це системи з множинним доступом (багатоканальні). Їх основні параметри залежать від технології розподілу наявного частотно-часового ресурсу між окремими каналами.

Еволюція систем стільникового зв'язку включає в себе кілька поколінь 1G, 2G, 3G і 4G. Ведуться роботи в області створення мереж мобільного зв'язку нового п'ятогопокоління (5G). Стандарти різних поколінь, в свою чергу, поділяються на аналогові (1G) і цифрові системи зв'язку (інші).

Ми розглядаємо третє покоління мобільного зв'язку. 3G - це стандарт мобільного цифрового зв'язку, який під аббревіатурою ІМТ-2000 (англ. International Mobile Telecommunications - міжнародна мобільний зв'язок 2000) об'єднує п'ять стандартів - W-CDMA, CDMA2000, TD-CDMA / TD-SCDMA, DECT (англ. Digital Enhanced Cordless Telecommunication - технологія поліпшеного цифровий бездротового зв'язку). З перерахованих складових частин 3G тільки перші три представляють собою повноцінні стандарти стільникового зв'язку третього покоління. DECT - це стандарт бездротової телефонії домашнього або офісного призначення.

1. СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1. Загальні відомості про телекомунікаційні та інформаційні мережі

Сучасні мережі зв'язку є складними штучними системами. Вивчення та дослідження мереж доцільно здійснювати в двох аспектах:

- телекомунікаційні мережі;
- інформаційні мережі.

1.2. Телекомунікаційна мережа [1]

Загальне поняття «телекомунікації» базується на уявленні про засоби, які дозволяють організувати зв'язок між двома і більше віддаленими пунктами. «Теле-» в перекладі з давньогрецької означає «далеко».

Телекомунікації – будь-яка передача знаків, сигналів, записів, образів, звуків, інформації чи свідчень будь-якого характеру, що передаються повністю або частково за допомогою телефонного зв'язку, радіо, електромагнітної, фотоелектронної чи фотооптичної системи.

Секція телекомунікацій *Міжнародного союзу електрозв'язку* у Рекомендаціях серії I (I.110, I.112) визначає термін «*телекомунікації*» як сукупність засобів, які забезпечують перенесення інформації, поданій у необхідній формі, на значну відстань за допомогою поширення сигналів в одному з середовищ (міді, оптичному волокні, ефірі) або сукупності середовищ.

Засоби телекомунікацій є лінії зв'язку, пристрої з'єднання середовищ, системи передачі, комунікаційні пристрої мережі, обладнання сигналізації, синхронізації та ін.

Грунтуючись на цих поняттях, дамо визначення телекомунікаційній мережі.

Телекомунікаційна мережа (ТК) – це системоутворююча сукупність засобів телекомунікацій, що надає територіальновіддаленим об'єктам можливість інформаційної взаємодії шляхом обміну сигналами (електричними, оптичними або радіо).

Об'єктами при цьому можуть виступати: термінальні пристрої користувачів; кінцеві системи мережі; окремі мережі.

Кінцем (інтерфейсною точкою) телекомунікаційної мережі є або телекомунікаційний роз'єм, до якого під'єднано пристрій користувача (мережевий інтерфейс), або кінцеве мережеве обладнання, яке забезпечує з'єднання мереж (міжмережний інтерфейс) – Рис.1.1.

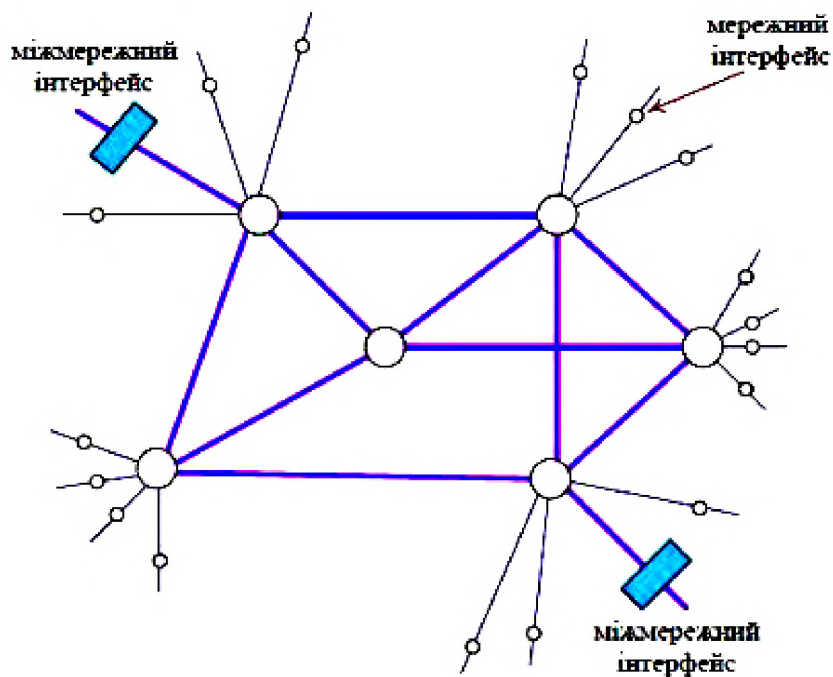


Рисунок 1.1 - Телекомунікаційна мережа

Транспортування інформації означає перенесення інформації, перетвореної в сигнал з кінця в кінець, тобто від джерела до одержувача. Його слід відрізнити від терміна «передача», під яким розуміється процес поширення сигналу у фізичному середовищі між двома суміжними пунктами мережі.

Транспортуючи інформацію, необхідно контролювати такі важливі мережеві функції, як якість обслуговування з кінця в кінець, керування потоками з метою запобігання перевантажень у мережі та ін.

Телекомунікаційні мережі можна класифікувати за:

-типом режиму перенесення інформації (синхронні, асинхронні);

-технологічними характеристиками (середовищем передавання, заданою шириною смуги пропускання, якістю передавання сигналів, швидкістю передавання та ін.).

1.3. Параметри ефективності телекомунікаційної мережі

Телекомунікаційні мережі характеризують за показниками, які відображають у цілому можливість і ефективність транспортування інформації. Можливість транспортування інформації в телекомунікаційній мережі пов'язана зі ступенем її функціональності в часі, тобто виконанням заданих функцій в повному обсязі з необхідним рівнем якості протягом певного періоду експлуатації мережі або в конкретний момент часу.

Працездатність мережі пов'язана з поняттями надійності та живучості.

Надійність мережі зв'язку характеризується здатністю забезпечувати зв'язок, зберігаючи в часі значення встановлених показників якості в заданих умовах експлуатації. Вона відображає вплив на працездатність мережі передусім внутрішніх чинників:

- випадкових відмов технічних засобів, спричинених процесами старіння;
- дефектами технології виготовлення;
- помилками обслуговуючого персоналу.

Наприклад, показниками надійності є відношення часу працездатності мережі до загального часу її експлуатації, ймовірність безвідмовного зв'язку та ін.

Важливим показником є також кількість незалежних шляхів передавання інформаційного повідомлення, які можуть бути визначені між парою пунктів мережі.

Живучість мережі зв'язку характеризується здатністю зберігати повну або часткову функціональність під впливом руйнуючих причин, які виникають поза межами мережі й призводять до виходу з ладу чи значних пошкоджень

деякої частини її елементів (пунктів і ліній зв'язку). Видокремлюють два типи таких причин: *стихийні й навмисні*.

Живучість мережі характеризують показники, які визначають:

-вірогідність того, що між будь-якою заданою парою пунктів мережі можна передати обмежений обсяг інформації після впливу руйнівних факторів;

- мінімальну кількість пунктів, ліній мережі (або тих та інших), вихід з ладу яких призводить до порушення зв'язності мережі відносно довільної пари пунктів;

-середню кількість пунктів, які залишаються зв'язними при одночасному пошкодженні декількох ліній зв'язку та ін.

Пропускна здатність мережі. У тих випадках, коли мережа не може обслуговувати (реалізувати) необхідне навантаження, говорять про обсяг реалізованого навантаження в мережі.

Величина реалізованого навантаження в мережі визначає її *пропускну здатність* і в ряді випадків може бути оцінена кількісно. Оцінка пропускну здатності мережі значною мірою пов'язана з параметрами якості обслуговування, тому що реалізація конкретного навантаження має здійснюватися відповідно до заданих параметрів якості.

Якість обслуговування визначається сукупністю показників, які вказують на рівень відповідності телекомунікаційної мережі нормам експлуатації та вимогам користувачів.

1.4. Інформаційна мережа [1]

Поняття «*інформаційна мережа*» передбачає розгляд телекомунікаційної мережі в сукупності зі взаємодіючими за допомогою неї об'єктами. У такому розумінні *інформаційна мережа* – це «*навантажена*» телекомунікаційна мережа. Рис.1.2.

Поняття «інформаційна мережа» відображає *інформаційні процеси*, які протікають в мережі в результаті взаємодії кінцевих систем, під'єднаних до телекомунікаційної мережі.

Інформаційні процеси в мережі можна поділити на дві групи: *прикладні процеси* та *процеси взаємодії*.

Прикладні процеси ініціюються кінцевими системами під час запуску програм користувача, які ще називаються *застосуваннями*.

Процеси взаємодії – це процеси в мережі, призначені для обслуговування прикладних процесів. Прикладні процеси та процеси взаємодії підтримуються *мережевими операційними системами (МОС)*.

Кінцеві системи інформаційної мережі класифікуються таким чином:

- термінальні системи* – комп'ютери користувачів мережі;
- хостингові системи* – комп'ютери, на яких розміщено інформаційні та програмні ресурси мережі;
- сервери* – комп'ютери, на яких інстальоване спеціальне програмне забезпечення, яке дозволяє надавати мережевi сервіси. Серверний комп'ютер, залежно від можливості його операційної системи, може бути налаштований як для роботи в режимі хосту (інформаційний сервер), так і в режимі комунікаційного пристрою (наприклад, шлюзу);



Рисунок 1.2 - Інформаційна мережа

Ресурси інформаційної мережі дозволяють:

- виконувати обробку інформації;
- забезпечувати ефективний пошук її в будь-якому місці мережі;
- уможливлють її накопичення й зберігання.

Отже, під інформаційною мережею як фізичним об'єктом розуміють сукупність територіально розрізаних кінцевих систем, об'єднаних телекомунікаційною мережею, за допомогою якої забезпечуються взаємодія прикладних процесів, активізованих в кінцевих системах, та їх колективний доступ до ресурсів мережі.

Уся інтелектуальна робота в інформаційній мережі виконується на периферії, тобто в кінцевих системах мережі, а телекомунікаційна мережа, займаючи центральне положення є з'єднувальним компонентом. Телекомунікаційна мережа у складі інформаційної мережі виконує функції *транспортувальної системи.*

Поняття інформаційна мережа зосереджує увагу на *інформаційних процесах*, які виникають у мережі під час взаємодії кінцевих систем через телекомунікаційну мережу. Опис цієї взаємодії демонструє всю складність організації зв'язку в мережі як у режимі «запит-відповідь», так і в реальному масштабі часу. Основною вимогою, якій має відповідати інформаційна мережа, є забезпечення користувачів *ефективним доступом до ресурсів*, які можуть розділятися (тобто колективного використовуватися). Усі інші вимоги – пропускна здатність, надійність- лише забезпечують якісне виконання .

1.5. Структура мереж зв'язку [2]

Мережа електрозв'язку (МЕЗ) - це сукупність усіх систем, засобів і пристроїв електрозв'язку, що забезпечують передачу інформації. Це грандіозна, складна, багатофункціональна система, що безупинно розвивається і відновлюється, система із сотнями мільйонів споживачів.

У загальному випадку елементами мереж електрозв'язку є:

а) *Абонентські термінали (АТ)*, що забезпечують взаємодію користувачів з мережею по введенню, виведенню і первинній обробці повідомлень. АТ перетворюють інформацію споживача в сигнали електрозв'язку і розміщаються в *кінцевих пунктах (КП)*, що можуть бути стаціонарними або рухомими (мобільними).

б) *Вузли зв'язку*, що містять пристрої комутації, або переключень, які розподіляють повідомлення між споживачами по різних напрямках зв'язку. Вузли зв'язку роблять звичайно стаціонарними, але вони можуть бути і пересувними. Розрізняють *комутаційні та мережні вузли зв'язку*. Основна відмінність їх у тім, що комутаційні забезпечують короточасне з'єднання (комутацію) каналів, а мережні довгострокове (т.зв. назване кросове з'єднання). Комутаційні вузли, у які включені абонентські термінали, називаються комутаційними станціями. в) *Направляючі системи (лінії зв'язку)*, що надають шляхи передачі повідомлень у мережі.

в) *Направляючі системи (лінії зв'язку)*, що надають шляхи передачі повідомлень у мережі електрозв'язку.

г) *Системи передачі (СП)*, що забезпечують передачу і прийом повідомлень по направляючих системах.

д) *Системи керування мережею*, що виконують функції короткострокового планування мереж і контролю за їхньою роботою.

Крім перерахованих вище основних елементів будь-яка мережа електрозв'язку містить різноманітне додаткове устаткування, що забезпечує електроживлення, захист, синхронізацію, аварійну сигналізацію, виміри і тестування, тарифікацію й ін. функції.

Основні структури мереж зв'язку представлені на рис. 1.3.

