

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ І КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

на тему:

«Розробка системи бездротового доступу на основі

технології LTE в місті Буринь»

(тема проекту)

Завідувач кафедри

(підпис)

(прізвище, ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

(прізвище, ініціали)

Студент гр. ТК-51

(шифр групи)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

СУМИ

2019 Р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

Сумський Державний Університет

Факультет _____ Кафедра ЕКТ

Спеціальність Телекомунікації

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри Опанасюк А.С.

«__» _____ 20__ р.

Завдання на дипломний проект студентів

Курбатов Євгеній Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Розробка системи бездротового доступу на основі технології LTE в місті Буринь»

затверджено наказом по інституту від «24» квітня 2019 р. №

2. Термін здачі студентом закінченого проекту 10.06.2019

3. Вихідні дані до проекту Площа = 16,63 км², населення = 8700 чоловік, потужність антен – 43Вт, ширина частотного спектра - 80 МГц, кількість потенційних абонентів - 30%, кількість активних абонентів – 70%.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) Літературний огляд. Постановка задачі. Проектування мережі. Проведення розрахунків. Вибір обладнання. Моделювання мережі LTE.

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

Календарний план

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Огляд літератури. Планування етапів розробки проекту	01.04 – 14.04.19	
2	Постановка задачі. Аналіз та детальний опис технологій	15.04 – 21.04.19	
3	Проведення розрахунків	22.04 – 01.05.19	
4	Вибір обладнання	02.05 – 13.05.19	
5	Моделювання системи LTE	14.05 – 26.05.19	
6	Оформлення роботи	27.05 – 03.06.19	

Студент-дипломник _____

Керівник проекту _____

“ _____ ” _____ 20__ р.

РЕФЕРАТ

В дипломному проекті проводився аналіз та дослідження мережі LTE, а також його проектування (моделювання) на обраній території, було обрано одне з міст Сумської області.

Мета дипломного проекту: дослідити мережу, зробити аналіз та опис, та керуватися інформацією за потреби у розрахунках, провести розрахунки, які будуть враховані при подальшому проектуванні, обрати місцевість, придатну для розгортання цієї мережі, проаналізувати та вибрати найкраще обладнання для цього, а також змодельовати за допомогою відповідного ПЗ.

Мережа LTE все більше набирає обертів на теренах нашої країни і саме тому, це перспективна та актуальна тематика, буде доцільно спроектувати саме її, оскільки є можливість знайти відповідні матеріали, обладнання для цього, та оцінити які ресурси для цього будуть потрібні.

Методи дослідження:

- Пошук та аналіз матеріалу, оскільки потрібно отримати більше інформації в даному питанні, проектування;
- Карта місцевості, з якої визначаються особливості моделювання, можна отримати інформацію про рельєф, висоти, що враховується, при проектуванні;
- Побудова проекту в програмі: «Atoll»

Дипломний проект бакалавра містить 50 сторінок тексту, 15 малюнків, 3 таблиці, графічний матеріал у вигляді структурної, схеми-алгоритму та функціональної схеми обладнання або мережі.

Зміст

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК	7
Вступ	8
1. Огляд основних характеристик LTE і застосування на Україні	10
1.1 Загальна інформація про LTE та застосування технологій на Україні.....	10
1.2 Опис об'єкта проектування	14
2. Особливості проектування мережі та аналіз технології LTE	17
2.1 Основні технічні характеристики та переваги технології.....	17
2.2 Технологія мультиплексування OFDM в LTE	23
2.3 Радіочастотний спектр технології LTE.	24
2.3 Технологія MIMO в мережах LTE	27
3. Розрахунок параметрів проектованої мережі LTE	30
3.1 Оцінка трафіку мережі, розрахунок частотних каналів.....	30
3.2 Аналіз и розрахунок покриття мережі	34
4. Вибір обладнання	38
5. Проектування та моделювання	45
ВИСНОВОК	51
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	52

					<i>ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		6

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК

- LTE – Long Term Evolution - еволюція в довгостроковій перспективі;
- 3GPP – 3rd Generation Partnership Project - партнерська асоціація груп телекомунікаційних компаній;
- UTRAN – UMTS Terrestrial radio access network - наземна мережа радіодоступу стандарту UMTS;
- FDD - Frequency Division Duplex ;
- TDD - Time Division Duplex;
- HSDPA – (High-Speed Downlink Packet Access) високошвидкісна пакетна передача даних від базової станції до мобільного телефону;
- QAM – Quadrature Amplitude Modulation - модуляція методом квадратичної амплітуди) - це технологія передачі цифрового інформаційного потоку у вигляді аналогового сигналу.
- 3G – мобільні мережі третього покоління;
- SAE - System Architecture Evolution - Еволюція системної архітектури) це архітектура ядра мережі, розроблена консорціумом 3GPP для стандарту бездротового зв'язку LTE;
- IP – Internet Protocol – протокол (сімейство протоколів) Інтернет; поточна версія – Ipv4, нова Ipv6.
- OFDM – Orthogonal Frequency-Division Multiplexing мультиплексування за допомогою ортогональних несучих.
- MIMO - Multiple Input Multiple Output – системи зв'язку з рознесеними передавальними і приймальними антенами.

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		7

Вступ

В Україні вже широко поширюється 3G і LTE технології, операторами зв'язку, такими як: lifecell, Vodafone і Київстар. Практично у всіх великих містах України вже є якісний 3G, але не всюди ще прийшов 4G. Розглянемо нашу Сумську область, в Сумах, Конотопі, Шостці, Глухові, Ромнах і найбільших населених пунктах вже є як 3G, так і з'являється заявлений операторами зв'язку як 4G LTE, але все ж якщо брати 4G за міжнародними стандартами, Україна ще не дотягує по характеристикам.

Давайте розглянемо все-таки, що таке LTE (від англ. Long Term Evolution - еволюція в довгостроковій перспективі) - технологія побудови мереж бездротового зв'язку, створена в рамках проекту співпраці в створенні мереж третього покоління 3GPP (3G Partnership Project), як продовження CDMA і UMTS і спочатку не відносився до четвертого покоління мобільного зв'язку. Основними цілями розробки технології LTE є: зниження вартості передачі даних, збільшення швидкості передачі даних, можливість надання більшого спектра послуг за нижчою ціною, підвищення гнучкості мережі і використання вже існуючих систем мобільного зв'язку. Головна відмінність стандарту LTE від інших технологій мобільного зв'язку полягає в повному побудові мережі на базі IP-технологій. Радіоінтерфейс LTE забезпечує покращені технічні характеристики, включаючи максимальну швидкість передачі даних понад 300 Мбіт/с, час затримки пересилання пакетів менше 5 мс, а також значно вищу спектральну ефективність в порівнянні з існуючими стандартами бездротового мобільного доступу третього покоління (3G).

Міжнародним союзом електрозв'язку як стандарт зв'язку, що відповідає всім вимогам бездротового зв'язку четвертого покоління, був обраний десятий реліз LTE - LTE Advanced, який вперше був представлений японською компанією NTT DoCoMo. Так як даний стандарт можна реалізувати на існуючих стільникових мережах, то він став більш популярний у операторів стільникового зв'язку. У квітні 2008 року компанія Nokia заручилася підтримкою ряду компаній

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		8

(Sony Ericsson, NEC) для розвитку стандарту LTE і надання цьому стандарту конкурентоспроможності проти WiMAX. У тому ж році аналітична компанія Analysys Mason спрогнозувала збільшення зростання потреби стільникових технологій, таких як LTE, ніж WiMAX.

Перша комерційна мережа LTE була запущена 14 грудня 2009 року шведської телекомунікаційної компанією TeliaSonera спільно з Ericsson, в Стокгольмі і Осло.

В даному дипломному проекті розглянуто варіант організації мережі бездротового доступу до мережі Інтернет в місті Буринь, із застосуванням технології LTE для забезпечення надійного радіопокриття мережі LTE і надання населенню, якого налічується близько 8700 чоловік, і гостям міста високоякісного бездротового доступу до мережі Інтернет.

У дипломній роботі будуть вирішені питання забезпечення необхідної розрахункової ємності мережі на максимально можливій території обслуговування для досягнення мети роботи - модернізації бездротового доступу до мережі інтернету в місті Буринь із застосуванням технології LTE.

Для цього необхідно:

- Розрахувати пропускну здатність проектованої мережі, з урахуванням числа потенційних абонентів;
- Провести аналіз і вибір устаткування транспортної мережі LTE;
- Розрахувати зону покриття базових станцій, максимальне навантаження на проектовану мережу, ємність мережі, втрати потужності сигналу на трасі поширення і параметрів оцінки якості;
- Спроекувати модель радіопокриття мережі зв'язку в місті;
- Зробити відповідні висновки.

					<i>ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		9

1. Огляд основних характеристик LTE і застосування на Україні

1.1 Загальна інформація про LTE та застосування технологій на Україні

LTE є наступним після 3G поколінням мобільного зв'язку і працює на базі IP-технологій. Основна відмінність LTE від попередників - висока швидкість передачі даних. Теоретично вона становить до 326,4 Мбіт/с на прийом (download) і 172,8 Мбіт/с на передачу (upload) інформації. При цьому в міжнародному стандарті вказані цифри в 173 і 58 Мбіт/с, відповідно. Даний стандарт зв'язку четвертого покоління розробило і затвердило Міжнародне партнерське об'єднання 3GPP.

У 2007 році LTE технології 3-го покоління радіодоступу - "E-UTRA" - перейшла від етапу техніко-економічного обґрунтування до першого випуску затверджених технічних специфікацій. До кінця 2008 року ці специфікації будуть достатньо стабільними для комерційної реалізації.

Мультиплексування з ортогональним частотним поділом (OFDM) було обрано для низхідної лінії зв'язку і множинного доступу з роздільною частотою одного несучої (SC-FDMA) для лінії підключення. Нижня лінія буде підтримувати схеми модуляції даних QPSK, 16QAM і 64QAM, а Uplink підтримуватиме BPSK, QPSK, 8PSK і 16QAM.

E-UTRA LTE буде надзвичайно гнучким, використовуючи певну певну смугу пропускання каналів між 1,25 і 20 МГц (у порівнянні з фіксованими 5 МГц каналами UTRA).

Спектральна ефективність збільшується в чотири рази в порівнянні з UTRA, а вдосконалення в архітектурі та сигналізації зменшують затримку в дорозі. Технологія антени з декількома входами/множинним виходом (MIMO) повинна дозволити в 10 разів більше користувачів на осередок, як оригінальна технологія радіодоступу W-CDMA WP-3GPP.

Щоб задовольнити якомога більше можливостей розподілу частот у смугах частот, підтримується як операція парної (FDD), так і непарної (TDD) смуги. LTE може співіснувати з ранніми технологіями радіозв'язку 3GPP, навіть у сусідніх

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		10

при прийомі сигналу зростають на 6 дБ, і при переході від 16-QAM до 64-QAM ще на 6 дБ.

