

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В.ДАЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається
Завідувач кафедри
_____ Скарга-Бандурова І.С.
«_____» червня 2017 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ БАКАЛАВРА
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
НА ТЕМУ:**

Розробка довільної структури мобільної мережі
з застосуванням сучасних технологій

Освітньо-кваліфікаційний рівень — бакалавр
Спеціальність 123 – комп'ютерна інженерія
Напрямок підготовки 6.050102 Комп'ютерна інженерія

Керівник проекту:	_____	<u>Лифар О.К.</u>
	(підпис)	(ініціали, прізвище)
Консультант з охорони праці:	_____	<u>Критська Я.О.</u>
	(підпис)	(ініціали, прізвище)
Студент:	_____	<u>Любімова А.В.</u>
	(підпис)	(ініціали, прізвище)

Северодонецьк 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В.ДАЛЯ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
Освітньо-кваліфікаційний рівень — бакалавр
Спеціальність 123 – комп'ютерна інженерія
Напрямок підготовки 6.050102 Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ Скарга-Бандурова І.С.
«_____» червня 2017 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ БАКАЛАВРА

Любімової Алевтини Віталіївни

1. Тема проекту (роботи) Розробка довільної структури мобільної мережі з застосуванням сучасних технологій затверджена наказом по інституту від «15» травня 2017р. №125/48
2. Термін подання студентом закінченого проекту (роботи) протягом другої неділі
3. Початкові дані до проекту (роботи) матеріали переддипломної практики
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробленню) Вступ. Розділ 1 Сучасний стан мобільних мереж. 1.1 Роль і значення бездротового зв'язку в сучасному світі. 1.2 Огляд сучасних технологій і засобів бездротового зв'язку. 1.3 Завдання ефективного бездротового зв'язку і проблеми вирішення в системі гетерогенного бездротового зв'язку. Розділ 2 Принципи функціонування мережі мобільного зв'язку. 2.1 Структура мережі мобільного зв'язку. Принципи функціонування. 2.2 Розробка алгоритму роботи мобільної

мережі. 2.3 Процедура позиціонування абонентської станції засобами мобільної мережі. Розділ 3 Розробка структури стільникового зв'язку. 3.1 Типові конфігурації системи. 3.2 Мережеве планування. 3.2.1 Оцінка мовного трафіку в мережі. 3.2.2 Оцінка трафіку даних в мережі. 3.3 Аналіз ємності базової станції. 3.4 Дослідження радіусу мобільної мережі. Розділ 4 Основи охорони праці. 4.1 Організаційно-правові основи охорони праці. 4.2 Промислова санітарія. 4.3 Електробезпека. 4.4 Пожежна безпека. Висновки. Перелік посилань на використану літературу.

5. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень) гетерогенна бездротова мережа, вертикальний і горизонтальний хендовер, загальна структурна схема мережі мобільного зв'язку та позиціонування, типові конфігурації мобільних систем, графік залежності радіусу стільника від завантаження, електронні плакати.

6. Консультанти проекту (роботи) з визначенням розділів проекту, які відносяться до них

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Критська Я.О.		

7. Дата видачі завдання _____

Керівник проекту _____ Лифарь О.К.

Завдання прийняв до виконання _____ Любімова А.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Затвердження теми дипломного проекту	до 15 березня 2017р.	
2.	Збір початкових даних та матеріалів для проекту	до 19 травня 2017р.	
3.	Виконання та оформлення розділу з охорони праці	до 26 травня 2017р.	
4.	Оформлення розрахунково-пояснювальної частини проекту	до 09 червня 2017р.	
5.	Оформлення висновків	до 13 червня 2017р.	
6.	Підготовка до друку пояснювальної записки	до 16 червня 2017р.	

Студент-дипломник

Любімова А.В.

Керівник проекту

Лифарь О.К.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту: 70 с., 14 ілюстр., 9 табл.

Об'єкт розробки. Об'єктом дослідження є гетерогенна бездротова мережа, бездротові мережі нового покоління (NGWT) і вертикальний хендовер.

Мета роботи полягає в наданні МД ефективного і безперервного обслуговування в гетерогенних бездротових мережах, виходячи з вимоги виконання функцій мобільних девайсів.

В проекті виконується визначення таких проблем, як неточність і складність вимог, які визначають процес прийняття передачі обслуговування, розроблено оптимальної функції вибору доступної мережі, яка може обробляти компроміс серед багатьох показників передачі обслуговування, в тому числі вимоги до якості обслуговування (QoS), оптимізовано функції вибору доступних мереж для того, щоб динамічно вибрати оптимальну бездротову мережу для здійснення перемикання; забезпечено механізм вибору мережі, щоб допомогти мобільним користувачам (мобільним девайсам) вибрати кращу бездротову мережу серед всіх доступних мереж бездротового доступу, щоб забезпечувати користувачів завжди кращої зв'язком.

Отримані в роботі теоретичні та прикладні результати можуть бути використані для забезпечення глобального доступу та безшовної мобільності між гетерогенними мережами бездротового доступу, а також дозволяють користувачеві використовувати один мобільний пристрій в різних типах мереж.

МОБІЛЬНІ МЕРЕЖІ, ГЕТЕРОГЕННА МЕРЕЖА, МОБІЛЬНІ ДЕВАЙСИ,
ХЕНДРОВЕР, СТРУКТУРА МЕРЕЖІ, АРХІТЕКТУРА, СУЧАСНІ
ТЕХНОЛОГІЇ.

Умови одержання дипломного проекту:

93400 м.Севєродонецьк пр. Радянський 59 «А», ТІ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН МОБІЛЬНИХ МЕРЕЖ.....	13
1.1 Роль і значення бездротового зв'язку в сучасному світі.....	13
1.2 Огляд сучасних технологій і засобів бездротового зв'язку.....	16
1.3 Завдання ефективного бездротового зв'язку і проблеми вирішення в системі гетерогенного бездротового зв'язку.....	22
Висновки по 1 розділу.....	26
РОЗДІЛ 2 ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ.....	27
2.1 Структура мережі мобільного зв'язку. Принципи функціонування.....	27
2.2 Розробка алгоритму роботи мобільної мережі.....	31
2.3 Процедура позиціонування абонентської станції засобами мобільної мережі.....	34
Висновки по 2 розділу.....	37
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ.....	39
3.1 Типові конфігурації системи.....	39
3.2 Мережеве планування.....	41
3.2.1 Оцінка мовного трафіку в мережі.....	41
3.2.2 Оцінка трафіку даних в мережі.....	42
3.3 Аналіз ємності базової станції.....	43
3.4 Дослідження радіусу мобільної мережі.....	44
Висновки по 3 розділу.....	51
РОЗДІЛ 4 ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	53
4.1 Організаційно-правові основи ОП.....	53
4.2 Промислова санітарія.....	54
4.3 Електробезпека.....	62
Висновки по 4 розділу.....	64
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ВИКОРИСТАНУ ЛІТЕРАТУРУ.....	67

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

2G – Second Generation

3G – Third Generation

3GPP – Third Generation Partnership Project

4G – Fourth Generation

ABC – Always Best Connected (постійне найкраще з'єднання) ad-hoc мереж

ANS – Access Network Selection (алгоритм вибору доступної мережі)

ANSF – Access Network Selection Function (функція вибору доступної мережі)

AODV – Ad-hoc On Demand Distance Vector

AP – Access Point (точка доступу)

BER – bit error rate (коефіцієнт бітових помилок)

BS – base station

CALM – Communication Architecture for Land Mobile Environment

DSR – Dynamic Source Routing

EDGE – Enhanced Data rates for GSM Evolution (цифрова технологія для мобільної мережі)

GA – Genetic Algorithm

GPRS – General Packet Radio Service (пакетний радіозв'язок загального користування)

GSM – Global System for Mobile Communications (глобальний стандартцифрового мобільного зв'язку)

HIA – Handoff Initiation Algorithm (алгоритм ініціалізації хендовера)

HSDPA - High-Speed Downlink Packet Access (високошвидкісна пакетнапередача даних від базової станціїдо мобільного телефону)

HSLs – Hazy-Sighted Link State

IP – Internet Protocol

ISO – International Organization for Standardization (міжнароднаорганізація по стандартизації)

LTE – Long-TermEvolution (глобальний стандарт для четвертого покоління)

MANET– Мобільні мережі довільної структури

MCHO – mobile-controlled handoff (термінал, що контролює передачу обслуговування)

NCHO – network-controlled handoff (передача обслуговування, що контролюється мережею)

NGWN – next generation wireless network (бездротові мережі нового покоління)

QoS – Quality of Service (якість обслуговування)

RAT – Radio Access Technology (технологія радіодоступу)

RSS – Received Signal Strength (потужність сигналу)

SA – Simulated Annealing

SNR – signal-to-noiseratio (відношення сигнал/шум)

TCP – Transmission Control Protocol (протокол управління передачею)

TORA – Temporally-Ordered Routing Algorithm

UMTS – Universal Mobile Telecommunications System (універсальна система мобільного зв'язку)

Wi-Fi – Wireless Fidelity (бездротова якість)

WiMAX – Worldwide Interoperability for Microwave Access (телекомунікаційна технологія)

WLAN – Wireless Local Area Network (бездротова локальна мережа)

WMAN – Wireless Metropolitan Area Network (бездротові мережі масштабу міста)

WON – Wireless Overlay Network (бездротова мережа з перекриттям)

WPAN – Wireless Personal Area Network (бездротові персональні мережі)

WWAN – Wireless Wide Area Network (бездротові глобальні мережі)

БС – базова станція

МД – мобільний девайс

МВ – мобільний вузол

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. У сучасному світі однією з найважливіших тенденцій розвитку є глобалізація, яка зачіпає всі сфери життя: економічну, політичну, соціально-культурну, а також змінює спосіб життя людини. Стають «прозорими» кордони держав, людина стає мобільною, формується глобальне інформаційне суспільство. Разом з тим змінюються і технології зв'язку: телекомунікаційні та інформаційні технології, що існували окремо протягом багатьох років об'єдналися в єдиний світ інфокомунікацій, в основі формування якого лежать процеси конвергенції фіксованих і мобільних мереж, різних послуг і абонентських терміналів.

Різноманітність технологій радіодоступу і збільшення числа мультистандартних абонентських пристроїв дозволяють інтегрувати різні технології в єдину мережу, тобто сформувати гетерогенну (неоднорідну) бездротову мережу. Така мережа буде складатися з сегментів різних технологій радіодоступу, зони покриття яких накладаються. Це дозволить збільшити пропускну здатність мережі та розширити зону її покриття, а для мобільних девайсів надавати зв'язок за нижчою ціною і високої якості. Всі мобільні девайси працюють через бездротові мобільні технології, і забезпечують ефективний безперебійний зв'язок всім мобільним пристроям, що є актуальною проблемою для багатьох країн.

В умовах гетерогенної бездротової мережі актуальним завданням є забезпечення прозорого переміщення абонента (мобільного девайса), що реалізується за рахунок процедури передачі управління з'єднанням від однієї точки доступу або базової станції до іншої, або хендовера. Хендовер між сусідніми точками доступу мережі однієї технології називається горизонтальним, хендовер між різними типами мереж називається вертикальним.

Традиційний механізм горизонтального хендовера базується на оцінці потужності сигналу (Received Signal Strength - RSS): хендовер запускається, коли рівень RSS обслуговуючої базової станції стає нижче встановленого порогового значення. Однак в гетерогенному мережевому середовищі параметри різних типів мереж знаходяться в різних межах, а RSS не є достатнім критерієм для ефективного та інтелектуального хендовера, оскільки для мультисервісного трафіку необхідно враховувати також параметри якості обслуговування в мережі, пріоритети користувачів, вимоги додатку і т.д. Саме тому виникає задача розробки такого критерію і алгоритму, який би враховував максимальну кількість параметрів, також умови чинників середовища, і тим самим дозволяв здійснювати інтелектуальний хендовер. У зв'язку з цим дипломний проект є актуальним та своєчасним.

Ступінь вивченості теми дослідження. Актуальність обраної тематики в світовому масштабі підтверджується великою кількістю наукових розробок і публікацій в англomовному інформаційному просторі. Науковими розробками з цієї тематики займаються наукові школи США, Канади, Англії, Швеції, Франції та інші.

Для сучасних телекомунікаційних систем забезпечення безмежної мобільності є однією зі складних і основних завдань. Але забезпечення безмежної мобільності досягається інтеграцією гетерогенних системами бездротового доступу шляхом вирішення таких завдань, як:

- підтримка підключення МД до необхідної мережі на ходу;
- оптимальний вибір між різними типами доступних мереж на основі мережевих характеристик;
- вибір критеріїв мережі для оцінки користувацьких переваг і налаштувань;
- правильне управління живленням, щоб продовжити термін служби батареї багатомодових МД;
- динамічний розподіл спектра.

Вирішення цих завдань вимагає виконання ключових функцій, які діляться на три основні групи. До цих функцій належать: моніторинг поточних і відкритих доступних мереж, прийняття рішення про передачу обслуговування та безпосередньо здійснення перемикання.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є гетерогенна бездротова мережа, бездротові мережі нового покоління (NGWT) і вертикальний хендовер.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є методи і моделі підтримки ефективного бездротового зв'язку, методи і рішення задачі ефективного безперебійного зв'язку, алгоритм ініціації хендовера і прийняття рішення про мережу призначення.

Мета роботи. Мета дослідження полягає в наданні МД ефективного і безперервного обслуговування в гетерогенних бездротових мережах, виходячи з вимоги виконання функцій мобільних девайсів.

При розв'язанні комплексу задач дипломного проекту використовувались: теорія інформації та кодування, методи теорії чисел, методи завадостійкого кодування даних при розробці модулярних коректуючих кодів і методу мережного кодування; методи побудови розподілених комп'ютерних систем та принципи інтелекту при розробці концепції побудови безпроводних сенсорних мереж на основі колективного інтелекту; прикладна теорія цифрових автоматів, методи синтезу й аналізу цифрових схем при розробці пристроїв багаторівневого перетворення даних у системі залишкових класів; теорія та методи стиснення даних при розробці методу обробки зображень; теорія, методи і засоби проектування й імплементації цифрових систем на кристалі, мови опису апаратури при апаратній реалізації пристроїв перетворення та обробки даних.

Практична цінність. Отримані в роботі теоретичні та прикладні результати можуть бути використані для забезпечення глобального доступу та безшовної мобільності між гетерогенними мережами бездротового

доступу, а також дозволяє користувачеві використовувати один мобільний пристрій в різних типах мереж.

Безшовна мобільність забезпечує:

- підвищення продуктивності і якісне виконання роботи, пов'язані з обслуговуванням об'єктів, а також скоротити витрати.

- низьку затримку мережі і мінімальну втрату пакетів в гетерогенних мережах бездротового доступу.

- плавну передачу і тривалість поточного сеансу від однієї доступної мережі до іншої.

Дипломний проект складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури. Загальний обсяг роботи становить 70 сторінок комп'ютерного набору, у тому числі 14 рисунків, 9 таблиць. Список літератури налічує 44 найменування.