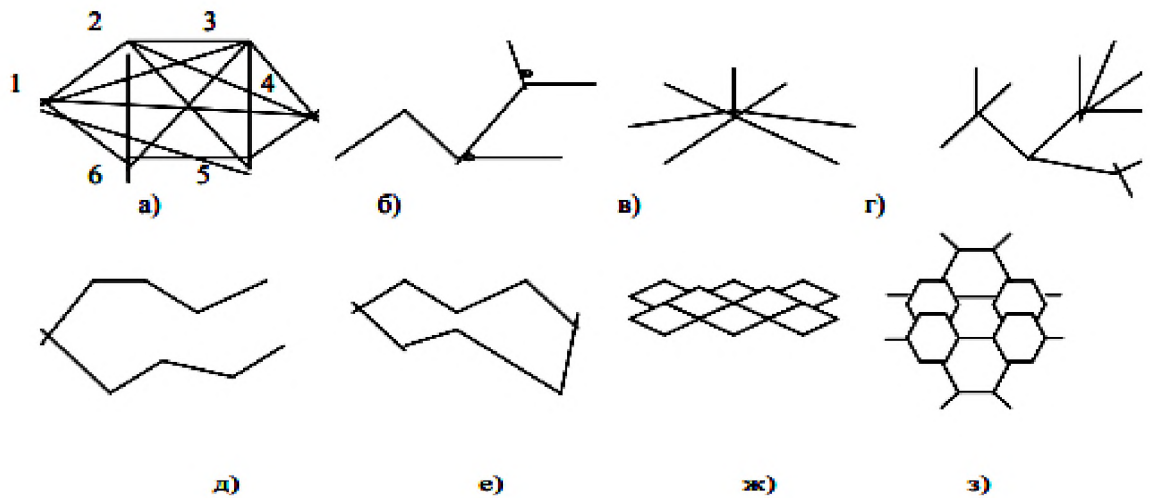


Рисунок 1.3 - Структури мереж зв'язку.

- а) Повнозв'язна
- б) Деревовидна
- в) Зіркоподібна або радіальна
- г) Радіально-вузлова
- д) Лінійна
- е) Кільцева мережа
- ж) Стільникові мережа
- з) Ґратчаста мережа.

Повнозв'язана (рис. 1.3. а) – з'єднання вузлів за принципом "кожний з кожним". Число ребер при такій побудові мережі дорівнює $n(n-1)/2$, де n – число вузлів на мережі. Мережа, побудована повнозв'язним способом, має високу надійність, оскільки порушення зв'язку між двома пунктами не порушує роботу всієї мережі, тобто з цієї мережі може бути виключене до $(n-2)$ ребер без порушення зв'язності мережі.

Деревовидна - мережа, у якій між кожною парою вузлів може бути тільки один шлях (рис. 1.3.б). Число ребер у такій мережі дорівнює $n - 1$. Окремими випадками цієї структури є: зіркоподібна або радіальна (рис. 1.3.в); радіально-

вузлова або мережа з ієрархічною побудовою і супідрядністю вузлів (рис. 1.3.г) і лінійна (рис. 1.3.д) структури. Недоліки - велика довжина каналів між територіально близько розташованими пунктами і низька надійність мережі, оскільки при виході з ладу транзитного вузла порушується зв'язність усієї мережі.

Кільцева (стіжкова, шлейфна) - мережа (рис. 1.3.е), у якій між кожними двома пунктами завжди існує два шляхи. Число ребер у ній дорівнює числу вузлів. Сітчаста або мережевидна – мережа, у якій кожен вузол має безпосередній зв'язок лише з невеликим числом інших, найближчих по відстані вузлів. Серед сітчастих розрізняють плоскі (планарні) мережі, що можуть бути зображені без перетинання ребер і неплоскі мережі. До планарних відносяться: стільникові (рис. 1.3.з) і гратчасті (рис. 1.3.ж) мережі, що застосовуються для побудови мереж зв'язку з рухомими об'єктами. Ці мережі є окремими випадками так названих регулярних структур з рівномірним розподілом вузлів по території й однотипним зв'язком між ними.

Умовно МЕЗ розподіляється на первинну МЕЗ, яка об'єднує ЛЗ та СП, та вторинну МЕЗ, яка будується на базі первинної.

Первинною мережею називається сукупність направляючих систем, систем передачі, мережних вузлів і мережних станцій, що забезпечує утворення типових каналів і мережних трактів і надання їх вторинним МЕЗ і окремим користувачам.

Єдина первинна мережа України побудована ієрархічно. Верхній рівень ієрархії займає магістральна первинна мережа, що з'єднує між собою обласні центри. Наступний рівень - внутрішньозонові первинні мережі, що з'єднують обласний центр із місцевими мережами своєї області. Третій рівень ієрархії складають місцеві первинні мережі - міські і сільські. На такому ж принципі побудовані вторинні мережі.

На базі єдиної первинної мережі створюються окремі вторинні мережі, призначені для організації різних видів зв'язку. Будь-яка мережа, побудована на базі каналів первинної мережі, може бути названа *вторинною мережею*.

Класифікація вторинних мереж електрозв'язку можлива за багатьма ознаками, наприклад:

- територіальному: міжнародні, міжміські або національні, зонові (внутрішньообласні), місцеві (міські та сільські), локальні, у тому числі і внутрішньовиробничі мережі;

- приналежності: загальнодержавні, відомчі і приватні;

- структурі побудови (топології): повнозв'язні, радіальні, радіально-вузлові, деревоподібні, кільцеві, сітчасті тощо. Припустима й змішана або комбінована структура мережі, що поєднує фрагменти різних топологій.

- виду переданої інформації: телефонні, телеграфні, передачі даних, звукового віщання й ін.

На Україні в складі ЄНСЗУ існують загальнодержавні вторинні мережі: телефонна мережа загального користування (ТМЗК), абонентського телеграфування (АТ), телеграфна З мережа загального користування (МЗК), провідного віщання (ПВ) стільникова мережа мобільного зв'язку (СММЗ).

1.6. Стільниковий зв'язок [3]

Стільниковий радіотелефонія є сьогодні однією з найбільш інтенсивно розвиваються телекомунікаційних систем. Важливою особливістю системи стільникового радіозв'язку є вельми ефективно використання виділяється для роботи системи радіочастотного спектру - багаторазове використання одних і тих же частот в несуміжних стільниках, застосування різних методів доступу. Вже тільки це дозволило збільшити число абонентів, що обслуговуються і підвищити якість зв'язку. У роботі системи застосовується принцип поділу деякої території на зони, або "стільники", радіусом зазвичай 0,5-10 кілометрів. Мережа становлять рознесені в просторі приймач, що працюють в одному і тому ж частотному діапазоні, і комутуюче обладнання, що дозволяє визначати поточне місце розташування рухливих абонентів і забезпечувати

безперервність зв'язку при переміщенні абонента із зони дії одного приймач в зону дії іншого.

У 1973 році була представлена перша структурна схема мобільної телефонної мережі. Мобільна станція (МС), розташована в автомобілі або вантажівці, з'єднується по радіоканалу з найближчою базовою станцією (БС). Базова станція, в свою чергу, за фіксованим (кабельному або радіорелейного) каналу з'єднується з мобільною телефонною станцією (МТС), названої мобільною не тому, що вона рухається, а тому, що працює з мобільними станціями. Від МТС сигнал йде в звичайну телефонну мережу. Окремі МТС з'єднуються між собою по виділених або комутованих каналах. Комутатор МТС і базові станції визначаються як мобільний телефонний "система", тобто обладнання, на якому будується власне мережу. З одного боку, ця система стикується з мобільними телефонами, з іншого з традиційними телефонними мережами.

Основні складові мережі в даний час - це стільникові телефони і базові станції. Базові станції зазвичай розташовують на дахах будівель і вишках. Будучи включеним, стільниковий телефон прослуховує ефір, знаходячи сигнал базової станції. Після цього телефон посилає станції свій унікальний ідентифікаційний код. Телефон і станція підтримують постійний радіоконтакт, періодично обмінюючись пакетами. Зв'язок телефону зі станцією може йти по аналоговому протоколу (AMPS, NAMPS, NMT-450) або по цифровому (DAMPS, CDMA, GSM, UMTS). Сотові мережі можуть складатися з базових станцій різного стандарту, що дозволяє оптимізувати роботу мережі і поліпшити її покриття. Стільникові мережі різних операторів з'єднані один з одним, а також зі стаціонарною телефонною мережею. Це дозволяє абонентам одного оператора робити дзвінки абонентам іншого оператора, з мобільних телефонів на стаціонарні і зі стаціонарних на мобільні.

Відповідно до рекомендації СЕРТ 1980 р стосується використання спектра частот рухомого зв'язку в діапазоні частот 862-960 МГц, стандарт GSM на цифрову загальноєвропейську (глобальну) стільниковий систему наземної

рухомого зв'язку передбачає роботу передавачів у двох діапазонах частот:

- 890-915 МГц (для передавачів рухливих станцій - MS),
- 935-960 МГц (для передавачів базових станцій - BTS).

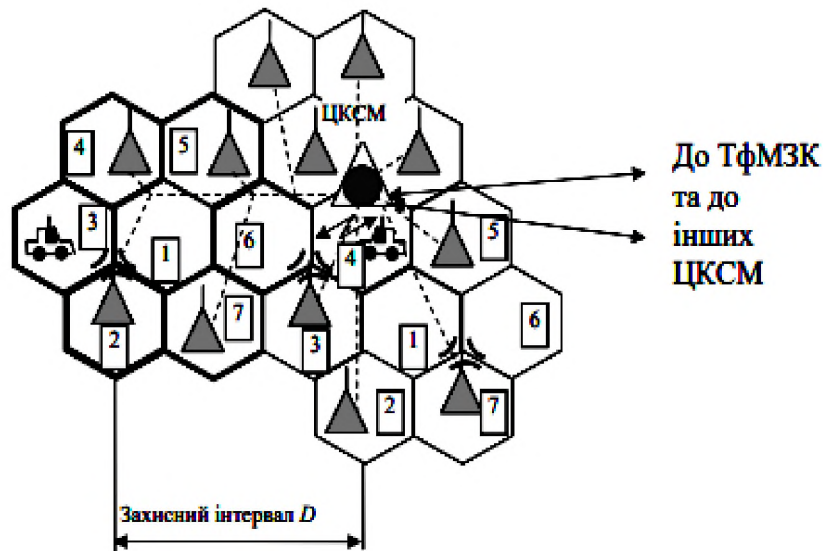


Рисунок 1.4 - Приклад побудови стільникової мережі рухомого зв'язку

Будь-який мобільний телефон або модем підтримує як мінімум один стандарт мобільного зв'язку. В Україні використовуються чотири стандарти: GSM, CDMA 1X, його модифікація CDMA EV-DO, а також WCDMA (UMTS). Всі стандарти умовно діляться на три покоління і позначаються, відповідно: 1G, 2G і 3G. GSM і CDMA 1X - стандарти другого покоління (2G), CDMA EV-DO і WCDMA (UMTS) - стандарти третього покоління (3G).[4]

Стандартам четвертого покоління відносять стандарти, що задовольняють спеціальним вимогам по швидкості передачі даних для нерухомих (до 1 Гбіт / с) і мобільних абонентів (до 100 Мбіт / с). Спочатку до 4G віднесли LTE-Advanced і WiMAX 2, як єдині стандарти бездротового зв'язку, здатні задовольнити пред'явленим вимогам. Але трохи пізніше було прийнято рішення допустити до числа стандартів четвертого покоління існуючі, використовувані по всьому світу LTE і WiMax. Тому LTE і WiMax хоч і не задовольняють вимогам 4G, офіційно їх можна такими називати.

Мобільний доступ абонентам надаються оператори стільникового зв'язку.

Стандарт CDMA в системі UMTS еволюціонує від вузькосмугового до широкосмугового зі швидкістю передавання до 2.4 Мбіт/с.

Радіоінтерфейс WCDMA містить канали трьох рівнів:

- логічного;
- транспортного;
- фізичного.

Логічні канали визначають тип інформації, яка передається в мережі. Вони організовуються в мережі лише в потрібні моменти часу для виконання конкретних завдань. Транспортні канали визначають, яким чином перетворюється й здійснюються обмін інформацією між елементами мережі. Фізичні канали забезпечують реальне передавання сигналів у мережі радіодоступу. З фізичними каналами працюють базові станції, а контролери мережі радіодоступу розрізняють і працюють тільки з транспортними каналами. У мережі UMTS передбачено також такі фізичні канали, які виконують функції сигналізації і не містять інформацію транспортних каналів.

Лінії зв'язку в UMTS складаються з ліній «вгору» US-BS – від абонентського обладнання до базової станції та ліній «униз» BS-US – від базової станції до абонентського обладнання. Транспортні канали радіоінтерфейсу WCDMA в лініях US-BS і BS-US мають певні відмінності.

Безпроводовий мобільний доступ до Інтернету надають переважно оператори мобільних телефонних мереж з використанням для передавання пакетного трафіку протоколу *служби пакетного радіозв'язку загального призначення*, який працює в рамках стандарту GSM (General System for Mobile Communication) в діапазоні 1800 МГц .

Мобільні мережі третього покоління 3G задекларовано ІТУ в *концепції IMT-2000* (International Mobile Telecommunications). Їх відмінною рисою є значне перевищення трафіку даних над голосовим трафіком. Роботу над стандартами 3G зосереджено на розширенні займаної смуги частот та удосконаленні принципів побудови радіоінтерфейсу.

У мережах 3G забезпечено такі швидкості передавання даних:

- для абонентів, які рухаються зі швидкістю 120 км/год, - 144 кбіт/с;
- для абонентів, які рухаються зі швидкістю до 3 км/год, - 384 кбіт/с;
- для стаціонарних абонентів – до 2 Мбіт/с.

Для роботи в мережах мобільного доступу використовують абонентські багатофункціональні пристрої (АБП), що є повноцінними продуктами конвергенції, якими є мобільний телефон, плата для комп'ютера, блок, інтегрований в ноутбук. Важливим напрямком розвитку АБП є їх конвергенція з іншими технологіями безпроводового доступу, наприклад, використання SIMкартки пристрою, призначеного для роботи в мережі GSM, в пристроях що працюють за технологією Wi-Fi.

ТМЗК – сама розповсюджена, але і сама складна у використанні серед усіх глобальних мереж. Досі основний обсяг трафіку на лініях зв'язку складає голосове повідомлення (70%). Тому розвитку телефонного зв'язку приділено велику увагу.

1.7. Принципи побудови міської телефонної мережі [5]

Міські мережі, що створюються на території міст або сільських районів, називаються місцевими телефонними мережами. Спосіб побудови місцевих телефонних мереж залежить від кількості абонентів місцевих телефонних мереж, розмірів території та розміщення абонентів на ній.