З появою 4G LTE мереж на території України, найпопулярніші оператори мобільного зв'язку, не втрачаючи часу, запустили і собі дану технологію, щоб надати своїм абонентам найшвидший і якісний зв'язок. Після запуску 4G LTE такі затребувані оператори як lifecell, Vodafone і Київстар першими протестували цю технологію передачі даних. В результаті, почали активно модернізувати базові станції та SIM-карти. Найбільш прийнятні частоти роботи для LTE це 2600 МГц і 1800 МГц. Використовувані базові станції не працюють з частотою 2600, їх потрібно модернізувати і будувати нові. Після того, як такі роботи з базовими станціями будуть завершені покриття LTE в Україні стане набагато якісніше і стабільніше через те, що теперішні мережі 3G розвантажаться і більшість користувачів бездротового 4G Інтернету перейдуть на нові частоти і нову LTE технологію. Правильна перевірка покриття і визначення того, яка якість Інтернету буде залежить від декількох факторів: віддаленість від базової станції: чим далі перебуваєте від БС, тим менше і нестабільнішою одержуваний сигнал LTE мережі. Відбувається це, тому що радіус базових станцій не перевищує 20 км. Щоб вирішити таку проблему можна використовувати підсилювальну антену 4G LTE - з її допомогою можна збільшити і стабілізувати сигнал в кілька разів. Рельєф місцевості: гірська або густо забудована місцевість також дуже впливає на якість мережі LTE. Бетонні будови або лісова місцевість перешкоджають швидкому і стабільному поширенню бездротового 4G LTE. Завантаженість мережі і самих базових станцій можна спостерігати і в великих промислових центрах. У зв'язку з тим, що практично всі намагаються отримати максимальну швидкість і підключаються до базових станцій, кількість яких обмежена, ті можуть перевантажуватися і передавати нестабільний повільний і поганий зв'язок в цілому. Однак, незважаючи на всі ці нюанси, всі оператори постійно вдосконалюють мобільний зв'язок і велику

					<i>ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		12

увагу приділяють бездротовому 4G Інтернету, так як практично кожен абонент воліє безлімітний і швидкісний Інтернет на ряду з безлімітними дзвінками на всі номери. Карта покриття 4G постійно змінюється і покриває все більше і більше території країни, тим самим забезпечуючи своїх абонентів швидкісним 4G. Заявлена швидкість LTE мереж 100-150 Мбіт/сек.

З приходом на територію України нового покоління зв'язку 4G LTE карта покриття сильно не зміниться, проте поліпшення в якості зв'язку та Інтернет з'єднанні будуть помітні. Це обумовлено багатьма факторами, більшість яких полягають у виділеній смузі частот і операторів зв'язку.

Відомо, що три найпопулярніші GSM оператора вже викупили частоти в діапазоні 2600 МГц - спеціально виділеному діапазоні частот для 4G мереж, але вона вже буде використовуватися для місцевості з щільною міською забудовою. І обійдеться оператору вже дорожче, так як потребують монтажу основного обладнання практично заново. Однак в цьому є і переваги, і недоліки, з якими варто розібратися.

Станом на 31.01.2018 були викуплені деякі частоти в 2600 МГц діапазоні. Оператори Лайфселл і Київстар придбали частоти по 30 МГц, а Vodafone вважав за краще частоту шириною 20 МГц.

Переваги впровадження 4G LTE мереж в Україні незаперечні і очевидні. У той час, коли більшість країн вже починають період тестування мереж покоління 5G, у нас тільки починають модернізувати і переробляти Інтернет пристрою і базові станції так, щоб вони відповідали вимогам мереж 4G LTE.

1. CDMA оператор Інтертелеком займає смугу 800 МГц.

2. 900 МГц і 1800 МГц належать GSM операторам, таким як Київстар, Vodafone і lifecell.

3. На смузі 2100 МГц працюють оператори UMTS / WSDMA, Трімоб.

На всіх цих частотах можна побудувати мережу LTE. Питання тільки у вартості витрат, які можуть істотно різнитися при виборі різних варіантів. Від частоти залежить зона покриття, яку може забезпечити базова станція.

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		13

Залежність в даному випадку зворотна - чим вище частота, тим менше радіус покриття бази. А ось по пропускній здатності навпаки - чим вище частота, тим більше людей одночасно можуть розмовляти або користуватися інтернетом.

Тому виділення частоти 1800 МГц можна назвати найбільш оптимальним рішенням на сьогоднішній момент. Це і не вимагає великих вкладень в нове обладнання, витрати на монтаж і дозволяє закрити щодо великий простір навколо базової станції, як в умовах міста, так і за містом.

Для повноцінної роботи стандарту LTE необхідно виділити кожному оператору суцільну смугу частот в діапазоні 1800 МГц.

Щоб отримати від нової технології те, що вона може дати - малий час відгуку, швидкість, яку можна порівняти з провідним інтернетом, велику пропускну здатність, необхідно, щоб виділена ширина частотного спектра для одного оператора була мінімум 10 МГц, але краще - 20.

1.2 Опис об'єкта проектування

Метою даної роботи є проектування мережі зв'язку четвертого покоління LTE в місті Буринь.

Місто районного підпорядкування в Сумській області, центр району. Місто Буринь знаходиться на березі річки Чаша, яка через 8 км впадає в Річку Сейм.

Через місто проходить залізниця, на якій знаходиться станція Путивль Південно-Західної залізниці. З моменту побудова вона мала Назву Красне (за назв Близько села Красна Слобода). До Бурині ведуть автомобільні дороги Т 1908, Т 1910 и Т 1916. Площа - 16,63 км², а населення приблизно 8700 людей. В основному територія району забудована будівлями низької поверховості, що є характерним для сільської забудови.

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		14

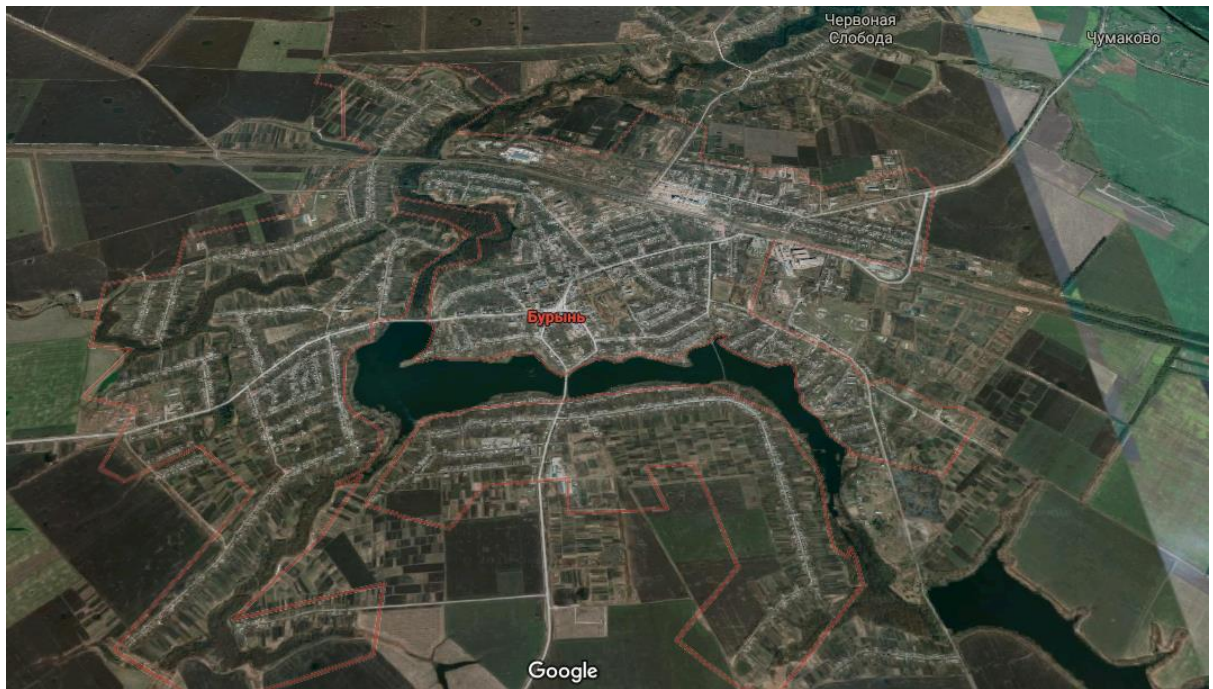


Рисунок 2 Супутникова карта міста Буринь.

Аналіз інфраструктури:

1) Освіта представлена трьома дитсадками, трьома середніми школами та дитячою юнацькою спортивною школою.

2) В сфері охорони здоров'я представлені: центральною районною лікарнею ім. проф. Н. П. Новаченко, стоматологічною поліклінікою, центром реабілітації дітей-інвалідів.

3) В мережу закладів культури входять: Районний краєзнавчий музей ім. Павла Попова, будинок культури, центральна районна бібліотека, будинок творчості школярів, дитяча школа мистецтв.

4) Промисловість і сільське господарство міста представляють ВАТ «Буринський завод сухого молока», районне транспортне підприємство «Агротехсервіс», ЄвроХім-Україна, Буринський елеватор, районна друкарня, кілька молочно-товарних ферм і одна птаха-товарна, хлібокомбінат.

5) В місті присутні оператори зв'язку: Київстар, Vodafone, lifecell і інтернет провайдери ТОВ "Он-лайн Телеком", ПАТ "Укртелеком".

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		15

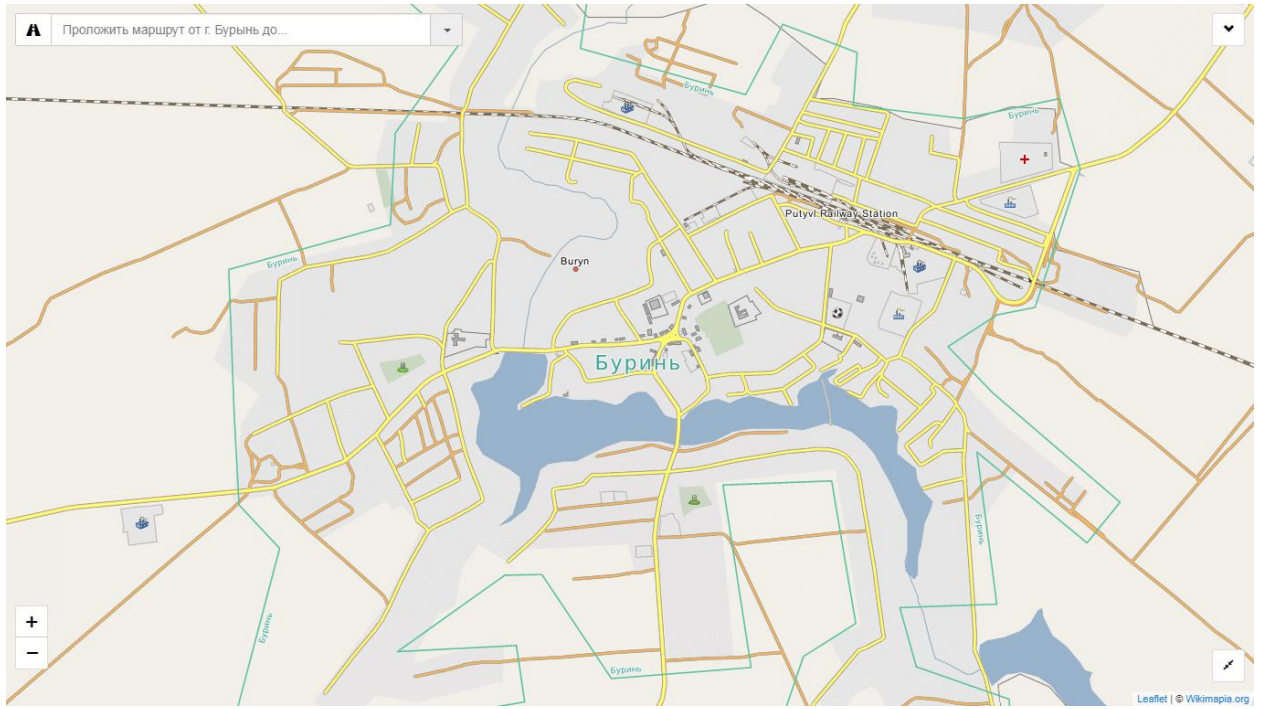


Рисунок 3 Схемотехнічна карта міста Буринь.

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		16

2. Особливості проектування мережі та аналіз технології LTE

2.1 Основні технічні характеристики та переваги технології

Мережа LTE складається з двох найважливіших компонентів: мережа радіодоступу (Evolution UMTS Terrestrial Radio Access Network - E-UTRAN) і базова мережа (System Architecture Evolution - SAE).

