

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 80 с., 15 рис., 8 табл., 6 додатки, 19 джерел.

Об'єкт дослідження: мережа мобільного зв'язку районного центру.

Предмет дослідження: оптимізація мережі мобільного зв'язку

Мета дипломної роботи: поліпшення якості надання послуг в мобільних мережах зв'язку.

В даний час стільникові оператори прагнуть оптимізувати роботу існуючих і нових мереж, будують системи, покликані забезпечити покриття і високу якість послуг мобільного зв'язку, оптимальної кількості базових станцій при забезпеченні необхідного рівня сигналів в межах зони покриття.

У загальній частині розглянути питання оптимізації мереж мобільного зв'язку різних поколінь з урахуванням їх особливостей та загальний порядок проведення заходів щодо оптимізації мереж, розглянуто обладнання для тест-драйву.

У спеціальній частині надана розраховано основні параметри стільникової мережі райцентру, максимальна дальність зв'язку при різних умовах. Сформульовані основні напрями оптимізації стільникової мережі. Проведено вимірювання рівню сигналів в центральній частині міста. Визначено оптимальне місце розташування додаткової БС для підвищення якості обслуговування абонентів.

В економічному розділі визначено розмір капітальних та експлуатаційних витрат для оптимізації мережі.

Практичне значення. Результати роботи можуть бути використані операторами при прийнятті рішень щодо розвитку діючих мереж, а також в навчальних курсах, присвячених оптимізації мобільного зв'язку.

Наукова новизна отриманих результатів: полягає в застосуванні методики визначення оптимального розташування додаткової базової станції.

МОБІЛЬНИЙ ЗВ'ЯЗОК, МЕРЕЖІ, ПАРАМЕТРИ, ПОКРИТТЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ, РОЗТАШУВАННЯ, БАЗОВА СТАНЦІЯ.

РЕФЕРАТ

Объяснительная записка : 80 с., 15 рис., 8 табл., 6 приложений, 19 ист.

Объект исследования: сеть мобильной связи районного центра

Предмет исследования: оптимизация сети мобильной связи

Цель дипломной работы: улучшение качества предоставления услуг в мобильных сетях связи.

В настоящее время сотовые операторы стремятся оптимизировать работу существующих и новых сетей, строят системы, призванные обеспечить покрытие и высокое качество услуг мобильной связи, оптимального количества базовых станций при обеспечении необходимого уровня сигналов в пределах зоны покрытия. В общей части рассмотреть вопрос оптимизации сетей мобильной связи разных поколений с учетом их особенностей и общий порядок проведения мероприятий по оптимизации сетей, рассмотрены оборудования для тест-драйва.

В специальной части предоставлена рассчитаны основные параметры сотовой сети райцентра, максимальная дальность связи при различных условиях. Сформулированы основные направления оптимизации сотовой сети. Проведено измерение уровня сигналов в центральной части города. Определены оптимальное место расположения дополнительной БС для повышения качества обслуживания абонентов.

В экономическом разделе определены размер капитальных и эксплуатационных затрат для оптимизации сети. Практическое значение. Результаты работы могут быть использованы операторами при принятии решений по развитию действующих сетей, а также в учебных курсах, посвященных оптимизации мобильной связи. Научная новизна полученных результатов: заключается в применении методики определения оптимального расположения дополнительной базовой станции.

МОБИЛЬНАЯ СВЯЗЬ, СЕТИ, ПАРАМЕТРЫ, ПОКРЫТИЯ, ОПТИМИЗАЦИЯ, РАЗМЕЩЕНИЕ, БАЗОВАЯ СТАНЦИЯ.

ABSTRACT

Explanatory note: 80 p., 39 figures, 9 tables, 7 annexes, 32 sources.

Object of research: mobile communication system of the district center

Subject of research: optimization

The purpose of the research: solving the problem of installing an additional base station to ensure quality communication.

One of the main problems of distribution of traffic is not only the lack of existing resources (channels, base station receivers, flows between base stations and switches), but also their suboptimal use, due to incorrect setting of operational parameters of equipment, as well as the desire of service providers to minimize the cost of placement and content of the required number of base stations with the provision of the required signal / noise level within the coverage area. In the special part the characteristic of the investigated territory is provided, the choice of software is justified, the inspection and planning are carried out, the calculated distance of the wireless communication channel and the determined losses of the signal efficiency during passage through different environments, recommendations for optimization of the network are developed.

The economic section defines the size of capital and operating costs to optimize the network. ECONOMY EFFECT

Practical significance The results of the work can be used by operators in making decisions on the development of GSM mobile networks and their configuration.

The obtained results can also be used in the training courses devoted to the planning and optimization of mobile GSM communication networks.

Predictable scientific novelty of the obtained results:

The alleged novelty of the work is the development of recommendations for improving cellular communication conditions for network overload.

MOBILE COMMUNICATION, NETWORKS, PARAMETERS, COATINGS, OPTIMIZATION, ACCOMMODATION, BASE STATION.

ВСТУП

Підвищення ефективності роботи мережі мобільного оператора зв'язку є важливим завданням при плануванні, побудові і подальшої модернізації мережі.

В даний час, незважаючи на сформований поділ споживчого ринку між операторами мобільного рухомого зв'язку спостерігається досить жорстка конкуренція і певний відсоток абонентів постійно "мігрує" між постачальниками послуг бездротового зв'язку. Стільникові оператори прагнуть оптимізувати роботу існуючих і нових мереж, будують indoor- системи, покликані забезпечити покриття і високу якість послуг мобільного зв'язку і передачі даних усередині сучасних бізнес-центрів, торгових комплексів, готелів, паркінгів тощо.

Якість обслуговування - комплексний показник, який формується шляхом оцінки ряду статистичних параметрів, що відображають деякі особливості експлуатації мережі при встановленні з'єднання при вхідному або вихідному виклики, а також в процесі самої розмови між абонентами або використання тієї чи іншої неголосової послуги. З точки зору абонента найбільш істотні такі показники, як доступність вільних каналів при дозвоні, якість передачі голосу протягом розмови, а також швидкість передачі даних при використанні послуг передачі даних.

Забезпечити якісний радіозв'язок можна тільки за умови ефективного планування, яке неможливе без використання багатокритеріальної оптимізації з урахуванням сукупності показників якості. Під час створення і вдосконалення мережі мобільного зв'язку вирішуються дві нерозривно пов'язані завдання: планування мережі та її оптимізація (перепланування за результатами експлуатації з метою підвищення ефективності мережі).

У магістерській дипломній роботі розроблено рекомендації для реалізації підходів оптимізації мережі при наявності різних варіантів перевантажень. А також розроблено базові рекомендації по встановленню веж мобільного зв'язку і їх експлуатації.

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БС – Базова станція

GSM – Groupe Spécial Mobile

UMTS– Universal Mobile Telecommunications System

GPS – Global Positioning System

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

IP – Internet Protocol

MAC – Medium Access Control

P2MP – Point to Multipoint

PoE – Power over Ethernet

P2P – Point to Point

RF – Radio Frequency

SIR – Signal-to-interference ratio

SOM – System Operating Margin

SSID – Service Set Identifier

TDD – Time Division Duplex

БІТ– безпеки і телекомунікацій

ТД –точка доступу

ПК – персональний комп'ютер

ЗМІСТ

ВСТУП	
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	
1.1 Сучасний стан мереж стільникового зв'язку.....	
1.2 Основи побудови мереж стільникового зв'язку.....	
1.3 Огляд стану і напрямків розвитку мереж 3-го покоління.....	
1.4 Етапи планування та оптимізації мережі по сукупності показників якості.....	
1.5 Підвищення якості послуг.....	
1.6 Моніторинг як засіб управління якістю послуг.....	
1.7 Оптимізація мережі UMTS.....	
1.7.1 Програмні комплекси планування и оптимізації мереж стільникового зв'язку.....	
1.7.2 Аналіз можливостей відомих комплексів планування і оптимізації мереж стільникового зв'язку.....	
1.7 Аналіз і опис існуючих програм	
1.8 Завдання планування і оптимізації мереж мобільного зв'язку покоління 4G	
1.9 Оптимізація структури наземної мережі для стільникових мереж 2G і 3G і супутникових мереж зв'язку.....	
1.9.1 AbisXtender.....	
1.9.2 Додаткові можливості при використанні AbisXtender.....	
1.9.3 Мережеві рішення на базі AbisXtender.....	
1.9.4 Безшовність і прозорість.....	
1.9.5 Нові можливості для постачальників послуг супутникового зв'язку	
1.9.6 Технологія.....	
1.9.7 Оптимізація Abis інтерфейсу.....	

1.9.8	Мультиплексування супутникової магістралі IP-RAN.....
1.9.9	Вбудований датчик моніторингу трафіку.....
1.9.10	Висновки до 1 розділу.....
РОЗДІЛ 2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	
2.1	Характеристика районного центру – об’єкту дослідження.....
2.2	Основні параметри системи стільникової мережі.....
2.2.1	Визначення просторових параметрів мережі.....
2.2.1.1	Розрахунок навантаження, створюваної абонентами при передачі мовної інформації.....
2.2.1.2	Розрахунок навантаження, створюваного абонентами при передачі даних по мережі.....
2.2.1.3	Розрахунок числа абонентів, що обслуговуються однією базовою станцією в ГНН.....
2.2.1.4	Розрахунок числа базових станцій в мережі і визначення максимального радіуса стільника.....
2.2.2	Визначення параметрів базових станцій
2.2.3	Розрахунок енергетичних характеристик радіоканалу.....
2.2.3.1	Модель втрат L для випадку квазіплоского міста.....
2.2.3.2	Визначення максимальної дальності зв'язку з імовірністю.....
2.2.3.3	Визначення максимальної дальності зв'язку з імовірністю 75% на кордоні зони обслуговування для передмістя.....
2.2.3.4	Розрахунок максимальної дальності соканальних перешкод.....
2.2.3.5	Визначення площі стільника.....
2.3	Основні напрями оптимізації стільникової мережі.....
2.3.1	Характеристики радіопокриття.....
2.3.2	Визначення умов місця розташування БС.....
2.4	Висновки до 2 розділу.....
3. РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	

3.1 Розрахунок капітальних витрат.....	
3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	
3.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	
3.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати.....	
3.2.3 Розрахунок відрахувань на соціальні заходи.....	
3.2.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт.....	
3.2.5 Розрахунок вартості спожитої електроенергії.....	
3.2.6 Визначення інших витрат.....	
3.3 Висновки до 3 розділу.....	
ВИСНОВКИ.....	
Перелік посилань.....	
ДОДАТОК А.....	
ДОДАТОК Б.....	
ДОДАТОК В.....	
ДОДАТОК Г.....	
ДОДАТОК Є.....	

1. СТАН ПИТАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Сучасний стан мереж стільникового зв'язку

Мобільні телефони та зв'язок увійшли в наше життя на початку 1980-х років ХХ століття. З тих пір в техніці стільникового зв'язку відбулися істотні зміни, а її популярність і обсяг наданих нею послуг зросли набагато більше, ніж це прогнозувалося .

Стандарту GSM відведена одна з головних ролей в процесі еволюції систем зв'язку. Він тісно пов'язаний з усіма сучасними стандартами цифрових мереж.

Основні функціональні елементи мережі GSM входять в стандарт глобальної мережі третього покоління рухомого зв'язку UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

В даний час GSM є найпопулярнішим і найпоширенішим стандартом стільникового зв'язку, що займає лідируючі позиції в світі, як по площі покриття, так і за кількістю абонентів. Більшість країн земної кулі прийняли стандарт GSM діапазону 900 МГц до реалізації або розвивають його для побудови таких мереж в діапазонах частот 1800 МГц - стандарт DCS 1800 в Європі, і 1900 МГц - стандарт PCS 1900 США.

До теперішнього часу прийняті і використовуються стандарти стільникових систем радіозв'язку з кодовим поділом радіоканалів 3-го покоління. В Європі - це стандарт UMTS, в США - CDMA-2000, в країнах Азії - WCDMA і ін.