Міська телефонна мережа (МТМ) - це сукупність станційних та лінійних споруд, а також кінцевих абонентських пристроїв (телефонних апаратів), що призначена для забезпечення телефонним зв'язком абонентів міста. До основних станційних споруд МТМ належать: комутаційне обладнання автоматичних телефонних станцій (АТС), підстанції (ПС), установчо-виробничих АТС (УВАТС) та різноманітних вузлів автоматичної комутації, а також обладнання електроживлення та систем передачі, що встановлюються на цих станціях.

До складу лінійних споруд входять лінійні кабелі, телефонна каналізація, розподільчі шафи та коробки, проводки в абонентських пунктах та ін. На МТМ є абонентські лінії (АЛ), за допомогою яких телефонні апарати підключаються до АТС, ПС або УВАТС, а також з'єднувальні лінії (ЗЛ), які зв'язують між собою станції або вузли МТМ. Кожному телефонному апарату МТМ присвоєний відповідний абонентський номер. Сукупність номерів всіх абонентів міста називають нумерацією МТМ.

При визначенні нумерації будемо вважати "0" найбільшою цифрою, так як при її наборі на АТС приймається найбільша кількість імпульсів – 10. Наприклад, в групі з 10 абонентів маємо нумерацію 1 – 0 (один, два, три... нуль), нумерація сотенної групи – 11 – 00 (одинадцять, дванадцять, ... 00), тисячної – 111 – 000 (111, 112...009, 000) і ті.

Значність нумерації МТМ, що являє собою кількість цифр в номері, залежить від загальної ємності МТМ. Ємність – можлива кількість абонентських номерів. Якщо, наприклад, загальна ємність МТМ не перевищує 10 тис. номерів, то кожен номер може містити цифри тисяч Т, сотень С, десятків Д та одиниць О., тобто нумерація буде чотирьохзначною. Структуру чотирьохзначного номера позначають ТСДО.

Крім звичайних абонентських номерів, на МТМ використовують скорочені (трьохзначні) номери, що присвоєні різноманітним спецслужбам. Номери всіх спецслужб починаються з цифри "1" (101, 102...), тому "1" не може бути першою цифрою абонентського номера. Абонентські номери не можуть починатися також з цифри 0, яка є індексом виходу на автоматичну міжміську телефонну станцію (АМТС). З урахуванням цього при чотирьохзначній нумерації ємність МТМ фактично не може перевищувати 8000 номерів, при п'ятизначній нумерації максимальна ємність МТМ дорівнює 80 000.

На мережах країни прийнято зоновий принцип нумерації абонентських ліній. В межах кожної зони (області) вводиться семизначна нумерація, при чому кожній стотисячній групі присвоюється двозначний код (ab). Таким

чином, для здійснення міжміського телефонного зв'язку між абонентами різних зон абонент, що телефонує, повинен набрати 10 - значний номер: ABCabxxxxx. При встановленні з'єднання в межах своєї зони використовується сім цифр цього номера abxxxxx, що є семизначним зоновим номером абонента

Для здійснення з'єднань в межах МТМ встановлюється місцева нумерація, яка може бути 5-,6- та 7- значною.

Оскільки основною одиницею ємності МТМ є десятитисячна АТС, то місцевий абонентський номер утворюється з 4-значного номера, якийзначається в межах десятитисячної групи, з додаванням перед цим номером станційного коду, що складається з однієї, двох або трьох цифр, що визначають номер десятитисячної групи, в яку ввімкнено лінію абонента.

При наявності на МТМ установчо-виробничих телефонних мереж, всі або частина абонентів якої повинні мати право виходу на мережу загального користування, із складу нумерації найближчої РАТС (таку РАТС називають "опорною") виділяється група номерів, кратна 100. Кожному абоненту, крім внутрішнього номера, 2- або 3-значного, присвоюється номер МТМ з кількістю знаків, що прийнята на даній мережі.

1.8.Принципи районування

Розрізняють районовану і нерайоновану мережу. Розглянемо приклад нерайонованої мережі.

На нерайонованій МТМ використовується тільки одна міська АТС (МАТС), що обслуговує всіх абонентів міста (при ємності до 5 – 6 тис. абонентів).

Підстанцією називають обладнання, "винесене" з міської АТС і розташоване у безпосередній близькості від достатньокомпактної групи абонентських пунктів. Застосування ПС дозволяє скоротити витрати на АЛ за рахунок зменшення їх довжини. Підстанція зв'язана з МАТС трьома пучками ЗЛ односторонньої дії: один пучок використовується для місцевого вихідного

зв'язку від ПС на МАТС, другий - для місцевого вхідного зв'язку, третій пучок - для міжміського зв'язку. Всі види з'єднань абонентів ПС здійснюються через МАТС, тому в тракці взаємного зв'язку абонентів ПС беруть участь дві ЗЛ: вихідна і вхідна.

Установчо-виробнича АТС(УВАТС) обслуговує абонентів установи чи підприємства: вона зв'язана з МАТС трьома пучками ЗЛ. Для встановлення з'єднання з абонентом МАТС абонент УВАТС повинен набрати індекс зовнішнього зв'язку (як правило цифру 9), а потім повний абонентський номер. Взаємний зв'язок абонентів УВАТС здійснюється без заняття ЗЛ, набором скороченого номера, що містить декілька останніх цифр повного абонентського номера абонента, який викликається.

Зв'язок АМТС з МАТС здійснюється по замовно-з'єднувальним лініям (ЗЗЛ) та міжміським з'єднувальним лініям (ЗЛМ).

Районована МТМ містить декілька районних АТС (РАТС) при максимальній ємності 50 - 60 тис. Абонентів

Розрізняють 4 основних способи побудови комутованих телефонних мереж без обхідних напрямків: повнозв'язний ("кожна з кожною"), радіальний, радіально-вузловий, комбінований.

Повнозв'язний - застосовується в тих випадках, коли інтенсивність навантажень між станціями має такі значення, при яких забезпечується достатньо високе використання каналів; має високу структурну надійність, що дає можливість при порушенні зв'язку між двома станціями не порушувати роботу всієї мережі. За таким способом будуються міські телефонні мережі середньої ємності.

При радіальній побудові мережі має місце вузол, і тільки через нього можуть з'єднуватися будь-які дві станції. Недоліки: велика довжина каналів між територіально близько розташованими станціями і низька структурна надійність, тому що при виході з ладу вузла порушується зв'язність мережі. Цей спосіб застосовується при побудові сільських і внутрішньозонових телефонних мереж.

Радіально-вузловий спосіб усуває недоліки радіального. При такому способі будуються комутаційні вузли декількох класів і вводиться деяка ієрархія між вузлами, тобто визначається їх взаємопідлеглість при встановленні з'єднання.

Комбінований спосіб використовується при побудові міжміської телефонної мережі, коли вузли першого класу об'єднуються між собою по принципу "кожен з кожним", являючи собою центри радіально-вузлової побудови.

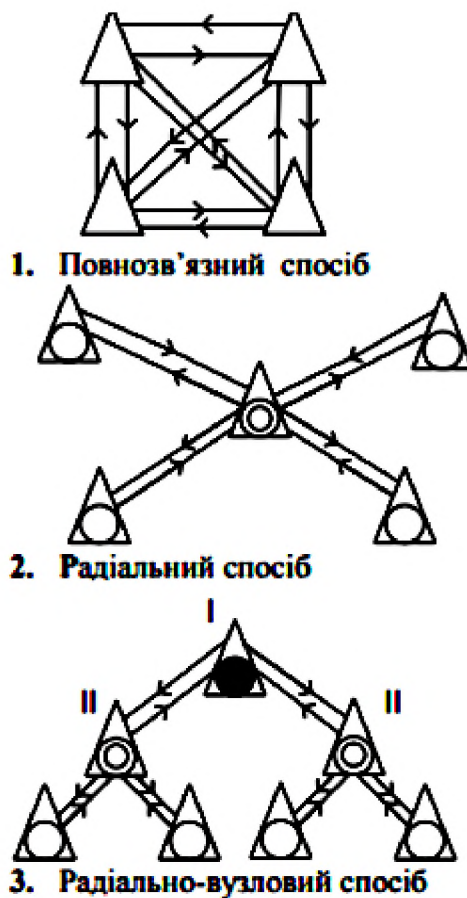


Рисунок 1.5.1 - Принцип побудови районних станцій

Із зростанням ємності телефонної мережі збільшується число РАТС, а інтенсивність навантаження між ними зменшується. Одним з методів підвищення пропускної спроможності міжстанційних ЗЛ на районованій мережі є утворення вузлових станцій.

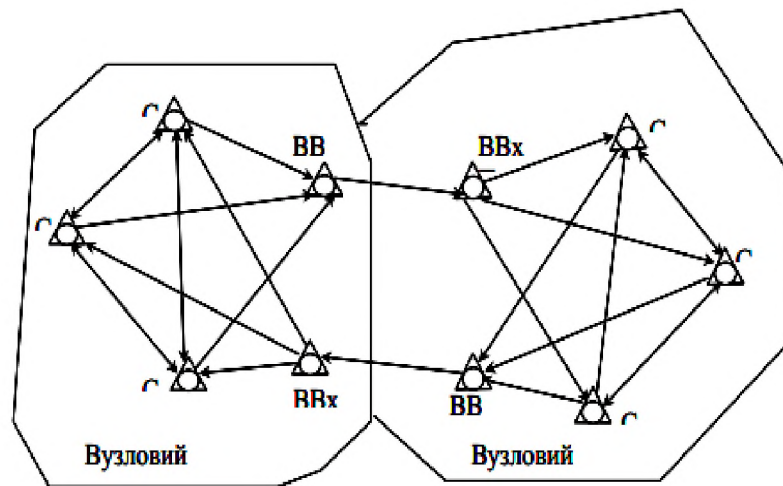


Рисунок 1.5.2 - Вузлова станція

Вузлова станція - це сукупність комутаційних пристроїв, до входів та виходів яких підключені ЗЛ до кінцевих станцій, і за допомогою яких навантаження, що надходить з різних напрямків на входи вузла, розподіляється по іншим напрямкам, які ввімкнені у виходи вузла. Вузлова станція не має власних абонентів і, як правило, розміщується в одній будівлі з однією із кінцевих станцій. Вузол вихідного повідомлення ВВихП об'єднує вихідне навантаження від групи близько розташованих станцій і розподіляє його по напрямках до інших РАТС чи груп РАТС.

Вузол вхідного повідомлення ВВП об'єднує вхідне до групи близько розташованих станцій навантаження і розподіляє його по напрямках до цих станцій. При цьому зв'язок всередині групи РАТС, що розглядається, може здійснюватись по принципу "кожна з кожною" або через свій вузол.

1.9.Стандарт GSM [5]

GSM (від назви групи Group Special Mobile, пізніше перейменований в Global System for Mobile Communications) - глобальний стандарт цифрового мобільного стільникового зв'язку, з поділом каналів за часом (TDMA) і частоті (FDMA). Розроблено під егідою Європейського інституту стандартизації електрозв'язку (ETSI) наприкінці 80-х років.

GSM відноситься до мереж другого покоління (2 Generation) (1G - аналоговий стільниковий зв'язок, 2G - цифровий стільниковий зв'язок, 3G - широкосмуговий цифровий стільниковий зв'язок, комутуруемая багаточільовими комп'ютерними мережами, в тому числі Інтернет).

Стільникові телефони випускаються для 4 діапазонів частот: 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 1900 МГц.

Залежно від кількості діапазонів, телефони поділяються на класи і варіацію частот в залежності від регіону використання.

- Однодіапазонніе - телефон може працювати в одній смузі частот. В даний час не випускаються, але існує можливість ручного вибору певного діапазону частот в деяких моделях телефонів, наприклад Motorola C115, або за допомогою інженерного меню телефону.

- Дводіапазонні (Dual Band) - для Європи, Азії, Африки, Австралії 900/1800 і 850/1900 для Америки і Канади.

- Трьохдіапазонним (Tri Band) - для Європи, Азії, Африки, Австралії 900/1800/1900 і 850/1800/1900 для Америки і Канади.

- Чотирьохдіапазонним (Quad Band) - підтримують всі діапазони 850/900/1800/1900.

У стандарті GSM застосовується GMSK модуляція з величиною нормованої смуги ВТ - 0,3, де В - ширина смуги фільтра за рівнем мінус 3 дБ, Т - тривалість одного біта цифрового повідомлення.

GSM на сьогоднішній день є найбільш поширеним стандартом зв'язку. За даними асоціації GSM (GSMA) на даний стандарт доводиться 82% світового ринку мобільного зв'язку, 29% населення земної кулі використовує глобальні технології GSM. У GSMA в даний час входять оператори більш ніж 210 країн і територій.

1.10. GSM-900 [6]

Цифровий стандарт мобільного зв'язку в діапазоні частот від 890 до 915 МГц (від телефону до базової станції) і від 935 до 960 МГц (від базової станції до телефону). Кількість реальних каналів зв'язку набагато більше ніж написано вище в таблиці, т.к присутній ще і тимчасовий поділ каналів TDMA, тобто на одній і тій же частоті можуть працювати кілька абонентів з поділом у часі.

У деяких країнах діапазон частот GSM-900 був розширений до 880-915 МГц (MS -> BTS) і 925-960 МГц (MS <- BTS), завдяки чому максимальна кількість каналів зв'язку збільшилася на 50. Така модифікація була названа E-GSM (extended GSM).