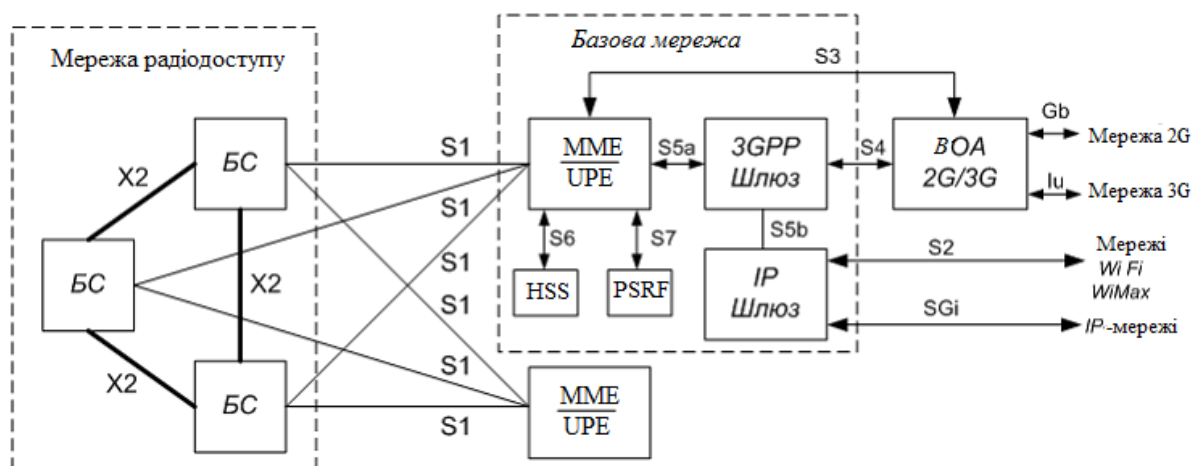


Рисунок 4 – Структура мережі LTE.

Мережа радіодоступу E-UTRAN складається тільки з базових станцій - БС (evolved Node B - eNB), з'єднаних між собою за принципом «кожен з кожним» за допомогою інтерфейсу X2, що підтримує хендовер мобільного терміналу в активному стані. Базові станції виконують функції управління радіоканалами, управління доступом, управління мобільністю і здійснюють динамічний розподіл ресурсів.

Найважливішими елементами базової мережі SAE, іноді званої ядром пакетної мережі (Evolved Packet Core - EPC), є вузол управління мобільністю (Mobility Management Entity - MME) і вузол рівня користувача (User Plane Entity - UPE). MME забезпечує управління мобільністю абонентського терміналу і розподіляє повідомлення виклику з базових станцій за допомогою протоколів площини управління (C-plane), а також відповідає за забезпечення безпеки мережі і управління роумінгом. Основними функціями UPE є передача даних користувачів і взаємодія з базовими станціями згідно з протоколами площини

користувача (U-plane), крім того UPE забезпечує шифрування потоків даних і комутацію пакетів при забезпеченні мобільності користувача.

Основною відмінністю базової мережі SAE від базової мережі системи UMTS є максимально спрощена структура і відсутність дублюючих функцій мережевих протоколів. Таким чином, базова мережа SAE побудована на основі мереж 3G, але дозволяє забезпечити більш високі швидкості передачі даних і низькі затримки з допомогою оптимізації передачі даних.

Архітектура базової мережі SAE надає як голосові послуги, так і IP-послуги на основі комутації пакетів. Доступ до базової мережі SAE може здійснюватися через мережі радіодоступу другого і третього покоління (2G / 3G) за допомогою вузла обслуговування абонентів (BOA) і 3GPP-шлюзу, а також через мережі радіодоступу технологій (Wi-Fi, WiMAX) та через провідні IP - мережі (ADSL +, FTTH, FTTB) за допомогою IP-шлюзу (шлюзу пакетної комутації). Шлюзи 3GPP і IP утворюють єдиний вузол прив'язки IASA (Inter Access System Anchor) для приєднання зовнішніх IP-мереж.

Нижче описані основні інтерфейси базової мережі SAE:

S1 - інтерфейс між базовими станціями і базової мережею SAE, що надає доступ до мережі радіодоступу для передачі даних протоколів площин користувача і управління;

S2 - інтерфейс, що забезпечує передачу даних між базовою мережею та IP-мережами неєвропейських технологій, підтримує функції управління і мобільності;

S3 - інтерфейс між MME/UPE і вузлом обслуговування абонентів 2G / 3G, що забезпечує управління міжмережевих хендовера абонентських терміналів;

S4 - інтерфейс, що забезпечує передачу даних між 3GPP-шлюзом і вузлом обслуговування абонентів 2G / 3G;

S5a - інтерфейс, що забезпечує передачу даних між MME/UPE і 3GPP-шлюзом;

S5b - інтерфейс між забезпечує передачу даних між шлюзами 3GPP і IP;

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		18

S6 - інтерфейс, що забезпечує доступ до сервера домашніх абонентів (HSS) для аутентифікації і авторизації користувачів;

S7 - інтерфейс, що забезпечує доступ до сервера тарифікації абонентів (PSRF) для управління установленому з'єднань із заданими параметрами на основі політики мережі і тарифікації;

У список устаткування LTE, який буде використаний при реалізації мережі, входять:

- Serving SAE Gateway (Serving Gateway (SGW)) - обслуговуючий шлюз мережі LTE. Даний шлюз обробляє і маршрутизує пакетні дані, які надходять з / в підсистеми базових станцій. Обслуговуючий шлюз організовує пряме з'єднання з мережами другого і третього покоління того ж оператора, це спрощує передачу з'єднання в них, якщо відбувається погіршення зони радіопокриття, виникають перевантаження і т.д .

- Public Data Network (PDN) SAE Gateway або PDN Gateway (PGW) - шлюз до / від мереж інших операторів. Призначений для взаємодії з мережами зв'язку загального користування ССОП, мережами передачі даних СПД та іншими;

- Mobility Management Entity (MME) - вузол управління мобільністю. Даний вузол здійснює «естафетну передачу», звану «хендовер» між базовими станціями мережі LTE, а також мережами 2G і 3G покоління даного оператора;

- Home Subscriber Server (HSS) - сервер абонентських даних. Сервер являє собою об'єднання VLR, HLR, AUC, виконаних в одному пристрої.

- Policy and Charging Rules Function (PCRF) - вузол виставлення рахунків абонентам за надані послуги зв'язку. Це система білінгу - обліку витрачання ресурсів.

LTE базується на трьох основних технологіях: мультиплексування за допомогою ортогональних несучих OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), багатоантенні системи MIMO (Multiple Input Multiple Output) і еволюційна системна архітектура мережі SAE (System Architecture Evolution).

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		19

Використання мережі четвертого покоління LTE дає можливість досягти швидкості передачі даних до 100 Мбіт/с. Це забезпечує роботу якісно нових сервісів, які в попередніх поколіннях обладнання були недоступних в мережах. Для бізнесу це - якісні відеоконференції на великих офісних екранах, учасники яких можуть знаходитися в різних містах або пересуватися в автомобілі. Для приватних користувачів стає доступним участь в багатокористувацьких он-лайн іграх, завантажувати фото, аудіо та відео-контенту в великому обсязі за лічені секунди, перегляд фільмів за запитом в FullHD і багато іншого.

В рамках державних проектів технологія LTE дозволяє широко впроваджувати електронне освіту в вищих і середніх навчальних закладах, проекти в охорону здоров'я, транспорт і логістику.

3GPP LTE-SAE - довгострокова перспектива еволюції системної архітектури (Long Term Evolution - System Architecture Evolution) - так називається нова технологія для бездротової передачі даних. Проект 3GPP створювався як стандарт для удосконалення та модернізації технологій CDMA, UMTS для задоволення дедалі більших потреб в швидкості і обсягах передачі даних.

Головні принципи побудови мережевої LTE-SAE архітектури - це вузол шлюзу (наприклад, GW, Gateway Node), опорна точка, яка є спільною як для цієї, так і для інших технологій доступу. Для користувача виконана оптимізація архітектури на функціональному рівні в площині. Об'єднує всі інтерфейси реалізація протоколів на базі IP. Спільне використання технологій доступу, які не належать до 3GPP, реалізується на базі IP в мережі і безпосередньо у абонента. Використовується зниження кількості вузлів з чотирьох до двох в базових станціях і шлюзах. Застосовується принцип поділу функцій інтерфейсу в мережі RAN-CN радіодоступу, також, як у технологій WCDMA / HSPA.

Площина користувача і площину управління між шлюзом і системою управління мобільністю (MME) теж поділяються.

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		20

Конфігурації сервісного шлюзу і шлюзу, що виконує функції пристрою мережі пакетних даних (PDN), налаштовуються на виконання обох завдань або однієї з них. Опорною точкою, загальною для всіх інших технологій доступу служить PDN-шлюз. Ця умова забезпечує стабільна точка присутності для всіх користувачів на основі IP, незалежна від мобільності

Протокол 3GPP LTE, або, ще конкретніше, його реліз 9 і ще більш ранні версії, не є абсолютним стандартом бездротового зв'язку 4G. Але стандарт LTE Advanced, яким прийнято вважати реліз 10 і наступні релізи стандарту LTE, вважається стандартом бездротових мереж, затвердженим Міжнародним Союзом Електрозв'язку. Це пов'язано з тим, що LTE Advanced відповідає всім вимогам бездротового зв'язку четвертого покоління і включений в IMT-Advanced. Але на даний момент, більшість використовуваних мереж LTE відповідають релізу 8 або 9.

У перспективі модернізація LTE Advanced може підвищити ефективність, знизити витрати, розширити та удосконалити спектр вже надаються, і жити разом (інтегруватися) з діючими протоколами. Теоретично швидкість передачі відповідно до стандарту 3GPP LTE досягає 326,4 Мбіт / с (демонстраційно 1 Гбіт/с на обладнанні, що використовується в комерційних цілях) при прийомі даних (download), і 172,8 Мбіт/с при передачі (upload). Але в міжнародному стандарті фігурують дані - 173 Мбіт/с на прийом і 58 Мбіт/с - на передачу.

Перевагами нової технології є:

- можливість обмінюватися не тільки великими відео і звуковими файлами, але і потоковим відео;
- висока пропускна здатність каналу зв'язку 4G - 1 Гбіт/с при статичному стані абонента;
- можливість «відкритого» інтернет доступу. Абонент мережі мобільного зв'язку може бути не прив'язаний до конкретного пристрою і може виходити в інтернет з будь-якого, доступного для нього пристрою - ноутбука, мобільного

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		21

телефону, смартфона, характеристики якого мають більш підходящі параметри для обміну інформацією.

Основною вимогою для LTE є можливість плавного переходу від існуючої телекомунікаційної системи до мережі нового покоління.

Це може бути можливим за рахунок повторного використання існуючих частотних спектрів, взаємодії між існуючою і новою системою, повторне використання існуючих об'єктів і виробництва обладнання за конкурентними цінами. Це дає операторам можливість з легкістю мігрувати до нових систем. Але це вимагає прийняття спрощеної архітектури системи, строгих обмежень на спектр і використанню нової технології радіодоступу з кращими характеристиками.

Гнучкість смуги пропускання каналу забезпечується за рахунок можливості вибору з шести різних варіантів смуги пропускання для Основною вимогою для LTE є можливість плавного переходу від існуючої телекомунікаційної системи до мережі нового покоління.

Це може бути можливим за рахунок повторного використання існуючих частотних спектрів, взаємодії між існуючою і новою системою, повторне використання існуючих об'єктів і виробництва обладнання за конкурентними цінами. Це дає операторам можливість з легкістю мігрувати до нових систем. Але це вимагає прийняття спрощеної архітектури системи, строгих обмежень на спектр і використанню нової технології радіодоступу з кращими характеристиками.