Створення систем мобільного рухомого радіозв'язку з кодовим поділом абонентів стримувалося відсутністю технічних і технологічних можливостей по реалізації малогабаритних небагато потребуючих і багатофункціональних пристроїв "стиску" ШПС. В даний час ці проблеми успішно вирішені.

1.2 Основи побудови мереж стільникового зв'язку

Системи мобільного радіозв'язку у більшості мають структуру, засновану на стільниковій побудові і розподілі частот, відповідно до якої зона обслуговування поділяється на велику кількість невеликих осередків («чарунок») радіусом 1,5-5 км, кожен з яких обслуговується окремою базовою радіостанцією невеликої потужності, що знаходиться в центрі чарунки. Це дозволяє реалізувати основну перевагу стільникової системи – забезпечення високоякісним зв'язком значної кількості абонентів в умовах обмеженої кількості частотних каналів.

Сукупність чарунок утворює зону обслуговування. У центрі зони розміщена центральна станція, яка з'єднана провідними, опто-волоконними чи радіорелейними лініями з телефонною мережею загального користування і з усіма базовими станціями, що знаходяться в зоні обслуговування. Абоненти за допомогою своїх абонентських систем можуть здійснювати зв'язок між собою і через центральну станцію виходити на будь-якого абонента телефонної мережі загального користування.

Стільникові системи характеризуються високою ефективністю використання радіочастотного спектра, вони є основним засобом забезпечення телефонного зв'язку, передачі даних і документального обміну в районах нової забудови, забезпечення зв'язком абонентів у важкодоступних районах та зв'язку з рухомими абонентами. На відміну від зонових і транкінгових, стільникові мережі (cellular networks) дозволяють багаторазово використовувати радіоканали на територіально віддалених одна від однієї ділянках мережі. Приклад побудови такої мережі подано на рис. 1.1.

Вся обслуговувана територія поділяється на малі робочі зони умовно шестикутної форми, що називаються чарунками мережі (cells). Радіус чарунки R визначається залежно від очікуваної в ній щільності рухомих абонентів. Звичайно він становить 10...20 км за містом і в передмістях, 2...3 км – на більшості території міста та 0,5...2 км – у його центрі. У кожній чарунці встановлюється індивідуальна або спільна для кількох чарунок базова приймально-передавальна радіостанція (base transceiver station), яку звичайно

називають просто базовою станцією (БС). Вона може знаходитись у центрі чарунки і мати антену з круговою діаграмою випромінювання, або установлюватись на стику кількох чарунок і мати секторні антени (120° , як на рис. 1.1, або, наприклад, 60°) для кожної з них. Зазначимо, що у останньому випадку інколи чарункою називають сукупність зон обслуговування однієї БС, а окрему її зону називають сектором.

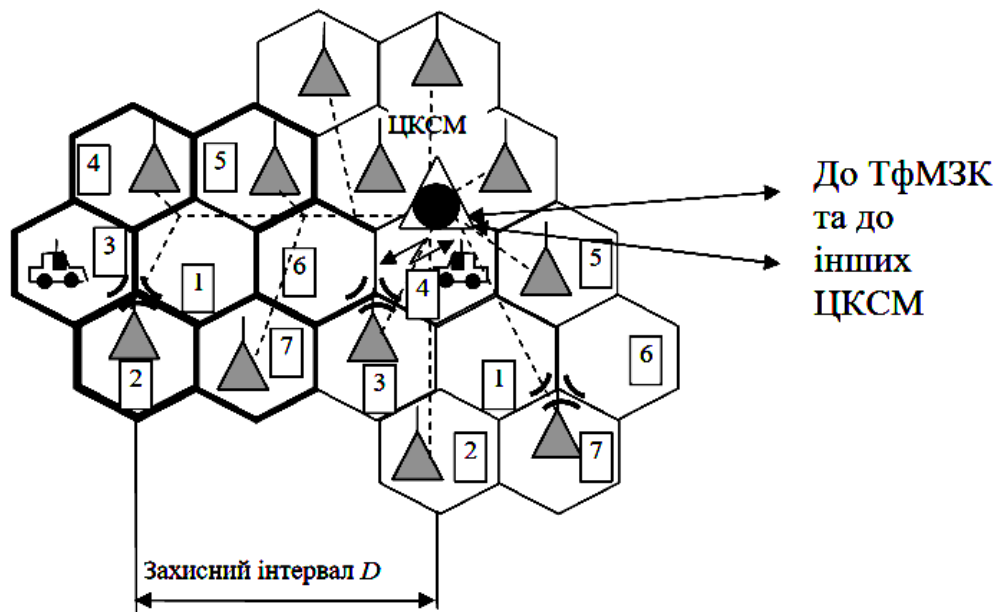


Рисунок 1.4—Приклад побудови стільникової мережі рухомого зв'язку

У певній чарунці РС за допомогою БС мають повний доступ до призначених цій чарунці N радіоканалів. БС, що використовують однаковий набір частотних каналів, розділяються захисним інтервалом D .

Щоб перекрити довільну територію, в принципі достатньо $K = 7$ багаторазово використовуваних наборів радіоканалів (як на рис. 4.1, де їх номери обведені прямокутними рамками), але деякі стільникові радіотелефонні системи передбачають $K = 4, 9, 12$ або 21 . Група із K суміжних чарунок, в яких набори каналів не повторюються, називається кластером (cluster). На рис. 1.1 його виділено товщою лінією. Величина K називається розміром кластера, а також частотним параметром системи, оскільки визначає максимально можливу кількість каналів N (без врахування їх повторного використання) та

загальну ширину частотної смуги F_c . З точки зору ефективності використання частотного спектра доцільно вибирати малі радіуси чарунок та розміри кластерів з урахуванням того, що захисний інтервал D в разі БС із ненаправленими антенами дорівнює $R \cdot K_3$. З іншого боку, зменшення параметра K обмежене вимогами до захисного інтервалу, а зменшення радіуса R призводить до збільшення частоти перетинання чарунок рухомими абонентами під час розмови, що може, у свою чергу, спричинити лавиноподібне зростання завантаженості керуючої системи мережі даними щодо перетинання РС меж чарунок. Тому в межах однієї системи можуть використовуватись чарунки та кластери різних розмірів, їх вибирають з урахуванням реальної електромагнітної обстановки та рельєфу місцевості.

Часто застосовують накладені чарунки - у такому разі мікро і навіть пікочарунки з радіусом 10...70 м обслуговують закриті приміщення (аеропорти, вокзали, гаражі, магазини тощо), а також РС, що рухаються повільно, а чарунки великих радіусів, які охоплюють цю ж територію, приймають навантаження від РС, що рухаються швидко. Такі структури стільникової мережі інколи називають зонтовими. В перспективі так буде побудована і глобальна система рухомого зв'язку.

У стільникових мережах часто має місце фіксований розподіл радіоканалів між БС, коли для кожної чарунки виділяється однакове їх число N_c . У такому разі важливо так розподілити канали, щоб по можливості зменшити міжканальну інтерференцію. Звичайно застосовують наступний принцип розподілу: j -й чарунці кластера призначають канали з номерами $j, j+K, j+2K, \dots, j+N_c K$. Фіксоване закріплення каналів має недоліки, викликані нестационарністю поділу активних РС на території мережі, а саме ймовірність втрат викликів зростає у чарунках, де з різних причин РС стає більше. Тому інколи для кожної чарунки крім N_c фіксованих виділяють ще деяку кількість каналів, які динамічно розподіляються між БС залежно від виниклої потреби. Такий, так званий, динамічний розподіл радіоканалів між БС суттєво знижує

ймовірність відмови у наданні радіоканалу РС, але вимагає наявності на БС додаткових, на весь час використаних прийомопередавачів.

Всі БС з'єднуються радіорелейними або кабельними лініями зв'язку з центром комутації стільникової мережі (ЦКСМ), який керує установленням і підтриманням сполучень РС між собою та з абонентами телефонної мережі загального користування (ТфМЗК), зокрема забезпечує перемикання з'єднання на іншу БС під час руху РС. Комутація і керування мережею можуть бути:

- централізованими, тобто зосередженими на ЦКСМ, як це показано на рис. 1.1;

- децентралізованими (ієрархічними) із установленням, наприклад, у кожному кластері спрощеної комутаційної станції, так званого контролера базових станцій (Base Station Controller), який обслуговує взаємні з'єднання РС у межах кластера та забезпечує вихід на ЦКСМ для всіх інших зв'язків;

- розподіленими, коли комутаційне і керівне обладнання установлюється безпосередньо на кожній БС.

Територію, що обслуговується одним ЦКСМ, як, наприклад, на рис. 1.1, називають зоною обслуговування ЦКСМ, а сукупність чарунок мережі, що мають спільну БС—зоною БС.

1.3 Огляд стану і напрямків розвитку мереж 3-го покоління

Сучасний етап розвитку телекомунікацій характеризується не тільки безперервним збільшенням числа користувачів, але і зростаючими вимогами до спектру послуг зв'язку. В даний час зросла необхідність в забезпеченні високо швидкісного інформаційного обміну між абонентами без обмеження свободи їх переміщення, забезпеченні передачі інформації будь-якого формату: звичайний телефонна розмова, комп'ютерні файли, факсимільні, мультимедійні та аудіовізуальні повідомлення, Internet-пакети, електронна пошта та ін.

Збільшений кількісний і якісний рівень запитуваних абонентами послуг неможливо забезпечити без значного підвищення швидкості передачі з

одночасним підвищенням спектральної ефективності систем стільникового зв'язку .

Мережі третього покоління (3G) відрізняються від систем другого покоління (2G), таких як, наприклад, GSM, і перехідного покоління (2,5G), таких як, наприклад, GPRS, EDGE - набагато більшою швидкістю передачі даних, а також більш широким і більш високою якістю надання послуг. Ці мережі забезпечують симетричну і асиметричну передачу даних, підтримку каналної і пакетної комутації для забезпечення таких сервісів як Internet Protocol (IP) і Real Time Video, високу ефективність використання спектра частот, можливість глобального роумінгу.

1.4 Етапи планування та оптимізації мережі по сукупності показників якості

В процесі створення і вдосконалення мережі стільникового зв'язку вирішуються дві нерозривно пов'язані завдання: планування мережі (попереднє і детальне), оптимізація мережі (перепланування за результатами експлуатації). При вирішенні цих завдань виконуються аналогічні операції і обчислення. Крім того, процеси планування і оптимізації мереж різних стандартів також схожі .

Планування мережі полягає в оцінці структури мережі (Network Layout), визначенні місць розміщення елементів радіоподсеті (Network Elements), визначенні висот і місць установки антен базових станцій мережі (Antenna Heights).

Оптимізація мережі передбачає аналіз даних верифікації (перевірки відповідності результатів планування параметрам існуючої мережі) і моніторингу, аналіз проблем, виявлених при експлуатації мережі (скарги клієнтів, даних про відмови та ремонтах мережі), вибір параметрів і критеріїв оптимізації, зміна (регулювання) параметрів, аналіз отриманих результатів на основі повторного моніторингу .

Оптимізація відрізняється від планування тим, що вона:

- по-перше, виконується при розробленому частотно-територіальному покритті;
- по-друге, ґрунтується на результатах проведених драйв-тестів і технічного аудиту параметрів мережі в проблемних зонах обслуговування;
- по-третє, її цілями є: підвищення ефективності використання мережевих і радіоресурсів, забезпечення рівномірного розподілу навантаження в мережі, поліпшення параметрів якості послуг.

Умовно процес оптимізації можна поділити на наступні етапи:

- тестування основних параметрів мережі безпосередньо на місцевості: як на відкритих просторах, так і в середині приміщень;
- отримання даних з різних систем: а також даних по вимірних параметрах якості мережі на певних стільниках базових станцій, за певні одиниці часу (дані з контролерів, які обслуговують базові станції-BSC);
- аналіз всіх отриманих даних, планування заходів щодо оптимізації на певному фрагменті мережі;
- безпосереднє проведення робіт з оптимізації мережі.