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН МОБІЛЬНИХ МЕРЕЖ

1.1 Роль і значення бездротового зв'язку в сучасному світі

У сучасному світі однією з найважливіших тенденцій розвитку є глобалізація, яка зачіпає всі сфери життя: економічну, політичну, соціально-культурну, а також змінює спосіб життя людини. Стають «прозорими» кордони держав, формується глобальне інформаційне суспільство.

Разом з тим змінюються і технології зв'язку. Телекомунікаційні та інформаційні технології об'єдналися в єдиний світ інфокомунікацій, в основі формування якого лежать процеси конвергенції фіксованих і мобільних мереж, різних послуг і абонентських терміналів. Серед безлічі сфер інфокомунікацій найбільш швидкими темпами розвивається бездротовий мобільний зв'язок: експоненціально зростає обсяг мобільного трафіку, який за прогнозами компанії Ericsson до 2018 року складе близько 8000 петабайт щомісяця [1]; стрімко розвиваються бездротові технології мереж доступу різних масштабів:

- персональних бездротових мереж WPAN (Wireless personal area network): BlueTooth, ZigBee;
- локальних бездротових мереж WLAN (Wireless Local Area Network): стандарти IEEE сімейства 802.11;
- міських бездротових мереж WMAN (Wireless Metropolitan Area Network): стандарти IEEE сімейства 802.16;
- глобальних бездротових мереж WWAN (Wireless Wide Area Network): стільникові технології різних поколінь - 2G (GSM, GPRS, EDGE), 3G (UMTS, CDMA2000, HSDPA), 4G (LTE Advanced).

При цьому підвищуються вимоги користувачів до якості і набору інфокомунікаційних послуг, доступ до яких повинен бути забезпечений

постійно і незалежно від географічного положення, згідно з концепцією постійного найкращого з'єднання (Always Best Connected, ABC) [2].

Різноманітність технологій радіодоступу і збільшення числа мультистандартних абонентських пристроїв дозволяють інтегрувати різні технології в єдину мережу, тобто сформувати гетерогенну (неоднорідну) бездротову мережу (рис. 1.1). Така мережа буде складатися з сегментів різних технологій радіодоступу, зони покриття яких накладаються. Це дозволить збільшити пропускну здатність мережі та розширити зону її покриття, а для користувачів надавати послуги за нижчою ціною і з найкращою якістю.

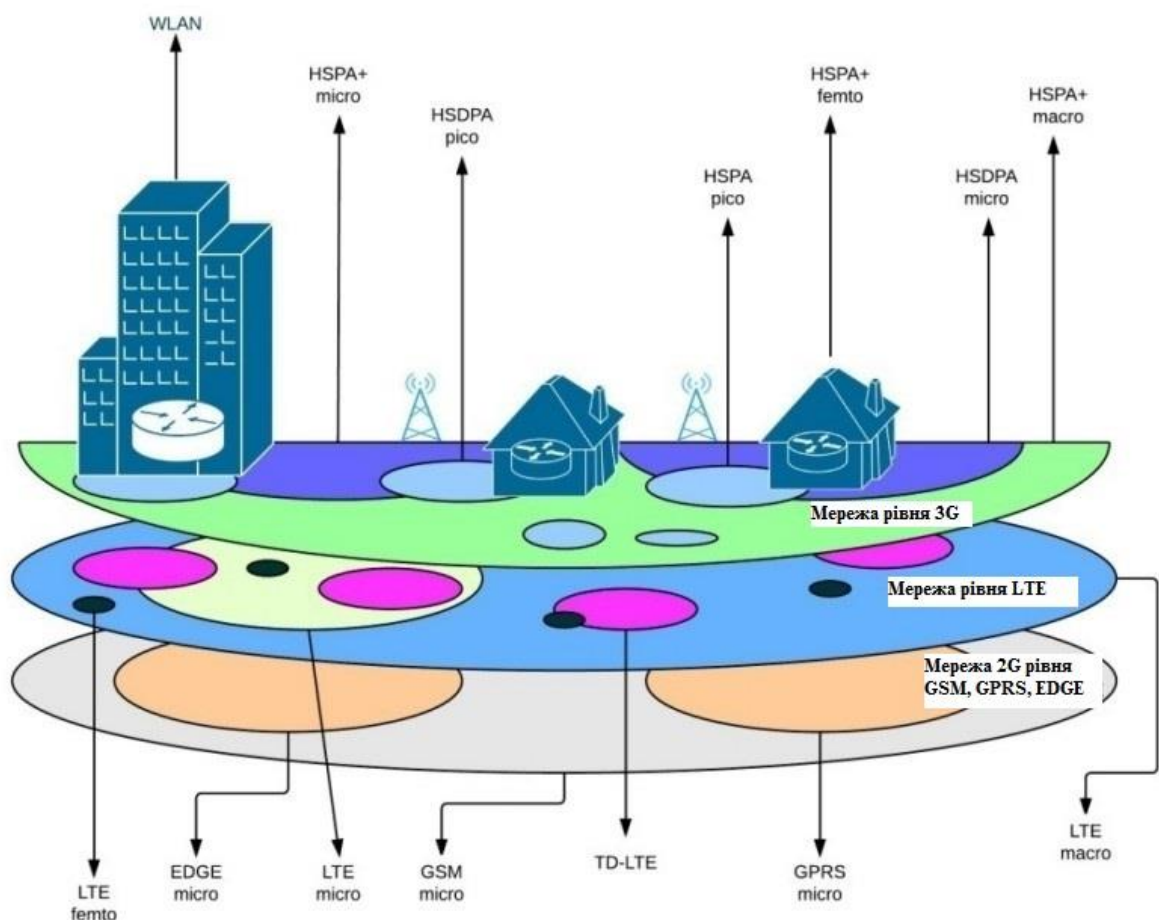


Рисунок 1.1 — Гетерогенна бездротова мережа

Область електричного зв'язку в даний час відчуває революційні перетворення, пов'язані з глобалізацією виробничих і економічних процесів в світовому співтоваристві; цьому відповідає зародження і розвиток нових

технологій: злиття комп'ютерних і телекомунікаційних систем, впровадження волоконно-оптичної техніки, розвиток цифрових методів і засобів передачі даних, зберігання і обробка інформації.

Сигнали, що передаються в сучасних телекомунікаційних системах, дуже відрізняються один від одного. Можна виділити три види інформаційних потоків (трафіку):

- голосовий трафік (передача звуку);
- дані (трафік комп'ютерних мереж);
- телебачення.

Інший важливий висновок, який випливає з рис. 1.1, - це надзвичайно великий діапазон необхідної швидкості передачі і часу сеансу. Ця обставина пред'являє до телекомунікаційних систем, їх розробникам і операторам зв'язку дуже високі вимоги в частині реалізації апаратно-програмних засобів та їх експлуатації.

У розвитку електрозв'язку на сучасному етапі існує ряд тенденцій, що визначають поняття і зміст звичних послуг телефонії та телебачення.

1. Цифровізація. Перехід до цифрових сигналів забезпечує високу стійкість передачі, підвищує її якість і надійність, істотно скорочує вагу і габарити обладнання. Оскільки уявлення цифрового сигналу однаково для всіх видів трафіку, то це створює реальну платформу для їх об'єднання в одному каналі передачі.

2. Глобалізація. Практично телекомунікаційні мережі набувають всесвітній характер. Це стосується і телефонії, коли можна зв'язатися з абонентом в будь-якій країні світу або передати певні дані (мережа Інтернет). Прикладами глобальних мереж також є: мережі стільникового зв'язку (GSM, NMT та ін.), мережі супутникового зв'язку (InMarSat, Global Star і ін.).

3. Персоналізація. З появою стільникових телефонів, терміналів супутникового зв'язку телекомунікації все більше прив'язуються не до місця

знаходження терміналу (телефонний апарат, телевізор і т.п.), а до персони, людини, яка носить або возить термінал з собою.

4. Мобільність. Ця тенденція існувала і раніше, але зараз вона розвивається в масових засобах зв'язку завдяки розвитку технологій радіозв'язку, які є бездротовими, і тому забезпечують послуги абонентів, що знаходяться в русі, як при переміщенні пішки, так і в автомобілі або навіть літаку або космічному апараті.

Стільниковий телефон стрімко увірвався в наше життя, перетворившись з предмету розкоші в недавньому минулому в повсякденний засіб комунікації, без якого в багатьох випадках не можна обійтись. Стільниковий радіотелефонний зв'язок розвивається найбільш динамічно серед сучасних телекомунікаційних засобів. Цікаво, що кількість стільникових телефонів уже перевершила кількість персональних комп'ютерів.

1.2 Огляд сучасних технологій і засобів бездротового зв'язку

В рамках даних стандартів пропонуються механізми, що надають всю необхідну інформацію процедурам перемикання мобільних пристроїв, однак алгоритми прийняття рішення про перемикання є індивідуальними для кожної конкретної системи і в цих стандартах не розглядаються [6].

Бездротові мережі нового покоління (NGWN), як очікується, дозволять багатомодовим мобільним девайсам одночасний доступ до декількох мереж для різних послуг (або додатків) з відповідною якістю обслуговування. Ключові характеристики NGWN включають [7, 8, 9]:

- доступ до декількох мереж. Розвиток бездротової мережі нового покоління (NGWN) буде інтегрувати різні типи існуючих і нових мереж бездротового доступу з відповідними технологіями радіодоступу, так як

жодна технологія радіодоступу (RAT - Radio Access Technology) не в змозі оптимально обслуговувати всіх видів бездротового зв'язку.

Доступні мережі включають бездротові персональні мережі (наприклад, ультраширокосмугові і Bluetooth), які забезпечують діапазон обмеженого однорангового бездротового сервісу для користувачів; бездротові локальні мережі (наприклад, сім'ї IEEE 802.11x), які призначені для забезпечення бездротового доступу в районах з радіусом осередку до сотень метрів; бездротові регіональні мережі (WMAN) (наприклад, IEEE 802.16 / WiMAX (взаємодія у всьому світі для мікрохвильового доступу), які забезпечують широкосмугове підключення до фіксованого для користувачів мобільного зв'язку в середовищі WMAN); бездротові глобальні мережі (наприклад, існуючі 2G / 3G технологій (такі як, General Packet Radio Service (GPRS) і універсальна система мобільного зв'язку (UMTS)), які забезпечують стільникову передачу голосу і даних; LongTerm Evolution, які будуть пропонувати більш високі швидкості передачі даних, і регіональні / глобальні обчислювальні мережі, включаючи радіо і телевізійне мовлення, супутниковий зв'язок.

Мета досягнення повної інтеграції гетерогенних мереж бездротового доступу в NGWN є пропозиція безшовного безперервного обслуговування та зручності роботи мобільності для користувачів (тобто, щоб зробити перехід від однієї доступної мережі до іншої, якомога більш прозоро для користувача). Безшовні технології мобільності на рівні додатків зберігають зв'язок незмінним і приховують неоднорідність NGWN, що створювалась, як інтелектуальна система, що здатна маніпулювати ресурсами, щоб забезпечити кращий сервіс для користувача без його втручання. У той час як цей вид технології, забезпечується всіма наземними бездротовими мережами в однорідному середовищі. NGWN потрібно буде розширити цю можливість для гетерогенної архітектури, яка охоплює різні технології доступу, такі як мобільний WiMAX і UMTS.

Бачення безмежної мобільності і безшовної безперервності обслуговування є можливістю для користувачів, що оснащені багатомодовими мобільними девайсами залишатися на зв'язку, перебуваючи в роумінгу різних доступних мереж NGWN. Безмежна мобільність передбачає легкий, універсальний, безперебійний доступ до зв'язку та інших послуг в будь-який час і в будь-якому місці для користувачів в різних доступних мережах. У гетерогенному середовищі NGWN безшовна підтримка мобільності є основним забезпеченням завжди кращого безшовного і безперебійного зв'язку, що пов'язано з послугами для мобільних користувачів роумінгу між різними мережами бездротового доступу.

Іншими словами, для користувачів досягнуто того, що у них буде завжди найкращий безшовний зв'язок. З безмежною мобільністю, користувачі можуть використовувати всі технології доступу, щоб максимально задовольнити свої витрати на обслуговування і вимоги якості обслуговування (QoS), автоматично вибираючи кращу доступну мережу шляхом зміни вагових коефіцієнтів і обмежуючись з однієї об'єктивної функції оптимізації [10, 11]. Безмежна мобільність забезпечує послуги ABC (Постійне найкраще з'єднання) для мобільних користувачів.

Є кілька питань, які необхідно розглянути перед інтеграцією гетерогенної системи бездротового доступу в NGWN, які можуть забезпечувати стратегію безмежної мобільності, в тому числі:

- з'єднання та тривалість передачі даних на ходу;
- вибір між різними типами доступних мереж на основі мережевих характеристик;
- пропоновані послуги, що потребують налаштування;
- керування живленням, щоб продовжити термін служби батареї багатомодових пристроїв;
- динамічний розподіл спектра.

Вирішення цих питань вимагає вирішення ключових функцій, які повинні бути виконані, в тому числі: моніторинг поточних обслуговуючих мереж і відкритих доступних мереж, рішення і виконання передачі обслуговування.

Бездротові мережі нового покоління (NGWN) як очікується, будуть здійснюватися (працювати) тільки на IP основі. І вони складатимуться з конвергентної опорної мережі і з декількох мереж бездротового доступу для надання послуг на IP основі (в тому числі голосу, відео, мультимедіа та даних) для багатомодових МД під час руху між різними технологіями доступу та роумінгу між різними мережами операторів.

Країни, що розвиваються NGWN будуть інтегрувати різні типи існуючих і виникаючих мереж бездротового доступу, які можуть бути класифіковані на зони покриття, такі як:

- бездротові персональні мережі (WPAN) - WPAN, такі як ультраширокопосмугові і Bluetooth, які забезпечують користувачам діапазон обмеженого однорангового бездротового обслуговування.

- бездротові локальні мережі (WLAN) - бездротові мережі призначені для забезпечення бездротового доступу в районах з радіусом до 100 м, і в основному використовуються в домашніх і офісних умовах. Вони забезпечують високу пропускну здатність з'єднання для стаціонарних / квазістаціонарних бездротових користувачів без дорогої інфраструктури 3G. Найбільш помітним є стандарт WLAN сімейства IEEE 802.11x. IEEE 802.11a і IEEE 802.11g, які забезпечують швидкість передачі даних до 54 Мбіт в точки доступу, а також 802.11n IEEE, який забезпечує до 540 Мбіт.

- бездротові регіональні мережі (WMAN) - WMAN призначені для покриття більш широких областей, як правило, такого розміру, як ціле місто, з великою кількістю локальних і бездротових мереж. IEEE 802.16 / WiMAX має намір надати широкопосмугове підключення користувачів до фіксованого та мобільного зв'язку в середовищі WMAN, який забезпечує швидкість передачі даних до 50 Мбіт. WiMAX оптимізований для

забезпечення високої швидкості бездротового зв'язку для великого набору послуг і додатків, які вимагають гарантії QoS.

– бездротові глобальні мережі (WWAN) - такі як існуючі технології 2G / 3G мобільного доступу (наприклад, General Packet Radio Service (GPRS) і універсальна система мобільного зв'язку (UMTS)), забезпечують передачу голосу і з обмеженою пропускнуою здатністю, послуги передачі даних для користувачів з високою мобільністю. І Long-Term Evolution, які будуть пропонувати більш високі швидкості передачі даних.