Гнучкість смуги пропускання каналу забезпечується за рахунок можливості вибору з шести різних варіантів смуги пропускання для Операторів на вибір. Допустимі значення ширини смуги каналу включають 1,25, 2,5, 5, 10, 15 і 20 МГц. Рознос піднесе фіксується для всіх можливих смуг пропускання на частоті 15 кГц.

Відповідно до шириною піднесе 15 кГц, час передачі символу дорівнює $1/T = 66,68$ мікросекунд. Використовується захисний інтервал між двома

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		22

послідовними символами для усунення міжсимвольної інтерференції. Копія фіксованої кількості останніх вибірок додається до початку символу.

2.2 Технологія мультиплексування OFDM в LTE

OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing) - мультиплексування з ортогональним частотним розділенням каналів. OFDM - це цифрова схема модуляції, що використовує велику кількість близько розташованих один від одного, ортогональних піднесучих. Кожна з піднесучих модулюється за звичайною схемою модуляції на низькій символній швидкості, зберігаючи загальну швидкість передачі даних, як і у звичайних схем модуляції однієї несучої в тій же смузі пропускання. На практиці сигнали OFDM виходять шляхом використання швидкого перетворення Фур'є. Цей спосіб формування каналних сигналів дозволяє боротися з загасанням в провідних каналах, вузькосмуговими перешкодами, багатопроменевістю. Сигнал OFDM є сумою декількох ортогональних піднесучих, на кожній з яких передаються на основній частоті дані незалежно модулюються за допомогою одного з типів модуляції (BPSK, QPSK, 8-PSK, QAM і ін.). Після чого цим сумарним сигналом модулюється радіочастота.

Перед зворотним швидким перетворенням Фур'є цей потік перетворюється спочатку в N паралельних потоків, після чого кожен з них відображається в потік символів за допомогою процедури фазового (BPSK, QPSK, 8-PSK) або амплітудно-фазової квадратурної модуляції (QAM).

В ідеалі виходить потік бітів, рівним потоку, який передає відправник.

Сигнали з високим відношенням пікового значення до середнього PAPR (Peak-to-Average Power Ratio), які породжуються паралельної передачею декількох сотень близько розташованих під несучих, був запропонований новий підхід.

Відомо, що для мобільних пристроїв сигнали з великим PAPR створюють цілий ряд проблем пов'язаних з конструкцією підсилювача потужності і

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		23

споживанням енергії від батарей. Саме тому 3GPP зупинився на новій схемі передачі для висхідного каналу SC-FDMA. SC-FDMA висхідного каналу - це гібридна схема передачі, що поєднує низькі значення PAPR, які характерні для систем з однією несучою, (GSM і CDMA) і гнучкий розподіл частот OFDM.

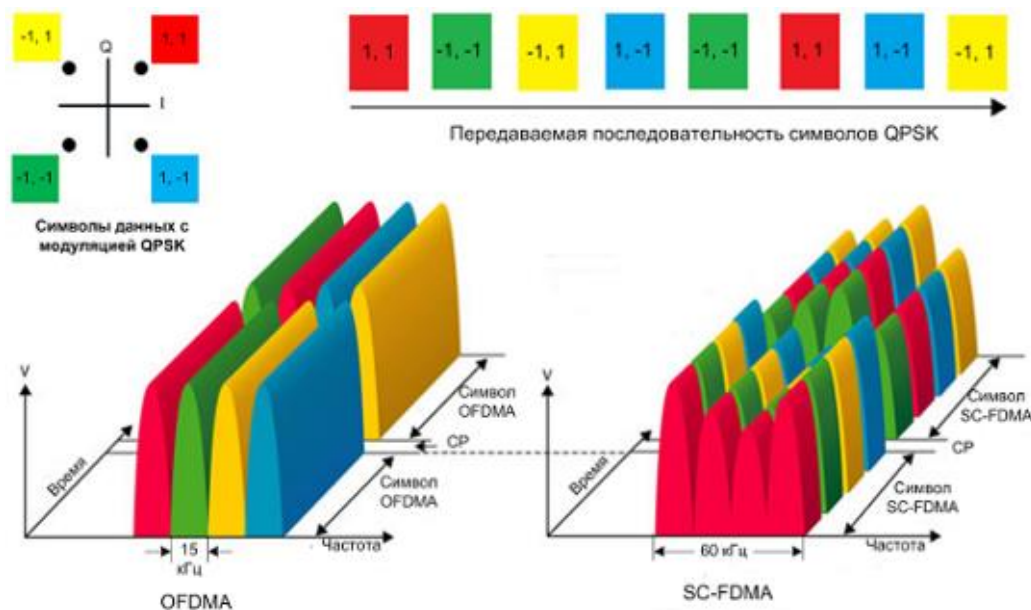


Рисунок 5 – приклад передачі серії символів даних QPSK в OFDMA та SC-FDMA.

2.3 Радіочастотний спектр технології LTE.

LTE включає в себе режим роботи FDD (розділення за частотою) і режим роботи TDD (дуплексний режим). LTE TDD, який також називається TDLTE, забезпечує довготривалий шлях еволюції для TD-SCDMA-мереж.

Технологія FDD (frequency division duplex) передбачає використання парного спектра, тобто двох частотних діапазонів - одного для каналу uplink і іншого для каналу downlink.

Технологія TDD (time division duplex) використовує один частотний діапазон для каналів uplink/downlink з поділом їх за часом. Зараз прийнято, що смуги частот для LTE з номерами від 1 до 22 використовуються для парного спектра (FDD), а смуги від 33 до 43 - для непарного спектра (TDD).

Таблиця 2.1 - Діапазони частот для мережі радіодоступу E-UTRA

Номер робочих діапазонів	Діапазон частот, МГц		Вид дуплекса
	Лінія «вгору» (UL)	Лінія «вниз» (DL)	
1	1920-1980	2119-2170	FDD
2	1850-1910	1930-1990	FDD
3	1710-1785	1805-1880	FDD
4	1710-1855	2110-2155	FDD
5	824-849	869-894	FDD
6	830-840	875-885	FDD
7	2500-2570	2620-2690	FDD
8	880-915	925-960	FDD
9	1749,9-1784,9	1844,9-1879,9	FDD
10	1710-1770	2110-2170	FDD
11	1427,9-1452,9	1475-1500,9	FDD
12	628-716	728-746	FDD
13	777-787	746-756	FDD
14	778-798	758-768	FDD
17	704-716	734-746	FDD
18	815-830	860-875	FDD
19	830-845	875-890	FDD
33	1900-1920		TDD
34	2010-2025		TDD
35	1850-1910		TDD
36	1930-1990		TDD
37	1910-1930		TDD
38	2570-2690		TDD

39	1880-1910	TDD
40	2300-2400	TDD
41	2496-2690	TDD
42	3400-3600	TDD
43	3600-3800	TDD

Як видно з таблиці 2.1, діапазони, які використовуються для розвитку мереж LTE, освоюються або вже освоєні в Україні для мереж мобільного зв'язку і можливості бездротового доступу в різних пристроях. Тому впровадження в Україні LTE-мереж пов'язано з певними труднощами вибору і отримання дозволу в плані використання частотного діапазону. Як наслідок, перспективне впровадження мереж LTE в Україні нерозривно з необхідністю змін у використанні радіочастотного спектру в світлі необхідності проведення ряду національних процедур для вивільнення необхідних частот або їх перепланування.

Найбільш поширеним варіантом передачі даних у наш час є саме FDD технологія. Режим FDD (Frequency Division Duplex) – дуплексний канал з частотним розділенням сигналу. У цьому випадку в момент з'єднання мобільного пристрою з базовою станцією використовується дві різні частоти для передачі даних (табл. 1), одна з яких використовується для сигналу DL, а інша – для сигналу UL. Завдяки цьому підвищується якість зв'язку.

Для впровадження системи рухомого (мобільного) зв'язку четвертого покоління LTE в Україні виділені частотні діапазони, які наведені у табл. 2.2.

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		26

Таблиця 2.2 – Діапазони робочих частот обладнання стандарту LTE, які виділені для України

№ band (діапазону)	Діапазон робочих частот UL, МГц	Діапазон робочих частот DL, МГц	Режим
1	1920 – 1980	2110 – 2170	FDD
3	1710 – 1785	1805 – 1880	FDD
7	2500 – 2570	2620 – 2690	FDD
8	880 – 915	925 – 960	FDD
20	832 – 862	791 – 821	FDD
28	703 – 733	758 – 788	FDD
32	1427-1452	1492-1518	FDD
33	1900 – 1920	1900 – 1920	TDD

№ band (діапазону)	Діапазон робочих частот UL, МГц	Діапазон робочих частот DL, МГц	Режим
38	2570 – 2620	2570 – 2620	TDD
40	2300 – 2400	2300 – 2400	TDD
68	698 – 728	753 – 783	FDD

Застосування багатоантенних систем дозволяє реалізувати наступні технології:

- рознесений прийом (одна передавальна антена і кілька прийомних);
- просторово-часове кодування (кілька передавальних антен і одна або декілька приймальних антен);
- просторове мультиплексування (кілька передавальних і кілька прийомних антен).

Останні 2 технології реалізовані в структурах MIMO (multiple input - multiple output).

2.3 Технологія MIMO в мережах LTE

Використання технології MIMO в мережах LTE дає можливість забезпечити високу швидкість передачі даних. Технологія MIMO (множинний вхід - множинний вихід - Multiple Input Multiple Output) - це технологія

бездротового доступу, яка передбачає використання декількох передавачів і приймачів для передачі більшої кількості даних одночасно.

В основі технології MIMO лежить ефект передачі радіохвиль (багатопроменеве поширення), в результаті якого передаються сигнали відбиваються від безлічі перешкод і об'єктів та приймаюча їх антена приймає сигнали в різний час і під різними кутами. В результаті використання цієї технології з'являється можливість збільшення завадостійкості каналів зв'язку, зменшення відносного числа бітів, прийнятих з помилкою. Робота систем MIMO організовується за принципами просторового ущільнення і просторово-часового кодування.

У разі роботи системи за *принципами просторового ущільнення* різні передавальні антени передають різні інформаційні блоки або різні частини блоку інформаційних символів. Одночасно передача даних ведеться з двох або з чотирьох антен. Прийом і розподіл сигналів різних антен ведеться на приймальній стороні.

Коли система працює за *принципом просторово-часового кодування*, передача одного і того ж потоку даних проводиться з усіх передавальних антен з використанням схем попереднього кодування.

Антенні конфігурації технології MIMO приймають несиметричні (1x2, 2x4) і симетричні (2x2, 4x4) значення.

На рисунку 2.3, показана структурна схема MIMO-системи з двома передавальними і двома приймаючими антенами, реалізована за принципом просторово-часового кодування.