Етапи процесу оптимізації мережі стільникового зв'язку представлені на рисунку 1.2..

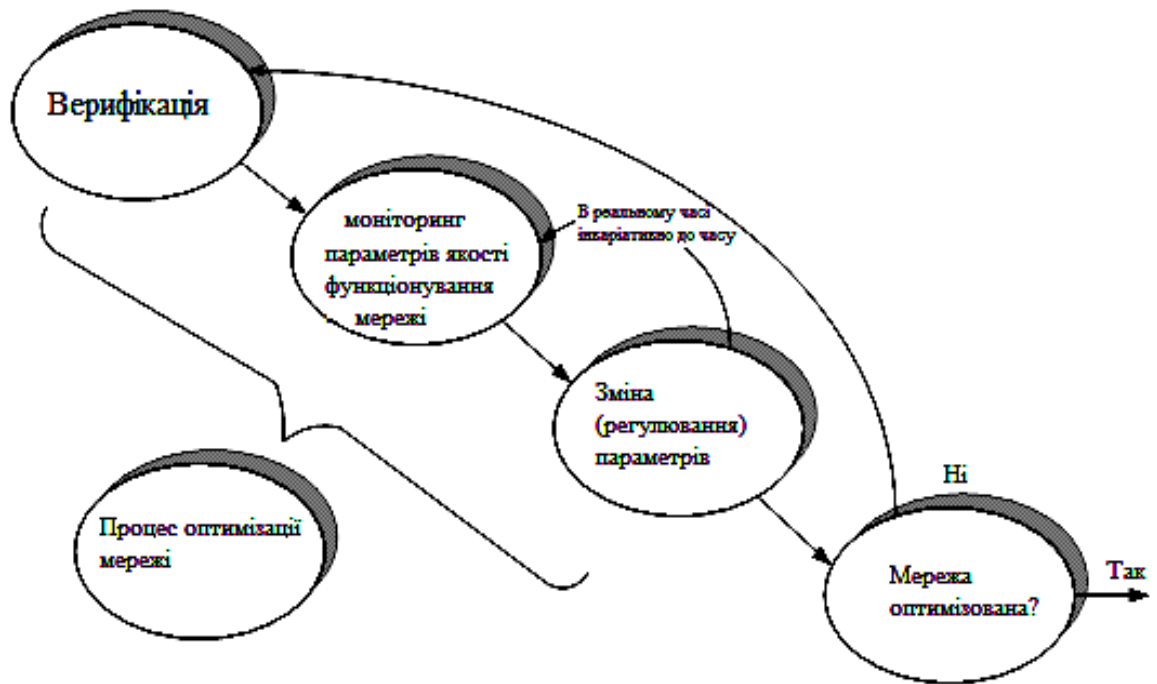


Рисунок 1.2 - Етапи оптимізації мережі стільникового зв'язку

Верифікація передбачає контроль наступних основних даних:

- координат розміщення базових станцій;
- зони обслуговування базових станцій;
- зони хендовера;
- списків частот для сот;
- типів і параметрів приймачів базових станцій (потужність випромінювання, чутливість);
- типів і параметрів антен (коефіцієнта посилення, діаграми спрямованості);
- кількості приймачів на антену;
- координат розміщення антен;
- параметрів розміщення антен (кутів нахилу, азимутів, висоти установки, характеристик антенно-фідерного пристрою).

Моніторинг мережі за допомогою ІАПК дозволяє оцінити радіопокриття і параметри якості функціонування мережі для перевірки їх відповідності результатам детального планування і виявлення проблемних ділянок («вузьких місць»).

Оптимізація передбачає різні види перепланування мережі на основі даних, отриманих в результаті верифікації та моніторингу. При цьому параметри мережі змінюються (оптимізуються) відповідно до обраних завданнями і критеріями. Наприклад, завданнями оптимізації можуть бути:

- перерозподіл трафіку мережі;
- підвищення ефективності використання радіочастотного спектру за рахунок частотно-територіального перепланування.
- мінімізація втрат покриття в зонах обслуговування через вплив шумових перешкод;
- збільшення зони обслуговування;
- поліпшення параметрів хендовера;
- підвищення якості окремих або сукупності послуг;
- використання суміщених стандартів в мережі і т.д.

Важливим елементом підвищення ефективності мереж є поліпшення алгоритму управління потужністю. Особливість алгоритму полягає в швидкому управлінні потужністю випромінювання з високою точністю. Через неякісний управління потужністю абонентські термінали, розташовані поблизу базової станції, можуть «придушити» більш віддалені від неї АТ, тобто заблокувати їх, а, отже, зменшити зону покриття .

Перший етап процесу оптимізації це визначення основних показників роботи. Вони складаються з вимірів в системі управління мережею і даних експлуатаційних вимірювань або будь-який інший інформації, яку можна використовувати для визначення якості обслуговування мережі. За допомогою мережі управління мережею можна аналізувати минулий, справжню і прогнозовану майбутню роботу мережі.

Характеристику алгоритмів управління радіоресурсами і їх параметри можна аналізувати, використовуючи основні робочі показники. В алгоритми управління радіоресурсами входять хендовери, управління потужністю, планування передачі пакетів, управління доступом і навантаженням.

Аналіз якості мережі розраховується для того, щоб дати оператору уявлення про якість і характеристики роботи мережі. Аналіз якості та узагальнення результатів полягає в плануванні експлуатаційних вимірювань і вимірювань мережі управління мережею. Після того, як були встановлені критерії якості обслуговування і проаналізовані дані, можна скласти звіт-огляд.

Автоматична оптимізація буде важлива в мережах 3-го покоління, оскільки існує більше послуг і бітових швидкостей, ніж в мережах 2-го покоління, а оптимізація вручну зажадає занадто багато часу на її виконання. Автоматичне управління забезпечуватиме швидкий відгук на зміну умов трафіку в мережі.

З метою забезпечити якісні послуги мобільного зв'язку, провідні оператори застосовують методи математичного та комп'ютерного моделювання. Найбільш ефективним інструментом автоматизації процесу оптимізації (ССЗ) є геоінформаційні технології. Прикладом реалізації ГІС-технологій для вирішення прикладних завдань в галузі телекомунікацій є програмні комплекси (ПК) планування та оптимізації (ССЗ).

1.5 Підвищення якості послуг

Завдання, що стосується якості послуг ретельно представлено у державному стандарті [9].

Види послуг РМЗ відповідно до [10] та ETSI TS 102250-2 [11] наведені на рисунку 1.3.

Показники та параметри послуг (ППЯ).

1,5.1. Модель визначення ППЯ послуг .

1). Сукупність ППЯ послуг повинна відображати всі основні критерії якості взаємодії РАО з телекомунікаційною мережею та споживача з телекомунікаційною послугою як товаром, що надає ОПТ.

Критерії ЯП з погляду споживача відповідно до ETSI TS 102250-1 наведені на рисунку 1.4

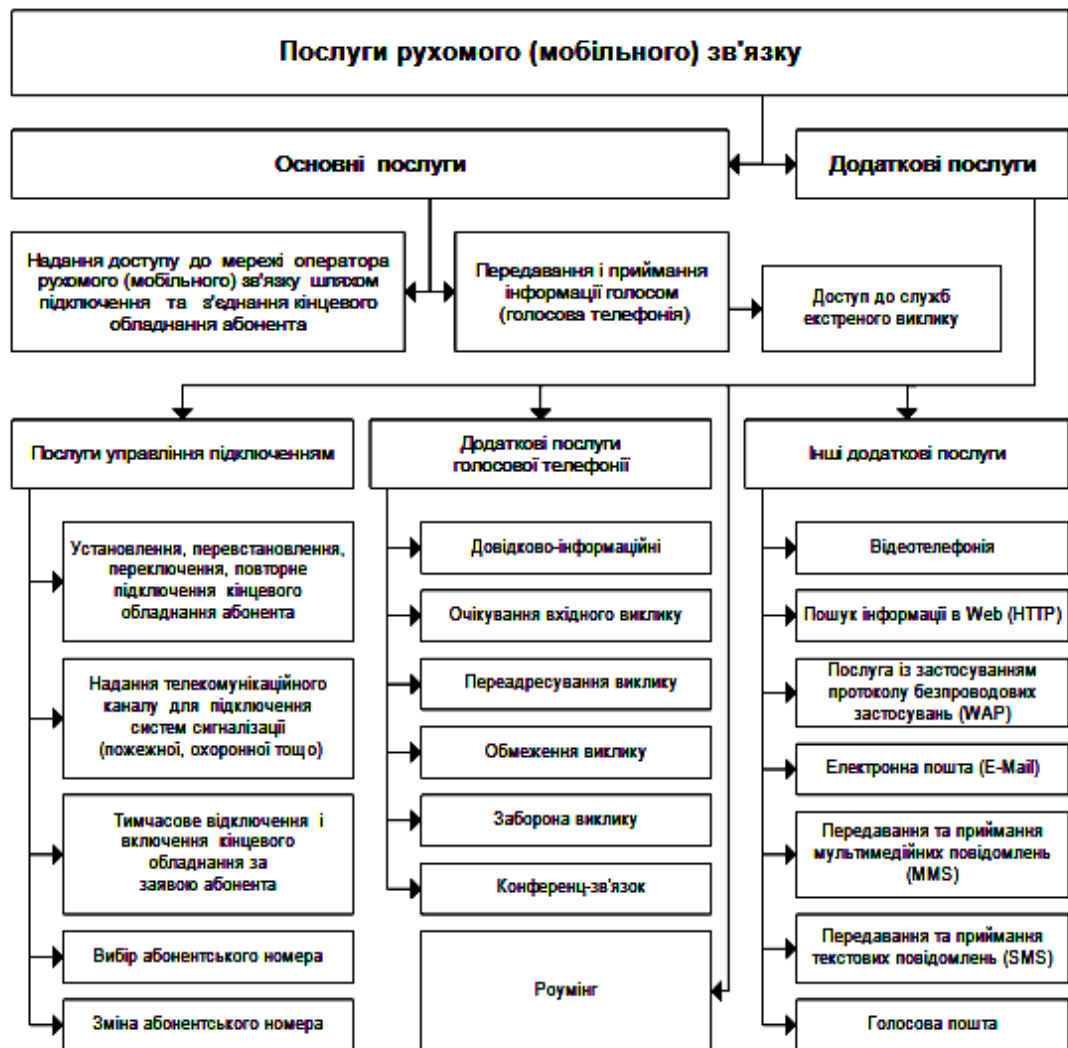


Рисунок 1.3 Види послуг рухомого мобільного зв'язку (PM3)



Рисунок 1.4 — Критерії ЯП з погляду споживача

2). Характеристики критеріїв ЯП:

–придатність мережі (Network Availability) – здатність мережі забезпечити запропонування споживачеві послуги PM3;

–доступність мережі (Network Accessibility) – здатність мережі забезпечити споживачу (абоненту) після запиту одержати сигнал готовності, при якому є можливість виконати успішну реєстрацію в PLMN;

–доступність послуги (Service Accessibility) – здатність послуги надати можливість споживачу за його бажанням як можна швидко скористатися замовленою послугою;

–повноцінність послуги (Service Integrity) – здатність послуги забезпечити встановлену якість під час її використання;

–безперервність послуги (Service Retainability) –датність послуги бути наданою без перерв впродовж необхідного проміжку часу.

Оптимізація послуг стільникового зв'язку дозволяє домогтися:

- підвищення ефективності використання наявних ресурсів без розширення матеріально-технічної бази і збільшення витрат;
- створення більш прибутковою системи з оптимальними характеристиками;
- підвищення рівня обслуговування клієнтів співробітниками компанії-оператора, завдяки проведенню внутрішнього аудиту.