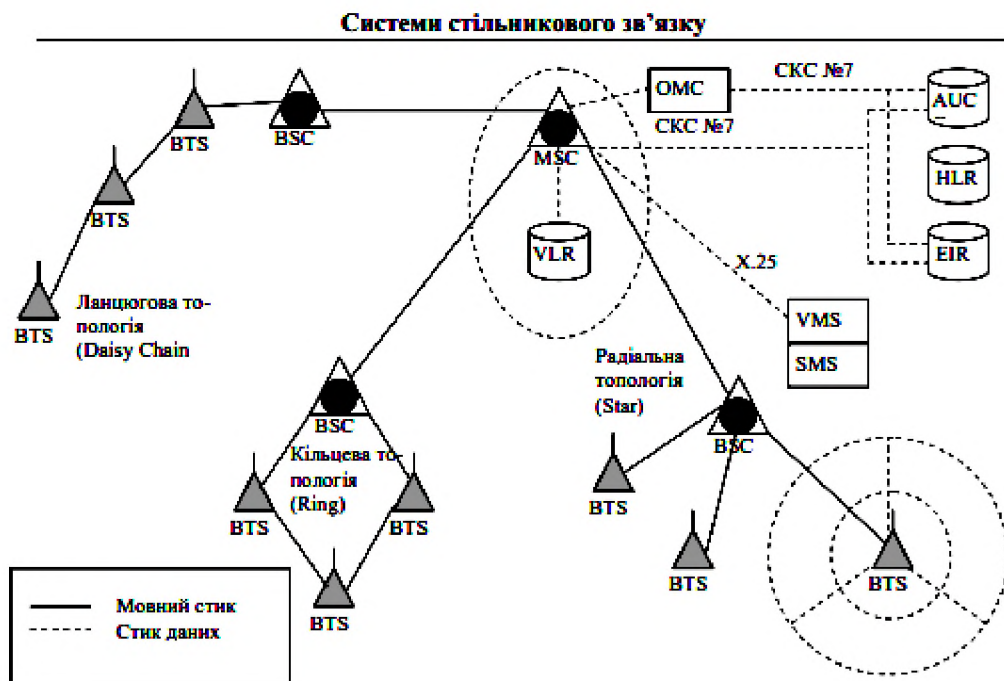


Рисунок 1.6 - Типова структура стандарту GSM-900.

GSM-1800

Модифікація стандарту GSM-900, цифровий стандарт мобільного зв'язку в діапазоні частот від 1710 до 1880 МГц.

Особливості:

- Максимальна випромінювана потужність мобільних телефонів стандарту GSM-1800 - 1Вт, для порівняння у GSM-900 - 2Вт. Більший час безперервної роботи без підзарядки акумулятора і зниження рівня радіовипромінювання.

- Висока ємність мережі, що важливо для великих міст.

- Можливість використання телефонних апаратів, що працюють в стандартах GSM-900 та GSM-1800 одночасно. Такий апарат функціонує в мережі GSM-900, але, потрапляючи в зону GSM-1800, перемикається - вручну або автоматично. Це дозволяє оператору раціональніше використовувати частотний ресурс, а клієнтам - економити гроші за рахунок низьких тарифів. В обох мережах абонент користується одним номером. Але використання апарату в двох мережах можливо тільки в тих випадках, коли ці мережі належать одній компанії, або між компаніями, що працюють в різних діапазонах, укладено угоду про роумінг.

Мережа GSM 900-1800 - це єдина мережа, із загальною структурою, логікою і моніторингом в якій телефон нікуди не переходить. Вручну можна тільки заборонити використовувати один з діапазонів в тестових або дуже старих апаратах.

Проблема полягає в тому, що зона охоплення для кожної базової станції значно менше, ніж в стандартах GSM-900, AMPS / DAMPS-800, NMT-450. Необхідно більше число базових станцій. Чим вище частота випромінювання, тим більше проникаюча здатність (характеризується т.зв. глибиною скін - шару) радіохвиль і тим менше здатність відбиватися і огинати перешкоди.

Дальність зв'язку в GSM лімітована затримкою сигналу Timing advance і становить до 35 км. При використанні режиму extended cell зростає до 75 км. Практично можна досягти тільки в море, пустелі і горах.

1.11. Стандарт CDMA [7]

CDMA (Code Division Multiple Access) - технологія множинного доступу з кодовим поділом каналів, стандарт зв'язку третього покоління. Стандарт CDMA був розроблений в 1993 році і на даний момент є найбільш перспективним в плані розвитку і прийняття загального стандарту зв'язку.

Стандарт CDMA є цифровим стандартом. Множинний доступ з кодовим поділом означає, що кілька абонентів можуть користуватися один пулом радіоканалів, що не перетинаючись в розмові завдяки кодовому поділу каналів. CDMA забезпечує високу якість зв'язку, високу конфіденційність розмов, низький рівень шумів одночасно з низькою потужністю випромінювання передавачів. Їмність мережі CDMA в десятки разів вище, ніж у будь-яких аналогових або цифрових стандартів завдяки можливості багаторазового використання пропускну здатності мережі. CDMA дозволяє одночасно з розмовою приймати і відправляти факсимільні повідомлення та дані.

Діапазон частот, в якому працює стандарт CDMA IS-95 лежить близько 800 МГц, CDMA PCS - 1900 МГц. Потужність передавачів абонентських пристроїв менше 0,1 Вт.

Мережі CDMA починають набирати обертів, і в найближчому майбутньому цей стандарт стане одним з основних, тому що він може скласти конкуренцію навіть провідним системам зв'язку, завдяки своїм безперечним перевагам і дешевизні. Технологія CDMA лягла в основу багатьох розробляються зараз систем глобальної мобільного зв'язку.

Мережні та радіоінтерфейси систем стільникового зв'язку

При проектуванні цифрових стільникових систем рухомого зв'язку стандарту GSM розглядаються інтерфейси трьох видів:

- для з'єднання з зовнішніми мережами,
- між різним обладнанням мереж GSM,
- між мережею GSM і зовнішнім обладнанням.

1.12.Інтерфейси з зовнішніми мережами

З'єднання з ТфМЗК. З'єднання з телефонною мережею загального користування здійснюється MSC по лінії зв'язку зі швидкістю потоку 2 Мбіт/с відповідно до системи сигналізації SS No 7. Електричні характеристики 2 Мбіт/с інтерфейсу відповідають Рекомендаціям MCE-T G.732.

З'єднання з ISDN. Для з'єднання зі створюваними мережами ISDN передбачаються чотири лінії зв'язку зі швидкістю потоку 2 Мбіт/с, які підтримуються системою сигналізації SS No 7 і відповідають Рекомендаціям Блакитної книги MCE-T Q.701- Q.710, Q.711-Q.714, Q.716, Q.781, Q.782, Q.791, Q.795, Q.761-Q.764, Q.766.

З'єднання з існуючою мережею NMT-450. Центр комутації рухомого зв'язку з'єднується з мережею NMT-450 через чотири стандартні лінії зв'язку зі швидкістю потоку 2 Мбіт/с і системою сигналізації SS No 7. При цьому повинні забезпечуватися вимоги Рекомендацій MCE-T за підсистемою користувачів телефонною мережею (TUP - Telephone User Part) і підсистемою передачі повідомлень (MTP– Message Transfer Part) Жовтої книги.

Електричні характеристики лінії зі швидкістю потоку 2 Мбіт / с відповідають рекомендаціям MCE-T G.732.

З'єднання з міжнародними мережами GSM. Ці з'єднання здійснюються на основі протоколів системи сигналізації SCCP і міжмережної комутації рухомого зв'язку GMSC.

1.13.Внутрішні GSM - інтерфейси

Інтерфейс між MSC і BSS А-інтерфейс, забезпечує передачу по-повідомлень для керування BSS, передачі виклику, керування пересуванням. А інтерфейс поєднує канали зв'язку і лінії сигналізації. Останні використовують протокол SS No 7 MCE-T. Повна специфікація А-інтерфейсу відповідає вимогам серії 08 Рекомендацій ETSI/GSM.

Інтерфейс між MSC і HLR з'єднаним з VLR В-інтерфейс. Коли MSC необхідно з'ясувати місце розташування рухомої станції, він звертається до VLR. Якщо рухома станція ініціює процедуру визначення місця з MSC, він інформує свій VLR, який заносить всю інформацію, що змінюється, у свої реєстри. Ця процедура відбувається завжди, коли MS переходить з однієї чарунки в іншу. У випадку, якщо абонент запитує спеціальні додаткові послуги або змінює деякі свої дані, MSC також інформує VLR, який реєструє зміни і за необхідності повідомляє про них HLR.

Інтерфейс між MSC і HLR С-інтерфейс, використовується для забезпечення взаємодії між MSC і HLR. MSC може послати вказівку (повідомлення) HLR наприкінці сеансу зв'язку для того щоб абонент міг оплатити розмову. Коли мережа фіксованого телефонного зв'язку не здатна виконати процедуру установаження виклику рухомого абонента, MSC може запросити HLR про місце розташування абонента для того, щоб послати виклик РС.

Інтерфейс між HLR і VLR інтерфейс, використовується для розширення обміну даними про положення рухомої станції, керування процесом зв'язку. Основні послуги, що надаються рухомому абоненту, полягають у можливості передавати чи приймати повідомлення не залежно від місця розташування. Для цього HLR повинен поповнювати свої дані. VLR повідомляє HLR про положення РС, керуючи нею і перепривласнюючи їй номери в процесі блукання, посилає всі необхідні дані для забезпечення обслуговування рухомої станції.

Інтерфейс між MSC Еінтерфейс, забезпечує взаємодію між різними MSC при здійсненні процедури HANDOVER "передачі" абонента ззони в зону при його русі в процесі сеансу зв'язку без його переривання.

Інтерфейс між BSC і BTS А-bis інтерфейс, служить для зв'язку BSC з BTS і визначений Рекомендаціями ETSI/GSM для процесів установаження з'єднань і керування обладнанням. Передача здійснюється цифровими потоками зі швидкістю 2,048 Мбіт/с. Можливе використання фізичного інтерфейсу 64 кбіт/с.

Інтерфейс між BSC і OMC О інтерфейс, призначений для зв'язку BSC з OMC, використовується в мережах з пакетною комутацією.

Внутрішній BSC-інтерфейс контролера базової станції забезпечує зв'язок між різним обладнанням BSC і обладнанням транскодування (ТС); він використовує стандарт ІКМ-передачі 2,048 Мбіт/с і дозволяє організувати з чотирьох каналів зі швидкістю 16 кбіт/с один канал на швидкості 64 кбіт/с.

Інтерфейс між MS і BTS Um-радіо інтерфейс визначений у серіях 04 і 05 рекомендацій ETSI/GSM.

Мережний інтерфейс між OMC і мережею так званий керуючий інтерфейс між OMC і елементами мережі, визначений ETSI/GSM Рекомендаціями 12.01.

З'єднання мережі з OMC можуть забезпечуватися системою сигналізації MCE-T SS No 7 чи мережним протоколом X.25.

GSM-протокол керування мережею й обслуговуванням також повинний задовольняти вимогам Q.3-інтерфейсу, що визначений в ETSI/GSM в рекомендаціях 12.01.

1.14. Інтерфейси між мережею GSM і зовнішнім устаткуванням

Інтерфейс між MSC і сервіс центром (SC) необхідний для реалізації служби коротких повідомлень. Він визначений у ETSI/GSM рекомендаціях 03.40.

Інтерфейс до інших OMC. Кожен центр керування й обслуговування мережі повинен мати можливість з'єднуватися з іншими OMC, що керують мережами в інших регіонах чи іншими мережами. Ці з'єднання забезпечуються X-інтерфейсами відповідно до рекомендацій MCE-T M.30. Для взаємодії OMC з мережами вищих рівнів використовується Q.3-інтерфейс.

1.14.1 Структура обладнання мереж стільникового зв'язку [8]

Функціональна побудова та інтерфейси, прийняті у стандарті GSM, ілюструються структурною схемою на рис.1.7

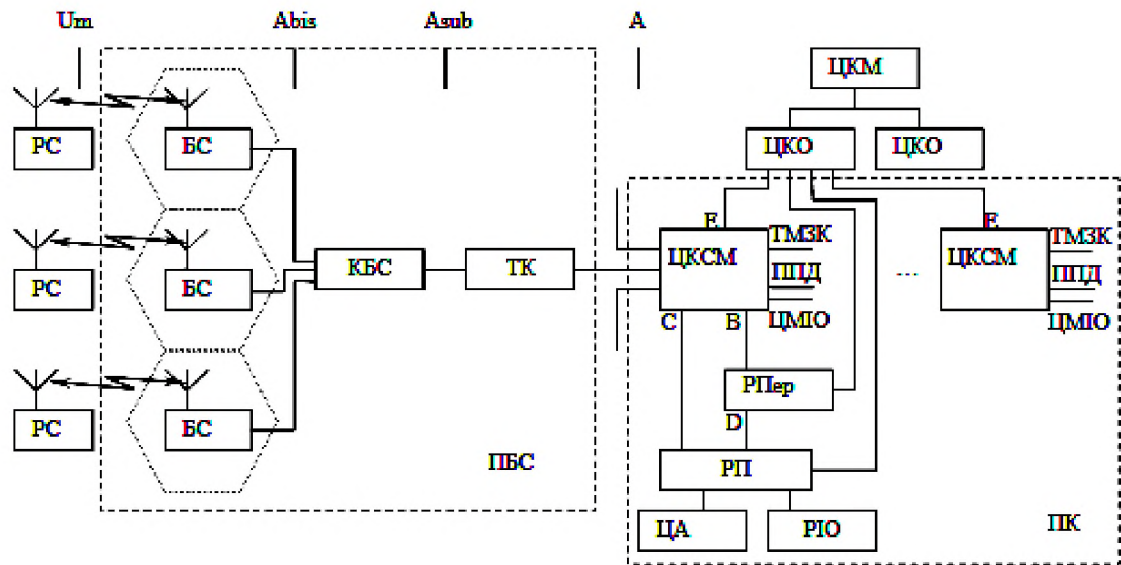


Рисунок 1.7 - Функціональна побудова мережі стандарту GSM900/1800

На рис. 1.7 прийняті такі позначення:

BC– базова станція (BS);

КBC– контролер BC (BSC);

ЦКСМ– центр комутації стільникової мережі (MSC);

ЦКО– центр керування та обслуговування (OMC);

ЦКМ– центр керування мережею (NMC);

ТМЗК– телефонна мережа загального користування (PSTN);

ППД– мережа пакетної передачі даних (PDN);

ЦМІО– цифрова мережа з інтеграцією обслуговування (ISDN);

РПер– реєстр переміщення (VLR); РП– реєстр положення (HLR)

ЦА– центр автентифікації (AUC);

ТК– транскодер (TC); PC– рухома станція (MS);

РІО– реєстр ідентифікації обладнання (EIR);

ПБС– підсистема БС (BSS);

ПК– підсистема комутації (SSS).