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		28

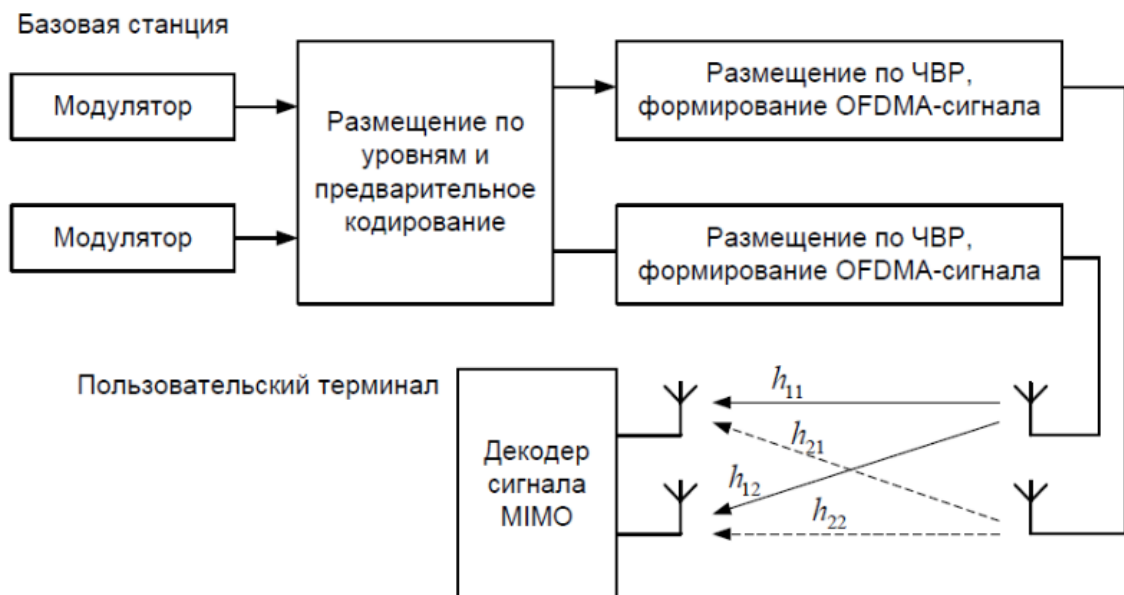


Рисунок 6 - Структурна схема MIMO-системи 2x2.

В результаті використання декількох антен бездротова технологія MIMO здатна значно збільшити пропускну здатність даного каналу. Збільшуючи кількість прийомних і передавальних антен, можна лінійно збільшити пропускну здатність каналу з кожною парою антен, доданих в систему. Це робить бездротову технологію MIMO однією з найважливіших бездротових технологій, які будуть використовуватися. Оскільки спектральна смуга пропускання стає все більш цінним товаром для систем радіозв'язку, необхідні методи для більш ефективного використання доступної смуги пропускання. Бездротова технологія MIMO є одним з цих методів.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат

3. Розрахунок параметрів проекрованої мережі LTE

3.1 Оцінка трафіку мережі, розрахунок частотних каналів

Планування мережі LTE буде проводитися в приміській зоні, де щільність абонентів буде невисока (з наявністю приватного сектора) і базові станції повинні встановлюватися доволі далеко один від одного, для того щоб кожен eNB міг покрити якомога більшу територію. У зв'язку з цим необхідно вибрати відповідний радіочастотний спектр. В цьому випадку необхідно дотримуватися положення, що чим нижче частота, тим далі поширюється радіосигнал. Радіочастотний спектр 880 - 960 МГц (band 8) підходить для даних умов. Вид дуплексу - частотний FDD.

На основі даних про населення, кількість якого складає 8700, можна розрахувати потенційну кількість трафіку. $S = 17 \text{ км}^2$

Максимальна ємність ринку - кількість абонентів які використовують послуги бездротового доступу, оцінюється приблизно 35% від загальної кількості потенційних абонентів.

На основі цього розрахуємо потенційну кількість абонентів маючих потребу в послугах проекрованої системи:

$$N_{ад} = N_{жит} * 0,35 = 3045 \text{ чол.} \quad (3.1)$$

Число абонентів, які будуть обслуговуватися однією БС(eNB):

$$N_{аб.еNB} = M_{сек} \times \left[\frac{A_{сек}}{A_1} \right], \quad (3.2)$$

де A_1 – середнє за всім трафіком навантаження від одного абонента, значення може бути від 0,04 до 0,2. Оскільки мережа, яка проектується для швидкісного обміну даними в даному місті, то приймемо A_1 рівним 0,1 Ерл.

Пропускна здатність або ємність мережі ґрунтується на середніх значеннях спектральної ефективності стільника в конкретних обставинах.

Спектральна ефективність визначає швидкість передачі даних у встановленій смузі частот. Спектральна ефективність систем мобільного зв'язку представляє собою коефіцієнт, що розраховується як відношення швидкості передачі даних на 1 Гц вживається смуги частот (біт/с/Гц).

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		30

Ширина смуги частот для частотного виду дуплексу FDD в основі 3GPP Release 9 для різноманітних конфігурацій MIMO дорівнює 20 МГц.

Середня спектральна ефективність для мережі LTE, представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Середня спектральна ефективність в макромережі

Лінія	Схема MIMO	Середня спектральна ефективність (біт/с/Гц)
UL	1×2	1,254
	1×4	1,829
DL	2×2	2,93
	4×2	3,43
	4×4	4,48

Середню пропускну здатність одного сектора базової станції для системи FDD можна отримати шляхом множення ширини каналу на спектральну ефективність каналу:

$$R = S * W$$

де S - середня спектральна ефективність, біт/с/Гц;

W - ширина каналу, МГц; W = 10 МГц

Для лінії DL:

$$R_{DL} = 2,93 \cdot 10 = 29,3 \text{ Мбіт/с.}$$

Для лінії UL:

$$R_{UL} = 1,254 \cdot 10 = 12,54 \text{ Мбіт/с.}$$

При перемноженні пропускну здатності одного сектора на кількість секторів БС, отримаємо середню пропускну здатність базової станції R_{eNB} . Число секторів eNB - 3, то:

$$R_{eNB} = R_{DL/UL} * 3 \quad (3.3)$$

Для лінії DL:

$$R_{eNB.DL} = 29,3 \cdot 3 = 87,9 \text{ Мбіт/с.}$$

Для лінії UL:

$$R_{eNB.UL} = 12,54 \cdot 3 = 37,62 \text{ Мбіт/с.}$$

Наступним кроком будемо визначати кількість стільників в запланованій мережі LTE.

Для цього необхідно визначити загальне число каналів (N_k), що виділяються для розгортання проектованої мережі LTE. Розрахуємо його за формулою:

$$N_k = \left[\frac{\Delta F}{F_k} \right] = \left[\frac{80000}{180} \right] \approx 445 \text{ каналів} \quad (3.4)$$

де F – смуга частот, яка виділяється для роботи и дорівнює 80 МГц,

F_k – смуга частот одного радіоканала, під радіоканалом в мережах LTE приймається поняття ресурсного блоку РБ, ширину якого - $f_k = 180$ кГц.

Наступним визначимо число каналів $N_{k.сек}$, яке необхідно для обслуговування абонентів в одному секторі одного стільника:

$$N_{k.сек} = \left[\frac{N_k}{(N_{кл} \times M_{сек})} \right], \quad (3.5)$$

де N_k - загальне число каналів;

$N_{кл}$ - розмірність кластера, вибрана з урахуванням кількості секторів eNB, які рівні трьом;

$M_{сек}$ - кількість секторів eNB, прийняте рівним трьом.

$$N_{k.сек} = \left[\frac{445}{(3 \times 3)} \right] \approx 50 \text{ каналів} \quad (3.6)$$

Визначимо кількість каналів трафіку в одному секторі одного стільника $N_{кт.сек}$:

$$N_{кт.сек} = N_{кт1} \times N_{k.сек} = 1 * 50 = 50$$

де $N_{кт1}$ - кількість каналів трафіку в одному радіоканалі, яке встановлюється стандартом радіодоступу (для OFDMA $N_{кт1} = 1 \dots 3$), для LTE виберемо $N_{кт1} = 1$.

Відповідно до Таблиці Ерланга додатка б, виявимо, що допустиме навантаження в секторі одного стільника при тому, якщо ймовірність блокування 1% $A_{сек} = 37,9$ Ерл.

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		32

Тому можемо зараз порахувати число абонентів які будуть обслуговуватися однією БС:

$$N_{аб.еNB} = 3 \times \left[\frac{37,9}{0,1} \right] = 1137 \text{ абонентів} \quad (3.7)$$

Тепер знайдемо скільки потрібно БС для нашої мережі LTE:

$$N_{еNB} = \left[\frac{N_{аб}}{N_{аб.еNB}} \right] + 1 = N_{еNB} = \left[\frac{3045}{1137} \right] + 1 = 4(еNB), \quad (3.8)$$

де $N_{аб} = 3045$ чоловік.

Можемо знайти середню плановану пропускну здатність R_N мережі:

$$R_N = (R_{еNB.DL} + R_{еNB.UL}) \times N_{еNB}, \quad (3.9)$$

$$R_N = (87,9 + 37,62) \times 4 = 503 \text{ (Мбіт/с)}$$

Зробимо перевірочну оцінку ємності мережі та порівняємо з розрахунками.

Визначимо усереднений трафік одного абонента в час найбільшого навантаження(ЧНН):

$$R_{т.чнн} = \frac{T_m \times q}{N_{чнн} \times N_d}, \quad (3.10)$$

де T_m - середній трафік одного абонента в місяць, $T_m = 20$ Гбайт/міс;

q – коефіцієнт для місцевості, $q = 2$;

$N_{чнн}$ – число ЧНН в день, $N_{чнн} = 7$;

N_d – число днів у місяці, $N_d = 30$.

$$R_{т.чнн} = \frac{20 \times 2}{7 \times 30} = 0,190 \text{ (Мбіт/с)}$$

Визначимо загальний трафік мережі в ЧНН $R_{общ./чнн}$ за формулою:

$$R_{общ./чнн} = R_{т.чнн} \times N_{акт.аб}, \quad (3.11)$$

де $N_{акт.аб}$ – кількість активних користувачів мережі - 70% від загального числа потенційних абонентів $N_{аб}$, тобто $N_{акт.аб} = 2132$ абонента.

$$R_{общ./чнн} = 0,190 \times 2132 = 405 \text{ (Мбіт/с)}.$$

Таким чином, $R_N > R_{общ./чнн}$ відповідно проєктована мережа не буде піддаватися перевантаженням в ЧНН.

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		33

3.2 Аналіз і розрахунок покриття мережі

Аналіз покриття мережі почнемо із знаходження максимально допустимих втрат(МДП). Для обраного діапазону 880-960 МГц використовуємо такі значення запасу на проникнення: -12дБ в умовах рідкісної забудови(у передмісті), -8 дБ для сільської місцевості.

При розрахунках будемо користуватися такими параметрами:

- системна полоса: 20МГц; для FDD= 10/10(UL/DL)
- БС працюють в режимі MIMO 2x2,

Розрахунок максимально допустимих втрат:

$$L_{\text{мпд}} = P_{\text{эиим.прд}} - S_{\text{ч.пр}} + G_{\text{А.прд}} - L_{\text{ф.прд}} - M_{\text{прон}} - M_{\text{зав}} - M_{\text{затен}} + G_{\text{хо}} \quad (3.12)$$

де $P_{\text{эиим.прд}}$ – еквівалентна випромінювана потужність передавача;

$S_{\text{ч.пр}}$ – чутливість приймача;

$G_{\text{А.прд}}$ - коефіцієнт посилення антени передавача,

$G_{\text{А.прд}}$: DL = 18 дБ, UL = 0 дБ;

$L_{\text{ф.прд}}$ – втрати в фідерном тракті передавача, $L_{\text{ф.прд}}$: DL = 0,3 дБ;

$M_{\text{прон}}$ – запас на проникнення сигналу в приміщення для приміської місцевості, $M_{\text{прон}} = 12$ дБ;

$M_{\text{зав}}$ – запас на завади. $M_{\text{зав}}$ визначається за результатами моделювання системного рівня в залежності від навантаження в сусідніх стільниках; значення $M_{\text{зав}}$ відповідає навантаженню в сусідніх стільниках 70%.

$M_{\text{зав}}$: DL = 6,6 дБ; UL = 2,6 дБ;

$M_{\text{затен}}$ – запас на затінення, $M_{\text{затен}} = 8,2$ дБ

$G_{\text{хо}}$ – виграш від хендовера. Значення виграшу від хендовера - результат того, що при виникненні глибоких завмирань в стільнику який обслуговується, абонентський термінал може здійснити хендовер в стільник з кращими характеристиками прийому. $G_{\text{хо}} = 1,7$ дБ.