1.6 Моніторинг як засіб управління якістю послуг

Під моніторингом розуміється процес збору інформації про стан контрольованих об'єктів, а також аналізу і обробки одержуваної інформації в інтересах різних керуючих систем і персоналу, що обслуговує мережу і приймає рішення.

Система моніторингу - це інформаційна система, орієнтована на реалізацію процесу збору, аналітичну обробку та подання інформації в зручному для сприйняття вигляді. Функції моніторингу щодо сприяння оператору:

- пошук несправностей в мережі;
- контроль функціонування мережі;

- оптимізація мережі;
- введення в дію нових компонентів мережі, нових продуктів і послуг;
- гарантія якості послуг, що надаються;
- скорочення часу виходу на ринок нових послуг;
- скорочення відтоку абонентів;
- спостереження за абонентською базою;
- робота з усунення скарг абонентів;
- виявлення шахрайства;
- оцінка якості міжоператорської взаємодії;

Моніторинг основних технічних показників:

- навантаження загальне і первинне (голос і ПД)
- кількість з'єднань: всього і успішних (голос і ПД)
- неуспішні з'єднання: з вини р / інтерфейсу або системних збоїв
- обсяги трафіку і середні швидкості ПД «вгору» і «вниз» і т.д.

Вихідні дані для контролю якості мережі:

- моніторинг та аналіз основних параметрів якості мережі;
- драйв - тести • аналіз скарг абонентів
- дослідження роботи абонентського обладнання

Аналіз якості роботи мережі здійснюється в реальному часі на основі вихідних даних і включає в себе статистичну обробку і генерацію звітів.

1.7 Оптимізація мережі UMTS

Оптимізація мережі - процес поліпшення якості всієї мережі, що сприймається мобільними абонентами, і гарантії того, що ресурси мережі використовуються ефективно. В оптимізацію входять аналіз мережі та поліпшення конфігурації, і роботи мережі. Перехід від докладного аналізу пропускної спроможності і зони обслуговування до роботи і оптимізації мережі проходить плавно. Статистичні дані від основних робочих індикаторів для діючої мережі подаються в засіб аналізу стану мережі, а параметри управління

радіоресурсами можна регулювати для поліпшення якості роботи. Прикладом параметра оптимізації є оптимізація зони м'якого хендовера. Засіб аналізу стану мережі може бути невід'ємною частиною методики планування радіомережі. Зростання трафіку в мережі вимагає безперервного взаємодії методики планування і діючої мережі. Аналізується можливість наявної мережі підтримувати зростання прогнозованого трафіку, і план радіомережі можна надалі вдосконалювати, ґрунтуючись на фактичних даних вимірів.

Перший етап процесу оптимізації - це визначення основних показників роботи. Вони складаються з вимірів в системі управління мережею і даних експлуатаційних вимірювань або будь-який інший інформації, яку можна використовувати для визначення якості обслуговування мережі. За допомогою мережі управління мережею можна аналізувати минулий, справжню і прогнозовану майбутню роботу мережі.

Характеристику алгоритмів управління радіоресурсами і їх параметри можна аналізувати, використовуючи основні робочі показники. В алгоритми управління радіоресурсами входять хендовери, управління потужністю, планування передачі пакетів, управління доступом і навантаженням.

Аналіз якості мережі розраховується для того, щоб дати оператору уявлення про якість і характеристики роботи мережі. Аналіз якості та узагальнення результатів полягає в плануванні експлуатаційних вимірювань і вимірювань мережі управління мережею. Після того, як були встановлені критерії якості обслуговування і проаналізовані дані, можна скласти звіт-огляд. Для систем 3-го покоління з великою різноманітністю послуг слід розробити нові визначення якості обслуговування для аналізу якості.

Автоматична оптимізація буде важлива в мережах 3-го покоління, оскільки існує більше послуг і бітових швидкостей, ніж в мережах 2-го покоління, а оптимізація вручну зажадає занадто багато часу на її виконання. Автоматичне управління забезпечуватиме швидкий відгук на зміну умов трафіку в мережі.

1.7.1 Програмні комплекси планування и оптимізації мереж стільникового зв'язку

В даному розділі розглядаються програмні комплекси планування і оптимізації мереж стільникового зв'язку. Проаналізовано основні можливості відомих комплексів планування і оптимізації мереж стільникового зв'язку. Розглянуто більше детально програмний комплекс ONEPLAN RPLS а також TEMS CellPlanner Universal.

1.7.2 Аналіз можливостей відомих комплексів планування і оптимізації мереж стільникового зв'язку

- 1) Розробка бізнес-плану, що включає формування цілей планування / оптимізації, оцінку необхідних інвестицій, часу реалізації та окупності.
- 2) Аналіз (уточнення) щільності розподілу трафіку в регіоні і визначення вимог до зони покриття.
- 3) Формування (модернізація) топології мережі, уточнення моделі трафіку, прогнозування зони покриття, розробка частотно-територіального плану (ПТП) та транспортної підмережі мережі.
- 4) Обстеження обраних позицій установки базових і радіорелейних станцій.
- 5) Проектно-пошукові роботи.
- 6) Розробка системного проекту мережі.
- 7) Будівництво (модернізація) мережі.
- 8) Тестування і налаштування основних параметрів якості функціонування мережі.
- 9) Здача мережі (елементів мережі) в експлуатацію.
- 10) Надання послуг на комерційній основі.
- 11) Моніторинг статистичних параметрів функціонування мережі.

12) Подальша оптимізація топології і параметрів якості функціонування мережі. В процесі розвитку мережі стільникового зв'язку, з введенням нових фрагментів або елементів в її структуру, етапи багаторазово повторюються.

З метою забезпечити якісні послуги стільникового зв'язку, провідні оператори застосовують методи математичного та комп'ютерного моделювання. При цьому основною перешкодою є труднощі формалізації вихідних даних для формування універсальної просторово-часової моделі умов функціонування мережі.

Найбільш ефективним інструментом автоматизації процесу оптимізації мереж стільникового зв'язку є геоінформаційні технології, що пройшли в своєму розвитку шлях від вузькоспеціалізованих способів і методів обробки цифрової картографічної інформації до високорозвинених програмних засобів, які називаються геоінформаційними системами (ГІС). Геоінформаційні технології (ГІС-технології) представляють собою сукупність засобів і методів обробки даних, що мають просторовий аспект і забезпечують отримання інформації в необхідному вигляді. Геоінформаційні технології включають в себе дві взаємопов'язані області:

- моделювання просторових даних (тобто визначення координат і топології реальних об'єктів, створення і оновлення електронних карт);
- використання просторових даних в прикладних розрахунково-аналітичних задачах для кількісного обґрунтування прийнятих рішень.

Спеціальні ГІС складаються з програмного та інформаційного компонентів. Програмний компонент містить сервісні та розрахункові програми для введення просторових і описових даних, їх обробки і виведення результатів; інформаційний компонент - електронну (цифрову) карту місцевості і об'єктно-орієнтовану базу даних, яка міститиме відомості з усіх істотних аспектів проектованої мережі стільникового зв'язку.

Геоінформаційні технології надають унікальну можливість трансформації аналітичного апарату моделювання складних систем з області переважно імовірнісних величин в область переважно детермінованих. Іншими словами, ГІС-технології дозволяють формувати моделі з урахуванням реальних просторово-розподілених параметрів середовища функціонування, зовнішніх і внутрішніх впливів. Дані моделі є адекватними навколишньому середовищі і забезпечують отримання більш достовірної оцінки, ніж усереднено-статистичні.

Прикладом реалізації ГІС-технологій для вирішення прикладних завдань в галузі телекомунікацій є програмні комплекси (ПК) планування та оптимізації мереж стільникового зв'язку. Оператори зв'язку використовують ПК як імпортного, так і вітчизняного виробництва. До найбільш відомих ПК відносяться програмні продукти наступних фірм:

- AIRCOM Int. (Великобританія). Пропонує програмне забезпечення ASSET Enterprise, що складається з основних модулів: ASSET3G - радіопланування, ILSA - автоматизованого розподілу частот, CONNECT - планування радіорелейних інтервалів, DIRECT - планування транспортної мережі, ADVANTEG - автоматизованого планування сот.

- ERICSSON (Швеція). Пропонує програмні продукти: TEMS CellPlanner Universal - радіочастотного планування, TEMS Link-Planner - планування радіорелейних інтервалів, Planet EV - планування і оптимізації радіорелейних мереж.

- Forsk (Франція). Пропонує багатофункціональний програмний продукт радіочастотного планування і розрахунку радіорелейних інтервалів Atoll Core.

- Agilent Technologies (США). Пропонує програмні продукти: WIZARD - радіопланування, CellOpt AFP - радіочастотного планування, CellOpt ACP - планування сот і OPAS32 - мережевий аналізатор.

- Nokia (Фінляндія). Пропонує програмний продукт Nokia NetAct Planner, що дозволяє вирішувати завдання розрахунку покриття, радіочастотного планування та інтервалів радіорелейного зв'язку.

- ЛОНИИР (Санкт-Петербург). Пропонує САПР «Балтика», що включає підсистему радіочастотного планування мереж стільникового зв'язку «Балтика-СПС» з додатковим модулем «Балтика-ЕМС» і підсистему розрахунку радіорелейних ліній зв'язку «Балтика-РРЛ».

- Центр комп'ютерних технологій «Силикон-Телеком Софт» (м. Зеленоград). Пропонує систему RPS-2, що дозволяє виконувати розрахунки покриття мережі стільникового зв'язку і радіорелейних інтервалів.

- ИнфоТел (Санкт-Петербург). Надає версії програмного комплексу планування мереж стільникового зв'язку: ONEPLAN RPLS (робоче найменування ONEGA), що забезпечує розрахунок покриття, автоматичне калібрування моделей розрахунку за даними вимірів, автоматизоване формування частотного плану і розрахунок радіорелейних інтервалів; ONEPLAN RPLS-CDMA для планування мереж зв'язку з кодовим поділом каналів; ONEPLAN RPLS-DB Link для планування радіорелейних інтервалів, ліній і мереж зв'язку.

1.7.3 Призначення програмного комплексу ONEPLAN RPLS

Основним призначенням ПК ONEPLAN RPLS є автоматизація розробки з використанням ГІС-технології технічно і економічно обгрунтованих планів розвитку мереж стільникового зв'язку 2G / 3G, мереж транкінгового та пейджингового зв'язку, мереж ТБ і радіомовлення діапазону УКВ, розрахунку радіорелейних інтервалів і ліній, оцінки електромагнітної сумісності угруповання інтервалів і ліній радіорелейного зв'язку.

Функціональні можливості ONEPLAN RPLS найбільш повно реалізуються при плануванні мереж стільникового зв'язку. Програмний комплекс дозволяє підвищити оперативність і обгрунтованість рішень, що

приймаються при проектуванні, розвитку і експлуатації регіональних мереж, а також сформувані раціональні структурно-топологічні та технічні характеристики мереж. Користувач програмного комплексу отримує раціональний проект, в якому топологічна структура і технічні параметри мережі стільникового зв'язку забезпечують мінімальні витрати апаратного і частотного ресурсів при задоволенні потреб абонентів у послугах зв'язку заданої якості. Процес формування раціонального проекту мережі стільникового зв'язку базується на методі послідовного аналізу різних варіантів побудови структури мережі, кожен з відповідними наборами параметрів якості функціонування мережі.

Автоматизація мережі планування мереж стільникового зв'язку в програмному комплексі реалізована на основі аналізу послідовності завдань, які розділені на три рівні, спільно впливають на підсумкове час розрахунків і розрізняються алгоритмами прийняття рішення.

Верхній рівень: визначення складу і чисельних значень керованих параметрів (місць розміщення і режимів роботи базових станцій), зовнішніх факторів (які заважають радіоелектронних засобів і умов поширення радіохвиль), а також цілей і критеріїв розрахунків.

Середній рівень: вибір і реалізація правила (послідовності) перебору керованих параметрів, які враховуються зовнішніх факторів.