Центр комутації стільникової мережі обслуговує групу чарунок і забезпечує усі види з'єднань, в яких має потребу в процесі роботи рухомастанція. MSC аналогічний комутаційній станції ISDN і являє собою інтерфейс між фіксованими мережами (PSTN, PDN, ISDN і т.д.) і мережею рухомого зв'язку. Він забезпечує маршрутизацію викликів і функції керування викликами. Крім виконання функцій звичайної комутаційної станції ISDN, на MSC покладаються функції комутації радіоканалів. До них відносяться "естафетна передача", у процесі якої досягається безперервність зв'язку при переміщенні рухомої станції з чарунки у чарунку, і переключення робочих каналів у чарунці з появою перешкод або за несправностей.

Кожен MSC забезпечує обслуговування рухомих станцій, які знаходяться у межах визначеної географічної зони (наприклад, центр комутації, розташований у м. Одесі, обслуговує мережі Одеської, Миколаївської та Херсонської областей). MSC керує процедурами установаження виклику і маршрутизації. Для телефонної мережі загального користування (PSTN) MSC забезпечує функції сигналізації за протоколом SS No 7, передачі виклику чи інші види інтерфейсів відповідно до вимог конкретного проекту. MSC формує дані, необхідні для виписки рахунків за надані мережею послуги зв'язку, накопичує дані про розмови, що відбулися, і передає їх у центр розрахунків (білінг-центр). MSC складає статистичні дані, необхідні для контролю роботи й оптимізації мережі. MSC підтримує також процедури безпеки, застосовувані для керування доступами до радіоканалів.

MSC не тільки бере участь у керуванні викликами, але також керує процедурами реєстрації місця знаходження і передачі керування, крім передачі керування в підсистемі базових станцій (BSS). Реєстрація місця знаходження рухомих станцій необхідна для забезпечення доставки виклику рухомих абонентам від абонентів телефонної мережі загального користування чи інших рухомих абонентів. Процедура передачі виклику дозволяє зберігати з'єднання і

забезпечувати ведення розмови, коли рухома станція переміщується з однієї зони обслуговування в іншу. Передача викликів учарунках, що керуються одним контролером базових станцій (BSC), здійснюється цим BSC. Коли передача викликів здійснюється між двома мережами, керованими різними BSC, то первинне керування здійснюється в MSC. У стандарті GSM також передбачені процедури передачі виклику між мережами (контролерами), що відносяться до різних MSC.

Ідеологія стандарту GSM побудована таким чином, що абонент термінал (радіотелефон) незалежні один від одного. Кожний абонент отримує свій міжнародний ідентифікаційний номер (IMSI), який записаний в модуль дійсності абонента SIM-карту та зберігається у реєстрі положення. З іншого боку, кожній мобільній станції також присвоюється свій міжнародний ідентифікаційний номер (IMEI). У реєстрі автентифікації обладнання зберігаються номери IMEI, володарі яких мають право доступу до мережі, а також номери, яким за різними причинами відмовлено в обслуговуванні. Це запобігає доступу до мережі таких терміналів, які були викрадені, або не мають необхідних повноважень. Усі ці механізми виключають несанкціонований доступ до ресурсів мережі.

Центр комутації здійснює постійне спостереження за рухомими станціями, використовуючи реєстри положення (HLR) і переміщення (VLR).

У HLR зберігається та частина інформації про місце знаходження будь-якої рухомої станції, що дозволяє центру комутації доставити виклик станції. Реєстр HLR містить міжнародний ідентифікаційний номер рухомого абонента (IMSI). Він використовується для визнання рухомої станції в центрі автентифікації (AUC). Практично HLR являє собою довідкову базу даних про постійно прописаних у мережі абонентів. У ній містяться пізнавальні номери й адреси, а також параметри дійсності абонентів, склад послуг зв'язку, спеціальна інформація про маршрутизацію. Ведеться реєстрація даних про роумінг (блукання) абонента, включаючи дані про тимчасовий ідентифікаційний номер рухомого абонента (TMSI) у відповідному VLR.

До даних, що містяться в HLR, мають дистанційний доступ усі MSC і VLR мережі і, якщо в мережі є декілька HLR, у базі даних міститься тільки один запис про абонента, тому кожен HLR являє собою певну частину загальної бази даних мережі про абонентів. Доступ до бази даних про абонентів здійснюється за номерами TMSI чи MSISDN (номера рухомого абонента в мережі ISDN). До бази даних можуть одержати доступ MSC чи VLR, що відносяться до інших мереж, у рамках забезпечення між мережного роумінга абонентів.

Другий основний пристрій, що забезпечує контроль за пересуванням рухомої станції з зони в зону, реєстр переміщення VLR. За його допомогою досягається функціонування рухомої станції за межами зони, контрольованої HLR. Коли в процесі переміщення рухома станція переходить із зони дії одного контролера базових станцій BSC, що поєднує групу базових станцій, у зону дії іншого BSC, вона реєструється новим BSC, і в VLR заноситься інформація про номер області зв'язку, яка забезпечить доставку викликів рухомій станції. Для збереження даних, що знаходяться в HLR і VLR, у випадку збоїв, передбачено захист пристроїв пам'яті цих реєстрів.

VLR містить такі ж дані, як і HLR, однак ці дані містяться в VLR тільки доти, поки абонент знаходиться в зоні, контрольованій VLR.

У мережі рухомого зв'язку GSM чарунки групуються в географічні зони (LA), яким привласнюється свій ідентифікаційний номер (LAC). Кожен VLR містить дані про абонентів декількох LA. Коли рухомий абонент переміщується з однієї LA в іншу, дані про його місце розташування автоматично оновлюються в VLR. Якщо стара і нова LA знаходяться під керуванням різних VLR, то дані на старому VLR стираються після їхнього копіювання в новий VLR. Поточна адреса VLR абонента, що міститься в HLR, також оновлюється.

VLR забезпечує також присвоєння номера "блукаючій" рухомій станції (MSRN). Коли рухома станція приймає вхідний виклик, VLR вибирає його MSRN і передає його на MSC, що здійснює маршрутизацію цього виклику до базової станції, яка обслуговує рухомого абонента. VLR також розподіляє номера передачі керування при переводі з'єднань від одного MSC до іншого.

Крім того, VLR керує розподілом нових TMSI і передає їх HLR. Він також керує процедурами установлення дійсності під час обробки виклику. За рішенням оператора, ідентифікаційний номер TMSI може періодично змінюватися для ускладнення процедури ідентифікації абонентів. Доступ до бази даних VLR може забезпечуватися через IMSI, TMSI чи MSRN. У цілому VLR являє собою локальну базу даних про рухомого абонента для тієї зони, де знаходиться абонент, що дозволяє виключити по-стійні запити в HLR і скоротити час на обслуговування викликів.

Для виключення не санкціонованого використання ресурсів системи зв'язку вводяться механізми автентифікації перевірка дійсності абонента. Центр автентифікації (AUC) складається з декількох блоків і формує ключі алгоритми автентифікації. За його допомогою перевіряються повноваження абонента і здійснюється доступ абонента до мережі зв'язку. AU сприймає рішення про параметри процесу автентифікації і визначає ключі шифрування абонентських станцій на основі бази даних, зосередженої в реєстрі ідентифікації обладнання (EI– Equipment Identification Register).

Кожен рухомий абонент на час користування системою зв'язку одержує стандартний модуль справжності абонента (SI), що містить: міжнародний ідентифікаційний номер (IMSI), свій індивідуальний ключ автентифікації (Ki) та алгоритм автентифікації (AA).

За допомогою записаної в SI інформації в результаті взаємного обміну даними між рухомою станцією і мережею здійснюється повний цикл автентифікації і дозволяється доступ абоненту до мережі.

Процедура перевірки мережею справжності абонента реалізується таким способом. Мережа передає випадковий номер (RAND) на рухому станцію. На ній за допомогою Ki й алгоритму автентифікації A3 визначається значення відгуку (SRES), тобто:

$$SRES = K_i * [RAND].$$

Рухома станція посилає обчислене значення SRES у мережу, яка звіряє значення прийнятого SRES зі значенням SRES, обчисленим мережею. Якщо ці

значення збігаються, рухома станція приступає до передачі повідомлень. В іншому випадку зв'язок переривається, а індикатор рухомої станції показує, що розпізнавання не відбулося. Для забезпечення таємності обчислення SRES відбувається в рамках SI. Несекретна інформація (наприклад, Ki) не піддається обробці в модулі SI.

EI- реєстрідентифікації обладнання, містить централізовану базуданих для підтвердження дійсності міжнародного ідентифікаційного номера обладнання рухомої станції (International Mobile Equipment Identity). Ця база даних відноситься винятково до обладнання рухомої станції. База даних EI складається зі списків номерів IMEI, організованих таким чином:

БІЛИЙ СПИСОК– містить номери IMEI, про які є відомості, що вони закріплені за санкціонованими рухомими станціями;

ЧОРНИЙ СПИСОК– містить номери IMEI рухомих станцій, що украдені або яким відмовлено в обслуговуванні з інших причин;

СІРИЙ СПИСОК– містить номери IMEI рухомих станцій, у яких існують проблеми, виявлені за даними програмного забезпечення, що не є підставою для внесення в "чорний список".

До бази даних EI одержують дистанційний доступ MSC даної мережі, а також MSC інших мереж.

Як і у випадку з HLR, мережа може мати більше одного EI, при цьому кожен EI керує певними групами IMEI. До складу MSC входить транслятор, що при одержанні номера IMEI повертає адресу EI, який керує відповідною частиною бази даних про обладнання.

IWF– міжмережний функціональний стик, є однією з складових частин MSC. Він забезпечує абонентам доступ до засобів перетворення протоколу і швидкості передачі даних так, щоб можна було передавати їх між термінальним обладнанням (DI) мережі GSM і термінальним обладнанням фіксованої мережі. Міжмережний функціональний стик також "виділяє" модем зі свого банку обладнання для сполучення з відповідним модемом фіксованої мережі. IWF також забезпечує інтерфейси типу прямого з'єднання для обладнання, що

поставляється клієнтам, наприклад, для пакетної передачі даних PAD за протоколом X.25.

ЕС (Echo Cancellor) – лунопридушувач, використовується в MSC з боку PSTN для всіх телефонних каналів (незалежно від їхньої довжини) через фізичні затримки втрактах поширення, включаючи радіоканал мереж GSM. Типовий лунопридушувач може забезпечувати придушення в інтервалі 68 мс на ділянці між виходом ЕС і телефоном фіксованої телефонної мережі. Загальна затримка в каналі GSM при поширенні в прямому і зворотному напрямках, викликана обробкою сигналу, кодуванням/декодуванням мови, канальним кодуванням тощо, складає близько 180 мс. Ця затримка була б непомітна рухомому абоненту, якби в телефонний канал не була включена дифсистема з перетворенням тракту з двопровідного на чотирипровідний режим, установка якого необхідна в MSC, тому що стандартне з'єднання з PSTN є двопровідним. При з'єднанні двох абонентів фіксованої мережі луносигнали відсутні. Без включення ЕС затримка від поширення сигналів у тракті GSM буде викликати роздратування в абонентів, переривати мову і відволікати увагу.

1.15. CDMA 1X [9]

CDMA 1X - технологія, яка використовується в багатьох телефонах стандарту cdma, стаціонарних базах з вбудованим модемом, а також в модемах початкового рівня. Швидкість передачі даних - до 153 кб / с.

WCDMA

WCDMA відноситься до стільникового зв'язку третього покоління (3G). WCDMA - це технологія радіо-інтерфейсу, яка використовує широкопasmовий множинний доступ з кодовим поділом каналів. Саме WCDMA обрана багатьма операторами стільникового зв'язку для забезпечення широкопasmового радіодоступу з метою підтримки послуг 3G.

З чим WCDMA справляється краще, так це з передачею даних, оскільки швидкість може досягати 3,6 Мбіт / с. Цього цілком достатньо не тільки для

того, що б завантажувати картинки в мережі або заходити на сайти, але навіть для перегляду онлайн-відео.

Цей режим варто використовувати в тому випадку, якщо ви користуєтеся як інтернетом, так і зв'язком одночасно. Наприклад, для міста - це найоптимальніший режим. Правда, витрата заряду буде трохи вище в порівнянні з GSM.

1.16 LTE [10]

На мережевому рівні LTE працює повністю на базі IP технологій, а на фізичному рівні (в радіоканалі) застосовується ортогональне частотне ущільнення, і, в результаті, ми отримуємо високу пропускну здатність, маленькі затримки і фантастичну спектральну ефективність.

LTE - це не просто Upgrade 3G!

Це зовсім інший підхід, а фізика його така:

- перехід від кодового поділу каналів (CDMA) до частотного (OFDMA і SC-FDMA)

- перехід від комутації каналів на технології IP - комутацію пакетів.

Характеристики мереж LTE

Продуктивність і пропускну здатність - одна з вимог LTE полягає в забезпеченні пікової пропускну спроможності зворотного каналу не менше 100 Мбіт / с.

Технологія передбачає підтримку швидкості обміну даними понад 300 Мбіт / с, проте шведи вже продемонстрували нам наступний етап розвитку LTE - з теоретично можливою піковою пропускну спроможністю до 1,2 Гбіт / с.

Простота - підтримуються гнучкі варіанти смуги пропускання з частотою від 1,4 МГц до 20 МГц і дуплексная передача з поділом по частоті (FDD *) і за часом (TDD *).

Затримка передачі даних в LTE менше, ніж в існуючих технологіях 3G. Ця перевага є дуже важливим для обслуговування інтерактивних середовищ з

ефектом присутності (наприклад, багатокористувацьких ігор) і обміну великими обсягами медіа контенту.