$P_{\text{эиим.прд}}$ розраховуємо за формулою:

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		34

$$P_{\text{Эиим.прд}} = P_{\text{вих.прд}} + G_{\text{А.прд}} - L_{\text{ф.прд}} \quad (3.13)$$

где $P_{\text{вих.прд}}$ - вихідна потужність передавача. $P_{\text{вих.прд}}$ у лінії «вниз» (DL) в LTE залежить від ширини смуги частот стільники, яка може коливатися від 1,4 до 20 МГц. В межах до 5 МГц раціонально вибрати передавачі TRX потужністю 20 Вт (43 дБм), а більше 5 МГц – 40 Вт (46 дБм).

$$P_{\text{вих.прд}}: \text{DL} = 46 \text{ дБм}, \text{UL} = 28 \text{ дБм}.$$

Для лінії DL:

$$P_{\text{вих.прд}} = 46 + 18 - 0,3 = 63,7 \text{ (дБм)},$$

Для лінії UL:

$$P_{\text{вих.прд}} = 28 \text{ (дБм)}$$

$S_{\text{ч.пр}}$ розраховуємо:

$$S_{\text{ч.пр}} = P_{\text{тш.пр}} + M_{\text{осш.пр}} + L_{\text{пр}} \quad (3.14)$$

где $P_{\text{тш.пр}}$ - потужність теплового шумо-приймача.

$$P_{\text{тш.пр}}: \text{DL} = -175,3 \text{ дБм}, \text{UL} = -103,6 \text{ дБм};$$

$M_{\text{осш.пр}}$ - необхідне відношення сигнал/шум приймача.

$$M_{\text{осш.пр}}: \text{DL} = -0,25 \text{ дБ}; \text{UL} = 0,62 \text{ дБ};$$

$L_{\text{пр}}$ - коефіцієнт шуму приймача.

$$L_{\text{пр}}: \text{DL} = 6,8 \text{ дБ}, \text{UL} = 2,7 \text{ дБ};$$

Для лінії DL:

$$S_{\text{ч.пр}} = -175,3 + (-0,25) + 6,8 = -168,75 \text{ (дБм)},$$

Для лінії UL:

$$S_{\text{ч.пр}} = -103,6 + 0,62 + 2,7 = -100,28 \text{ (дБм)}.$$

З урахунку отриманих результатів за формулами (3.13) та (3.14), розрахуємо значення МДП:

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		35

Для лінії DL:

$$L_{\text{МДП}} = 63,7 - (-168,75) - 0,3 - 8 - 6,8 - 8,2 + 1,7 = 217,65 \text{ (дБ)}$$

Для лінії UL:

$$L_{\text{МДП}} = 28 - (-100,28) - 8 - 2,7 - 8,2 + 1,7 = 111,08 \text{ (дБ)}$$

З двох значень МДП, отриманих для ліній DL і UL вибираємо мінімальне, щоб вести подальші розрахунки дальності зв'язку і радіуса стільниці. Обмежує лінією по дальності зв'язку, як правило, є лінія вгору. Для розрахунку дальності зв'язку скористаємося емпіричною моделлю поширення радіохвиль Okumura - Nata. Дана модель є узагальненням дослідних фактів, в якому враховано багато умов і видів середовищ. У моделі Okumura - Nata є такий вираз, для визначення середнього загасання радіосигналу в міських умовах:

$$L_r = 69,5 + 26,16 \log f_c - 13,82 \log h_t - A(h_r) + (44,9 - 6,55 \log h_t) \times \log d \quad (3.15)$$

Для сільської місцевості вираз набуде вигляду з поправкою:

$$L_c = L_r - 4,78(\log f_c)^2 + 17,33 \times \log f_c - 40,94, \quad (3.16)$$

де f_c – частота від 150 до 1500 МГц;

h_t – висота передавальної антени (підвісу eNB) від 15 до 50 метрів;

h_r – висота приймаючої антени (антени мобільного пристрою) від 1 до 10 метрів;

d - радіус стільниці від 1 до 20 км;

$A(h_r)$ - поправочний коефіцієнт для висоти антени рухомого об'єкта, що залежить від типу місцевості.

Зробимо вибір параметрів для розрахунків:

$f_c = 800$ МГц;

$h_t = 25$ метри;

$h_r = 3$ метра.

Знайдемо поправочний коефіцієнт $A(h_r)$ для рідко заселеній місцевості за формулою:

$$A(h_r) = (1,1 \times \log f_c - 0,7) \times h_r - (1,56 \times \log f_c - 0,8), \quad (3.17)$$

									Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат					36

$$A(h_r) = (1,1 \times \log 800 - 0,7) \times 3 - (1,56 \times \log 800 - 0,8) = 1,61$$

Обчисливши з формул (3.15) і (3.16) радіус стільника, отримаємо, що $d \approx 3$ км. Розрахуємо площу S_{eNB} покриття трисекторних сайтів за формулою:

Розрахуємо площу покриття трисекторних стільників по формулі:

$$S_{eNB} = 9 \frac{\sqrt{3}}{8} \times d^2, \quad (3.18)$$

$$S_{eNB} = 9 \frac{\sqrt{3}}{8} \times 3^2 = 17,53(\text{км}^2)$$

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		37

4. Вибір обладнання

На даний момент основними виробниками операторського обладнання LTE є: Ericsson, Alcatel-Lucent, Nokia Siemens Networks, Fujitsu, Huawei Technologies, Motorola, Panasonic, Starent; ZTE.

Основними критеріями за вибором високотехнологічного обладнання для мережі LTE виступають: ціна, якість, діапазон робочих частот, можливість «безшовної» інтеграції в існуючі мережі.

Всі ці критерії є досить важливими, але все обладнання взаємозамінне і має приблизно однакові параметри, тому на перше місце при виборі обладнання виходить відношення ціна/якість, а також позитивний досвід співпраці з будь-яким виробником обладнання.

Давайте розглянемо варіант використання базової станції Huawei DBS3900 LTE.



Рисунок 7 - Розподілена базова станція DBS3900.

DBS3900 забезпечує просту структуру і швидке розгортання мережі. DBS3900 має тільки два типи основних функціональних модулів, таким чином значно скорочуючи витрати на запасні частини і обслуговування. Маючи чудову пристосованість до умов середовища, основні модулі легко адаптуються до умов

майданчика для ефективного розгортання. Тобто відсутні додаткові витрати на будівництво приміщення для розміщення обладнання.

Віддалений радіомодуль забезпечує наступні переваги:

- так як радіочастотний модуль DBS3900 може монтуватися на вежі, довжина живильної лінії значно скорочується і витрати на підвідні лінії також скорочуються;

- скорочення втрат на живильних лініях призводить до збільшення коефіцієнта посилення потужності від 3 до 5 дБ і підвищенню радіусу покриття більш ніж на 20%. Таким чином, може бути досягнуто покриття традиційної макро-BTS за допомогою меншої потужності шафи.

- завдяки технології віддаленого радіомодуля, DBS3900 підтримує розподілену установку радіомодулів, що значно підвищує гнучкість при проектуванні покриття уздовж залізничних колій.

DBS в цілому, як з'єднані з нею BBU і все RRU, фактично представляють собою одну соту. Найбільш значуща перевага подібної схеми полягає в зниженні числа хендверів між стільниками. У порівнянні з репітером, кожен RRU може виробляти радіосигнали і управляти ними незалежно, пасивні перешкоди в проміжних вузлах не накопичуються, і DBS може управлятися цілком (BBU і все RRU) єдиним інтерфейсом обслуговування.

• DBS3900 components:

- BBU3900
- RRU3908, RRU3804, RRU3008

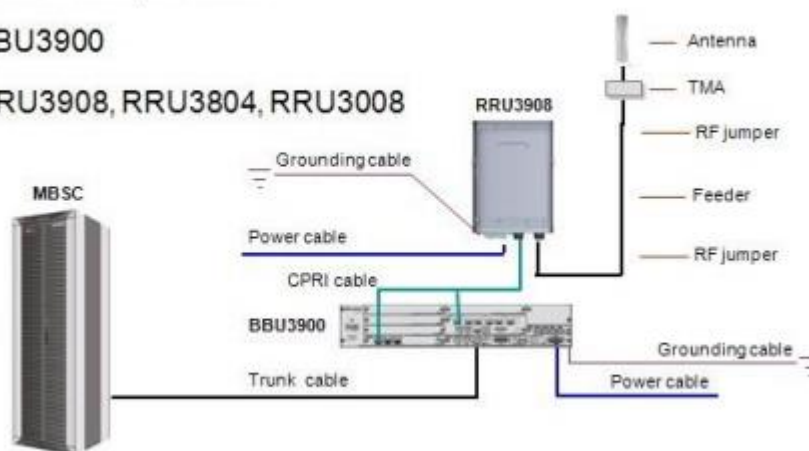


Рисунок 8 - обладнання Huawei DBS3900

Схема подвійного покриття за допомогою однієї частоти дозволяє двом BTS, що працюють в активному/резервному режимі, покривати одну і ту ж зону. Крім того, в будь-який конкретний момент часу функціонує тільки один з BTS. Ці дві BTS використовують ідентичні частоти. При нормальних умовах активна BTS працює в штатному режимі, в той час як резервна BTS працює, але не передає потужність. Якщо активна BTS виходить з ладу, BSC запускає перемикання з активною на резервну BTS. При цьому раніше активна BTS знижується до статусу «резервної BTS», в той час як раніше резервна BTS підвищується до статусу «активної BTS». Дане надлишкове покриття не вимагає додаткових частот, на відміну від одиночного покриття, що підвищує експлуатаційну готовність мережі і забезпечує безперервне функціонування мережі навіть у разі відмови BTS.

RRU підключаються до активних і резервним BBU. Тобто кожен RRU підключається до двох BBU. При нормальних умовах експлуатації RRU обмінюється даними тільки з активним BBU. Завдяки функції надмірності BBU, RRU підтримує автоматичне перемикання CPRI-портів в разі відмови BBU. У разі відмови активного BBU, BSC здійснює перемикання з активних на резервні BBU; останні стають активними. У свою чергу RRU запускають перемикання CPRI-порту. Після перемикання RRU обмінюються даними із новими активнішими BBU.

Завдяки вдосконаленій конструкції апаратної частини, а також комплексу функцій енергозбереження ПЗ, таких як інтелектуальне управління РА, енергоспоживання DBS3900 значно знижено. У той же час, конструкція природною віддачі тепла дозволяє радіочастотного модулю працювати без вентиляторів, що зменшує енергоспоживання, виключаючи шум і пов'язані з вентиляторамі відмови..

Максимальна пропускна здатність однієї стільники (20 МГц):

- пропускна здатність спадного каналу на рівні управління доступом до середовища (MAC) становить 150 Мбіт/с (2x2 MIMO);

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		40

- пропускна здатність висхідного каналу на рівні MAC становить 70 Мбіт/с (2x2 MU-MIMO або 2x4 MU-MIMO).

Пропускна здатність висхідного і низхідного каналу на рівні MAC дорівнює 1500 Мбіт/сек.

Максимальна кількість UE в режимі RRC_CONNECTED на eNodeB:

- на 1,4 МГц -3024 UE;
- на 3 МГц -6480 UE;
- на 5 МГц / 10 МГц / 15 МГц / 20 МГц -до 10800 UE.

Максимальна кількість одночасних несучих частот для передачі призначених для користувача даних (DRB) на UE -8.