– регіональні / глобальні обчислювальні мережі включають радіо і телемовлення, супутниковий зв'язок і т.д.

Ці різноманітні мережі бездротового доступу, як правило, відрізняються за силою сигналу, зоною покриття, швидкістю передачі даних, затримкою і втратою швидкості. Табл. 1.1 показує характерні відмінності між 3G, Wi-Fi, і WiMAX.

Таблиця 1.1 – Порівняння 3G, Wi-Fi і WiMAX

Характеристика	3G	Wi-Fi	WiMAX
Стандарт	W-CDMA, CDMA2000	IEEE 802.11g	IEEE 802.16e
Задача	Забезпечує передачу голосу і даних для мобільних користувачів	Забезпечує фіксованих і «рухових» користувачів широкопasmовим і бездротовим зв'язком	Забезпечує фіксованих та мобільних користувачів
Швидкість передачі даних	3 Мб/с	54 Мб/с	10-50 Мб/с
Радіус дії	30 м - 20 км	50-60 м	Більше 50 км
Швидкість передачі даних	Більше 120 км/год.	Більше 1 км/год.	60 км/год.
Мобільність	Повнофункціональна мобільність	Фіксована і «рухова»	IP мобільність
Вартість	Висока	Низька	Низька
Переваги	Діапазон мобільності	Швидкість, низька вартість	Швидкість, діапазон дії, мобільність

Основні вимоги для досягнення повної інтеграції гетерогенних мереж бездротового доступу в NGWN є забезпеченням відповідних ААО

(аутентифікація, авторизація та облік) інфраструктури, мінімізація переривання передачі обслуговування, збереження QoS, щоб користувачі могли переміщатися між потоками [11, 12].

Багатомодові мобільні термінали повинні мати здібності [13]:

- виявлення доступних мереж;
- пошук, отримання, вимірювання, обробка характеристик доступних мереж;
- доступ, зміни та зберігання профілю користувача;
- підтримку програми та плавну передачу обслуговування від існуючого з'єднання мережі одного доступу до іншого.

Наявність широкопasmової бездротової технології відкрила нову еру єдиної комунікаційної інфраструктури, яка забезпечить користувачів легким, універсальним, безперебійним доступом до комунікації, інформації та розваг, коли, де і як вони цього хочуть. Мета досягнення повної інтеграції гетерогенних мереж бездротового доступу в NGWN є безшовні, безперервні обслуговування для мобільних користувачів (тобто, щоб зробити перехід від одної мережі до іншої, якомога прозорішою для користувача). З точки зору користувача, безшовна мобільність робить фізичне переміщення прозорим, зберігає зв'язок на рівні додатків незмінним і приховує неоднорідність NGWN [11].

Бачення безмежної мобільності і безшовної безперервності обслуговування є можливістю для користувачів мобільних пристроїв, оснащеними багатомодовими мобільними девайсами, залишатися на зв'язку, перебуваючи в роумінгу в різних доступних мережах і технологіях NGWN, і обслуговуватися безперервно із засобами масової інформації від різних виробників. Безмежна мобільність передбачає легкий, універсальний, безперебійний доступ до зв'язку та інших послуг в будь-який час і в будь-якому місці для користувачів в різних мережах доступу, пристроїв і місць. Безмежна мобільність також означає, що мобільні пристрої і мережі будуть розуміти користувачів краще, так як вони будуть враховувати їх переваги,

відчувати світ навколо них, і використовувати ці знання, щоб зробити життя простіше.

Досягнення безмежної мобільності поліпшить зручність і продуктивність галузей промисловості. Це дозволить кожному спілкуватися, взаємодіяти і співпрацювати на особистому цифровому контенті, який налаштований відповідно до призначення, місцезнаходження, обставин і доступності.

Деякі атрибути безмежної мобільності [14]:

- повна мобільність, тобто, прозорі з'єднання в різних різномірних мережах доступу;
- завжди мати можливість перетину доступних мереж автоматично і прозоро;
- безшовний зв'язок і надання безшовної послуги;
- персоналізовані, контекстно-залежні програми;
- гнучка архітектура та цікавий інтерфейс;
- приватна власність, безпечні і захищені технології, які дозволяють здійснювати надійний зв'язок.

З безмежною мобільністю, користувачі можуть використовувати всі технології доступу, щоб максимально задовольнити свої витрати на обслуговування та вимоги QoS, автоматично вибираючи кращу доступну мережу шляхом зміни вагових коефіцієнтів і обмежуючись однією функцією оптимізації [10, 11, 12].

1.3 Завдання ефективного бездротового зв'язку і проблеми вирішення в системі гетерогенного бездротового зв'язку

Управління мобільністю є основною проблемою в розвитку мультисервісної гетерогенної NGWN, що складається з двох компонентів: управління розташуванням і управління передачі обслуговування [16].

Управління розташуванням відстежує і знаходить мобільний девайс (МД) для успішної доставки інформації. Управління передачею обслуговування підтримує активні зв'язки для роумінгу МД, щоб вони могли змінювати свою точку підключення в мережі. Безмежна мобільність може бути досягнута шляхом надання МД проводити безшовні передачі обслуговування через гетерогенні бездротові доступні мережі, наприклад, через мобільний WiMAX і мереж доступу 3G.

Кожен МД в будь-який час в межах діапазону приєднаний до однієї мережевої точки. У стільникового телефону та мережі передачі даних, така точка приєднання називається базовою станцією (БС), а в бездротових локальних мережах – точкою доступу (ТД). Це найбільш вигідно для повної продуктивності мережі, так як кожен МД підключений до найбільш підходящого БС або ТД, отримуючи доступ до послуг, наданих мережею. Критерієм для визначення, яка з точок приєднання найбільш підходить для даного застосування в будь-якому конкретному місці і моменті часу для МД, є вибір базової станції або точки доступу, яка дає максимальну потужність сигналу. Цей вибір відповідає вимогам QoS і зазвичай також максимізує якість зв'язку за умови, що ніякий інший сигнал не погіршується.

Коли МД відходить від базової станції або точки доступу, то рівень сигналу зменшується, і з'являється необхідність перемикання зв'язку в іншу БС або ТД. Передача обслуговування є механізмом, за допомогою якого буде тривати зв'язок між МД і відповідним терміналом, передаючи з'єднання від однієї точки мережі в іншу [17]. Тобто, передача обслуговування являє собою механізм, за допомогою якого МД зберігає з'єднання активним, коли він мігрує із зони покриття однієї мережі до іншої.

Аналіз особливості та класифікація хендовера (в стільниковому зв'язку це процес переходу абонента від однієї базової станції до іншої). Передачу обслуговування можна класифікувати використовуючи тип

мережі, тобто на горизонтальні (внутрішні системи) і вертикальні (міжсистемні) випадки, коли МД переміщається в межах або між різними мережами. Рис. 1.2 показує горизонтальні і вертикальні передачі обслуговування [26], осередок В і осередок С використовує одну і ту ж мережеву технологію, в той час як осередок А і В використовує різні технології мережі.

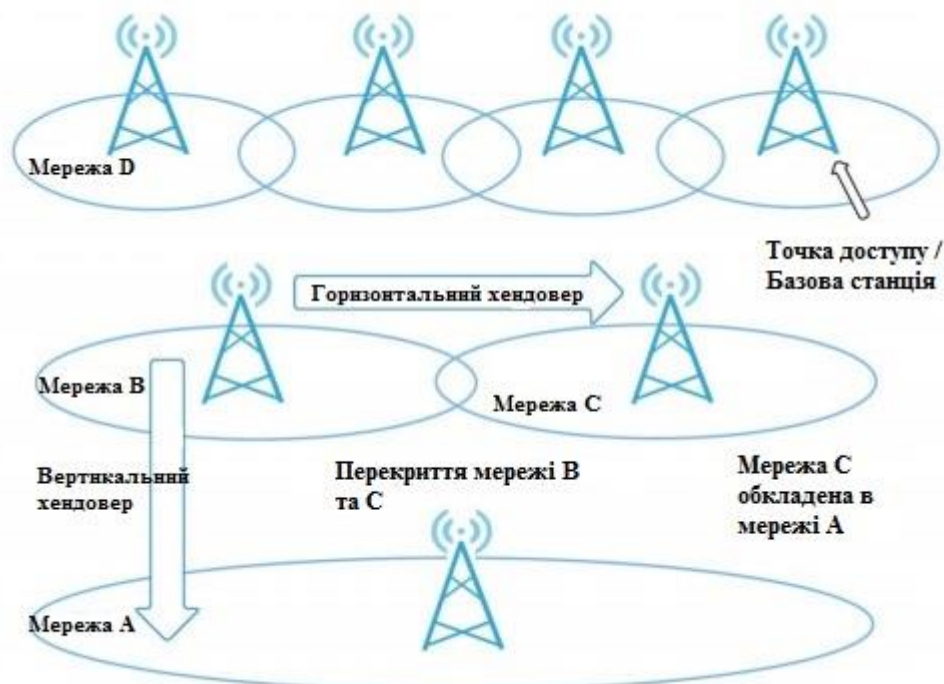


Рисунок 1.2 – Вертикальний і горизонтальний хендовер

Горизонтальна передача обслуговування або внутрішньо-системна передача обслуговування є передачами обслуговування, що відбуваються між точками доступу або базовими станціями тією ж технологією мережі.

Іншими словами, горизонтальна передача обслуговування відбувається між однорідними осередками системи бездротового доступу. Наприклад, перехід від передачі сигналу МД з IEEE 802.16e БС до географічно сусіднього IEEE 802.16e БС являє собою горизонтальний процес естафетної передачі обслуговування. Мережа автоматично обновлюється і бере на себе відповідальність покриття з однієї точки кріплення до іншої кожен раз, коли МД перетинає з одного осередку в

сусідній, підтримуючої ту ж технологію мережі. Горизонтальні передачі обслуговування є обов'язковими, так як МД не може продовжувати свій зв'язок без його виконання.

Вертикальна передача обслуговування або міжсистемні естафетні передачі обслуговування є передачами обслуговування, які відбуваються між різними точками з'єднання, що належать до різних мережевих технологій. Наприклад, перемикання передачі сигналу від БС IEEE 802.16e в БС мережі 3G являє собою вертикальний процес естафетної передачі обслуговування. Таким чином, вертикальні передачі обслуговування реалізуються в гетерогенних осередках системи бездротового доступу, які відрізняються в декількох аспектах, таких як рівень сигналу (RSS), пропускна здатність, швидкості передачі даних, зона покриття та частоти роботи. Реалізація вертикальних передач обслуговування є більш складним у порівнянні з горизонтальними передачами обслуговування через різні характеристики доступних мереж.

В цілому, існує два типи вертикальної передачі обслуговування: "вгору і вниз". Вертикальна передача «вгору» ця передача обслуговування до бездротової мережі з великим розміром охоплення і низькою пропускною здатністю. Вертикальна передача обслуговування «вниз» ця передача обслуговування до бездротової мережі з меншим розміром охоплення і збільшеною пропускною спроможністю. Таким чином, мобільний пристрій виконує вертикальну передачу «вгору» відключається від мережі, що забезпечує меншу зону покриття і більш високу швидкість передачі обслуговування (наприклад, WLAN) на новий, що забезпечує більш широке охоплення, але низьку швидкість передачі обслуговування (наприклад, WWAN), в той час як мобільні пристрої, виконують вертикальну передачу «вниз» відключаються від мережі, що забезпечує широку область охоплення і меншу швидкість передачі обслуговування до нової, яка забезпечує обмежене охоплення, але більш високу швидкість передачі обслуговування [18].

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

В першому розділі описані основні результати по літературному огляду дипломної роботи. Визначено основну роль і значення бездротового зв'язку в сучасному світі, зроблений огляд на сучасні технології бездротового зв'язку, і велика увага була приділена саме гетерогенним бездротовим зв'язкам. Також детально проаналізовано технологію MANET. Завдання хендовера в системі бездротового зв'язку, аналіз особливості та класифікація хендовера і процеси передачі обслуговування були детально обговорені. Також детально розглянуто виборів мережі і запропоновано загальну методику прийняття рішення.

РОЗДІЛ 2 ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖІ

2.1 Структура мережі мобільного зв'язку. Принципи функціонування

Незважаючи на наявність великої кількості стандартів стільникових мереж, можна виділити деякі основні характеристики і складові, котрі притаманні будь-якому стандарту і відрізняють стільникову мережу від інших систем зв'язку.

Системи стільникового зв'язку будуються у вигляді сукупності осередків, що покривають обслуговувану територію. Осередки зазвичай схематично зображують у виді правильних шестикутників, що схожі на бджолині соти. Насправді, осередки ніколи не бувають правильної геометричної форми. Реальні границі осередків мають вид неправильних кривих, тому що вони залежать від умов поширення радіохвиль - рельєфу місцевості, наявності перешкод - високих будівель, дерев і інших факторів.

На рис. 2.1 представлено узагальнену схему стільникової мережі зв'язку.

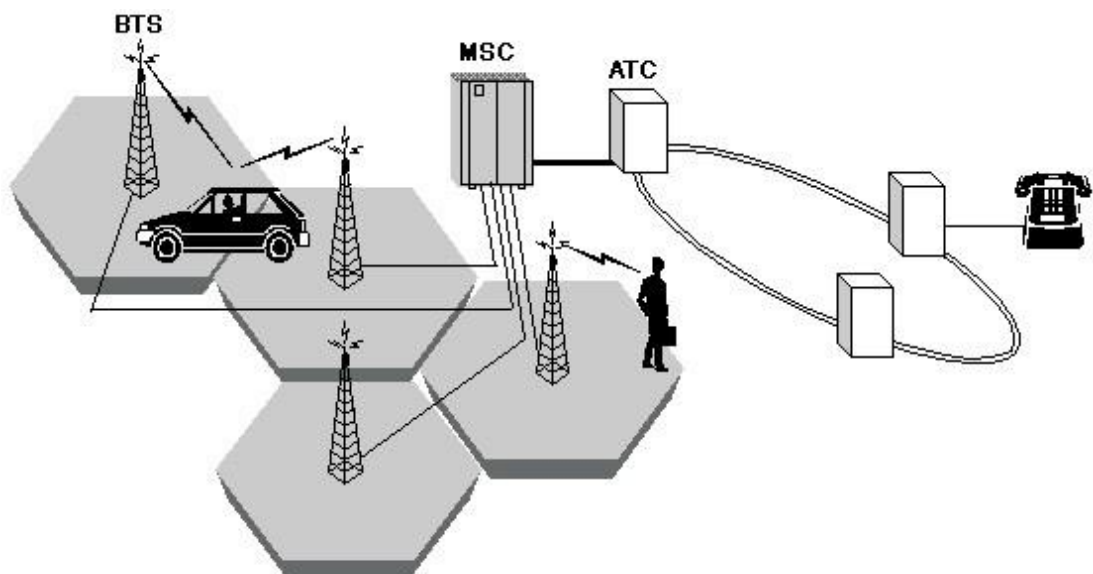


Рисунок 2.1 – Схема стільникової (сотової) мережі

У кожному осередку знаходиться базова станція (BTS), що обслуговує всі абонентські радіотелефонні апарати в межах свого осередку. При переміщенні абонента з одного осередку в інший, здійснюється передача його обслуговування іншій базовій станції (handover) [19].