Різноманітність пристроїв - крім мобільних телефонів і периферійних пристроїв, вбудованими LTE-модулями планується оснащувати багато комп'ютерних та побутові електронні пристрої. Це ноутбуки, планшети, ігрові приставки та set-top boхи, відеокамери та інші портативні пристрої.

Таблиця 1.1 - Еволюція мобільного зв'язку. [11]

Еволюція мобільного зв'язку					
	Технології	швидкість	функції	початок розробки	впровадження
1G-- аналоговий стільниковий зв'язок	NMT, AMPS та інші.	до 1,9 Кбит/с	дзвінки	1970	1984
2G-Цифровий стільниковий зв'язок	GMS та інші.	до 14,4 Кбит/с	+sms	1980	1991
3G- Широкосмуго ва цифровий стільниковий зв'язок	CDMA200 0, UMTS та інші.	до 3,6 Мбит/с	+доступ в інтернет	1990	2002
4G-ще швидше	LTE, WiMAX та інші.	до 1 Гбит/с	+відео стрімінг	2000	2010
5G-ще швидше	IMT-2020	до 20 Гбит/с+	+UltraHD та 3D-відео, AI- додаток,інтерн ет речей.	2008	2018++
*Це спрощена схема. Спеціалісти виділяють проміжні покоління мереж -2.5G, 3.5G,4,5G.					

* При використанні TDD (Time Division Duplex) вся смуга поперемінно віддається на завантаження або вивантаження даних. При використанні FDD (Frequency Division Duplex) вхідний і вихідний трафік розділені частотно, завантаження даних йде на одній частоті, а вивантаження на іншій.

1.17. Алгоритм частотно-територіального планування мереж стільникового зв'язку. [12]

Визначальним при проектуванні мережі рухомого радіозв'язку є планування радіомережі, яке представляє собою ітеративний процес з виконанням наступних кроків:

1) Синтез структури мережі, що передбачає пошук найбільш оптимального варіанту, що дозволяє при мінімальній кількості використовуваних ресурсів (перш за все апаратурних і частотних) врахувати всі вихідні вимоги, які ставляться при плануванні радіомережі.

2) Прогнозування напруженості поля, створюваного кожною базовою станцією.

3) Визначення зони покриття і виявлення тіньових зон для кожного осередку і мережі в цілому.

4) Розподіл частот по окремих осередків.

5) Аналіз роботи мережі з урахуванням взаємних перешкод.

При частотно-територіальне планування вибирається структура мережі, місця розміщення базових станцій (БС), визначається можливість забезпечення покриття необхідної зони обслуговування з заданим якістю зв'язку, розробляється частотний план розподілу радіоканалів для БС, виконується адаптація планів до умов територіальних і частотних обмежень проектованої зони обслуговування, перевіряються забезпечення зовнішньої електромагнітної сумісності (ЕМС) планованої системи з РЕЗ інших систем і можливість забезпечення необхідного ємності мережі для обслуговування абонентського навантаження із заданою вірогідністю блокування викликів.

Блок-схема алгоритму частотно-територіального планування мереж стільникового зв'язку приведена на рис 1.8



Рисунок 1.8 - Алгоритм планування мережі рухомого зв'язку.

1.18. Вихідні дані для планування мережі.

Вихідні дані для планування містять загальні характеристики мережі зв'язку: число і частоти дозволених радіоканалів, план мережі із зазначенням бажаних пунктів розміщення БС, що відповідають вимогам по наявності ліній

зв'язку з АТС загального користування, електроживлення, можливості розміщення обладнання, антен та ін.

В якості технічних основ для планування використовуються характеристики передбачуваних для використання стандартів, приймально-передавального обладнання і антен, умови поширення радіохвиль, необхідна напруженість поля корисного сигналу, навантаження на одного абонента і т.д.

Перелік параметрів, які необхідно враховувати при плануванні мереж рухомого радіозв'язку та абонентського доступу, наведений в табл. 1.2

Таблиця 1.2 - Параметри, що враховуються при плануванні мереж рухомого зв'язку.

Тип інформації	Параметри
Планована територія	Площа зони покриття, чисельність населення для обраного району / міста / області; Тип місцевості: міська, приміська, сільська;
Параметри навантаження	Навантаження на одного абонента; Щільність абонентів на планованій території; Вимоги до зростання навантаження; Початкова ємність мережі;
Устаткування	Короткий перелік технічних параметрів, використовуваних при плануванні; Стоимость обладнання; Антенно-щоглові споруди;
Інші критерії мережевого проекту	Бітова ймовірність помилки; Відсоток зменшення зони покриття осередку через перешкоди;
Питання регламентації	Наявність частотного ресурсу і можливі обмеження при отриманні ліцензії на використання радіочастотного ресурсу; Можливі обмеження, пов'язані з розміщенням і розмірами антенно-щоглових споруд;
Параметри пов'язані з поширенням радіохвиль	Варіанти моделей поширення радіохвиль; Запас на тимчасові завмирання; Запас на затінення.

1.19. Постановка задачі

Для реалізації мети кваліфікаційної роботи необхідно вирішення наступних задач:

- зробити вибір місцевості для планування мережі мобільного зв'язку та визначити її характеристики;
- розрахувати параметри мережі мобільного зв'язку;
- визначити втрати рівню сигналу по трасі розповсюдження;
- зробити оцінку надійності функціонування мережі.

1.20. Висновки

У першому розділі наведені основні відомості про стандарт мобільного зв'язку GSM, його переваги і недоліки. Розглянуто принципи побудови стандартів 3G та 4G мереж, наведено алгоритм частотно-територіального планування мереж стільникового зв'язку, сформульовані задачі кваліфікаційної роботи.

2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір об'єкту планування мережі стільникового зв'язку.

Об'єктом для планування мережі стільникового зв'язку обрано селище міського типу в Україні – Солоне, Дніпропетровської області. Карта цього населеного пункту наведена на рис.2.1



Рисунок 2.1 – Карта с.м.т. Солоне

Вихідні дані для планування мережі:

1. Територія зони - сільська місцевість міського типу.
2. Використовуваний стандарт – 3G.
3. В якості основної в смуги частот для мереж - UMTS/HSPA/HSPA+ визначена парна дуплексна смуга I (1920–1980/2110–2170 МГц)
4. Число мешканців на 2019 р - 7557
5. Площа зони районного центру – 7,837 кв.км.
6. Висота центру зони – 109 м.

2.2 Розрахунок якісних параметрів мережі

Розрахунок допустимого числа каналів трафіку і допустимі параметри стільнику.

Починати слід з вибору частотних каналів в соте. Спочатку беруть 1 канал, потім 2, 3, можливо і більше. Однак збільшення числа каналів надзвичайно істотно впливає на оплату оператором їх оренди. Разом з тим зі зменшенням числа каналів в соте зростає число сот в мережі і зменшуються їх розміри. Це здорожує розгортання і обслуговування сот. Мінімальні розміри стільників зазвичай визначає число допустимих хендоверів. Тому для мереж GSM-1800 - не менше 0,6-0,8 км.

Так як в одному частотному каналі GSM існують 8 незалежних фізичних каналів, то по табл.2.1. визначаємо число каналів трафіку.

Таблиця 2.1 - Визначення числа каналів трафіку

Число частотних каналів	1	2	3	4	5
Число фізичних каналів	8	16	24	32	40
Використовують під канали управління	1	2	2	3	3-4
Число каналів трафіку	7	14	22	29	36-37

Вибравши число каналів, визначають допустимий трафік в соте на основі статистики абонентів по таблиці Ерланга.

Трафік характеризують обсягом переданої інформації. При передачі даних трафік визначають швидкістю передачі, біт / с, і часом передачі, т. Е. Числом переданої інформації в бітах. У телефонії одиницею виміру трафіку є ерланг. 1 Ерл - це зайнятість одного телефонного (ТФ) каналу протягом години.

Розрахунок допустимого трафіку, а отже, і максимального числа абонентів, що обслуговуються при заданому числі каналів є статистичної завданням.

Розрахуємо параметри стільники з використанням двадцяти частотних каналів.

При розрахунку відповідно до числа каналів в стільнику за таблицями Ерланга знаходимо допустимий трафік в стільникові А ст.

Модель системи з обмеженням часу очікування, так звана мрдель Ерланга А чи модель Пуассона. В даної моделі виклик, що надійшов в момент зайнятості всіх каналів стає в чергу, але час очікування не перевищує середнього часу обслуговування (середньої тривалості розмови) якщо за цей час хоча б один канал звільняється, вихов займає його на вільну частину середнього часу обслуговування, після чого скидається. У такій системі ймовірність відмови:

$$P_A = \sum_{n=N}^{\infty} \left[\frac{Ae^{-A}}{n!} \right] \quad (2.1)$$

При розрахунках ємності системи стільникового мобільного зв'язку зазвичай використовують модель Ерланга В . Це пов'язано з тим, що при малих ймовірності відмови моделі Ерланга В і С дають досить близькі результати, при цьому при ймовірності відмови $P_v > 0.1$ порівняно невелике зростання трафіку ($A > 40$) призводить до різкого зростання ймовірності відмови, тобто до різкого погіршення якості обслуговування .По цьому розрахунок ємності системи стільникового мобільного зв'язку проводиться для значень P_v в межах від 0,01 до 0,05.

З причини громіздкості вираження визначає ймовірність блокування виклику в системі з відмовами, на практиці зазвичай користуються її поданням у вигляді таблиці 2.1

Методика використання моделі Ерланга В для розрахунку ємності стільникового системи

Приклад

Постановка задачі.

Расчітати ємність стільникового мобільного системи (ємність однієї стільники і всієї мережі) при заданих: ймовірності відмови P_v , число каналів N і кількості сот m .

Рішення задачі .

1. Так як функція $P_v = \psi(A, N)$ залежить від числа A і числа каналів N , то при відомих двох параметрах завжди знайдеться третій: якщо, наприклад, відомі P_v (або обрана) і N , то знайдеться величина A .

2. Після визначення величини трафіку по таблиці 2.1 (після проведення оцінки числа викликів абонентів мережі в середньому на годину $\langle \lambda_1 \rangle$, а також середньої тривалості розмови $\langle T_1 \rangle$), розраховується число абонентів однієї стільнику:

$$l = \frac{A}{A_t} \quad (2.2)$$

де A_t - трафік для одного абонента ($A_t = \langle \lambda_1 \rangle * \langle T_1 \rangle$).

число абонентів в m стільниках :

$$L = ml = m * \frac{A}{A_t}$$

Розглянемо чисельний приклад.

Постановка задачі . Нехай стільникова система мобільного зв'язку складається з 51 стільники, в кожній з яких використовується N фізичних каналів .Нехай ймовірність відмови (для моделі Ерланга В) $P_v = 0,05$.Пусть в процесі роботи мережі GSM в годину пік кожен абонент робить в середньому один виклик в годину, тобто $\langle \lambda_1 \rangle = 1$ виклик / год. Нехай середня тривалість розмови абонентів $\langle T_1 \rangle$ становить 2 хвилини, тобто $\frac{\langle T \rangle}{1г} = \frac{1}{30}$ години. В цьому випадку, трафік однієї розмови складе: $A_1 = \langle \lambda_1 \rangle * \langle T_1 \rangle = 1 * \frac{1}{30} = 0,033$ Ерл.

Рішення задачі:

1. При ймовірності відмови $P_v = 0,05$ відповідно до таблиці 2.1 при числі каналів на стільник $n_c = 20$ значення трафіку на стільник складе $A_c = 15,2$ Ерл / стільник.

2. Число абонентів, яке може бути обслужено в межах однієї стільники, яке дорівнює відношенню трафіку на стільник до трафіку на одного абонента, складе:

$$m_i = \frac{A_c}{A_1} = \frac{15,2}{0,033} = 460 \text{ абонентів.}$$

3. Число абонентів M , що обслуговуються всією сукупністю 51 стільників, при числі каналів $N=20$, $M=51*460 = 23490$.

Така ємність розглянутої системи мобільного зв'язку, розрахована відповідно до загальноприйнятого підходом для години найбільшого навантаження по моделі Ерланга В.

Рекомендації по мережевому планування та оптимізації

При проектуванні мережі мобільного зв'язку повинні бути виконані наступні операції:

- Оцінка вартості спроектованої мережі;
- Оцінка ємності мережі;
- Оцінка радіопокриття і розташування елементів стільникової мережі;
- Оцінка максимально допустимої щільності (ступеня послуг);
- Оцінка кількості викликів;
- Оцінка майбутнього розвитку мережі.

На думку фахівців фірми Nokia, головними етапами процесу планування мережі є такі:

Збір інформації за такими розділами:

- Правила і закони;

-Ключова інформація щодо демографії, рівня доходів, прогноз розширення території обслуговування, підтримка послуг, маркетингові дослідження і т.д.

- Наявність орендованих ліній зв'язку, наявність СВЧ-частот, вимоги з'єднань з іншими системами;
- Номерні, адресні принципи і принципи маршрутизації;
- Топографічні карти;
- Існуюча інфра-структура, наприклад, параметрів мережі по радіо покриття і ємності.

Головною проблемою цього етапу планування є оптимізація мережі за критерієм вартість ефективність.

Визначення трафіку і числа каналів в стільниках

Стільник є базовим конструктивним блоком мережі GSM. Одна стільника по суті є географічна область, що оточує одну BTS, при цьому розміри стільника залежать від наступних факторів:

- від навколишнього середовища;
- від числа користувачів;
- від числа користувачів; від діапазону робочих частот;
- від потужностей передавачів BTS і т.д.

Cota групується навколо контролера базової станції BSC. Середні розміри стільники знаходяться з відповіді на два фундаментальних питання:

- Як великий трафік каналів, який повинен керувати в межах стільника?
- Яка безліч трафіків каналів необхідно cote?

Щоб відповісти на ці питання, необхідно визначити обсяг трафіку в стільнику.