Нижній рівень: обчислення параметрів якості функціонування мережі стільникового зв'язку.

Залежно від поставленого завдання, тимчасових і вартісних обмежень користувач програмного комплексу може оцінити ефективність прийнятих рішень за трьома взаємозалежним глобальними показниками планування - оперативності, адекватності та вартості (рис. 3.3). Якщо потрібно в стислі терміни не тільки прийняти рішення, наприклад щодо модернізації мережі, а й реалізувати його, то можна використовувати спрощені процедури: розрахунку, і тим самим підвищити оперативність прийнятих рішень. Однак в даному випадку доведеться пожертвувати точністю розрахунків, тобто погіршиться

адекватність прийнятих рішень. І навпаки, якщо потрібно детально пропрацювати питання вдосконалення мережі стільникового зв'язку, тобто отримати достовірне і адекватне рішення, доведеться використовувати більш точні методи розрахунку параметрів якості функціонування мережі. В цьому випадку витрачається значний часовий ресурс, а значить, погіршується оперативність. Вартість кожного рішення повинна оцінюватися індивідуально.

1.8. Завдання планування і оптимізації мереж мобільного зв'язку покоління 4G

Процес оптимізації тісно пов'язаний з процесом планування розвитку мережі. Обидва процеси з самого початку побудови мережі РПЗ існують безперервно. Їх послідовність відображена на рисунках 1.5, 1.6.

Взаємозв'язок чинників, що враховуються при плануванні і оптимізації мереж зв'язку



Рисунок 1.5 Взаємозв'язок чинників щодо планування та оптимізації мережі

Взаємозв'язок показників якості планування і оптимізації мереж зв'язку

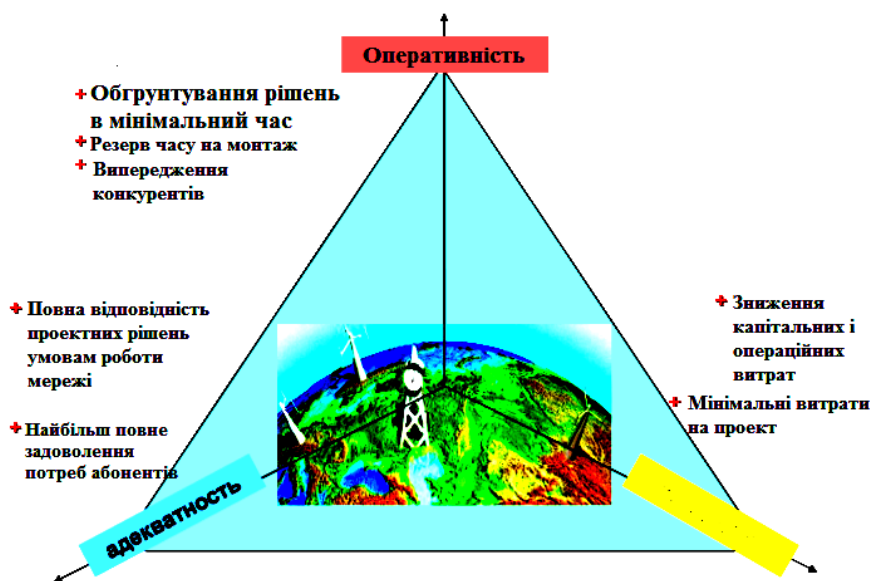


Рисунок 1.6 Взаємозв'язок показників якості щодо планування та оптимізації мережі

Щодо методів вирішення основних задач оптимізації вони відображені на рисунках 1.7, 1.8.

Методи вирішення задач синтезу (пошуку "найкращих" або "відповідних" значень керованих параметрів) оптимізованої частини мережі

1. "Синтез через аналіз" - покроковий перебір керованих параметрів ($m = AP_{var}$) з контролем результатів прямого розрахунку показників якості ($Q = KPI_{var}$) на кожному кроці до моменту отримання прийнятного (оптимального або необхідного) результату ($AP_{opt} \rightarrow KPI_{opt}$)



Рисунок 1.7 Метод вирішення задач синтезу через аналіз

2. "Безпосередній синтез" зворотній розрахунок оптимальних (необхідних) значень керованих параметрів ($m = AP_{opt}$) на основі заданих оптимальних (необхідних) значень показників якості ($\max Q \mid Q_{tr} = KPI_{opt}$)



Рисунок 1.8 Метод «безпосереднього» синтезу

Поява і розвиток різних технологій (GSM, UMTS, LTE) привела до створення складної взаємопов'язаної структури, спільне управління і оптимізація якої для надання якісних послуг оператором стає усе більш непростим завданням,

Одним з розповсюджених методів вирішення задач оптимізації є моделювання мережі – рисунок 1.9.

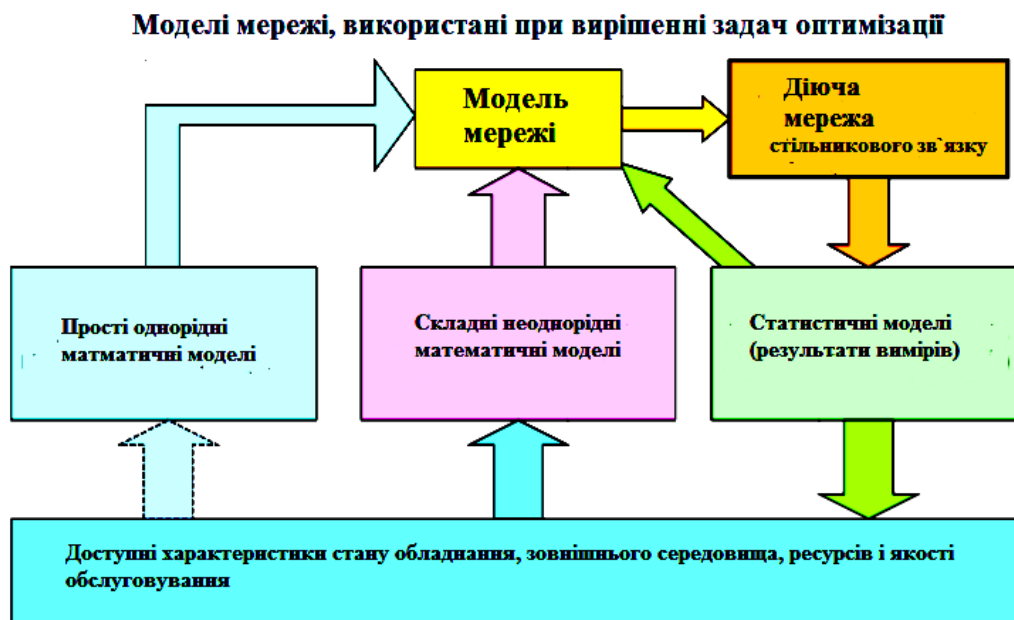


Рисунок 1.9 Методів вирішення задач оптимізації шляхом моделювання мережі

1.9. Оптимізація структури наземної мережі для стільникових мереж 2G і 3G і супутникових мереж зв'язку

1.9.1 AbisXtender - нова концепція магістрального каналу для підключення базової станції, призначена для операторів GSM зв'язку.

Лінійка Memotec AbisXtender

Використання даної технології дозволить операторам відмовитися від використання дорогих і малоефективних цифрових T1 / E1 магістральних ліній. Оператор зможе використовувати ту ширину смуги пропускання яка необхідна для кожного вузла мережі і буде отримувати вигоди в частині вартості експлуатації, гнучкості розгортання і повернення інвестицій.

Ключові переваги

- Найбільша ефективність використання смуги пропускання
- Максимальне зниження операційних витрат
- Оптимальна архітектура мережі RAN: зниження капітальних витрат
- Сертифіковано усіма основними GSM вендорами: легкість розгортання
- Глобальна доступність: можливість досягнення 100% покриття

послугами

- Гнучкість: здійснення вкладень в міру зростання

Ключові функції

- Зниження обсягу передачі по мережі RAN до 4: 1
- Дієвий менеджмент смуги пропускання
- Прозорість сервісів 2G, 2.5G, 3G
- Вбудований засіб моніторингу трафіку

AbisXtender забезпечує зниження операційних витрат, зокрема в разі, коли середня величина завантаження RAN мережі низька, як в слабо населених і важкодоступних районах. Наприклад, сільський регіон покритий 30 базовими станціями, оснащеними 3 трансиверами (TRX). В даному випадку, пропускна здатність зв'язку буде в кількості 720 Erlang, тобто 24 Erlang на станцію. Але за умови реального трафіку в години пік в розмірі 8 Erlang на одну базову

станцію, пропускна здатність необхідна для передачі по мережі RAN становить всього 240 Erlang. При використанні AbisXtender, існує потенційна можливість триразової економії операційних коштів.

1.9.2 Додаткові можливості при використанні AbisXtender

Застосування AbisXtender забезпечує операторам GSM зв'язку і постачальникам послуг додаткові можливості для розширення бізнесу. При використанні AbisXtender вартість магістральних каналів для RAN мережі прямо пропорційна ефективному трафіку від BTS або кількості Erlang, що забезпечує:

- Розгортання послуг GSM в важкодоступних регіонах або регіонах з низьким ARPU, з пониженням загальної вартості розгортання цих послуг.
- Підключення віддалених BTS, коли інші традиційні магістральні рішення або занадто дорогі, або складні в застосуванні.
- Розгортання нових сервісів (наприклад, EDGE) або покриття сервісами на важкодоступних територіях, для яких важко зробити оцінку доходу і потрібно знизити операційні витрати, використовуючи стратегію «плати в міру зростання».
- Можливість резервування з'єднання з BTS для критичних точок.

1.9.3 Мережеві рішення на базі AbisXtender

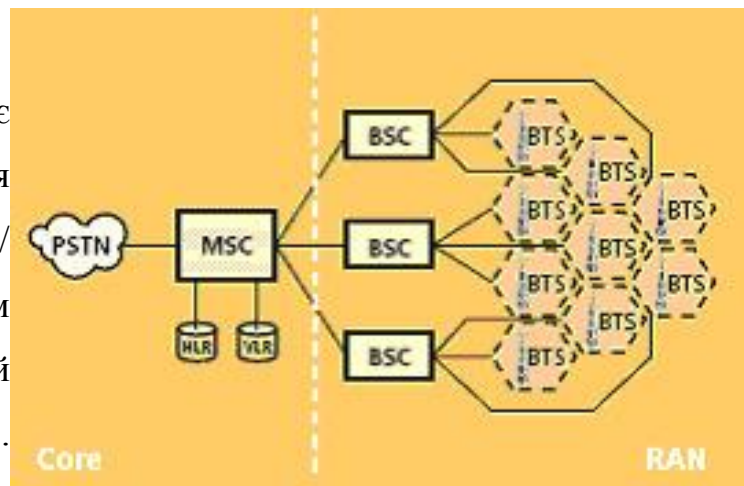
Використання AbisXtender дозволяє операторам зв'язку реалізувати різноманітні моделі інноваційних сервісів як для мобільних послуг, так і для послуг бездротового широкосмугового доступу. AbisXtender пропонує унікальне магістральне рішення будь то розгортання послуг 2.5G EDGE, співіснування 2G і 3G базових станцій, приєднання WiFi хот-спотів до вузла базової станції або об'єднання сервісів бездротового доступу GSM і WiMAX. Постачальники послуг так само можуть використовувати можливості AbisXtender з розділення смуги пропускання для реалізації конкурентних послуг по магістральному пропуску трафіку GSM операторів. Використання технології AbisXtender на супутникових каналах, забезпечує побудова унікальних рішень, таких як забезпечення глобального доступу, при

використанні на рухомих об'єктах, наприклад, на круїзних судах. Рішення на базі AbisXtender сумісно з технологією Memotec для голосової компресії - DCME, що дозволяє побудувати повне рішення для оптимізації транспортних каналів на всьому їх протязі.