Усі базові станції системи замикаються на центр комутації (MSC), з якої здійснюється вихід на інші мережі зв'язку - звичайну міську мережу комутованого телефонного зв'язку чи мережі супутникового зв'язку.

Для з'єднання базової станції з центром комутації зазвичай використовується радіорелейна чи оптоволоконна лінія зв'язку, якщо вони розташовуються не в одному місці.

Для кожного зі стандартів існують свої особливості, пов'язані з базовими станціями. Так, у стандарті GSM використовується поняття "система базової станції", до якої входять контролер базової станції (BSC) і декілька - зазвичай до шістнадцяти, базових приймально-передавальних станцій (BTS). Наприклад, три BTS, що розташовані в одному місці замикаються на загальний BSC, обслуговують кожна свій 120-градусний сектор у межах стільника (рис. 2.2).

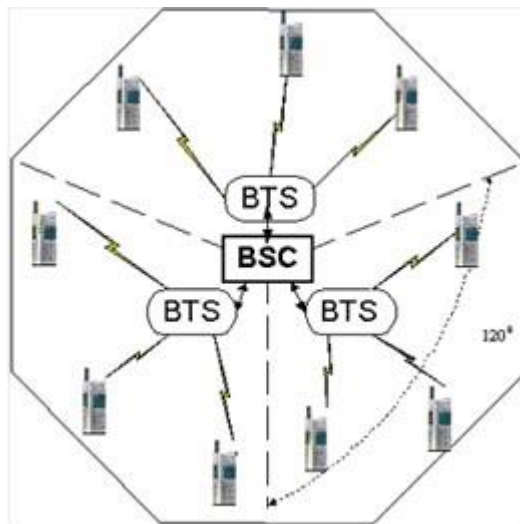


Рисунок 2.2 – Система базової станції стандарту GSM

У стандарті D-AMPS в аналогічному випадку можуть використовуватися три або шість незалежних базових станцій, кожна зі

своїм контролером, розташованих в одному місці й обслуговуючих кожна свій сектор.

Якщо базова станція відповідає за радіозв'язок з абонентським устаткуванням, то контролер - за конфігурацію радіоканалів, передачу мобільного користувача від однієї базової станції до іншої (handover) і зміну частот для зменшення інтерференції між сусідніми каналами (frequency hopping).

Важливими елементами центра комутації є бази даних:

- HLR (Home Location Register) - домашній реєстр місцезнаходження, може бути тільки один у системі, містить відомості про всіх абонентів, зареєстрованих у даній системі і про види послуг, що їм можуть бути надані. У реєстрі зберігаються як постійні дані про користувача (табл. 2.1) так і змінні дані, необхідні для роботи системи (наприклад: параметри ідентифікації і шифрування, тимчасовий номер мобільного абонента - TMSI, адреса візитерського реєстру, у якому знаходиться абонент - VLR, зони переміщення рухливої станції, номер стільника при естафетній передачі, реєстраційний статус, склад використовуваних у даний момент паролів, активність зв'язку та ін.).

- VLR (Visitor Location Register) - візитерський реєстр місцезнаходження. VLR-реєстрів у системі може бути декілька - кожний з них контролює свою частину мережі. У VLR містяться дані про абонентів, що знаходяться на його території. Причому обслуговуються не тільки свої передплатники, але й абоненти-гості, тобто, абоненти, зареєстровані в іншій системі, але які на даний момент користуються послугами стільникового зв'язку в даній системі (роумінг). Як тільки користувач залишає зону дії якогось VLR, інформація про нього копіюється в новий VLR, а зі старого віддаляється. Постійна інформація, що міститься в цьому реєстрі наведена в табл. 2.1. Тимчасові дані, що зберігаються в VLR: тимчасовий номер мобільного абонента (TMSI), ідентифікатори області розташування

абонента (LAI), вказівки по використанню основних служб, номер стільника при естафетній передачі, параметри ідентифікації і шифрування.

Таблиця 2.1 - Повний склад довгострокових даних, що зберігаються у HLR і VLR.

1.	Міжнародний ідентифікаційний номер абонента (IMSI)
2.	Телефонний номер абонента в звичайному змісті (MSISDN)
3.	Категорія рухливої станції
4.	Ключ ідентифікації абонента (Ki)
5.	Види забезпечення додатковими послугами
6.	Індекс закритої групи користувачів
7.	Код блокування закритої групи користувачів
8.	Склад основних викликів, що можуть бути передані
9.	Оповіщення зухвалого абонента
10.	Ідентифікація номера викликуваного абонента
11.	Графік роботи
12.	Оповіщення викликуваного абонента
13.	Контроль сигналізації при з'єднанні абонентів
14.	Характеристики закритої групи користувачів
15.	Пільги закритої групи користувачів
16.	Заборонені вихідні виклики в закритій групі користувачів
17.	Максимальна кількість абонентів
18.	Використовувані паролі
19.	Клас пріоритетного доступу

- EI (Equipment Identity Register) - реєстр ідентифікації апаратури, містить дані про пересувні станції абонентів на предмет їхньої справності і санкціонованого використання.

- Au (Authentication Center) - центр авторизації - забезпечує процедури аутентифікації абонентів і шифрування повідомлень.

Система стільникового зв'язку може включати більше одного центра комутації. Рамки однієї стільникової мережі визначаються загальним домашнім реєстром, навіть якщо мережа має декілька центрів комутації.

Для забезпечення цілодобової роботи системи стільникового зв'язку, її основні функціональні елементи - центр комутації і базових станцій повинні

працювати безупинно і без вимикань. Для цього в них передбачаються резервні блоки.

2.2 Принципи і режими функціонування стільникової мережі зв'язку

Передача даних у стільниковій мережі здійснюється по радіоканалах на визначених частотах.

Для кожного стандарту виділяється своя смуга частот. Наприклад, для стандарту GSM 900 це 935...960 МГц для передачі інформації від базових станцій до мобільного телефону (прямий канал) і 890...915 МГц для передачі інформації зворотнього каналу.

Крім того, смуга частот певного стандарту ділиться між кількома національними операторами (в Україні для стандарту GSM-900 їх три).

Для того, щоб, використовуючи обмежені смуги частот, покрити мережею досить велику територію, застосовується принцип повторного використання частот (frequency reuse). Цей принцип є основним принципом стільникових мереж.

Ідея повторного використання частот полягає в тому, що в сусідніх осередках системи використовуються різні смуги частот, а через кілька осередків ці смуги повторюються, що дозволяє при обмеженій загальній смузі частот охопити системою як завгодно велику зону обслуговування [22].

Наприклад, розділимо загальну смугу частот, виділену системі стільникового зв'язку, на три частини (1, 2, 3). Тоді кожні два сусідні осередки зможуть використовувати різні частоти, а в не прилягаючих один до одного осередках частоти можуть повторюватися (рис. 2.3, а).

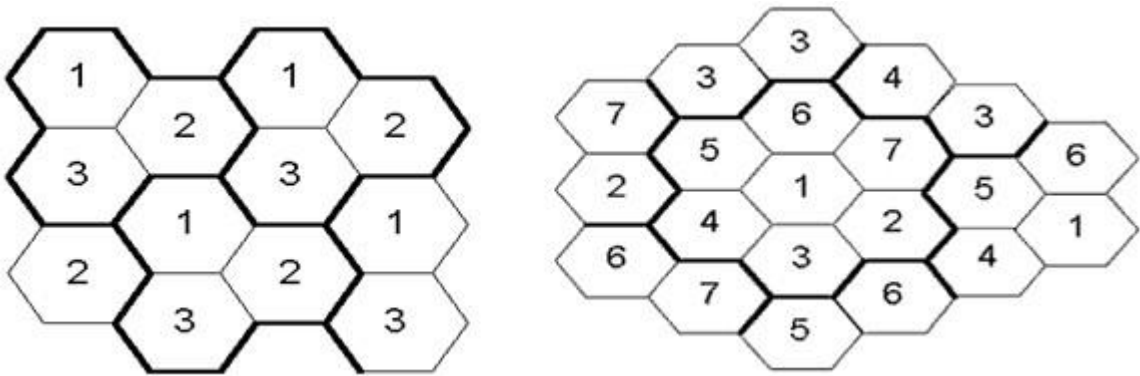


Рисунок 2.3 - Принцип повторного використання частот:

а) 3-сотова; б) 7-сотова

Однак у такій 3-сотовій схемі повторення частот, осередки з однаковими смугами частот повторюються дуже часто, через це можуть бути досить сильні перешкоди від станцій системи, що працюють на однакових частотних каналах (рівень співканальних перешкод). Тому можуть застосовуватися варіанти поділу загальної смуги частот на більшу кількість частин (4, 7, 12, 19). При цьому утворюються 4-, 7-, 12-, 19- сотові схеми повторення частот.

Поділ загальної смуги частот на велику кількість частин зменшує співканальні перешкоди, але приводить також до зменшення частотної смуги, що використовується в окремому осередку. Тому на практиці вибирають мінімально можливу кількість осередків у кластері при якій рівень перешкод буде допустимим.

При використанні спрямованих антен різні смуги частот можуть використовуватися в різних секторах одного осередку.

Методи множинного доступу. З метою організації загального використання обмеженої ділянки частот багатьма користувачами в стільникових мережах використовуються різні варіанти множинного доступу:

- множинний доступ з частотним поділом каналів - (FDMA);
- множинний доступ з тимчасовим поділом каналів - (TDMA);
- множинний доступ з кодовим поділом каналів - (CDMA).

При використанні методу FDMA кожному користувачу на час сеансу зв'язку виділяється своя смуга частот (частотний канал) зазвичай розміром 10...30 кГц. Цей метод найбільш простий і використовується у всіх аналогових стільникових системах.

При методі CDMA великій групі користувачів (30-50 осіб) надається в одночасне використання загальна, досить широка смуга частот (не менш 1 МГц). Цей метод може бути реалізований тільки в цифровій формі.

На рис. 2.4 схематично відображено яким чином розподіляються частоти за різними методами.

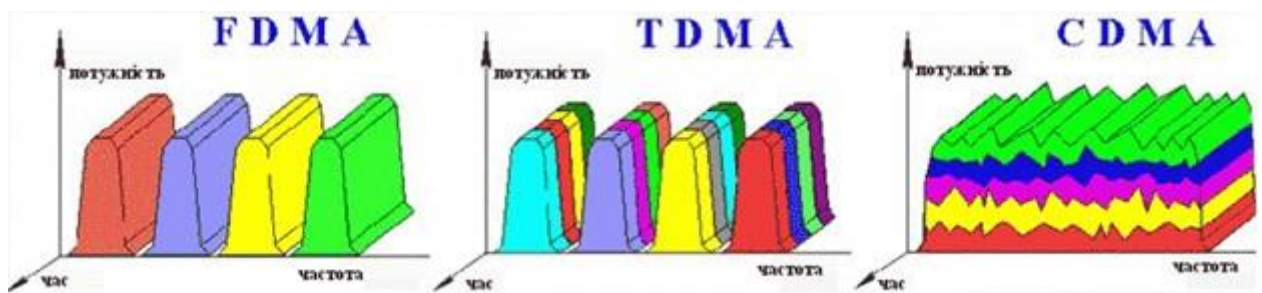


Рисунок 2.4 – Розподілення частотних діапазонів за методами FDMA, TDMA і CDMA

В технології CDMA можливе забезпечення високої якості мови при одночасному зниженні випромінюваної потужності і рівні шумів. Результатом є постійне високу якість передачі мови та даних з мінімальною середньою вихідною потужністю.

Для рішення цих складних задач використовуються комп'ютерні інструменти планування радіомереж. Серед програмного забезпечення такого типу можна назвати пакети RPS-2, RADIUS та інші.

Режими роботи системи стільникового зв'язку. Можна виділити чотири режими роботи рухомої станції у системі стільникового зв'язку:

- включення й ініціалізація;
- чекання
- встановлення зв'язку;
- ведення зв'язку.

Після включення мобільного телефону здійснюється його ініціалізація - налаштування на роботу в складі системи. Конкретний зміст ініціалізації залежить від використовуваного стандарту стільникового зв'язку. Наприклад, у стандарті GSM на етапі ініціалізації стільниковий телефон сканує частотні канали, вибираючи канали з найбільш сильним сигналом і шукає серед них канал з потрібною керуючою інформацією (канал BCCH). Знайшовши такий канал і розшифрувавши додаткову інформацію про базову станцію телефон може налаштуватись на роботу в осередку, що відповідає базовій станції.

У режимі очікування рухома станція відслідковує:

- зміни інформації системи (зміна режиму роботи, переміщення станції в інший осередок;
- команди системи (підтвердити працездатність);
- одержання виклику з боку системи;
- ініціалізацію виклику з боку абонента.

Крім того, мобільна станція може періодично (раз у 10...15 хвилин) підтверджувати свою працездатність, передаючи визначені сигнали на базову станцію. Якщо рухома станція не підтверджує свою працездатність протягом визначеного проміжку часу - центр комутації вважає її виключеною і виклики їй не передаються.

2.3 Процедура позиціонування абонентської станції засобами мобільної мережі

Структура мережі мобільного зв'язку та позиціонування приведена на рис. 2.5. Вимірювальні пункти мережі розташовуються в позиційних районах базових станцій (БС) і мають в своєму складі приймачі GSM-1800 і антенні пристрої з електронним управлінням. Управління та обробка

результатів роботи мережі проводиться в спеціальному пульті управління, який взаємодіє з контролерами і системою комутації мережі мобільного зв'язку.