Характеристики VBU3900:

- на платі UMPT-один електричний порт FE/GE, один оптичний порт FE/GE;
- вхідна потужність - 48 В DC (діапазон напруг: від мінус 38,4 до мінус 57 В DC);
- розміри (висота x ширина x глибина) -86x442x310 мм;
- вага становить 12 кг при повній конфігурації;
- робоча температура від мінус 20 до плюс 50 ° С при тривалій експлуатації й від плюс 50 до плюс 55 ° С при короткочасної експлуатації;
- відносна вологість від 5 до 95%;
- клас захисту від зовнішніх впливів (IP) - IP20;
- атмосферний тиск від 70 до 106 кПа.

Характеристики віддаленого радіоблоків RRU:

- вхідна потужність мінус 48 В DC; діапазон напруги від мінус 57 до мінус 36 В DC,
- температура експлуатації від мінус 40 до плюс 50 ° С (з урахуванням сонячного випромінювання 1120 Вт / м²), від мінус 40 до плюс 55 ° С (без урахування сонячного випромінювання);
- відносна вологість від 5 до 100%;

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		41

- атмосферний тиск від 70 до 106 кПа.
- клас захисту від зовнішніх впливів (IP) - IP65.

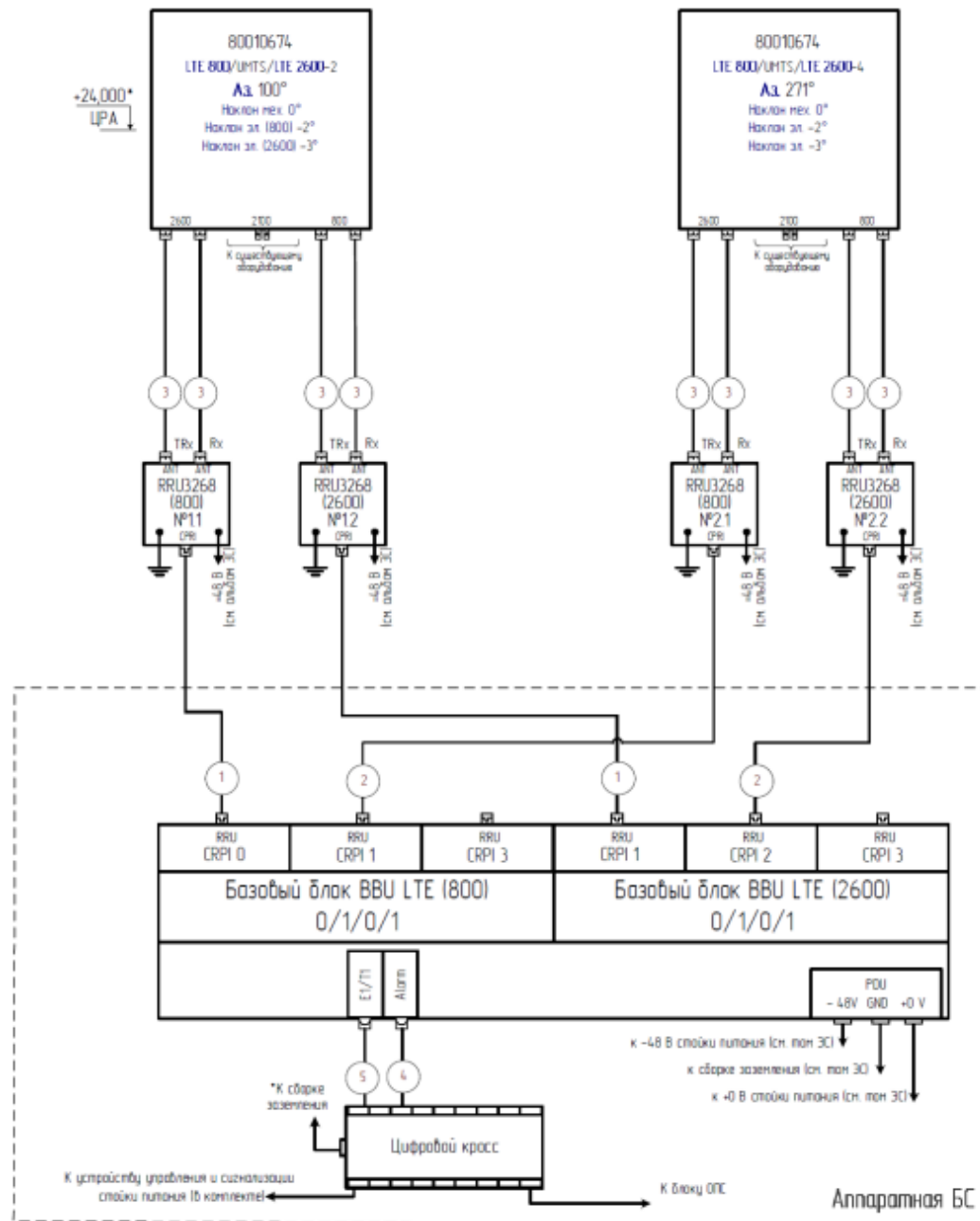


Рисунок 9 – Схема підключення базової станції

BBU3900 є блоком обробки базових частот для установки всередині приміщень, який забезпечує централізоване управління експлуатацією і обслуговуванням, а також обробку сигналізації всієї системи базової станції і забезпечує опорний сигнал синхронізації. Також блок має фізичні інтерфейси для з'єднання з BSC і RRU3004. BBU3900 встановлюють в стивів 2 U висотою і шириною 47,5 см.

У BBU3900 встановлюються додаткові плати, що забезпечують моніторинг навколишніх умов, моніторинг інтерфейсу Abis і сигналів синхронізації GPRS. BBU3900 це компактне обладнання, просте при установці. Споживає невеликий обсяг потужності і забезпечує повний спектр послуг. Ємність: - BBU3900 підтримує 72 приймач; - Abis поверх IP.

Можливості організації мережі:

- E1/T1, оптичний FE, підтримка радіорелейного і супутникового передачі.
- підтримка топологій: зірка, дерево, ланцюг, кільце і змішаних топологій, підтримка Flex Abis;
- GSM і UMTS можуть використовувати BBU3900;
- оптимізована передача з використанням інтерфейсу Abis;
- підтримка виявлення і відновлення вільних пакетів BTS і BSC.

Синхронізація:

- при роботі системи синхронізації в режимі тільки внутрішньої коливаль, система може працювати безперервно протягом 7 днів;
- підтримка різних режимів синхронізації: підтримка синхронізації з сигналом синхронізації виділеного з інтерфейсу Abis, підтримка синхронізації з системою GPS, синхронізація з зовнішнім джерелом 2 МГц BITS.

BBU3900 характеризується високою адаптованістю до умов навколишнього середовища:

- діапазон робочих температур: від мінус 20 до плюс 55 °С;
- BBU може працювати при широкому діапазоні робочих напруг: від мінус 38.4 до мінус 57 V DC (номінальну напругу мінус 48 V DC);
- використовуваний блок живлення перетворює 220 V AC в мінус 48 V DC для роботи BBU.

RRU 3268 - виносний радіочастотний блок. Забезпечує обробку сигналів основних частот і радіочастотних сигналів. Один RRU 3268 виконує функцію двох приймач. Якщо два модуля RRU 3268 встановлені в подстативі RRU 3268, вони виконують функцію чотирьох приймачів.

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		43

Один модуль RRU 3268 забезпечує два приймач. Два модуля RRU 3268 встановлені в підставиві RRU 3268, виконують функцію чотирьох приймачів.

RRU 3268 має невелику вагу і характеризується простотою установки. Підставив RRU 3268 можна встановити на сталевий щоглі, стіни або бетонній основі.

RRU - це обладнання, яке може працювати при різних умовах навколишнього середовища. Модуль характеризується адаптованість до умов навколишнього середовища:

- RRU має закритий інтегрований дизайн, по водонепроникності відповідає стандарту (IP65), заходи захисту від впливу вологи, цвілі і соляного туману відповідають специфікаціям класу 1;

- діапазон робочих температур RRU: від мінус 40 до плюс 50 °С;

- RRU може працювати при широкому діапазоні робочих напруг: від мінус 36 до мінус 57 V DC (номінальну напругу мінус 48 V DC);

- використовуваний блок живлення перетворює 220 V AC в мінус 48 V DC для роботи RRU.

Устаткування встановлюється в існуючому контейнері-апаратній. Обладнання встановлюється в існуючому контейнері-апаратній.

Кабелі від кабінету БС до антен і зовнішніх радіоблоків прокладаються за існуючими металоконструкцій. Прокладка ведеться з використанням стандартних елементів кріплення, кабелі фіксуються за допомогою стандартних кріплень з кроком 0,8 м.

Введення кабелів здійснюється через існуючий кабельний ввід в стіні приміщення-апаратної. Після прокладки кабелів кабельний ввід герметизується. Монтаж секторних антен здійснюється на існуючих трубостоків. Проектом передбачено використання існуючої системи кондиціонування і охоронної пожежної сигналізації.

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		44

картографічний файл, чим ми і займалися для того щоб зробити наступну операцію, а саме моделювання покриття мережі в програмі “Atoll”.

При моделюванні будемо використовувати карти місцевості з урахуванням рельєфу. Робоче середовище Atoll забезпечує комплексний і інтегрований набір інструментів і функцій, які дозволяють створювати і визначати свій мікрохвильовий або радіоплановий проект в одному додатку.

В даній програмі існує підтримка всіх основних бездротових технологій:

- GSM / GPRS / EDGE;
- UMTS / HSPA;
- LTE / LTE-Advanced;
- CDMA2000 1xRTT / EV-DO;
- TD-SCDMA;
- WiMAX.

Основним етапом проектування мереж рухомого радіозв'язку абонентського доступу є етап частотно-територіального планування, в ході якого вибирається структура мережі, місця розміщення базових станцій, розробляється план розподілу радіоканалів для базових станцій, виконується адаптація планів до умов територіальних і частотних обмежень планованої зони обслуговування.

Спочатку складається ситуаційний план розміщення базових станцій eNB на території планування мережі. Розміщення базових станцій виконується виходячи їх цього умови з урахуванням особливостей рельєфу місцевості.

Мінімальна кількість базових станцій eNB, необхідних для забезпечення стійким сигналом жителів міста. На території планування становить згідно з раніше наведеними розрахунками, 5 БС. Грунтуючись на цьому, будемо мережу, все eNB якої мають такі характеристики:

- потужність кожного передавача - 43 Вт;
- висота підвісу антени - 20 метрів;
- число приймачів TRX - 3 (по одному на кожен сек-тор);

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		46

- системна смуга для одного сектора - 20 МГц (10 МГц для лінії "вгору" і 10 МГц для лінії «вниз»), на частотах 880-960 МГц.
- лінія «вниз» підтримує технологію МІМО 2x2;
- пропускна здатність: лінія «вниз» - 87,9 Мбіт/с, лінія «вгору» 37,62 Мбіт/с.

Усі ці дані занесені до програми у відповідні комірки та дають змогу отримати карту покриття мережі з рознесенням усіх БС на місця, де вони зможуть донести найбільше користі.

Використовуючи програму «Atoll», створивши проект «LTE», ми виконали експорт попередньої карти, спроектувавши БС, врахувавши положення нашого об'єкта проектування і отримали подібну картинку яку можна побачити на рисунку 11 і 12.

Спроектувані БС, поставили на найвищі точки місцевості, також можна побачити яка висота над рівнем моря, це показано на рисунку 11, різні висоти на слях мають відповідний колір.