Трафік можна розрахувати за простою формулою:

$$A = \frac{\langle \lambda \rangle * \langle \tau \rangle}{3600} \text{ (Ерл)}$$

, де λ (виклик \ год) - середнє число викликів на годину; τ - середній час розмови (год). Кількісно трафік не залежить від тривалості спостереження .
Наприклад, якщо исследование проводиться протягом 15 хвилин, тоді у формулі для трафіку А знаменник замість 3600 с, буде дорівнює 900.

Таблиця 2.2 - Модель Ерланга В (система з відмовами)

Число каналів N	Ймовірність відмови $P_v = \psi(A, N)$				
	0,002	0,01	0,02	0,05	0,10
	A – трафік (Ерланг)				
1	0,002	0,01	0,02	0,05	0,11
2	0,07	0,15	0,22	0,38	0,60
5	0,09	1,36	1,66	2,22	2,88
10	3,4	4,5	5,1	6,2	7,5
20	10,1	12,0	13,5	15,2	17,6
30	17,6	20,3	21,9	24,8	28,11
40	25,6	29,0	31,0	34,6	38,8
50	33,9	37,9	40,3	44,5	49,6
100	77,5	84,1	88,0	95,2	104,1
150	122,9	131,6	136,8	146,7	159,1
200	169,2	179,7	186,2	198,5	214,3

$$A_{ст} = 15,2 \text{ Ерл}$$

Далі, задаючись середнім трафіком одного абонента в ГНН (годину найбільшого навантаження) $A_1 = 0,015-0,025$ Ерл, визначаємо допустиму кількість абонентів в соте по формулі 1.

$$M_{ст} = A_{ст} / A_1 \quad (1)$$

$$M_{ст} = 15,2 / 0,025 = 608 \text{ особи}$$

Визначаємо загальну кількість стільників у мережі за виразом:

$$Q_{ст} = M_{мер} / M_{ст} \quad (2)$$

Кількість абонентів в мережі приймається як 70% від кількості мешканців, тоді кількість стільників:

$$Q_{ст} = 0,7 * 7557 / 608 = 8,7 \approx 9 \text{ ст}$$

Площа стільники обчислимо за формулою:

$$S_{ст} = S_{мережі} / Q_{ст} \quad (3)$$

Де S мережі - площа зони обслуговування:

$$S_{ст} = 7837 / 9 = 0,871 \text{ км}^2$$

Радіус стільника у вигляді правильного шестикутника (Рис .2.2):

$$R = \sqrt{S_{ст}} / \sqrt{0.65} \quad (4)$$

При чому R максимальна дальність розміщення мобільної станції від базової станції в стільникові

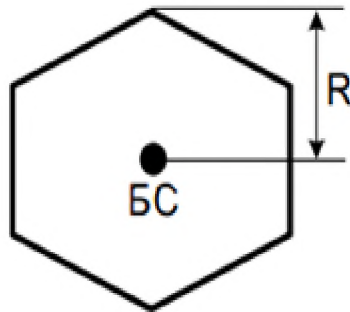


Рисунок 2.2 – Шестикутний стільник з позначеним радіусом

$$R = \sqrt{0,871} / \sqrt{0.65} = 1,158 \text{ км}$$

Для того, щоб витрати на обслуговування сот і розгортання були менше, радіус стільники повинен бути не менше 0,6-0,8км. Отримане значення 1,158 відповідає цьому критерію.

Таблиця 2.3 - Результати розрахунків

Число частот в стільникові	20
Число абонентів в стільникові Мст	608
Число стільників в мережі qст	9
Площа стільника S _{ст} , км ²	0,871
Радіус стільника R, км	1,158

Так як використовується 20 частотний канал, що складається з 8 фізичних, відповідно 1 канал є каналом управління, а решта 7 - канали трафіку.

2.3 ВИЗНАЧЕННЯ БАЛАНСА ПОТУЖНОСТЕЙ

На даному етапі виконання роботи слід забезпечити баланс потужностей в соте радіуса R для мережі, обраної за результатами попереднього етапу.

Рівняння балансу потужностей складають на основі врахування всіх особливостей проходження сигналу на трасі згідно рис.2.3.

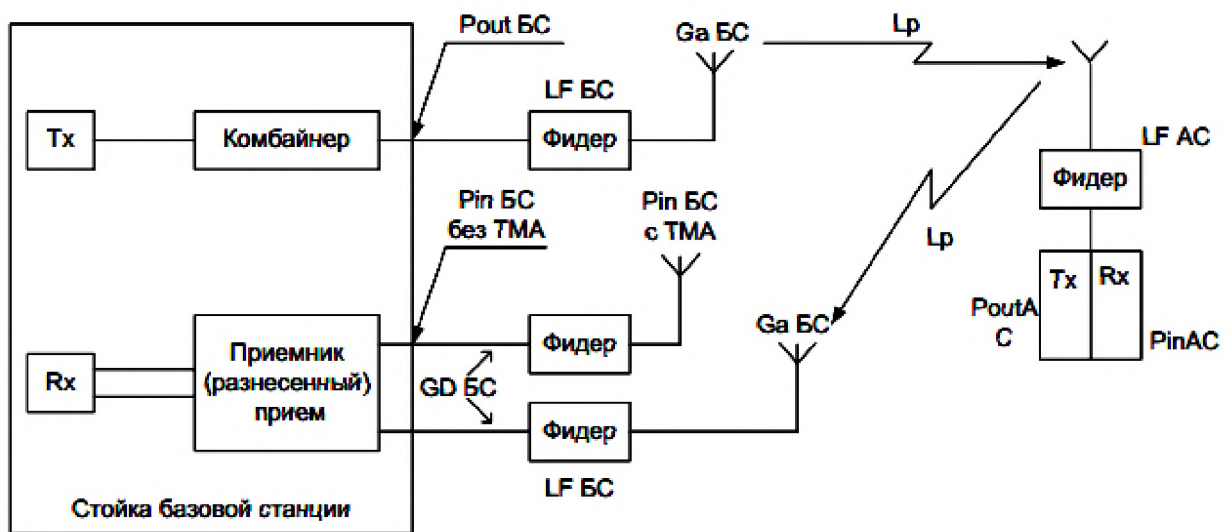


Рисунок 2.3 - Проходження сигналу на трасі

Розрахунки трас мереж рухомого зв'язку ведуть з використанням логарифмів втрат на трасах, в фідерах, комбайнерів і логарифмів коефіцієнтів посилення антен і додаткових підсилювачів. При цьому потужності на виході передавача і на вході приймача висловлюють в децибелах на мілліватт (дБм) згідно з формулою 5.

$$P, \text{ дБм} = 10 \lg P, \text{ мВт} \quad (5)$$

Рівняння балансу потужностей в напрямку вгору (AC => BC):

$$P_{\text{inBC}} = P_{\text{outAC}} - L_{\text{fAC}} + G_{\text{aAC}} - L_{\text{p}} + G_{\text{aBC}} + G_{\text{dBC}} - L_{\text{fBC}}. \quad (6)$$

Рівняння балансу потужностей в напрямку вниз (BC => AC):

$$P_{\text{inAC}} = P_{\text{outBC}} - L_{\text{fBC}} + G_{\text{aBC}} - L_{\text{c}} - L_{\text{p}} + G_{\text{aAC}} - L_{\text{fAC}}. \quad (7)$$

У рівняннях (6) і (7) усі коефіцієнти посилення і ослаблення виражені в децибелах, а потужності – в децибелах на мілліватт.

P_{inBC} и P_{inAC} – потужності на вході приймачів БС и АС.

P_{outBC} и P_{outAC} – потужності на виході передавачів БС и АС.

G_{aBC} и G_{aAC} – коефіцієнти посилення антен БС и АС.

L_{fBC} и L_{fAC} – втрати в фідерах БС и АС.

L_c – втрати в комбайнера.

L_p – втрати на трасі.

$G_{dBС}$ – виграш за рахунок рознесенного прийому сигналів на БС - (3–4 дБ).

При розрахунках можна використовувати такі параметри абонентських і базових GSM станцій.

В абонентських станціях GSM-1800 максимальна вихідна потужність передавачів $P_{outAC} = 1$ Вт на 1800 МГц. Мінімальна чутливість приймачів $P_{inAC} = -104$ дБм.

Чутливість приймачів базових станцій при наявності додаткового малошумящего підсилювача ТМА (див. мал. 2) на вході приймального тракту $P_{inBC} = -111$ дБм, а без нього –106 дБм. Що стосується потужностей передавачів БС, то їх стандартні значення у різних виробників лежать в межах від 28 до 50 Вт (хоча є і малопотужні станції потужністю 2 Вт).

Знайдені величини P_{inAC} і P_{inBC} повинні перевищувати чутливість приймачів мобільної станції - 104 дБВ і базової станції - 111 дБм. Якщо вони виявляються менше, то слід спробувати збільшити висоту підвісу антени БС або зменшити радіус стільники.

2.4 Визначення втрат на трасі

Втрати на трасі визначаємо за моделлю Окумура-Хата. Вони залежать від відстані R , робочої частоти F , висоти підвісу антен базової станції НБС і абонентської станції НАС. Даний метод заснований на аналітичній

апроксимації результатів практичних вимірювань. Набір емпіричних формул і поправочних коефіцієнтів, отриманий в результаті такої апроксимації, дозволяє розрахувати середні втрати для різних типів місцевості.

В діапазоні 1800 МГц і вище розрахунки ведуть на моделі COST 231 Хата [COST 231 TD (90) 119]. Умови застосовності моделі: $F = 1500\text{--}2000$ МГц; $H_{\text{БС}} = 30\text{--}200$ м; $H_{\text{АС}} = 1\text{--}10$ м.

Розрахуємо середні (медіанний) втрати на трасі L_{Γ} :

$$L_{\Gamma} = 48,55 + 35,4 \lg F - 13,82 \lg H_{\text{БС}} - (1,1 \lg F - 0,7) H_{\text{АС}} + (44,9 - 6,55 \lg H_{\text{БС}}) \lg R \quad (8)$$

где $H_{\text{БС}}$ – ефективна висота підйому антени базової станції, м; $H_{\text{АС}}$ – висота антени мобільної станції над землею, м; R – відстань між передавачем і приймачем, км; F – частота сигналу, МГц.

Сумарні втрати на трасі:

$$L_{\text{P}} = L_{\Gamma} + \Delta P_{\sigma} + L_{\text{ДОП}} \quad (9)$$

Середні (медіанний) втрати на трасі вниз (середня частота піддіапазону вниз БС => АС: 1842 МГц):

$$L_{\Gamma} = 48,55 + 35,4 \lg 1842 - 13,82 \lg 100 - (1,1 \lg 1842 - 0,7) 5 + (44,9 - 6,55 \lg 100) \lg 1,158 = 124,1 \text{ дБ.}$$

Необхідний запас потужності сигналу для його впевненого прийому на 90% площі з ймовірністю 75% $\Delta P_{\sigma} = 0,68\sigma$, $\Delta P_{\sigma} = 0,68 \cdot 8 = 5,6$ дБм, где $\sigma = 8$ дБ – середньоквадратичне відхилення сигналу через флуктуації в Вашій місцевості. Крім того, врахуємо додаткові втрати в будівлі $L_{\text{ДОП}} = 12$ дБм. Отже, сумарні втрати на трасі:

$$L_{\text{P}} = 124,1 + 5,6 + 12 = 141,7 \text{ дБм.}$$

Тепер за формулою (7) розрахуємо потужність сигналу на вході приймача АС, якщо потужність передавача БС становить 28 Вт (44,5 дБм):

$$P_{\text{inAC}} = 44,5 - 2 + 15 - 0 - 141,7 + 0 - 0 = -84,2 \text{ дБм.}$$

Аналогічно за формулою (6) перевіряємо баланс потужностей на трасі вгору. Середня частота піддіапазону вгору АС => БС: 1744 МГц. При тих же $H_{\text{БС}}$ і $H_{\text{АС}}$ середні втрати на трасі L_{Γ} , відповідно до моделі COST 231, становлять 185,98 дБм, т. Е. Практично не відрізняються від втрат на трасі

вниз. $L_T = 48,55 + 35,41 \lg 1744 - 13,82 \lg 100 - (1,1 \lg 1744 - 0,7)5 + (44,9 - 6,55 \lg 100) \lg 1,158 = 124,36$ дБм.

$$L_P = 124,36 + 5,6 + 12 = 141,96 \text{ дБм}$$

При тих же $\Delta P_\sigma = 5,6$ дБм і втрати в будівлі $L_{\text{доп}} = 12$ дБ при потужності передавача АС 1 Вт отримуємо:

$$P_{\text{інБС}} = 30 - 0 + 0 - 141,96 + 15 + 3 - 2 = -95,96 \text{ дБм}$$

Знайдені величини $P_{\text{інАС}}$ і $P_{\text{інБС}}$ перевищують чутливість приймачів мобільної станції -104 дБВ і базової станції - 111 дБм

2.5 Розрахунок шумів

2.5.1. Теплові шуми приймача

На вході приймального пристрою МС діють власні теплові шуми і зовнішні перешкоди. Зовнішні перешкоди поділяють на індустриальні та шуми випромінювання. Такі зовнішні перешкоди оцінюють за допомогою власного коефіцієнта шуму.

Потужність теплових шумів приймальної установки, перелічених до входу приймача:

$$P_{T1} = N_{T1} k T_0 \Pi \quad (8),$$

где N_{T1} - коефіцієнт шуму приймача;

k - постійна Больцмана;

T_0 - температура вхідного ланцюга, К;

Π - ефективна ширина шумовий смуги приймача.

Рівень потужності теплового шуму, виражений в дБ:

$$p_{T1} = 10 \lg P_{T1} = 10 \lg (N_{T1} k T_0 \Pi) = n_{T1} + 10 \lg (k T_0) + 10 \lg \Pi \quad (9),$$

где $n_{T1} = 10 \lg N_{T1}$, дБ, $10 \lg (k T_0) = -144$ дБм/Гц при $T_0 = 290$ К

Рівень потужності теплового шуму в дБм:

$$p_{T1} = n_{T1} - 144 + 10 \lg \Pi + 30 \quad (10),$$

Стандартне значення коефіцієнта шуму приймача $n_{T1} = 7 \dots 9$ дБ.