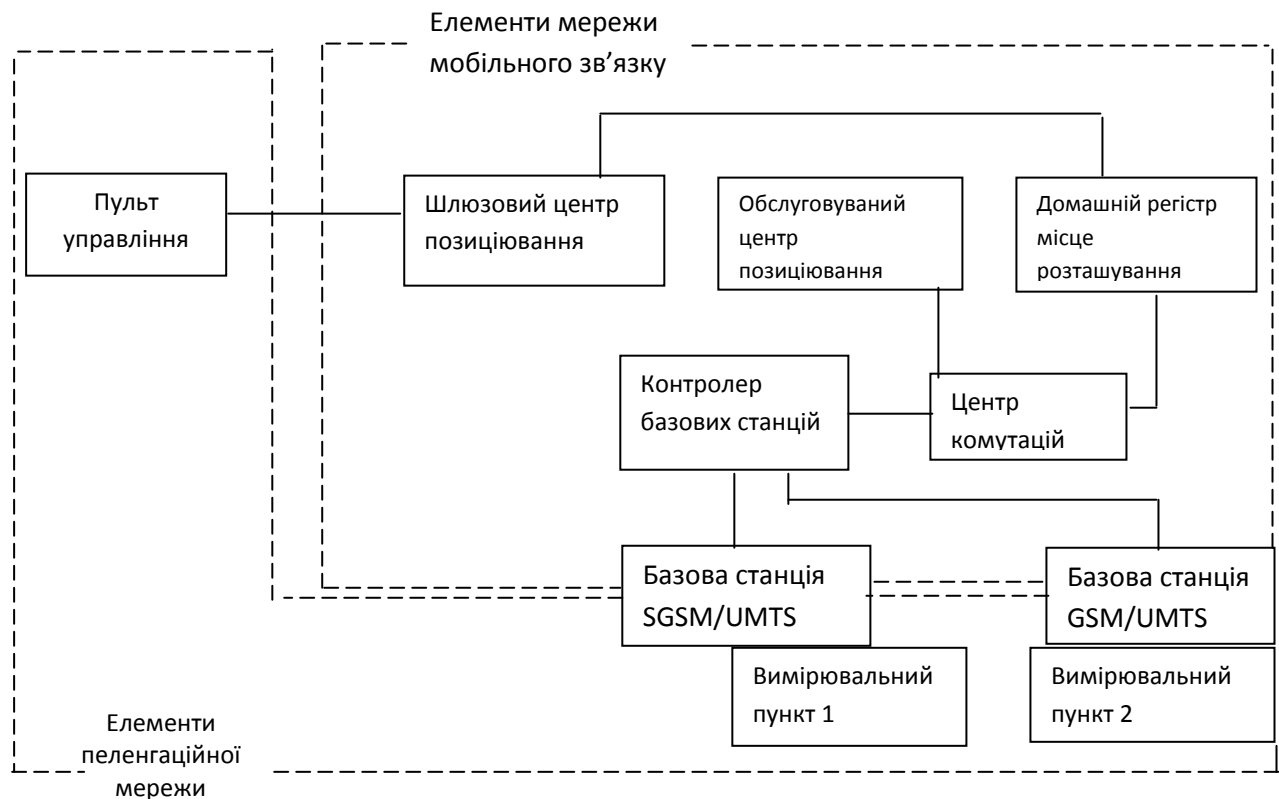


Рисунок 2.5 – Загальна структурна схема мережі мобільного зв'язку та позиціонування

Приватні алгоритми роботи і процедури функціонування мережі мобільного зв'язку та позиціонування включають наступні етапи:

- етап 1. Процедура визначення сектора мережі мобільного зв'язку, в якому знаходиться абонентська станція;
- етап 2. Процедура визначення списку вимірювальних пунктів. На даному етапі після надходження в пульт управління інформації про Cell-ID, в якому знаходиться АС, відбувається зіставлення «Cell-ID-IP». Пульт управління містить базу даних відповідності «Cell-ID», які обслуговують даний Cell-ID. Інформація про зону знаходження АС надходить з пульта управління через контролер базових станцій на відповідні IP для позиціонування АС з більш високою точністю;

- етап 3. Алгоритм переходу АС в режим роботи в стандарті GSM-1800. Оскільки більшість GSM-телефонів, які використовуються в Україні, підтримують протоколи GSM-900 та GSM-1800 і майже всі UMTS-телефони можуть працювати в мережах GSM, то на третьому етапі пропонується на короткий проміжок часу здійснити переклад АС в мережу стандарту GSM-1800, протягом якого буде вироблено позиціонування шуканої АС. Варіанти процедур переходу в GSM-1800 в залежності від режиму і стандарту роботи АС наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Варіанти процедур переходу в GSM-1800 в залежності від режиму і стандарту роботи АС

Режим роботи	Активний		Очікування
	Комутація каналів	Комутація пакетів	
Стандарт GSM-900	Жорсткий хендовер	Реселекція соти	Реселекція соти
UMTS	Міжмережевий хендовер	Реселекція соти	Реселекція соти

- етап 4. Алгоритм виходу абонентської станції на максимальну потужність передачі. В процесі позиціонування, коли АС наближається до БС, її потужність зменшується і виникає проблема електромагнітної доступності по висхідній лінії від АС до ІР (так званий ефект «ближній - далекий»), що в свою чергу суттєво зменшує точність позиціонування. В якості методу усунення цього негативного явища пропонується використовувати алгоритм примусового виведення на максимальну потужність передавача АС на короткий проміжок часу, під час якого буде здійснюватися позиціонування АС за рахунок мережі. Процедура виходу АС в режим максимальної потужності залежить від режиму, в якому працює в момент позиціонування АС.

- етап 5. Процедура позиціонування абонентської станції мобільної мережі. Вимірюваними параметрами є кути напрямку приходу випромінювання АС щодо лінії (бази), що з'єднує два ІР мережі.

Розроблені структура, алгоритм роботи та процедури функціонування мережі мобільного зв'язку та позиціонування сприяють [26]:

- уніфікації обладнання в складі IP і, як наслідок, зменшення його конструктивної складності і вартості;
- зниження сигнальної навантаження на мережу;
- підвищення електромагнітної доступності АС;
- зменшення ефекту «ближній - далекий».

ВИСНОВКИ ПО 2 РОЗДІЛУ

У зв'язку з постійним зростанням абонентів стільникового зв'язку та все більшими вимогами, що пред'являються до їх обслуговування, все більш актуальним стає питання модернізації систем стільникового зв'язку. Стандарт GSM, який користується зараз найбільшою популярністю, в найближчому майбутньому може вичерпати свої можливості, до того ж, він не дає можливості для розширення спектру послуг, що надаються, або це потребує значних витрат, що відображаються на вартості. Так як стандарт GSM нераціонально використовує надані частоти, неможливо збільшувати число абонентів без значного погіршення якості.

На зміну стандарту GSM поступово приходить стандарт CDMA, який починає користуватися все більшою популярністю. Впровадження стандарту CDMA допоможе вирішити назріваючі проблеми.

Якість передачі голосу в даному стандарті набагато вище, спектр надаваних послуг досить широкий і існує можливість його розширення, якість наданих послуг знаходиться на високому рівні. Важливу роль грає і нижча вартість надання даних послуг, що, в свою чергу, приверне велику кількість абонентів. За рахунок стрибкоподібної перебудови частоти раціонально використовуються надаються ресурси, що дозволяє збільшувати кількість абонентів без погіршення якості наданих послуг.

Стандарт CDMA є новим щаблем у розвитку систем зв'язку, стандартом третього покоління. Розвиток економіки, промисловості, рух суспільства вперед неможливо без якісних засобів зв'язку, тому дуже важливо вчасно модернізувати систему зв'язку, щоб на високому рівні задовольняти потреби населення, підприємств і т.д.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

3.1 Типові конфігурації системи

Головна мета дослідження полягає в розробці інтелектуального і оптимального алгоритму вертикальної передачі обслуговування для того, щоб мобільні девайси та інші мобільні користувачі, оснащені сучасними багатоходовими мобільними пристроями, могли безперешкодно підтримувати зв'язок.

Мережа системи ZXC10-BSS має зіркоподібну, кільцеву, лінійну і гібридну структури. У даному дипломному проекті використовується структура мережі типу зірка, також можлива й інша конфігурація мережі. BTS 0 з'єднується за допомогою кабелю зі скрученої парою, а BTS 1 і BTS 2 з'єднуються за допомогою радіорелейних ліній [27].

Зіркоподібна структура мережі системи ZXC10-BSS показана на рисунку 3.1.

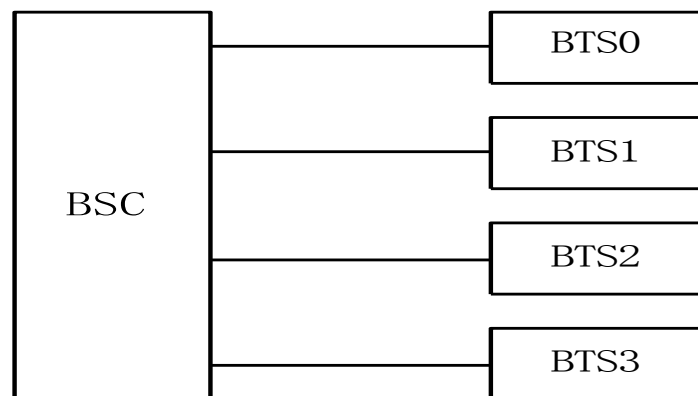


Рисунок 3.1 - Зіркоподібна структура мережі

При зіркоподібній організації мережі n ліній ІКМ Е1 безпосередньо з'єднують BSC з кожним стільниковим об'єктом. Устаткування BTS на кожному стільниковому об'єкті є крайовим термінальним обладнанням.

Структура мережі проста і зручна для технічного обслуговування і виконання інженерних робіт. Така структура мережі зазвичай використовується в областях з високою щільністю населення.

Кільцева структура мережі системи ZXC10-BSS показана на рисунку 3.2.

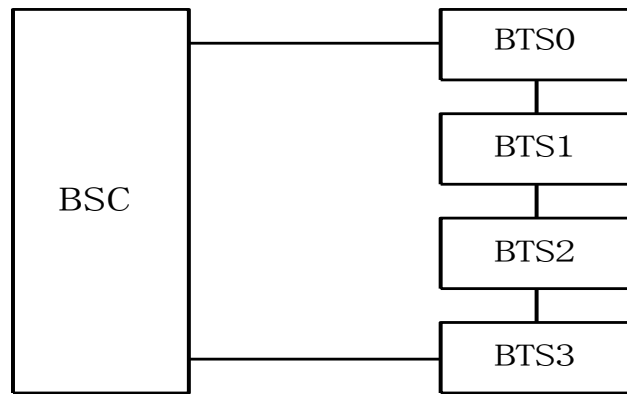


Рисунок 3.2 - Кільцева структура мережі

У кільцевій структурі використовуються дві лінії в режимі «активний / резервний». Кожен вузол кільця має два вищестоячих вузла, що покращує надійність зв'язку. У разі пошкодження одного стільникового об'єкта або відмови лінії нижче стояча лінія вибирає активну іншу лінію.

Лінійна структура мережі системи ZXC10-BSS показана на рисунку 3.3.

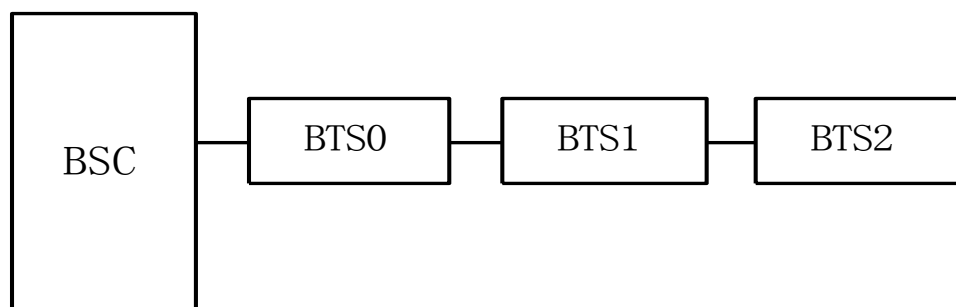


Рисунок 3.3 - Лінійна структура мережі

Лінійна структура підходить для стільникового вузла з декількома BTS. У такій структурі сигнали обробляються кількома процедурами. Тому

надійність зв'язку погана. Лінійна структура використовується для областей з формою зон і малою щільністю населення, щоб істотно заощадити обладнання передачі.

При фактичній організації мережі, коли стільникові об'єкти розподілені, для проміжних з'єднань між BSC і BTS повинні використовуватися різні пристрої передачі. Звичайні режими передачі: передача в діапазоні надвисоких частот, оптична передача, передача по кабелях HDSL і передача по коаксіальним кабелям [27].

Змішана структура мережі системи ZXC10- BSS показана на рисунку 3.4.

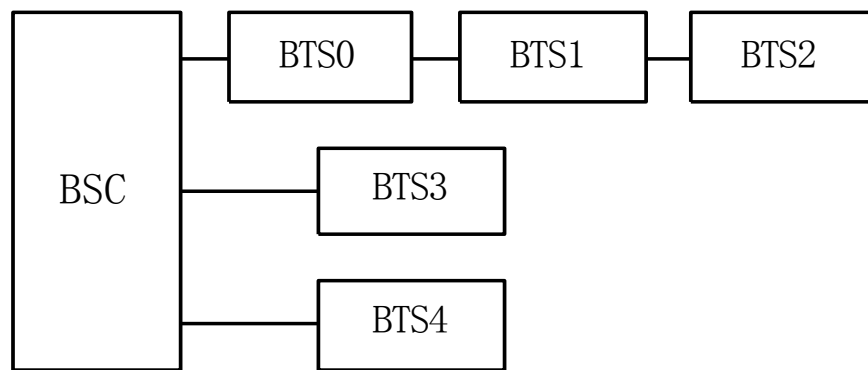


Рисунок 3.4 - Змішана структура мережі

3.2 Мережеве планування

3.2.1 Оцінка мовного трафіку в мережі

Кожен об'єкт сконфігурований у вигляді всенаправленого стільника і декількох спрямованих сот. Залежно від режимів зон охоплення сигналами певного рівня антени BTS діляться на всенаправлені і спрямовані. Всенаправлена антена виконує функції всенаправленого охоплення, який дозволяє заощадити кошти при створенні стільникового об'єкта. Однак така антена має низький коефіцієнт посилення і погано захищає від перешкод. Спрямована антена володіє високим коефіцієнтом посилення і хорошими

характеристиками захисту від перешкод. Для забезпечення охоплення зони обслуговування необхідно кілька антен [28].

На стільниковому об'єкті типу О використовуються дві всеспрямовані антени для задоволення вимог всеспрямованого об'єкта. На стільниковому об'єкті типу S застосовується антенний перемикач і 6 антен, в число яких входять три приймально-передавальні антени і три приймальні антени. У цьому режимі базова станція стільникового об'єкта має конфігурацію «4 TRX / 3 сектора». Повинно використовуватися 6 антен.

$$N_{аб} = N_{жит} \times 0,3 = 60000 \times 0,3 = 18000 \text{ абонентів} \quad (3.1)$$

Розрахуємо число абонентів, що одночасно говорять

$$A = A_{ср} \times N_{аб} \quad (3.2)$$

де: $A_{ср}=0,05$ Ерл - навантаження одного абонента під час найбільшого навантаження; $N_{аб}=18000$ - кількість абонентів

$$A = 0.05 \times 18000 = 900 \text{ Ерл}$$

Отже, навантаження становить 900 Ерл, що еквівалентно 900 одночасно розмовляючих абонентів ($N_{од} = 900$ чол.)

3.2.2 Оцінка трафіку даних в мережі

В результаті проведення робіт склад параметрів трафіку даних буде розширений. В той же час стільникові мережі покоління 3G, повинні взаємодіяти, з мережами зв'язку загального користування, і в цьому плані доцільно мати систему параметрів абонентського трафіку стільникових

мереж, що узгоджується з вже сталою системою параметрів мереж загального користування, перш за все телефонних мереж (ТФОП).

Як приклад може бути розглянутий параметр, який є визначальний для розрахунку пропускної спроможності телекомунікаційних мереж, середнє навантаження в час найбільшого навантаження (ЧНН) на одного абонента мережі. Як показує вітчизняний і зарубіжний досвід, в процесі комерційної експлуатації стільникових мереж величина цього параметра змінюється, виявляючи стійку тенденцію до зниження.

На початковому етапі розвитку мереж (з урахуванням переважної передачі в мережах третього покоління мовної інформації) величина параметра складала 0-25 мЕрл і, згідно із статистичними даними по абонентському трафіку мереж, що діють, у міру їх розвитку, зростання числа абонентів спостерігається з середньою інтенсивністю 1-1,5 мЕрл в рік до величини приблизно 14-15 мЕрл.