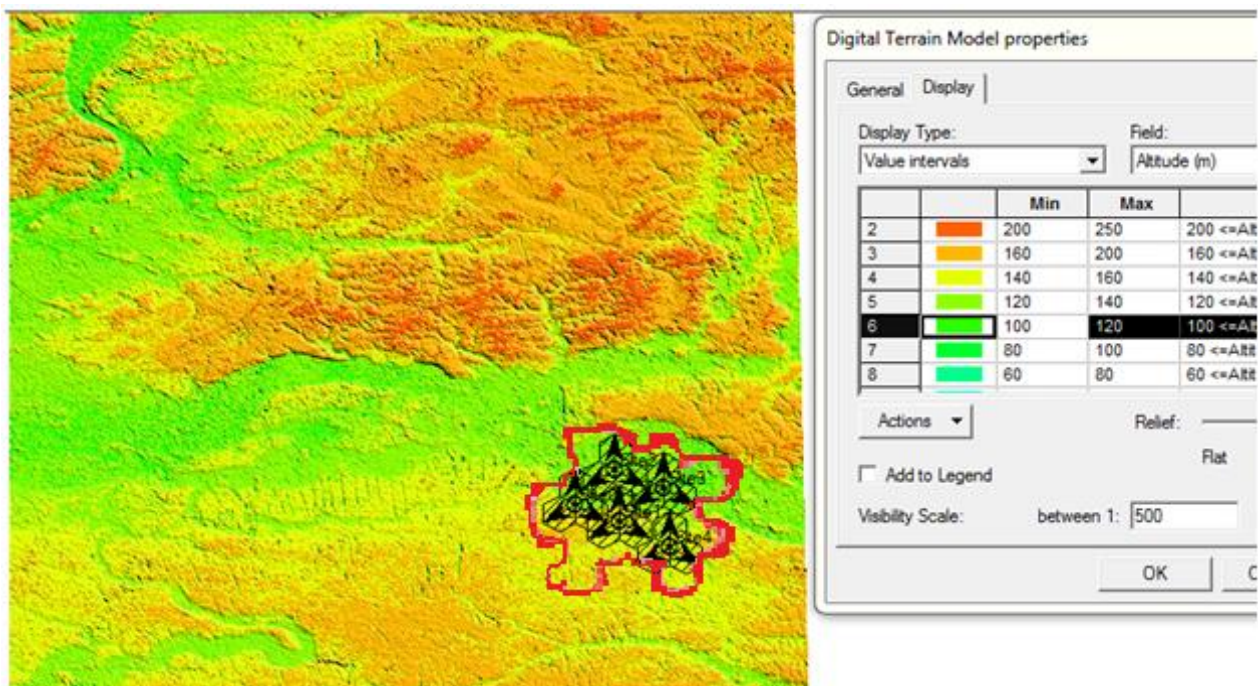


Рисунок 11 - Карта в Atoll з БС та інтервалами для визначення висотності.

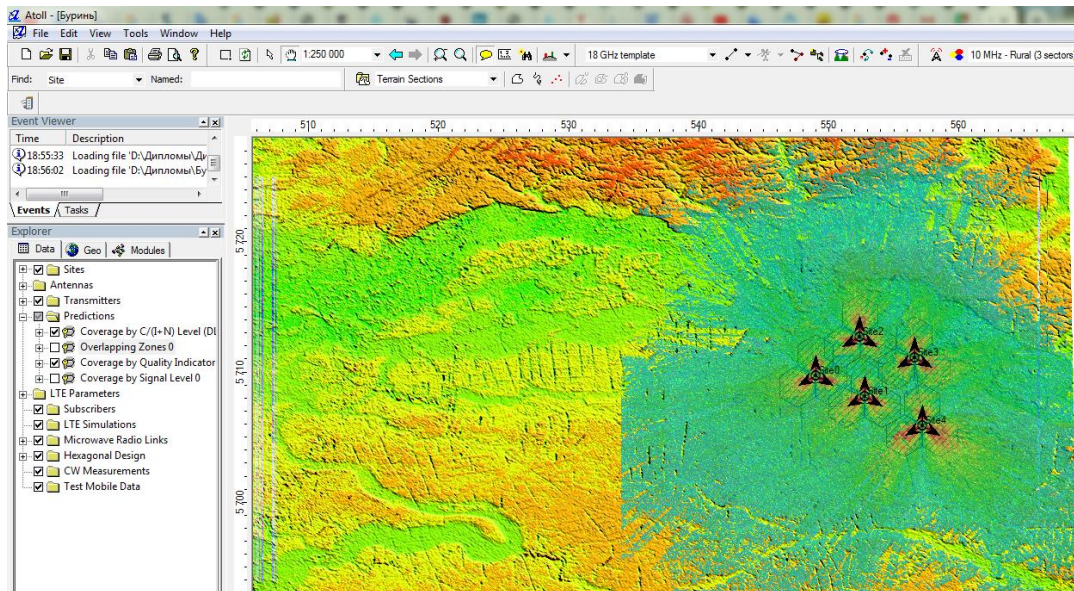


Рисунок 11 – Розповсюдження сигналу на площину.

Наступним кроком змодельюємо покриття за рівнем сигналу.

Потім перенесемо БС відповідно на схемотехнічну карту місцевості від Google. Змодельюємо і карта покривається різними кольорами в залежності від того на скільки гарний сигнал.

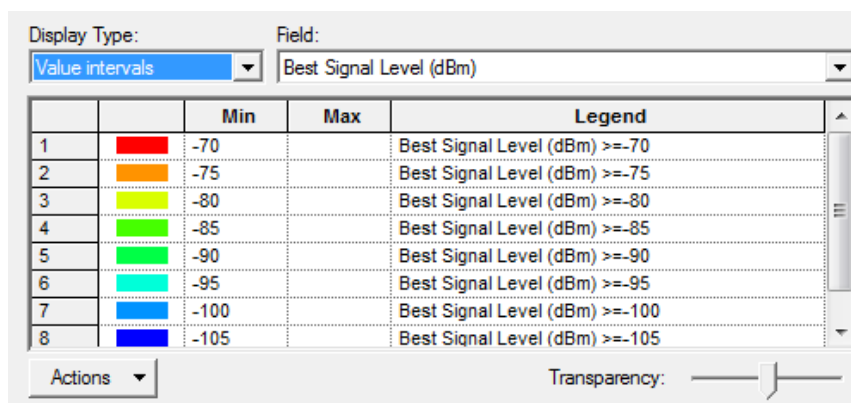


Рисунок 12 – кольори які присвоєні для різного за рівнем сигналу.

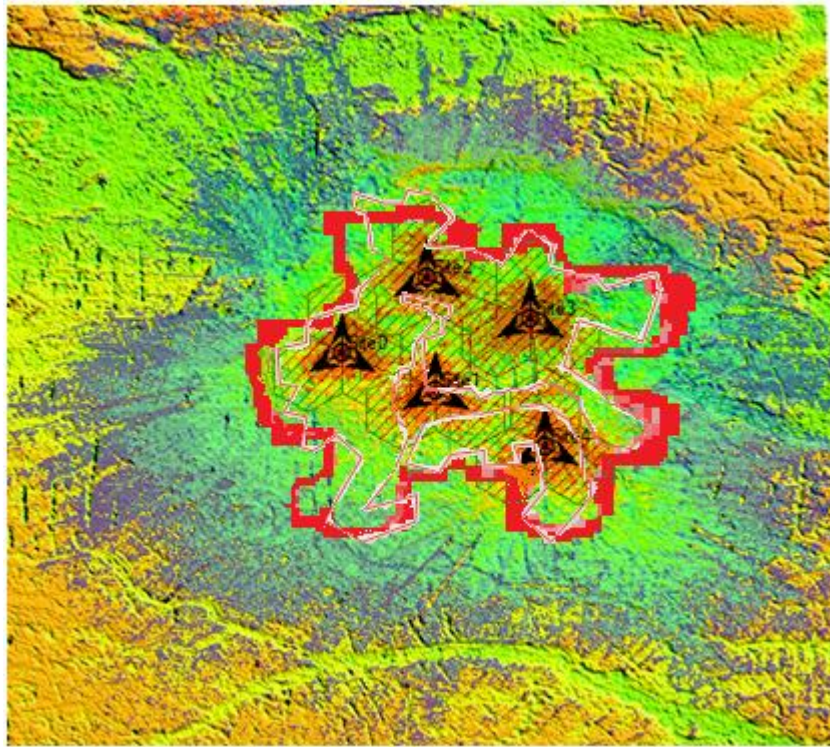


Рисунок 12 – Покриття за рівнем сигналу на рельєфній карті місцевості



Рисунок 13 – Розташування БС на карті міста та площа стільників
І остаточним етапом моделювання буде представлення на карті місцевості того як рознесений сигнал, та обмежувальна лінія.

ВИСНОВОК

В цій дипломній роботі було проведено літературний огляд, розрахунок та моделювання мережі LTE. Під час проведення літературного огляду було структуризовано отриману інформацію, яка описує технології, детально було розглянуто структуру мережі LTE. Розрахунки були проведені, для оптимізації та планування самого моделювання, були розраховані параметри, які впливають на якість зв'язку в мережі, кількість БС, площу покриття. При моделюванні були використані програми: «Atoll», «Global Mapper», завантажено карту рельєфу, візуально показано територію міста Буринь, на яку спроектовано потрібну кількість базових станцій, змодельоване покриття сигналу та розповсюдження на заданій місцевості. Усі вимоги та норми виконані, щодо забезпечення жителів та гостей міста якісним покриттям технології LTE.

					<i>ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		51

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Пилипенко А.М., Ефремов С.А. Проектирование беспроводной городской сети связи четвертого поколения // Современные научные исследования и инновации. 2015.
2. Гельгор А. Л. Технология LTE мобильной передачи данных: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.
3. Данилов, В. И. Сети и стандарты мобильной связи : учебное пособие / В. И. Данилов ; СПбГУТ. – СПб., 2015. – 100 с.
4. Б.С. Гольдштейн, Н.А. Соколов, Г.Г. Яновский. Сети связи:
5. Учебник для ВУЗов. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 401 с.,
6. Навчальний практикум з кредитного модуля “Бездротові телекомунікаційні системи – 2. Системи та засоби зв’язку з рухомими об’єктами“ Укл. В.Г. Абакумов, П.В. Попович, К.О. Трапезон. – К.: Аверс, 2013. – 146 с.
7. LTE Technology Introduction C. Gessner, A. Roessler, M. Kottkamp July 2012, 1M A111_3E 110p.
8. LTE-Advanced M. Kottkamp, A. Roessler, J. Schlienz 08.2012-1M A169_3E.
9. Эволюция современных сетей мобильной связи 2G/3G/4G, Тихвинский В.О., Республика Казахстан, 2014, 62с.
- 10.http://www.mobile-networks.ru/articles/seti_lte_struktura_i_princip_raboty.html#sel=
11. Нормативний документ Адміністрації державної служби спеціального зв’язку та захисту інформації України «Методика проведення розрахунків електромагнітної сумісності та норми частотно-територіального рознесення радіоелектронних засобів у смугах радіочастот, які підлягають конверсії (1920-1935/2110-2125, 1950-1965/2140-2155, 1965-1980/2155-2170), а також у смугах радіочастот, які плануються для застосування за результатами конверсії». – Київ.: Адміністрація державної служби спеціального зв’язку та захисту інформації України, 2015.
- 12.<https://sites.google.com/site/lteencyclopedia/lte-network-infrastructure-and-elements>
- 13.http://ccc.ru/magazine/depot/08_09/read.html?0305.htm

					ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		52

14. Тихвинский В. О., Терентьев С. В., Юрчук А. Б. Сети мобильной связи LTE: технология и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010
15. <https://lanmarket.ua/entsiklopediya/besprovodnye-tehnologii/mimo.html>
16. <https://helpiks.org/1-112593.html>
17. <https://helpiks.org/1-112601.html>
18. <https://studfiles.net/preview/2948648/>
19. https://studbooks.net/2354161/tehnika/vybor_oborudovaniya

					<i>ЕлІТ 6.050903.132 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		53