Рисунок 1.10 Безшовність і прозорість

1.9.4 Безшовність і прозорість

AbisXtender забезпечує безшовне і прозоре з'єднання безлічі базових станцій 2G / 2.5G і 3G GSM з центральним контролером базових станцій (BSC) через супутники. Рішення Memotec AbisXtender



працює, не зачіпаючи каналний рівень (RLC), з мінімальною затримкою (<10ms) і тому гарантує 100% інтероперабельність і прозорість (Рис.1.10).

1.9.5 Нові можливості для постачальників послуг супутникового зв'язку

Супутниковий зв'язок є найкращим засіб для швидкого підключення маленьких, віддалених і розосереджених поселень. Високі експлуатаційні витрати, пов'язані з використанням транспондера, знижують прибутковість такого способу розгортання, обмежуючи його використання специфічними потребами і тимчасовим наданням послуг.

За рахунок значного зниження витрат на супутникові канали для підключення базових станцій GSM і за рахунок можливості застосування нових моделей надання сервісу, заснованих на реальній завантаженні, Memotec AbisXtender дозволяє використовувати супутникові канали в якості стандартного рішення для реалізації повсюдного надання послуг. Це рішення так само відкриває нові бізнес можливості такі як послуги резервування, заміна дорогих орендованих ліній, MVNO і морські системи «корабель-берег».

1.9.6 Технологія(рис. 1.11)

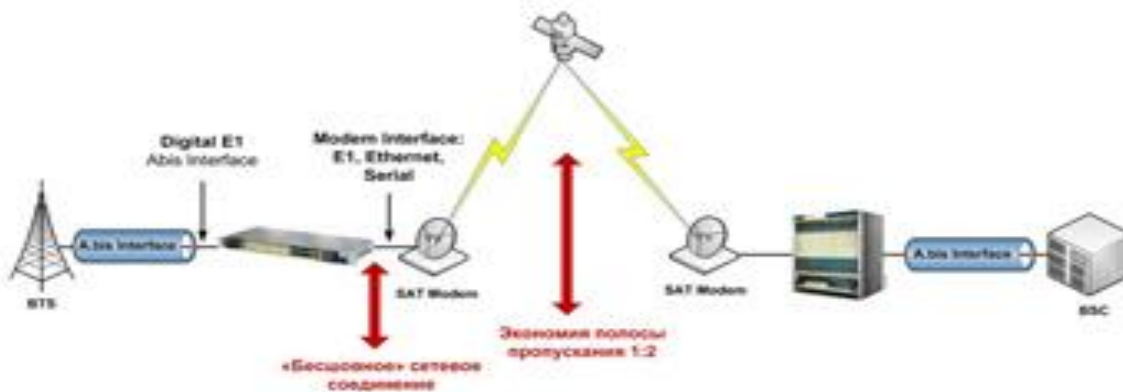


Рисунок 1.11 Технологія

AbisXtender забезпечує безшовне і прозоре підключення великої кількості базових станцій 2G і 2.5G GSM з контролером базових станцій по T1 або E1 Abis інтерфейсів, при збереженні доступності абонентам всіх звичайних сервісів, таких як голос, смс, факс / модем і GPRS / EDGE. Устаткування Memotec може підключатися безпосередньо з BTS або групі BTS, пов'язаних через РРЛ.

AbisXtender представляє 2 функції:

- Оптимізує та об'єднують в пакети трафік Abis інтерфейсів, дозволяючи підключати BTS до магістральної IP мережі (IP-RAN), в той же час, знижуючи завантаження від Abis трафіку в середньому на 50%;
- мультиплексує і передає потоки трафіку від безлічі BTS вузлів через єдиний супутниковий магістральний IP-RAN канал.

1.9.7 Оптимізація Abis інтерфейсу (Рис. 1.12)

AbisXtender надає можливість детального моніторингу мультиплексування цифрових Abis E1/T1 інтерфейсів і генерування пакетів трафіку, прямо пропорційного кількості активних дзвінків, і використовуваних каналів передачі даних (EDGE, GPRS). Оптимізація досягається шляхом видалення порожніх і надлишкових фреймів, а також статистичного ущільнення трафіку активних дзвінків і сигнального трафіку Abis.

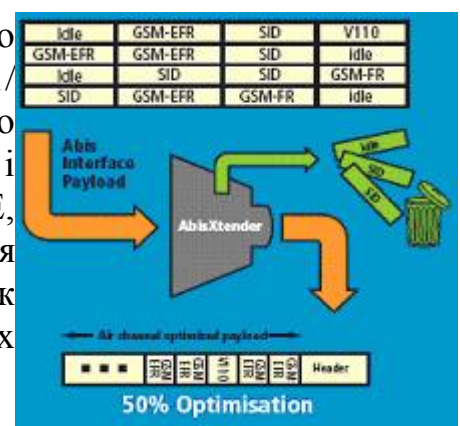


Рисунок.1.12 Оптимізація Abis інтерфейсу

1.9.8 Мультиплексування супутникової магістралі IP-RAN

AbisXtender забезпечує розділяється смугу пропускання від центру до віддалених вузлів дозволяючи досягати меншого загального значення ширини смуги пропускання при виділенні BTS смуги на вимогу, в порівнянні з сумарною пропускну здатністю, необхідної при виділенні фіксованого мінімально необхідної смуги для надання послуг GSM приходять від усіх BTS.

Такий поділ ресурсів можливо тільки за умови що AbisXtender використовує змінний IP-трафік, який прямо пропорційний кількості використовуваних активних каналів трафіку (голос, дані).

AbisXtender може бути реалізований з використанням модемних технологій SCPC або TDMA / DAMA:

1. У режимі SCPC зворотний канал постійно виділений і призначений для кожного вузла.

2. У режимі TDMA / DAMA, смуга пропускання зворотного каналу виділяється на вимогу в залежності від поточної завантаження із загальної ємності, доступною всім BTS.

1.9.9 Вбудований датчик моніторингу трафіку

Для підвищення ефективності використання AbisXtender і управління якістю наданих сервісів, операторам GSM і постачальникам послуг важливо знати і розуміти природу трафіку, що проходить через кожен Abis інтерфейс. Програмний датчик CXMON, вбудований в обладнання Memotec, дозволяє оператору проводити точний моніторинг кожного Abis інтерфейсу, виводити в графічному вигляді інформацію про різні типи трафіку (сигналізація, голос, дані) в реальному масштабі часу і аналізувати продуктивність AbisXtender. Це дозволяє операторам GSM контролювати якість сервісу, що надається за допомогою магістральний мереж і проводити тонке налаштування параметрів мережі для досягнення оптимальної вартості використання.

Постановка задач дослідження.

1. Сформулювати етапи оптимізації мережі по сукупності показників якості.
2. Визначити параметри мережі, що досліджується.
3. Визначити максимальну дальність зв'язку при різних умовах.
4. Сформулювати основні напрями оптимізації стільникової мережі.
5. Провести вимірювання щодо характеристики радіо покриття.

6. Визначити оптимальне місце розташування додаткової БС для підвищення якості обслуговування абонентів.

1.1.10 Висновки до першого розділу

Розглянуті питання оптимізації мереж мобільного зв'язку різних поколінь з урахуванням їх особливостей;

- розглянуто загальний порядок проведення заходів щодо оптимізації мереж,
- розглянуто обладнання для тест-драйву.

РОЗДІЛ 2. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика районного центру – об'єкту дослідження

Новомосковськ - місто в Дніпропетровській області України, районний центр Новомосковського району. Він розташований на березі річки Самари, у лівій притоці річки Дніпро, в 28 км від м. Дніпро. Територія Новомосковська складає 36 кв.км., чисельність населення близько – 70 тис. чоловік.

Карта Новомосковська з відміченими на ній базовими станціями мобільного зв'язку (BS) зображена на рисунку 2.1

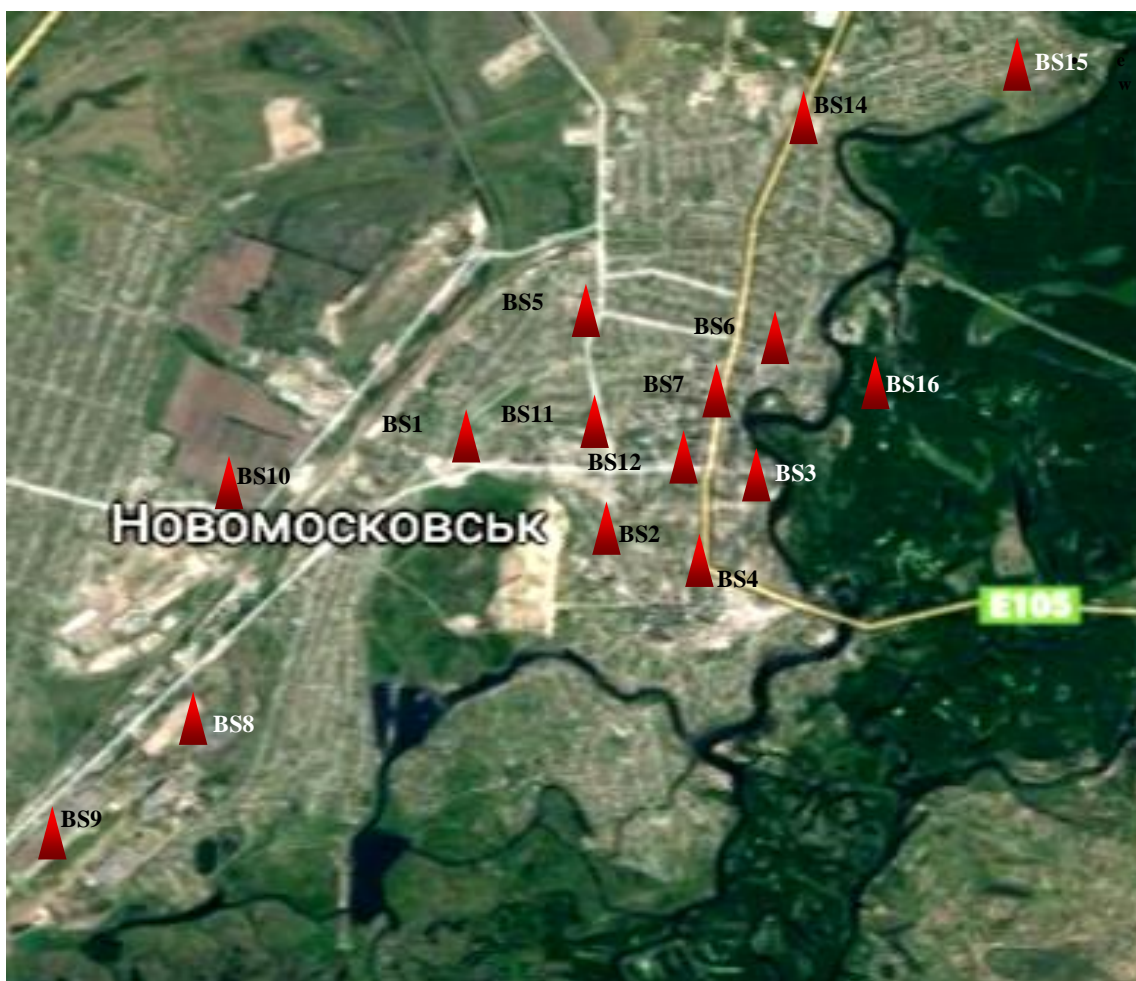


Рисунок 2.1 Карта Новомосковська з базовими станціями мобільного зв'язку

2.2 Основні параметри системи стільникової мережі

Основою досліджень щодо вдосконалення будь-якої методики є розрахунок, проведений за існуючою методикою. З цією метою для об'єкту досліджень проведено розрахунок числа базових станцій мобільного зв'язку (БС) на основі значень навантажень в умовах м. Новомосковська і визначені параметри мережі, використовуючи модель розповсюдження радіохвиль Окамури-Хати для умов «квазіплоского» міста.