Як показав аналіз, для стільникових мереж із застосуванням технології CDMA можливе узагальнення даного параметра для абонентського трафіку, що включає передачу мовної інформації і пакетну передачу даних з об'єднанням в радіоканалі. При цьому перш за все визначаються і приводяться у відповідність первинні параметри трафіку [29].

3.3 Аналіз ємності базової станції

CDMA володіє деякими атрибутами сприяють до збільшення ємності станції:

- 1) Облік активності мови. Звичайна середня активність промови абонента становить 35 % від повного часу його розмови. Решту часу займають паузи, в перебігу яких абонент слухає співрозмовника. У CDMA всі абоненти займають один радіоканал. Тому коли хтось із них не

розмовляє, то створюється менше перешкод. Таким чином, скорочення активності мови зменшує взаємні перешкоди, що дозволяє збільшити ємність каналу до трьох разів. CDMA - єдина технологія, що використовує переваги цього явища.

2) Збільшення каналної ємності за рахунок використання секторних антен (секторизація). У FDMA і TDMA кожна сота ділиться на сектори для того, щоб зменшити вплив інтерференційних перешкод. В результаті транкінгова ефективність розділених каналів в кожній соті погіршується. У CDMA секторизація застосовується для збільшення ємності шляхом організації трьох радіоканалів в трьох секторах, і, таким чином, ємність збільшується в три рази в порівнянні з теоретичної ємністю при використанні одного радіоканалу в соті. Тому є можливість підключити додаткового абонента, при цьому якість відтворення мови погіршується незначно в порівнянні із звичайним режимом.

3) Великою перевагою CDMA перед іншими системами є те, що CDMA може багаторазово використовувати повний спектр всіх сот [30].

3.4 Дослідження радіусу дії мобільної мережі

Радіус дії мобільної мережі можна отримати, знайшовши відстань, на яку втрати при поширенні призводять до рівня сигналу рівному необхідному, як функції завантаження стільника.

Розрахунок бюджету радіолінії для конкретного стільника веде до знаходження величини максимальних прийнятних втрат при розподілі L_{\max} . Так як втрати при поширенні пропорційні довжині радіолінії, значення L_{\max} показує максимальну дистанцію радіолінії або іншими словами ефективний радіус стільника або сектора в певному напрямку.

Загальний вираз для втрат при поширенні в дБ як функції відстані наступне:

$$L(d_{km}) = L_1 + 10\gamma \log_{10} d_{km} \quad (3.3)$$

де d_{km} відстань в кілометрах;

L_1 значення втрат для $d_{km} = 1$;

γ закон розподілу енергії.

На краях стільники, $d_{km} = R_{km}$ і втрати рівні L_{max} . Таким чином, повне вираження для радіуса стільники в кілометрах має вигляд:

$$L_{max} = L(R_{km}) = L_1 + 10\gamma \log_{10} R_{km} \quad (3.4)$$

Вирішуючи загальне вираз щодо R_{km} отримуємо:

$$R_{km} = 10^{\frac{L_{max}-L_1}{10\gamma}} \quad (3.5)$$

або

$$R_{km}(d) = 10 \log_{10} R_{km} = \frac{L_{max}-L_1}{\gamma} \quad (3.6)$$

Таким чином, для знаходження відносини між радіусом стільника і кількістю трафіку в соті, необхідно знайти вирази для максимальних втрат при розподілі L_{max} і підставити в формулу $L_{ctr} = L_{utr} + 10 \log \left[\frac{1}{f_r} - 1 \right]$, що визначає щільність інтерференції створюваної іншими абонентами інших базових станцій (де L_{ctr} - щільність інтерференції від мобільних станцій інших базових станцій (дБм/Гц); f_r - коефіцієнт повторного використання частот ($f_r = 0,65$)).

Емпірична формула для втрат була визначена МСЕС(ITU-R)

$$L(dБ) = 69.55 + 26.16 \log_{10} f_{\text{МГц}} - \alpha(h_2) - 13.82 \log_{10} h_b + \\ + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_b) \log_{10} d_{km} - B \quad (3.7)$$

де h_b висота антени мобільної станції в метрах,

$f_{\text{МГц}}$ -- центральна частота в МГц.

$$\alpha(h_2) = (1.11 \log_{10} f_{\text{МГц}} - 0.7) h_2 - (1.56 \log_{10} f_{\text{МГц}} - 0.8) \quad (3.8)$$

$B = 30 - 25 \log_{10}$ (% площі покритої будівлями) корекційний фактор

Формула перетворена для малих і середніх міст. Таким чином:

$$L(dБ) = 69.55 + 26.16 \log_{10} f_{\text{МГц}} - [(1.1 \log_{10} f_{\text{МГц}} - 0.7) h_2 - (1.56 \log_{10} f_{\text{МГц}} - 0.8)] = 13.82 \log_{10} h_b + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_b) \log_{10} d_{km} - [30 - 25 \log_{10}] \quad (3.9)$$

Скористаємося типовими значеннями зворотного каналу, частотою $f=450$ МГц і висотами антен базової станції $h_b = 30$ м і мобільного терміналу $h_m = 1,5$ м, а так само відсотком забудови рівним 10%.

Підставивши дані у (3.7) отримаємо:

$$L(d_{km}) = 95.56 + 35.22 \log_{10} d_{km} + 25 \log_{10} = 120.56 + 35.22 \log_{10} d_{km}$$

Таким чином, порівнюючи вирази (3.7) і (3.4) знаходимо значення для L_1 і γ ,

$$L_1 = 120.56 \text{ дБ і } \gamma = 35.22/10 = 3.522$$

Тепер необхідно знайти вираз для максимальних втрат при розподілі L_{max} щодо завантаження стільника. Для цього необхідно визначити залежність рівня сигналу від завантаження стільника.

Позначимо середній рівень сигналу, необхідний при прийомі P_s і мінімальний необхідний при прийомі рівень сигналу у відсутності інтерференції P'_s .

Відповідно до ідеально відрегульованою за потужністю моделі необхідну середнє значення сигналу:

$$P_s = \frac{P'_s \cdot M}{1 - \frac{M}{M_{max}}} \quad (3.10)$$

де $\frac{M}{M_{max}}$ відношення кількості користувачів в соті (секторі) до максимальної кількості користувачів.

З урахуванням запасу по потужності в дБм:

$$P_s(\text{дБ}) = P'_s(\text{дБ}) + M_{(\text{дБ})} - 10 \log_{10} \left(1 - \frac{M}{M_{max}} \right) \quad (3.11)$$

де

$$\begin{aligned} P'_s(\text{дБ}) &= (E_b / N_0)_{req}(\text{дБ}) + (N_0 W)_c(\text{дБ}) - (PG)(\text{дБ}) \\ &= (E_b / N_0)_{req}(\text{дБ}) - 129.2 \text{ дБ} \end{aligned}$$

Припустивши, що база сигналу $PG=21.1$ дБ і шуми приймача базової станції 5 дБ, впливає що $(N_0 W)_c = -108.1$ дБ.

Ідеальне максимальну кількість користувачів з урахуванням запасу по потужності:

$$M_{max}(E_b / N_0; M_{\text{дБ}}) = \frac{PG}{(E_b / N_0)_{req} \times F \times \alpha_r} \times \frac{1}{10^{M_{\text{дБ}}/10}} \quad (3.12)$$

Звідси випливає, що максимально прийнятні втрати при розподілі, це втрати, при яких при максимальній потужності передавача мобільного терміналу і різним посиленням і втратою при розподілі в зворотному каналі, призводить до того, що на базовій станції приймається необхідний рівень сигналу. Вираз, що описує даний стан:

$$P_s(\text{дБ}) = P_r(\text{дБ})_{\text{без втрат}} - L_{\text{max}} \quad (3.13)$$

де

$$P_r(\text{дБ})_{\text{без втрат}} = P_m - L_m + G_m - L_p - L_b + G_c - L_c \quad (3.14)$$

$P_r(\text{дБ})_{\text{без втрат}}$ визначає потужність мобільного терміналу, яка була прийнята приймачем базової станції у відсутності втрат. Таким чином:

$$L_{\text{max}} = P_r(\text{дБ})_{\text{без втрат}} - P_s(\text{дБ}) \quad (3.15)$$

Типові значення параметрів зворотного каналу, перерахованих в (3.14) представлені в табл. 3.1. Підставляючи значення цих параметрів в (3.15), отримуємо:

$$P_r(\text{дБ})_{\text{без втрат}} = 23 - 0 + 2.1 - 3 - 10 + 14.1 - 2 = 24.2 \text{ дБ}$$

Таблиця 3.1 - Параметри зворотного каналу CDMA

Параметр	Позначення	Значення
1	2	3
Потужність мобільного терміналу	P_m 23 дБм	
Втрати в кабелі мобільного терміналу	L_m 0 дБ	
Коефіцієнт підсилення антени мобільного терміналу	G_m 2,1дВі	

Продовження табл. 3.1

1	2	3
Втрати при орієнтації антени мобільного терміналу	L_p 3 дБ	
Допуск на проникнення в будівлі	L_b 10 дБ	
Коефіцієнт посилення антени базової станції	G_c 14.1дBi	
Втрата в кабелі базової станції	L_c 2 дБ	

Вираз для максимального послаблення при поширенні як функції параметра завантаження мережі має вигляд:

$$L_{max}(dB) = L_{max} = P_m(dB) + G_c(dB) + G_m(dB) - SNR_{req}(dB) - (N_0W)_c(dB) + +10\log_{10}(1 - X) \quad (3.16)$$

Якщо додати в (3.16) деталізовані втрати з (3.14) з урахуванням запасу по потужності, тоді отримаємо:

$$L_{max}(dB) = P_r(dB)_{\text{без втрат}} - P_s(dB) = P_r(dB)_{\text{без втрат}} - P'_s(dB) + M_{dB} - 10\log_{10}\left(1 - \frac{M}{M_{max}}\right) \quad (3.17)$$

Тепер підставимо L_{max} для того, що б отримати бажане вираз радіуса стільники як функції завантаження мережі

$$R_{km}(dB) = 10\log_{10}R_{km} = \frac{L_{max} - L_1}{\gamma} = \frac{P_r(dB)_{\text{без втрат}} - L_1 - P'_s(dB) - M_{dB} + 10\log_{10}\left(1 - \frac{M}{M_{max}}\right)}{\gamma} \quad (3.18)$$

Це вираз показує максимальний радіус стільника доступний мобільному передавача з відповідною потужністю.

Визначимо залежність радіуса стільника від M (кількості активних користувачів) при прийнятих значеннях $\frac{E_b}{N_0}$ і запасу по потужності розрахуємо:

$$R_{km} = 10^{R_{km}(dB)/10} = 10^{32.84/35.22} \left(1 - \frac{M}{M_{max}}\right)^{10/35.22} \left[\frac{E_b}{N_0} \times 10^{M_{dB}/10}\right]^{-1/3.522} =$$

$$= 8.559 \left(1 - \frac{M}{M_{max}}\right)^{0.284} \left[\frac{E_b}{N_0} \times 10^{M_{dB}/10}\right]^{-0.284} \quad (3.19)$$

Значення M_{dB} вибираються виходячи із заздалегідь обраної надійності каналу.

Використовуючи вираз ідеальної ємності системи, для вираження радіуса стільника побудовано графік (рис. 3.5) для різних значень M_{dB} і $\frac{E_b}{N_0}$.

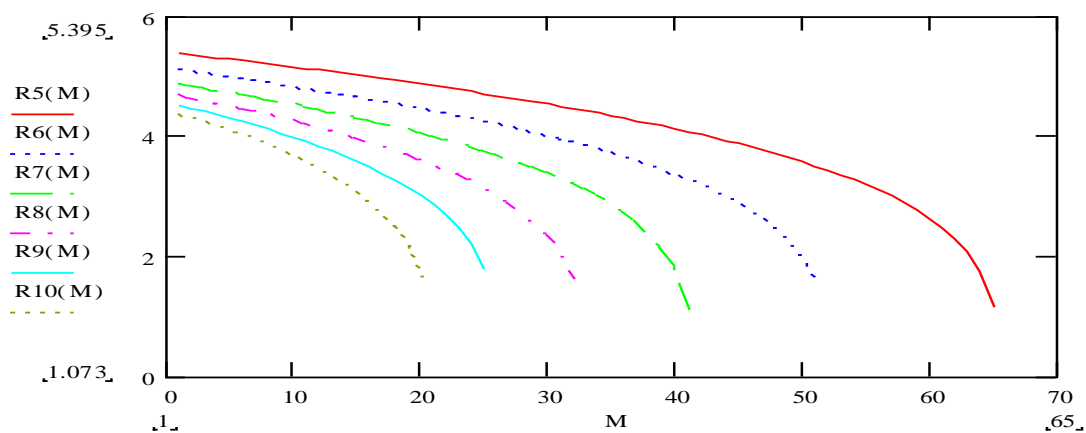


Рисунок 3.5 - Графік залежності радіуса стільника від завантаження

З графіка видно, що необхідні значення $\frac{E_b}{N_0}$ і M_{dB} , підбираються з розрахунку надійності системи для зворотного каналу сильно впливають на розмір стільника. При високих значеннях надійності і відповідно відношення сигналу шуму і запасу по потужності, радіус стільника починає стрімко падати при певних значеннях ємності системи (кількості активних

користувачів) . Так само з графіка можна визначити рівень зниження радіуса стільника при певному значенні активних користувачів [31].

ВИСНОВКИ ДО 3 РОЗДІЛУ

Таким чином, рішення CDMA 2000 в діапазоні 450 МГц вимагає меншого числа базових станцій, так як кожна з них забезпечує більше покриття, ніж станції більш високого частотного діапазону (наприклад, 800 МГц). Тому рішення CDMA 450 МГц ідеально підходить для покриття мобільним зв'язком територій з невисокою щільністю населення, і тим самим є економічно ефективною пропозицією для операторів і хорошою альтернативою фіксованої мережі. Рішення CDMA 2000 в діапазоні 450 МГц може бути основою для забезпечення універсальних послуг телекомунікацій відповідно з мінімальним переліком послуг зв'язку. Концепція універсальних послуг телекомунікацій передбачає надання будь-якому користувачеві послуг зв'язку в будь-якому населеному пункті, в заданий термін, з встановленими якістю і рівнем цін.

Крім того, на основі рішення CDMA 2000 в діапазоні 450 МГц можуть бути побудовані мережі спец. зв'язку в інтересах державних органів (зв'язок пожежної охорони, медичної допомоги тощо).

Крім цього, можливості стандарту CDMA2000 з високошвидкісної передачі даних представляють для операторів у діапазоні 450 МГц реальний інтерес і є альтернативою широкопasmового DSL доступу.

Головна мета дослідження, що полягала в розробці інтелектуального і оптимального алгоритму вертикальної передачі обслуговування для того, щоб мобільні девайси та інші мобільні користувачі, оснащені сучасними багатомодовими мобільними пристроями, могли безперешкодно підтримувати зв'язок, була досягнута.