виберемо $n_{T1} = 8$ дБ.

Ефективна ширина шумовий смуги приймача $\Pi = 34$ кГц, по ТЗ.

Знайдемо рівень потужності теплового шуму по формулі (10):

$$p_{T1} = 8 - 144 + 10 \lg(34) = -118,6 \text{ дБм}$$

2.5.2 Індустріальні шуми

Це зовнішні перешкоди від систем запалювання автомобілів, промислового устаткування, шумові випромінювання високовольтних ліній і ін. Будемо вважати, що в діапазоні в якому працює система зв'язку індустріальні шуми малі.

2.6 Відношення сигнал-шум на вході приймача

На кордоні зони покриття повинне виконуватися умова

$$q_{c-ш}(r_0) \geq q^*_{c-ш} + \Delta_{c-ш}, \quad (11)$$

где r_0 - радіус зони покриття;

$q^*_{c-ш}$ - допустиме значення відносини сигнал-шум, вказане в технічних параметрах апаратури;

$\Delta_{c-ш} = 5 \dots 10$ дБ - енергетичний запас.

При цьому відношення шум на вході приймача:

$$q_{c-ш}(r) = p_c(r) - p_T \quad (12)$$

Мінімально допустимий рівень сигналу на кордоні зони покриття:

$$p_c(r_0) = p_T + q^*_{c-ш} + \Delta_{c-ш},$$

Знайдіть мінімально допустимий рівень сигналу на кордоні зони покриття ($\Delta_{c-ш} = 5$ дБ, $q^*_{c-ш} = 18$ дБ):

$$p_c(r_0) = -118,6 + 18 + 5 = -95,6 = -96 \text{ дБм}$$

Розрахунковий рівень усередненої медіанної потужності сигналу обчислений в 3.2 перевищує мінімально допустимий рівень на кордоні зони покриття на 10 дБ.

2.7 Вибір обладнання

Вибір обладнання конкретних фірм-виробників утруднений через нестандартного робочого діапазону системи зв'язку. Тому опишемо склад базової станції і типи використовуються антен.

Базова станція включає в себе три рівні:

- рівень зв'язку з антеною;
- рівень приймача;
- рівень контролю за функціонуванням базової станції;

Пристрій зв'язку з антеною включає в себе 2 модуля:

- платформу зовнішнього інтерфейсу подвійного приймача і двостороннього друку.
- платформу здвоєного комбайнера (пристрої ущільнення) широкої смуги частот.

Усередині приймально передавального пристрою передбачений радіочастотний шлейф.

Виберемо секторні антени з шириною головної пелюстки діаграми спрямованості 120 градусів. Для забезпечення разнесенного прийому використовуємо дві антени на сектор.

2.8.Зіставлення розрахунку числа БС з фактом

Таблиця 2.5 - Результати розрахунків

Число частот в стільникові	20
Число абонентів в стільникові Мст	608
Число стільників в мережі qst	9
Площа стільника $S_{ст}$, км ²	0,871
Радіус стільника R , км	1,158



Рисунок 2.4 - Розташування стільникових веж поблизу с.м.т. Солоне

2.9.Висновки

У другому розділі обрано об'єктом для планування мережі стільникового зв'язку обрано селище міського типу в Україні – Солоне.

Приведені приклади різних розрахунків стільникового зв'язку.

Планування мережі стільникового зв'язку селище міського типу зроблений розрахунок : якісних параметрів мережі , баланс потужностей, втрат на трасі, шумів . Зроблений вибір обладнання та проведено зіставлення розрахунку числа БС з фактом.

РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Загальні відомості щодо обґрунтування ефективності проектування.

Для районних центрів існують потреби в удосконаленні та розширенні мереж стільникового зв'язку, що дає можливість операторам шукати більш дешеві і якісні рішення для побудови нових і розширення існуючих стільникових мереж з метою підвищення їх конкурентоспроможності.

Даний проект являє собою варіант розрахунку параметрів і побудови мережі стільникового зв'язку стандарту 3G в місцевості з кількістю мешканців до 10000.

Термін первинного проектування прийнято рівним у 20 днів.

Таблиця 3.1 - Розрахунок вартості обладнання

№	Найменування	Кількість	Сума вартості товару (грн.)	Загальна Сума
1.	Ноутбук Lenovo IdeaPad S530-13IWL	1	15399	15 399
2.	Wi-Fi роутер TP-Link WR-841N	1	769	769
3.	Принтер Pantum P2507	1	2560	2 560
4.	Картридж Canon PG-512Bk	1	519	519
5.	Папір Rey Copy A4, 500 арк/пач.	3	130	390
6.	Витрати на оплату Інтернету 100мб/с	1 міс	220	220
7.	Транспортні витрати		100	100
Разом:			18697	18957

3.2 Складання кошторису витрат на проектування

До річних експлуатаційних витрат відносимо:

- амортизаційні відрахування;
- витрати на оплату праці;
- єдиний соціальний внесок;
- витрати на електроенергію
- інші витрати.

Був обраний метод зменшення залишкової вартості[1]

Норма амортизації розраховується по формулі:

$$Na = \frac{2}{T} * 100\%$$

T-термін корисного використання;

Термін використання становить – 4(роки);

$$Na = \frac{2}{4} * 100\% = 50\%$$

Амортизаційні відрахування складають 50% за рік від суми капітальних витрат:

$$Na = K * 0,5 \quad (3.1)$$

$$Na = 18\,957 * 0,5 = 9\,475,5 \text{ (грн.)}$$

Для визначення фонду оплати праці виробничого персоналу визначаємо його чисельність по відділах, посадовий оклад, встановлений для кожного працівника.

3.3 Розрахунок заробітної плати:(таблиця 3.2)

Для правильної роботи треба персонал – Оператор. В таблиці нижче наведена інформація заробітної плати за місяць, заробітної плати за термін виконання проекту та сума фонду оплати праці за рік.

Таблиця 3.2 - Заробітна плата персоналу

Посада	Кількість	Заробітна плата за місяць (25 робочих днів) грн.	Заробітна плата за термін виконання проектних робіт. (20 робочих днів), грн	Сума фонду оплати праці за рік, грн
Оператор	1	8000	6400	6400
Разом:				6 400

3.4 Визначення відрахування на соціальні заходи[2]:

Відрахування на соціальні заходи становить 36 % від річного фонду оплати праці:

$$C_c = C_z * 0.36$$

де C_c – відрахування на соціальні заходи від заробітної плати;

C_z – заробітна плата обслуговуючого персоналу;

$$C_c = 6\,400 * 0.36 = 2\,304 \text{ (грн.)}$$

Оплата праці з відрахуванням:

$$O_p = C_z + C_c \quad (3.2)$$

Де O_p – Оплата праці з відрахуваннями.

$$O_p = 6\,400 + 2\,304 = 8\,704 \text{ (грн)}$$

Розрахуємо витрати з оплати електроенергії для виробничих потреб:

$$\text{Витр. Ел} = C * \text{Тар} \quad (3.3)$$

Де Витр.Ел - Витрати Електроенергії :

$$\text{Витр. Ел} = 1.1 * 1.68 = 1.8 \text{ (грн/год).}$$

C – загальній обсяг потреб електроенергії. (кВт)

Тар – тариф на електроенергію.

Техніка буде працювати 20 робочих днів, по 10 годин на добу.

$$\text{Заг. Вит.} = \text{Витр. Ел.} * \text{Роб. дні} * \text{Год/доб}$$

$$\text{Заг. Вит.} = 20 * 10 * 1.8 = 360(\text{грн})$$

Загальні витрати за час виконання проекту на оплату електроенергії складають – 360 (грн).

3.5 Розрахунок витрат на обслуговування та ремонт обладнання:

Витрати на ремонт та обслуговування обладнання становлять 2% від його вартості:

$$\text{Витр} = 18957 * 0,02 = 379,14 (\text{грн})$$

3.6 Інші витрати:

Інші витрати по експлуатації об'єкта визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$\text{Спр} = \text{Сз} * 0,04 = 240 * 0.04 = 10 (\text{грн}).$$

Таблиця 3.3 - Загальні витрати на організацію проектування

Найменування витрат	Сума, грн
Капітальні витрати	18957
Амортизація	9 475,5
Фонд оплати праці	8 704
Єдиний соціальний внесок	2304
Витрати на оплату електроенергії	360
Витрати на ремонт і обслуговування	379,14
Інші витрати	10
Разом експлуатаційні витрати:	21 232,64

3.7 Висновки

По методу зменшення залишкової вартості було розраховано норму амортизації та амортизаційні відрахування з вартості основного обладнання. Розраховано заробітну плату оператора, витрати на електроенергію, на обслуговування та ремонт. Визначені загальні витрати на проектування :

Капітальні витрати -18 957 грн.

Експлуатаційні витрати – 21 232,64 грн.

Аналіз отриманих результатів показав, що капітальні витрати на виконання проектних робіт за 20 робочих днів, складають – 40 189,64 грн.

ВИСНОВКИ

У першому розділі наведені основні відомості про стандарт мобільного зв'язку GSM, його переваги і недоліки. Розглянуто принципи побудови стандартів 3G та 4G мереж, наведено алгоритм частотно-територіального планування мереж стільникового зв'язку, сформульовані задачі кваліфікаційної роботи.

У другому розділі обрано об'єктом для планування мережі стільникового зв'язку обрано селище міського типу в Україні – Солоне.

Приведені приклади різних розрахунків стільникового зв'язку.

Планування мережі стільникового зв'язку селище міського типу зроблений розрахунок : якісних параметрів мережі , баланс потужностей, втрат на трасі, шумів .Зроблений вибір обладнання та проведено зіставлення розрахунку числа БС з фактом.

В економічному розділі по методу зменшення залишкової вартості було розраховано норму амортизації та амортизаційні відрахування з вартості основного обладнання. Розраховано заробітну плату оператора, витрати на електроенергію, на обслуговування та ремонт. Та визначені загальні витрати на проектування :

Капітальні витрати -18 957 грн.

Експлуатаційні витрати – 21 232,64 грн.

Аналіз отриманих результатів показав, що капітальні витрати на виконання проектних робіт за 20 робочих днів, складають – 40 189,64 грн.

Перелік посилань

1. Телекомунікаційні та . (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу:URL: <https://ktpu.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/02/Vorobiyenko-P.P.-Telekomunikatsijni-ta-informatsijni-merezhi.pdf> - Загол. з екрана.
2. Принципи побудови телефонної мережі загального користування тмзк / Спосіб доступу: URL: http://www.dut.edu.ua/uploads/l_1218_56564392.pdf
3. Бойко М.П. Системи стільникового зв'язку: Конспект лекцій.– Одеса: ОНАЗ, 2004 – 76 с. (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу:URL: http://www.dut.edu.ua/uploads/l_308_12651241.pdf - Загол. з екрана.
4. Технологии передачи данных в CDMA: CDMA 1X, EVDO REV.A., EVDO REV.B. Скорости, на который работает беспроводной мобильный интернет. / Спосіб доступу: URL:<http://www.goodok.com.ua/news/tehnologii-peredachi-dannyx-v-cdma-cdma-1x-evdo-rev-a-evdo-rev-b-skorosti-na-kotoryi-rabotaet-besprovodnoi-mobiljnyi-internet-.html>
5. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM (2005) Книга / Спосіб доступу:URL:<http://padabum.com/d.php?id=1741>
6. GSM 900 или GSM 1800 / Спосіб доступу: URL:<https://www.gsmsota.com.ua/blog/novosti/gsm-900-ili-gsm-1800/>
7. GSM против CDMA: в чем разница? / Спосіб доступу: URL:<https://itc.ua/articles/gsm-protiv-cdma-v-chem-raznitsa-2/>
8. Структура обладнання мереж стільникового зв'язку / Спосіб доступу: URL:http://www.dut.edu.ua/uploads/l_308_12651241.pdf
9. Технологии передачи данных в CDMA: CDMA 1X / Спосіб доступу: URL:<http://www.goodok.com.ua/news/tehnologii-peredachi-dannyx-v-cdma-cdma-1x-evdo-rev-a-evdo-rev-b-skorosti-na-kotoryi-rabotaet-besprovodnoi-mobiljnyi-internet-.html>
- 10.Що таке LTE ? / Спосіб доступу: URL: https://gsm.ucoz.ua/index/shho_take_lte/0-56
- 11.Еволюція систем мобільного зв'язку / Спосіб доступу: URL:<https://studfile.net/preview/3021541/page:12/>
- 12.В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, П.А. Михайлов. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование, М.: Горячая линия-Телеком, 2007

13. Економіка та організація виробничої діяльності підприємства. § 5.5
Розрахунки норм і сум амортизаційних відрахувань. (Електрон. ресурс)
/ Спосіб доступу: URL:
https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmib/17nebava_ekonomika_organizaciya_virobnichoyi_diyalnosti/55.htm - Загол. з екрана.
14. Буковинська бібліотека. 10.5. Витрати підприємства на соціальні заходи. (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL:
<https://buklib.net/books/27986/> - Загол. з екрана.

ДОДАТОК А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи бакалавра

№	Формат	Найменування	Кількість листів	Примітки
Документація				
1	A4	Реферат	2	
2	A4	Список умовних скорочень	2	
3	A4	Зміст	2	
4	A4	Вступ	1	
5	A4	Стан питання. Постановка задачі	38	
6	A4	Спеціальна частина	14	
7	A4	Економічний розділ	4	
8	A4	Висновки	1	
9	A4	Перелік посилань	2	
10	A4	Додаток А	1	
11	A4	Додаток Б	1	
12	A4	Додаток В	1	
13	A4	Додаток Г	1	

ДОДАТОК Б. Перелік документів на оптичному носії

- 1 Пояснювальна записка на 71 сторінок.
- 2 Матеріали кваліфікаційної роботи на оптичному носії:
 - Пояснювальна записка Рясний О.М.doc
 - Презентація Рясний О.М.pptx

ДОДАТОК В. Відгук керівника економічного розділу

Керівник розділу
(підпис)

Романюк Н.М.