Розрахунок необхідного числа БС проводиться в кілька етапів. На першому етапі розраховуються основні параметри, необхідні при частотно-територіальному плануванні мережі м Новомосковська – (рис 2.1), тобто потрібно визначити:

- просторові параметри;
- територію обслуговування;
- кількість абонентів мережі;
- навантаження на мережу;
- відсоток відмов в ЧНН;
- необхідну кількість радіоканалів;
- параметри базових станцій;
- розрахунок розміру стільника.

2.2.1 Визначення просторових параметрів мережі

Розрахунок параметрів мережі стільникового рухомого зв'язку починається з прогнозування передбачуваного навантаження, тому питання про навантаження в соті (і в цілому у всій мережі) є ключовим. Правильний розрахунок навантаження робить систему гнучкою, готовою до її подальшої оптимізації.

Розрахунок навантаження орієнтовано на дані, нормовані в рекомендації

Міжнародного союзу електрозв'язку (ITU-T). Пропоноване в рекомендації нормування навантаження розглядається з точки зору ймовірності відмови в обслуговуванні виклику у годину найбільшого навантаження (ГНН). Однією з особливостей телекомунікаційних систем зі стільниковою структурою (на відміну від традиційних радіотехнічних систем передачі інформації) є можливість проектування її як системи масового обслуговування. Для цього використана теорія телетрафіка, що представляє собою добре розроблену в телефонії наукову дисципліну. Система стільникового зв'язку, як і будь-яка система телефонного зв'язку, є типовим прикладом системи масового обслуговування з випадковим потоком заявок і випадкової тривалістю їх обслуговування (тривалістю заняття радіоканалу) і кінцевим числом каналів обслуговування.

Завданням будь-якої телекомунікаційної мережі є обслуговування запитів, що надходять від абонентських станцій, при заданій мірі якості, компонентами якої можуть бути мінімальний час затримки при обслуговуванні запитів, мінімальна вартісна функція, оптимальна пропускна здатність каналів зв'язку і т.п.

Основними факторами, що визначають обсяг необхідного обладнання проектованої мережі, є:

- інтенсивність надходження навантаження або середня частота надходження викликів (статистика вхідних потоків) - λ викликів / од. часу (пакетів / од. часу);
- тривалість заняття каналу зв'язку або середня тривалість обслуговування виклику T , с;
- середній обсяг повідомлень при передачі даних $I_{сер}$, кб;
- середня швидкість передачі даних в тайм-слоті R , кб / с;
- середнє число поєднаних в радіоканалах тайм-слотів K ;
- кількість абонентів $N_{АБ}$.

2.2.1.1 Розрахунок навантаження, створюваної абонентами при передачі мовної інформації

Таблиця 2.1 – Вхідні дані

Найменування	Позначення, одиниця виміру	Значення параметра
Стандарт системи, смуга частот	— $F_{\min} - F_{\max}$, МГц	GSM-1800; 1710–1785; 1805–1880
Кількість абонентів	$N_{\text{аб}}$, тис. аб.	35* (50%) від чисельності мешканців
Відносне абонентське навантаження (мова) в ЧНН	$A_{1 \text{ мова}}$, Ерл	0,015
Імовірність відмов всередині мережі в ЧНН	P_0 , %	5
Розрахункова забезпеченість зв'язком	%	90
Втрати на проникнення: в будівлю	$W_{\text{э}}$, дБ	15
Висота антени АС над землею	$h_{\text{АС,М}}$	1,5

* За оцінкою ІнаУ на травень 2018 року на Україні налічувалося 21,35 мільйонів регулярних користувачів Інтернет (без урахування окупованих територій АР Крим, Донецької та Луганської областей) [18].

По-перше, розраховується навантаження, створюване абонентами для передачі мовної інформації.

Навантаження, яке створюється на мережу усіма абонентами в ГНН, визначається як добуток кількості абонентів мережі на питома навантаження від одного абонента:

$$A_{мова} = A_1 \cdot N_{аб}, \quad (2.1)$$

$$A_{мова} = 0,015 \cdot 35000 = 525 \text{ Ерл}$$

де $A_{мова}$ – питома навантаження від одного абонента (на підставі рекомендацій ІТУ-Т);

$N_{аб}$ – кількість абонентів мережі.

2.2.1.2 Розрахунок навантаження, створюваного абонентами при передачі даних по мережі

По-друге, визначається навантаження, створюване абонентами при передачі даних по мережі. Середнє значення цього навантаження від одного абонента при передачі даних по мережі GSM / EDGE не нормовано, тому розрахунок зроблений на підставі середньостатистичних даних.

Оператор, використовуючи технологію радіодоступу EDGE, має можливість запропонувати абоненту наступні основні послуги передачі даних:

- WAP;
- мобільний інтернет;
- MMS-повідомлення.

Таким чином, в залежності від того, якою послугою користується абонент, така буде і навантаження на мережу.

Необхідно розглянути особливості послуг більш детально.

1) Послуга WAP (Wireless Application Protocol) дозволяє абонентам мережі безпосередньо з мобільного телефону отримати доступ до інформаційно-розважальним і новинним WAP-ресурсів, такі як: свіжі новини, погода, спорт, фінансова інформація, курси валют, ігри, анекдоти та гороскопи.

Обсяг одержуваної інформації невеликий, так як складається в основному з тексту і складає приблизно 50 кбайт. У першому наближенні, середня частота надходження викликів від абонента приймається рівною 1 викликом на годину, а кількість абонентів, що користуються цією послугою, становить 5% від загального числа абонентів.

2) Мобільний Інтернет найпопулярніша послуга в сфері передачі даних. Доступ в Інтернет дозволяє абонентам відвідувати веб-сторінки, працювати з електронною поштою, отримати доступ до внутрішньої корпоративної мережі і т.д. При цьому обсяг інформації значний і коливається від 100 кбайт (електронна пошта) до 3-4 Мбайт

(Мультимедійні сайти). За даними статистики, абонент, користуючись мобільним Інтернетом, отримує до 3 Мбайт інформації за один сеанс.

Середня частота надходження викликів від абонента дорівнює 2 викликом на годину. Основною проблемою даної послуги є те, що у неї є велика кількість альтернатив, такі як передача даних по телефонній лінії, технології ADSL, ISDN і EtherNet. Причому вартість вхідного трафіку набагато нижче, ніж при використанні технології радіодоступу. Однак з кожним днем послуга мобільний Інтернет стає все популярнішим завдяки гнучким тарифам оператора стільникового зв'язку. Зазвичай число абонентів, що використовують радіодоступ, приймається при розрахунках рівним 10% від загального числа абонентів.

3) Технологія MMS (Multimedia Messaging Service) є однією з найбільш швидко зростаючих і перспективних у всьому світі. Вона дозволяє абонентам обмінюватися повідомленнями, що містять кольорові картинки, фотографії, поліфонічні мелодії. Можна передавати текст довжиною в десятки тисяч знаків. Повідомлення можна відправляти як на стільникові телефони з підтримкою MMS, так і на адреси електронної пошти. MMS повідомлення в залежності від контенту матиме різний обсяг: від 10 кбайт (текстове повідомлення) до 3 Мбайт (музичний файл формату mp3). Для розрахунку необхідно прийняти розмір MMS-повідомлення рівним 1 Мбайт, середня частота надходження викликів від

абонента дорівнює 2 викликам на годину., А кількість абонентів, що користуються цією послугою, складе в перспективі 35% від загальної кількості абонентів.

Таким чином, за допомогою вищевказаних даних, розраховано навантаження на мережу від використання абонентами послуг передачі даних:

$$A_{нд} = \frac{\lambda_{wap} \cdot I_{cpwap} \cdot N_{абwap}}{3600 \cdot R \cdot K} + \frac{\lambda_{Inter} \cdot I_{cpInter} \cdot N_{абInter}}{3600 \cdot R \cdot K} + \frac{\lambda_{mms} \cdot I_{cpmms} \cdot N_{абmms}}{3600 \cdot R \cdot K}, \quad (2.2)$$

де λ_{WAP} , $\lambda_{InterNet}$ і λ_{MMS} – кількість поступаючих за годину викликів послуг WAP, мобільний інтернет і MMS відповідно;

$I_{cp.WAP}$, $I_{cp.InterNet}$ і $I_{cp.MMS}$ – середній обсяг повідомлень при передачі даних при використанні послуг WAP, мобільний Інтернет та MMS відповідно, кб;

$N_{аб.WAP}$, $N_{аб.InterNet}$ і $N_{аб.MMS}$ – відсоток абонентів, що користуються послугами WAP, мобільний Інтернет та MMS відповідно, від загальної кількості абонентів мережі;

R – середня швидкість передачі даних в тайм-слоті, кб/сек;

K – середня кількість поєднаних у радіоканалах тайм-слотів.

У виразі (2.2) необхідно визначити середню швидкість передачі інформації в тайм-слоті R і кількість тайм-слотів K , використовуваних при передачі даних. Передача даних з технологією радіодоступу EDGE базується на 9 рівнях кодування зі швидкістю від 8,8 кб / сек до 59,2 кб / сек. Приймавши для розрахунків середню швидкість передачі MSC-5 22,4 кб / с за допомогою 4 тайм слотів для прийому. Отже маємо:

$$\begin{aligned} A_{п.д} &= \frac{\lambda_{WAP} \cdot I_{cp.WAP} \cdot N_{аб.WAP}}{3600 \cdot R \cdot K} + \frac{\lambda_{InterNet} \cdot I_{cp.InterNet} \cdot N_{аб.InterNet}}{3600 \cdot R \cdot K} + \frac{\lambda_{MMS} \cdot I_{cp.MMS} \cdot N_{аб.MMS}}{3600 \cdot R \cdot K} = \\ &= \frac{1 \cdot 50 \cdot 8 \cdot 0.05 \cdot 31000}{3600 \cdot 22.4 \cdot 4} + \frac{2 \cdot 3 \cdot 1024 \cdot 0.1 \cdot 31000}{3600 \cdot 22.4 \cdot 4} + \frac{2 \cdot 1024 \cdot 0.35 \cdot 31000}{3600 \cdot 22.4 \cdot 4} = 125.9 \text{ (Ерл)} \end{aligned}$$

У підсумку загальне навантаження на мережу в ЧНН:

$$A_I = A_{мова} + A_{n.d.} \quad (2.3)$$

$$A_I = 525 + 125,9 \approx 651, \text{ Ерл}$$

$A_{n.d.}$ – навантаження, створюване на мережу усіма абонентами в ГНН при використанні послуг передачі даних, Ерл.

2.2.1.3 Розрахунок числа абонентів, що обслуговуються однією базовою станцією в ГНН

Для початку необхідно визначити допустиму телефонне навантаження на стільник A_c .

Сумарне питоме навантаження від одного абонента становить:

$$A_{Icn} = A_{Iмова} + A_{Iтфон} \quad (2,4)$$

$$A_{Icn} = 0.015 + 0.05 = 0.065 \text{ Эрл},$$

де $A_{Iмова}$ – питоме навантаження в ГНН, створювана одним абонентом при передачі мовних даних;

$A_{Iтфон}$ – питоме навантаження в ГНН, створювана одним стаціонарним абонентом при виході з мережі ТМЗК на мережу СПС.

Рекомендації по співвідношенню трафікових каналів, каналів управління і сигналізації в стандарті GSM наведені в таблиці 2.1.

Проектування СРЗ засновано на тому, що на один сектор стільнику доводиться 7 радіоканалів або 51 канал трафіку. Таким чином, на один сектор стільнику в ЧНН доводиться 45,5 Ерл, а число абонентів, що обслуговуються однією базовою станцією в ГНН, дорівнює:

Тепер необхідно визначити допустиме телефонне навантаження на стільник. Максимальна кількість обслуговуваних абонентів залежить від допустимого відсотка блокування виклику ($P_0 = 5\%$), питомого навантаження від одного абонента A_c і числа фізичних каналів трафіку.