В бакалаврській роботі спроектовано мережу CDMA для міста. Обрано обладнання китайської корпорації ZTE, мобільна стільникова система ZXC10-BSS.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Організаційно-правові основи охорони праці

Основним законом України, що встановлює правові основи в галузі охорони праці, є прийнятий Закон «Про охорону праці», що визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

При проектуванні виробничої будівлі та офісних приміщень необхідно керуватись відповідними законами України та конституцією України, де визначено: «Людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканість і безпека визнаються в Україні найвищою соціальною цінністю» (ст. 3), «Кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці» (ст. 43), «Громадяни мають право на соціальний захист, що включає право на забезпечення їх у разі повної, часткової або тимчасової втрати працездатності, втрати годувальника» (ст. 46).

Працівник повинен повертатися з роботи живим та здоровим - ця мета визначена Законом України «Про охорону праці», який прийнято 21.11.2002. Законом передбачено реалізацію таких конституційних прав на охорону здоров'я та життя працюючих при виконанні виробничих завдань: ст. 4. Державна політика з питань охорони праці базується на пріоритеті життя і здоров'я працівників відносно виробничої діяльності та повної відповідальності роботодавця за створення безпечних і здорових умов праці [32].

Ст.7. Працівники, зайняті на роботах з важкими та шкідливими умовами праці, безоплатно забезпечуються лікувально-профілактичним харчуванням, молоком, мають право на додаткову оплачувану відпустку та інші пільги і компенсації.

Ст.8. На роботах із шкідливими і небезпечними умовами праці видаються спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту.

Ст.13. Роботодавець зобов'язаний створити належні умови праці, призначити осіб для вирішення питань охорони праці. Розробити особисті документи з охорони праці та забезпечити функціонування системи управління охороною праці.

Ст.14. Працівник зобов'язаний дбати про особисту безпеку, знати і виконувати вимоги нормативних актів з охорони праці, проходити медичні огляди.

Ст.15. Роботодавець створює та підпорядковує собі службу охорони праці.

Ст.18. Роботодавець організовує проведення навчання та інструктажів. Не допускає до роботи працівників, у тому числі посадових осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з охорони праці.

Ст. 44. За порушення законодавства про охорону праці винні особи притягаються до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної, кримінальної відповідальності.

4.2 Промислова санітарія

Аналіз небезпечних та шкідливих факторів

При роботі на ПК людина підлягає впливу ряду шкідливих і небезпечних факторів, які класифікуються відповідно до ГН 3.3.5-8-6.6.1-2002 [44]. Перелік шкідливих виробничих факторів, а також джерело їх виникнення при виконанні

робот на комп'ютері приведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Перелік небезпечних та шкідливих факторів

Назва фактора	Джерело виникнення	Нормоване значення	Нормативний документ
1	2	3	4
Фізичні			
Підвищений рівень шуму на робочому місці	Принтери, вентилятор, системні блоки	$L_A = 50$ дБ(А)	[39]
Підвищений рівень електромагнітних випромінювань	Електро-променева трубка монітор, електроапаратура	На відстані 5 см від екрану рівень випромінювання не має перевищувати 100 мкР/год	[40]
Підвищена напруженість електричного поля	Поверхня обладнання, речовин та джерела живлення	$E \leq 20$ кВ/м	[41]
Підвищений рівень іонізуючих випромінювань у робочій зоні	Рентгенівське випромінювання монітора	Кількість позитивних іонів: $\Phi=1500-3000$ негативних іонів: $\Phi=3000-5000$	[41]
Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини	Проводка, штучне освітлення	$I = 0,3$ мА $U = 2$ В	[41]
Підвищена яскравість світла	Невірне розташування монітора	$B = 100$ кд/м ²	[40]
Відсутність або недолік природного світла	Невірне розташування робочих місць	$e = 1,08\%$	[42]
Недостатня освітленість робочої зони	Недоліки системи освітлення	$E_{min} = 400$ лк	[42]
Підвищена пульсація потоку світла	Лампи денного світла, монітор	$K_p = 5\%$	[40]
Пряма та відбита блискіть	Екран монітора	$P = 40\%$	[41]
Підвищена або знижена температура робочої зони	Нераціональна організація системи вентиляції та опалення	Температура в холодний період $22 \div 24^\circ\text{C}$, в теплий $23 \div 25^\circ\text{C}$	[43]
Підвищена або знижена вологість повітря	Нераціональна організація системи вентиляції	Відносна вологість $40 \div 60\%$	[43]

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4
Підвищена або знижена рухомість повітря	Нераціональна організація системи вентиляції	Швидкість руху повітря $\leq 0,1$ м/с	[43]
Психофізіологічні			
Нервово-психічні перевантаження: монотонність праці	Введення даних, редагування тексту або програм, читання інформації цифрової, графічної з екрану	Кожні дві години 15хв. перерва	[40]
Статичні	Постійна поза сидіння	Зниження статичної витривалості на 10%	[40]
Перенапруга розумових аналізаторів	Складність задачі	Зниження витривалості до вихідного 40÷50%	[40]
Хімічні			
Виробничий пил	Статична електрика, накопичена на поверхні комп'ютера.	ГДК = 4 мг/м ³	[43]

Проведено аналіз умов праці в офісному приміщенні прямокутної форми, розмірами: довжина - 8 м, ширина - 6 м, висота - 3 м. Дане приміщення розраховане на 8 робочих місць (робоче положення – сидячи), в якості засобів праці використовується оргтехніка (8 комп'ютерів та універсальний засіб від фірми Hewlett Packard: принтер-сканер-ксерокс).

Освітлення в даному приміщенні комбіноване (природне і штучне). Природне освітлення є боковим. три вікна розміром 2x1,8 м. Величина коефіцієнта природної освітленості (КЕО) при виконанні робіт середньої зорової точності повинна бути не нижче 1,2%.

Для створення комфортних умов роботи застосовується природне і штучне освітлення, а також суміщене, яке нормується згідно з ДБН В.2.5-28-2006 [42].

Ми маємо III розряд зорової праці, тому необхідно використовувати суміщене освітлення. Контраст об'єкта з фоном – середній, фон – середній, отже, підрозряд зорової праці – "г".

Природне світло нормується коефіцієнтом природної освітленості згідно з ДБН В.2.5-28-2006 [7]. Нормоване значення коефіцієнту природної освітленості (далі – КПО) визначається у залежності від поясу світлового клімату в наступний спосіб:

$$e_N = e_H * m_N, \quad (4.1)$$

де $e_H = 1,2 \%$ – КПО для III розряду зорової роботи, при комбінованому освітленні, згідно з ДБН В.2.5-28-2006 [7];

$m = 0,9$ – коефіцієнт світлового клімату.

Отже:

$$e_N = 1,2 * 0,9 = 1,08 \% \quad (4.2)$$

Для забезпечення комфортних умов зорової праці високої точності необхідно дотримуватися наступних норм освітлення, що наведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Характеристика освітлення для виробничого приміщення

Точність зорових робіт	Мінімальний розмір об'єкта розрізнення, мм	Фон	Контраст об'єкту з фоном	Розряд, підрозряд зорової праці	Нормоване значення характеристик освітлення		
					Суміщене освітлення	Штучне освітлення, лк	
						$e_N, \%$	Комбіноване
Висока	0,3 ÷ 0,5	Світлий	Середній	III, г	1,08	400	200

Штучне освітлення здійснюється у вигляді загальної системи освітлення з використанням люмінесцентних джерел світла. Пульсація освітленості люмінесцентних ламп не перевищує 10%.

Як засоби затемнення використовуються регульовані жалюзі з білими вертикальними шовковими ламелями. Вікна розміщені з одного боку робочого приміщення.

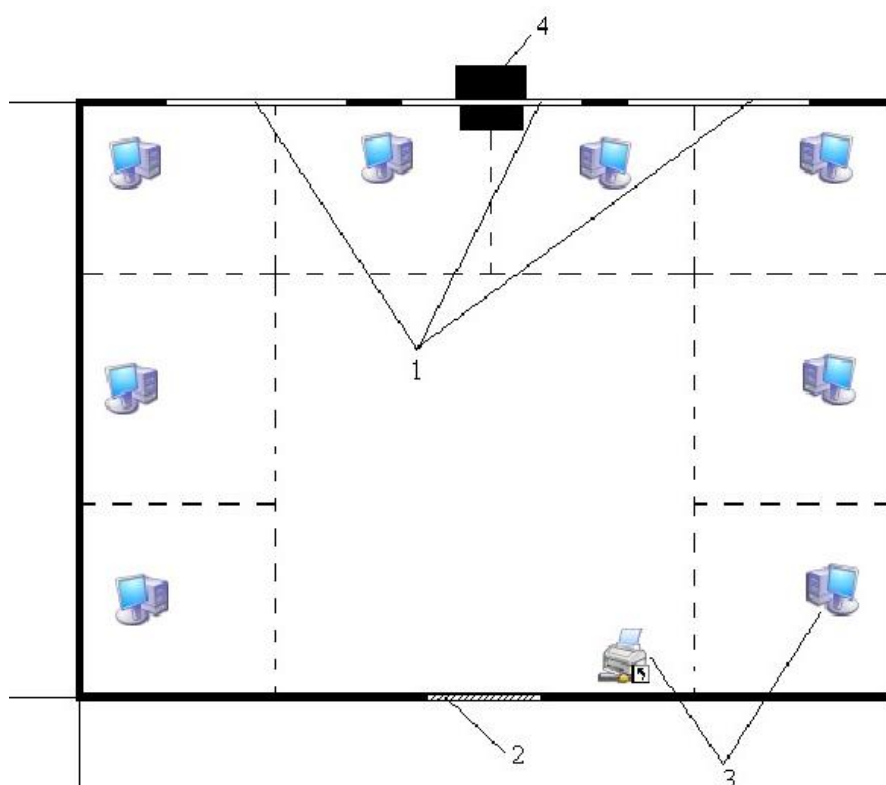


Рисунок 4.1 - Внутрішнє розташування об'єктів в офісі:

1 - вікна; 2 - двері; 3 оргтехніка; 4 - пристрій кондиціонування

Таблиця 4.3 – Вихідні дані для розрахунку освітлення у приміщенні

Розміри приміщення, м.		Розрахунок висоти Н, підвісу світильника	Найменший розмір об'єкта відмінностей, мм	Контрастність об'єкту з фоном	Характеристика фону	Система освітлення	Світильник	Концентрація пилу в повітрі мг/м ³	Коефіцієнт відбиття
Довжина А	Ширину Б								
12	12	5,0	0,28	малий	темний	загальна	РПСВ	0,7	0,7*0,5*0,3

По таблиці 1 і по характеристики фону визначаємо розряд роботи II при величині найменшого об'єкту розрізнення 0,28

Визначаємо норму освітленості: $E_{\text{табл}} = 1250$

Таблиця 4.4 Визначення типу світильника

Світильник	РСП13			
Тип КСС	Г			
Тип ламп	ДРЛ			
Потужність Р, Вт	400	700	1000	х
Світовий потік, Ф, лм	22000	38500	55000	х
Кількість ламп	1	1	1	х

Визначаємо норму освітленості E_n в залежності від типу ламп.

- Для газорозрядних ламп $E_n^1 = E_{\text{табл}} = 1250$

При порівнянні фактичного освітлення $E_f = 1250$ лк з нормою освітлення E_n визначаємо, що освітленість:

- Достатня

Визначаємо освітленість яку повинно створювати загальне освітлення в залежності від системи освітлення:

- Для системи загального освітлення $E_n = E_n^1 = 1250$ лк

K_3 – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітлення в процесі експлуатації в наслідок забруднення і старіння світлопрозорих заповнювачів ламп і світильників, а також зниження відбиваючих властивостей поверхонь приміщення. Концентрація пилу в повітрі дорівнює $0,7 \text{ мг/м}^3$.

Таблиця 4.5 – Концентрація пилу в повітрі

Концентрація пилу в повітрі, мг/м^3	Коефіцієнт запасу при штучному освітленні	
	Газорозрядні лампи	Лампи накаливання
Менше 1	1,5	1,3
Від 1 до 5	1,8	1,5
Більше 5	2,0	1,7

Отже K_3 від наданої концентрації пилу дорівнює 1,5.

Для газорозрядної лампи коефіцієнт мінімальної освітленості $Z = 1,1$

Обчислимо коефіцієнти b та c в залежності від типу КСС та заданих коефіцієнтів відображення,

Тип КСС для заданого світильника Γ

$$b = 1,3; c = 0,29$$

Визначимо значення коефіцієнтів λ та λ_d в залежності

$$\lambda = 1,0$$

$$\lambda_d = 1,4$$

Визначимо площу приміщення:

$$S = A * B = 12 * 12 = 144 \text{ м}^2 \quad (4.3)$$

Обчислимо індекс приміщення:

$$i = \frac{S}{(A+B)*H} = \frac{144}{(12+12)*5} = 1,2 \quad (4.4)$$

Визначимо коефіцієнт використання світлового графіку:

$$\mu = \frac{i^2}{(t^2+c)*b} = \frac{1,2^2}{(1,2^2+0,29)*1,3} = 0,64 \quad (4.5)$$

Знайдемо еквівалентної площі:

$$S_{\text{э}} = \frac{S * K_3 * Z}{\mu} = \frac{144 * 1,5 * 1,1}{0,64} = 371,25 \text{ м}^2 \quad (4.6)$$

Розрахуємо оптимальну відстань між світильниками

$$L_0 = \lambda * H = 1,0 * 5,0 = 5,0 \text{ м.} \quad (4.7)$$

Визначимо оптимальне число світильників:

$$N_0 = \frac{S}{L_0^2} = \frac{144}{25} = 5,76 \quad (4.8)$$

Вичислимо потрібний світовий потік світильника

$$\Phi_{\text{с}} = \frac{S_{\text{э}} * E_{\text{н}}}{N_0} = \frac{371,25 * 1250}{5,76} = 80556 \text{ лм.} \quad (4.9)$$

Визначимо довжину світильника L_c в залежності від типу та потужності лампи для ДРЛ. $L_c = 0$ м.

Розрахуємо освітленість E_1 , створювану одним світильником:

$$E_1 = \frac{n * \Phi}{S_{\text{э}}} = \frac{2 * 77000}{371,25} = 414,81 \quad (4.10)$$

Визначимо попереднє число світильників:

$$N_{\text{п}} = \frac{E_{\text{н}}}{E_1} = \frac{1250}{414,81} = 3,01 \quad (4.11)$$

Визначимо попередню відстань між світильниками:

$$L = \sqrt{\frac{S}{N_n}} = \sqrt{\frac{144}{3,01}} = 6,92 \quad (4.12)$$

Розрахуємо попереднє значення відношення відстані між світильниками до розрахункової висоти підвісу світильників:

$$\lambda = \frac{L}{H} = \frac{6,92}{5} = 1,38 \quad (4.13)$$

Перевірка умови $\lambda_d \geq \lambda$: умова виконана.

Перевірка умови $L = L_c$ – умова невиконана.

Обчислимо число рядів світильників продовж сторони А (округлення до більшого цілого числа):

$$N_A = \frac{A}{L} = \frac{12}{6,92} = 1,74 = 2 \quad (4.14)$$

Обчислимо число рядів світильників продовж сторони В (округлення до більшого цілого числа):

$$N_B = \frac{N_n}{N_A} = \frac{3,01}{2} = 1,5 = 2 \quad (4.15)$$

Розрахуємо число світильників:

$$N = N_A * N_B = 2 * 2 = 4 \text{ шт.} \quad (4.16)$$

Визначимо мінімальну освітленість:

$$N = N * E_1 = 3,01 * 414,81 = 1249 \text{ лк.} \quad (4.17)$$

Визначимо відносне відхилення мінімального освітлення від нормованої:

$$\varepsilon = \left(\frac{E}{E_H} - 1 \right) * 100\% = \left(\frac{1250}{1249} - 1 \right) * 100\% = -0,08\% \quad (4.18)$$

Визначимо відстань між світильниками впродовж сторони А:

$$L_A = \frac{A}{N_A} = \frac{12}{2} = 6 \text{ м.} \quad (4.19)$$

Визначимо відстань між світильниками впродовж сторони В:

$$L_B = \frac{B}{N_B} = \frac{12}{2} = 6 \text{ м.} \quad (4.20)$$

Схема розташування світильників:

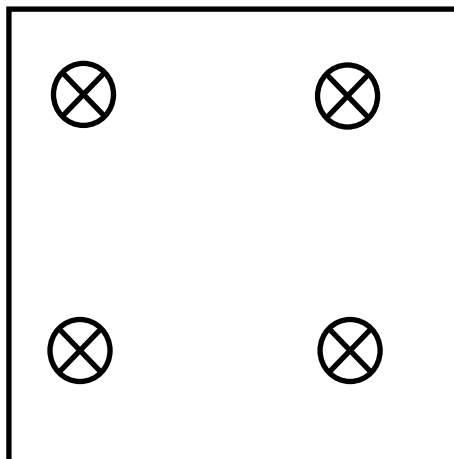


Рисунок 4.2 – Схематичне зображення розташування світильників у приміщенні

В ході дослідження ми визначили необхідну силу освітлення приміщення, а також розрахували число необхідних світильників, крім того уточнили розташування кожного конкретного світильника в досліджуваному приміщенні.

4.3 Електробезпека

При влаштуванні електричних мереж в приміщенні передбачено можливість відключення всіх електроустановок в межах окремих ділянок робіт. Роботи пов'язані з приєднанням дротів, ремонтом, профілактикою і випробуванням електроустановок, виконуються електротехнічним персоналом, які мають відповідну кваліфікаційну групу по техніці безпеки. Вимикачі, рубильники та інші комутаційні електричні апарати, застосовуються на ділянці і встановлюються на робочих місцях, були виконані в захищеному виконанні. Струмopовідні частини електроустановок були ізолювані, огорожені або розміщені в недоступних місцях.

У приміщенні виключена можливість наближення людей до струмоведучих частин офісного обладнання. Всі з'єднувальні дроти і лінії мають якісну ізоляцію. Для подачі живлення до обладнання використовують євророзетки, клема заземлення яких з'єднана із загальною системою захисного заземлення.

Загальна система заземлення є контурною, тобто заземлювачі встановлюються по контуру навколо обладнання на невеликій відстані один від одного так, щоб область поширення найбільшого потенціалу охоплювала весь контур. При досить близьких відстанях між заземлювачами точки землі всередині контура матимуть приблизно однакові потенціали, завдяки чому зменшується різниця потенціалів між окремими точками всередині контуру, тобто зменшуються напруги дотику і напруги кроку.

Істотне місце серед правил і норм займає система стандартів безпеки праці (ССБП). ССБП містить державні стандарти загальних вимог і норм за видами небезпечних і шкідливих робочих факторів і стандартів загальних вимог безпеки до технічного обладнання, монтажних-вимірних процесам, засобів захисту працюючих. Стандарти встановлюють гранично-допустимі значення нормованих параметрів, вимоги безпеки до конструкції обладнання в цілому і окремих елементах, розміщення елементів експлуатаційних систем, режимам роботи обладнання, робочих місць, системи управління, режиму праці.

Протягом всього періоду експлуатації електроустановок на даній ділянці застосовувалися знаки безпеки по ДСТУ ISO 6309:2007. Згідно з цим державним стандартом України в приміщенні розроблено такі дії щодо запобігання факторів, що впливають на ймовірність ураження електричним струмом [34]:

- підлоги покриті одношаровим полівінілхлоридним антистатичним лінолеумом, отже, не є струмопровідними;

- відносна вологість повітря не перевищує 60%, отже, приміщення є сухим;
- температура повітря не перевищує плюс 30 градусів за Цельсієм;
- хімічно активні речовини відсутні.

Дане приміщення можна класифікувати як приміщення без особливої небезпеки.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

При розробці довільної структури мобільної мережі із застосування сучасних технологій було проведено ряд заходів, для оптимізації і поліпшення праці персоналу. Таким чином, всі заходи з безпеки здійснені у відповідності до вищезгаданих технічних регламентів, декларації по безпеці, законами з безпеки і охорони праці України і відповідають міжнародним стандартам.

ВИСНОВКИ

Сукупність наукових положень, сформульованих та обґрунтованих у дипломному проекті, являє собою розв'язання наукової задачі синтезу структури функціонально стійких розподілених мереж стільникового зв'язку.

Основні результати роботи полягають у наступному:

1. Досліджено принципи побудови телекомунікаційних мереж, завдяки чому визначено, що перспективними є мережі, які дозволяють розв'язати задачу доступу до інформації, джерело якої перебуває на значній відстані від центру збору інформації.

2. Визначено оцінку функціональної стійкості структури мережі з урахуванням принципів самоорганізації.

3. Запропоновані в дипломному проекті методики доцільно застосовувати для синтезу структур різних сенсорних мереж, до яких висуваються жорсткі вимоги щодо вірогідності передачі інформації.

4. Вперше було зроблено для груп МД автоматизація та розробка безперервного переходу в гетерогенних мережах. Було передбачено, що надання безмежної мобільності для МД в бездротових мережах наступного покоління є необхідним компонентом, щоб зробити програмне забезпечення більше зручним для користування в онлайн режимі, перебувати в мережі і переходить вертикально по гетерогенній мережі безперервно.

Визначено, що рішення CDMA 2000 в діапазоні 450 МГц вимагає меншого числа базових станцій, так як кожна з них забезпечує більше покриття, ніж станції більш високого частотного діапазону (наприклад, 800 МГц). Рішення CDMA 450 МГц ідеально підходить для покриття мобільним зв'язком територій з невисокою щільністю населення.

Тому наша пропозиція полягає в тому, щоб почати використовувати рішення CDMA. На нашу думку це економічно ефективна пропозиція для операторів і хороша альтернативою фіксованої мережі. Рішення CDMA

2000 в діапазоні 450 МГц може бути основою для забезпечення універсальних послуг телекомунікацій відповідно з мінімальним переліком послуг зв'язку. Концепція універсальних послуг телекомунікацій передбачає надання будь-якому користувачеві послуг зв'язку в будь-якому населеному пункті, в заданий термін, з встановленими якістю і рівнем цін.

Крім того, на основі рішення CDMA 2000 в діапазоні 450 МГц можуть бути побудовані мережі спеціалізованого зв'язку в інтересах державних органів (зв'язок пожежної охорони, медичної допомоги, оперативних служб тощо).

Крім цього, можливості стандарту CDMA 2000 з високошвидкісної передачі даних представляють для операторів у діапазоні 450 МГц реальний інтерес і є альтернативою широкосмугового DSL доступу.

Впровадження зазначених методик дасть змогу забезпечити в розподілених мережах функціональну стійкість відносно експлуатаційних відмов, збоїв, електромагнітних впливів, навмисних ушкоджень та втручання в обчислювальний процес мережі.

Таким чином, поставлені наукові завдання розв'язано в повному обсязі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ВИКОРИСТАНУ ЛІТЕРАТУРУ

1. Беркман Л. Н. Архітектурна концепція побудови, принцип реалізації, ефективність застосування інтелектуальної телекомунікаційної мережі / Л. Н. Беркман, С. В. Толюпа // Зб. наук. праць ВІТІ НТУУ —КПІ. – 2007. – №3. – С. 9-17.
2. А. Голышко IMS: полезные рекомендации//CONNECT, № 5, 2009, с. 2 – 6.
3. Akyildiz I.F. Key Wireless Networks Technologies in the Next Decade. NEW2AN 2006, St. Petersburg, Russia, June 2006. Keynote Speech.
4. Стеклов В.К., Кільчицький Є.В. Основи управління мережами та послугами телекомунікацій. – К.: Техніка, 2002. – 438 с.
5. Уджуху Т. Перспективы SDN на телеком-рынке / Т. Уджуху // Технологии и средства связи. – 2015. – №2(107). – С. 52-54.
6. Тихвинский О.В., Терентьев С.В. Сети мобильной связи LTE технологи и архітектура. – М.:Изд-во «Эко-Трендз», 2010.
7. Кучерявый Е. А. Принципы построения сенсоров и беспроводных сенсорных сетей / Е. А. Кучерявый, С. А. Молчан, В. В. Кондратьев // Электросвязь. – 2006. – № 6. – С. 46-54.
8. Молчанов Д.А. Самоорганизующиеся сети и проблемы их построения. // Электросвязь. – 2006.- №6.
9. Б. Павелич Переход сети к мультимедийной телефонной сети // А.О Эрикссон Никола Тесла, с. 42 – 62
10. Кучерявый А.Е., Прокопьев А.В., Кучерявый Е.А. Самоорганизующиеся сети. – СПб.:Изд-во «Любавич», 2011.
11. Кучерявый А.Е., Цуприков А.Л. Сети связи следующего поколения // ФГУП ЦНИИС.-2006.
12. Software-Defined Networking: The New Norm for Networks [Електронний ресурс] / ONF. – 2012. // – Режим доступу:

<https://www.opennetworking.org/images/ite-papers/wp-sdnnewnorm.pdf>
(05.04.2013 р.).

13. Стеклов В. К. Проектирование телекоммуникационных сетей / В. К. Стеклов, Л.Н. Беркман; под ред. В.К. Стеклова – Київ: Техніка, 2002. – 792с.

14. Стеклов В. К. Особенности проектирования системы управления интеллектуальной сетью / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман. // Вісник державного університету - Львівська політехніка. – 2000. – №387. – С.19-22.

15. Толубко В. Б. Багатокритеріальна оптимізація параметрів програмно-конфігурованих мереж (SDN) / В. Б. Толубко, Л. Н. Беркман, Л. О. Комарова, Є. В. Орлов // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2014. – №4. – С. 5-11.

16. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Оценка параметров системы управления интеллектуальной сети // К.: Праці науково-практичної конференції: "Стратегія входження України у світовий інформаційний простір", 1997. - С. 82-84.

17. Xu Xiaofei Carrier SDN: Next-gen carrier Networking [Електронний ресурс]/ Xiaofei Xu // Режим доступу: <https://www.huawei.com/en/communicate/hw-259729.htm> (27.06.2015 р.).

18. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Телекомунікаційні мережі. – К.: Техніка, 2001.– 392 с.

19. Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К., Брицький О.І. Теорія автоматичного управління. – К.: Техніка, 2002 – 688 с.

20. Кожин Н.А., Мирошников В.В., Филькин, Улеев А.П. Построение и техническое обслуживание сетей и систем телекоммуникаций. – К.: УНИИС, 2004. – 416 с.

21. Колченко Г.Ф., Стец О.С., Юдин О.К. Методика визначення критеріїв оптимальної системи управління телекомунікаціями // Труды конференции ССПОИ-2004 (тезисы докладов) VIII Международная научно-практическая конференция — Системы и средства передачи и обработки информации. Украина.- Одеса, 7 - 12 сентября - 2004.- С. 29 - 30.

22. Колчин В.Ф. Случайные графы. – М.: Физматлит, 2004. – 256 с.
23. Кільменінов О.А. Вибір алгоритмів маршрутизації для сенсорних мереж. // Зв'язок. ДУТ: Київ. – 2013. – Вип. 5. – С. 9–15.
24. Рагозин Д.В. Моделирование синхронизированных сенсорных сетей. Проблемы програмування. 2008 № 2-3. Спеціальний випуск 721-729 с.
25. Levis P., Madden S., Polastre J. and dr. «TinyOS: An operating system for wireless sensor networks» // W. Weber, J.M. Rabaey, E. Aarts (Eds.) // In Ambient Intelligence. — New York, NY: Springer-Verlag, 2005. — 374 p.
26. Algorithmic Aspects of Wireless Sensor Networks. // Mirosław Kutulowski, Jacek Cichon, Przemisław Kubiak, Eds. — Poland, Wrocław: Springer, 2007.
27. Барабаш О.В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем. – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.
28. Кравченко Ю.В., Барабаш О.В. Функціональна стійкість – властивість складних технічних систем. Збірник наукових праць НАОУ. Бюл. №40. –К.: НАОУ, 2002. – С. 225 – 229.
29. Барабаш О.В., Кравченко Ю.В., Савченко В.А. Концепция синтеза функционально устойчивой структуры перспективного ракетно-космического комплекса // Арсенал 21 века. – №2. – 2004. – С. 38 – 39.
30. Машков О.А., Барабаш О.В. Проблеми моделювання функціонально-стійких складних інформаційних систем. // Інформатично-математичне моделювання складних систем – MIMUZ'2002: Збірник наукових праць. – Львів: Центр математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, 2002. – С. 137 – 142.
31. Артюшин Л.М., Машков О.А. Оптимизация цифровых автоматических систем, устойчивых к отказам. – К.: КВВАИУ, 1991. – 89 с.
32. Безпека праці: ергономічні та естетичні основи: навч. посібник / С. О. Апостолук, В. С. Джигирей, А. С. Апостолук, І .А. Соколовський. - 2-ге вид., стереотипне. - К.: Знання, 2007. - 215 с.

33. Гандзюк М. П. Основи охорони праці: підручник: затв. МОНУ / М. П. Гандзюк, Є. П. Желібо, М. О. Халімовський; за ред. М. П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2008. - 384 с.

34. Геврик Є. О. Охорона праці: навч. посібник / Є. О. Геврик. - К.: Ельга; Ника-Центр, 2003. - 280 с.

35. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: підручник для студ. вищ. навч. закл.: затв. МОНУ/ В. Ц. Жидецький. - 4-те вид., перероб. і доп. - К.: Знання, 2010. - 375 с.

36. Наказ Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 N 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за N 231/10511(НПАОП 0.00-4.12-05).

37. Наказ Держнаглядохоронпраці від 29.01.98 N 9, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 07.04.98 за N 226/2666 (НПАОП 0.00-4.15-98).

38. Закон України "Про охорону праці", прийнятий Верховною Радою України 14 жовтня 1992 р.

39. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (ДСН 3.3.6.037-99) від 01.12.1999 року N 37.

40. Наказ Держнаглядохоронпраці України від 26.03.2010 N 65 (НПАОП 0.00-1.28-10).

41. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин (ДСанПіН 3.3.2.007-98)

42. Державні будівельні норми України інженерне обладнання будинків і споруд природне і штучне освітлення ДБН В.2.5-28-2006.

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

44. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу (ГН 3.3.5-8-6.6.1 2002)