Таблиця 2.1 – Співвідношення трафікових каналів, каналів управління і сигналізації в стандарті GSM

Кількість радіоканалів	Кількість трафікових каналів N_n	Кількість каналів управління і сигналізації $N_{\delta i \delta}$
1	1 – 7	1
2	8 – 15	1
3	16 – 22	2
4	23 – 30	2
5	31 – 36	3
6	37 – 44	3
7	45 – 51	4

Число абонентів що обслуговуються однією базовою станцією в ЧНН, дорівнює:

$$N_{\text{БС}} = M \cdot \left(\frac{A_c}{A_{\text{Iмр}}} \right), \quad (2.5)$$

$$N_{\text{БС}} = 3 \cdot 45,5 / 0,065 = 2100 \text{ аб.}$$

де M - число секторів в соті;

A_c – допустиме телефонне навантаження на стільник, Ерл;

$A_{\text{Iмр}}$ – сумарне питома навантаження від одного абонента, Ерл.

2.2.1.4 Розрахунок числа базових станцій в мережі і визначення максимального радіуса стільника

З урахуванням (2.4), число базових станцій в мережі становить:

$$K = N_{AB} / N_{BC}$$

$$K = 35000/2100 = 16,67 \approx 17$$

Максимальний радіус стільника:

$$R_0 = \sqrt{\frac{S}{\pi \cdot K}} \quad (2,6)$$

де S – площа міста, км²;

K – число базових станцій в мережі.

$$R_0 = \sqrt{36/17\pi} = 0,67 \text{ км.}$$

Обчислений радіус визначає допустимий розмір стільника, при якому заданий кількість абонентів буде обслуговано із заданою якістю обслуговування. При цьому можливе зменшення радіуса стільника.

2.2.2 Визначення параметрів базових станцій

При визначенні параметрів базових станцій мережі (потужності передатчиків P_{bc} , дБВт и висоти антени h_{bc}) використані технічні характеристики радіообладнання мережі (табл. 2.2).

На цьому етапі використовується методика прогнозу зон покриття на основі статистичної моделі напруженості поля сигналу в точці прийому.

Визначення потужності передавачів базових станцій проводиться за умови, що задані.

Частіше всього висоти антен базових станцій складають від 30 до 40 м.

Випромінювана потужність $P_{вин}$, дБм:

$$P_{вин} = P_{прд} - \eta_{ф.прд} - \eta_{ф} + G_{0и} , \quad (2.7)$$

де $P_{прд}$ – потужність передавача, дБм;

$\eta_{ф.прд}$ – втрати в фідері антени передавача (середня довжина фідера - 30м.);

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики приймально-передавального обладнання

Найменування	Позначення, одиниця виміру	Значення характеристик станцій	
		базова	абонентська
Тип радіостанції	–	Ericsson	–
Максимальне кількість прийомопередатчиків	–	12	–
Максимальна кількість секторів	n_c , шт.	4	–
Вихідна потужність передатчика	дБм (Вт)	47 дБм (50 Вт)	24 дБм (0,25Вт)
Втрати потужності передатчика в блоці об'єднання	$\eta_{б.о.}$, дБ	2.2	–
Чутливість приймача	$P_{0п}$, дБм	-111	-100

На базових станціях оператора стільникового зв'язку «Kyivstar» мережі використовуються антени німецької фірми Kathrein. Технічні характеристики цих антен наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики антен радіостанцій

Найменування	Позначення, одиниця виміру	Значення характеристик станцій	
		базова	абонентська
Тип антени	–	Kathrein	-
Максимальний коефіцієнт підсилення	G, дБ	18	0
Вхідний опір	Ω , Ом	50	–
Електричний нахил променя	градуси	0 – 15	–
Втрати в фідері антени	$\eta_{фдр}$, дБ	1	–
Втрати в дуплексному фільтрі	$\eta_{ф}$, дБ	1.5	–
Коефіцієнт посилення антенного підсилювача	–	8	–

Таким чином потужність, яку випромінює антена базової станції дорівнює:

$$P_{изл} = 47 - 1 - 1.5 + 18 = 62.5 \text{ дБм};$$

антеною абонентської станції:

$$P_{изл} = 24 \text{ дБм} \quad .$$

Необхідна потужність корисного сигналу з імовірністю 50%, дБм визначається за виразом:

$$P_{nc}(50\%) = P_{прм} + \eta_{фпрм} - K_y - G_{прм} , \quad (2.8)$$

$P_{прм}$ – чутливість приймача, дБм;

$\eta_{фпрм}$ – втрати в фідері антени приймача, дБ;

K_y – коефіцієнт посилення антенного підсилювача тракту прийому дБ;

$G_{прм}$ – коефіцієнт посилення антени приймача, дБ.

Таким чином потужність, яку випромінює антена базової станції, з імовірністю 50% становить:

$$P_{nc}(50\%) = -100 \text{ дБм} ;$$

антеною абонентської станції:

$$P_{nc}(50\%) = -111 + 1 - 8 - 18 = -134 \text{ дБм} .$$

Необхідна напруженість поля корисного сигналу з імовірністю 50%, дБ визначається за виразом:

$$E_{nc}(50\%) = 77.2 + 20 \cdot \log(f \text{ МГц}) + P_{nc}(50\%) , \quad (2.9)$$

$f \text{ МГц}$ – частота несучої, МГц;

$P_{nc}(50\%)$ – необхідна потужність корисного сигналу з ймовірністю 50%, дБм.

Таким чином, необхідна напруженість поля корисного сигналу від базової станції з імовірністю 50% становить

$$E_{nc}(50\%) = 77.2 + 20 \cdot \log(900) - 100 = 36.3 \text{ дБ} ;$$

від абонентської станції:

$$E_{nc}(50\%) = 77.2 + 20 \cdot \log(900) - 134 = 2.3 \text{ дБ} .$$

Необхідна потужність корисного сигналу на межі зони обслуговування з імовірністю 75%, дБм:

$$P_{nc}(75\%) = P_{nc}(50\%) + \eta(75\%) \cdot \sigma , \quad (2.10)$$

$\eta(75\%)$ – параметр логонормального розподілу рівнів сигналу по місцю розташування з ймовірністю 75%, його значення 0.68;

σ – середньоквадратичне відхилення флуктуацій сигналу, 8 дБ;

$P_{nc}(50\%)$ – необхідна потужність корисного сигналу з імовірністю 50%, дБм.

Таким чином, необхідна потужність корисного сигналу від базової станції на кордоні зони обслуговування з імовірністю 75% становить:

$$P_{nc(75\%)} = -100 + 0.68 \cdot 8 = -94.56 \text{ дБм} \quad ;$$

від абонентської станції:

$$P_{nc(75\%)} = -134 + 0.68 \cdot 8 = -128.56 \text{ дБм} \quad .$$

Необхідна напруженість поля корисного сигналу на межі зони обслуговування з імовірністю 75%, дБ:

$$E_{nc(75\%)} = E_{nc(50\%)} + \eta(75\%) \cdot \sigma, \quad (2.10)$$

$\eta(75\%)$ – параметр логонормального розподілу рівнів сигналу по місцю розташування з ймовірністю 75%, дорівнює 0.68;

$E_{nc(50\%)}$ – необхідна напруженість поля корисного сигналу з імовірністю 50%;

σ – середньоквадратичне відхилення флуктуацій сигналу, становить 8 дБ.

Таким чином, напруженість поля корисного сигналу від базової станції на кордоні зони обслуговування з імовірністю 75% становить:

$$E_{nc(75\%)} = 36.3 + 0.68 \cdot 8 = 41.74 \text{ дБ} \quad ;$$

від абонентської станції:

$$E_{nc(75\%)} = 2.3 + 0.68 \cdot 8 = 7.74 \text{ дБ} \quad .$$

2.2.3 Розрахунок енергетичних характеристик радіоканалу

Загасання сигналів характеризується середніми втратами потужності на трасі поширення між БС і МС. Величина втрат залежить від дальності зв'язку, типу і щільності забудови, несучої частоти, висоти антен БС і МС і багатьох інших факторів.

При проектуванні сот мобільної мережі рівень сигналу в точці розташування мобільного терміналу розраховується як різниця потужності, що випромінює в напрямку МС, і втрат L при розповсюдженні радіосигналу.

Існує досить велика кількість математичних моделей і методів, що

дозволяють проводити розрахунок основних втрат при поширенні сигналу для різних умов поширення. Для інженерних розрахунків міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ) рекомендує використовувати в якості одного з можливих методів апроксимацію Окамури-Хата, згідно з якою в діапазоні 150 - 2200 МГц і відстаней до 100 км можуть бути розраховані медіанний втрати сигналу для міських районів. Модель Окамури-Хати заснована на аналітичній апроксимації результатів практичних вимірювань.

2.2.3.1 Модель втрат L для випадку квазіплоского міста

Допустимі основні втрати передачі з імовірністю 50% розраховуються наступним чином:

$$L_{\text{дон}}(50\%) = P_{\text{изл}} - P_{\text{ис}}(50\%) - L_m - L_3, \quad (2.11)$$

$P_{\text{изл}}$ – потужність, яку випромінює передавач, дБм;

$P_{\text{ис}}(50\%)$ – необхідна потужність корисного сигналу з ймовірністю 50%, дБм;

L_m – втрати в тілі абонента, складають 3 дБ;

L_3 – втрати на проникнення, дБ; втрати на проникнення в автомобілі складають 8 дБ, на проникнення в будівлі - 15 дБ.

При знаходженні абонента на вулиці допустимі основні втрати передачі з імовірністю 50% від базової станції складають:

$$L_{\text{дон}}(50\%) = 62.5 - (-100) - 3 = 159.5 \text{ дБ} ;$$

від абонентської станції:

$$L_{\text{дон}}(50\%) = 24 - (-134) - 3 = 155 \text{ дБ} .$$

При знаходженні абонента в автомобілі допустимі основні втрати передачі з імовірністю 50% від базової станції складають:

$$L_{\text{дон}}(50\%) = 62.5 - (-100) - 3 - 8 = 151.5 \text{ дБ} ;$$

від абонентської станції:

$$L_{\text{дон}}(50\%) = 24 - (-134) - 3 - 8 = 147 \text{ дБ} \quad .$$

При знаходженні абонента в будівлі допустимі основні втрати передачі з імовірністю 50% від базової станції складають:

$$L_{\text{дон}}(50\%) = 24 - (-134) - 3 - 15 = 140 \text{ дБ} \quad ;$$

від абонентської станції:

$$L_{\text{дон}}(50\%) = 62.5 - (-100) - 3 - 15 = 144.5 \text{ дБ} \quad .$$

Допустимі основні втрати передачі з ймовірністю 75%, дБ:

$$L_{\text{дон}}(75\%) = L_{\text{дон}}(50\%) - \eta(75\%) \cdot \sigma, \quad (2.12)$$

$L_{\text{дон}}(50\%)$ – допустимі основні втрати передачі з імовірністю 50%, дБ;

$\eta(75\%)$ – параметр логонормального розподілу рівнів сигналу по місцю розташування з ймовірністю 75%, дорівнює 0.68;

σ – середньоквадратичне відхилення флуктуацій сигналу, становить 8 дБ.

При знаходженні абонента на вулиці допустимі основні втрати передачі з ймовірністю 75% від базової станції складають:

$$L_{\text{дон}}(75\%) = 159.5 - 0.68 \cdot 8 = 154 \text{ дБ} \quad ;$$

від абонентської станції:

$$L_{\text{дон}}(75\%) = 155 - 0.68 \cdot 8 = 149.5 \text{ дБ} \quad .$$

При знаходженні абонента в автомобілі допустимі основні втрати передачі з ймовірністю 75% від базової станції складають:

$$L_{\text{дон}}(75\%) = 151.5 - 0.68 \cdot 8 = 146 \text{ дБ} \quad ;$$

від абонентської станції:

$$L_{\text{дон}}(75\%) = 147 - 0.68 \cdot 8 = 141.5 \text{ дБ} \quad .$$

При знаходженні абонента в будівлі допустимі основні втрати передачі з ймовірністю 75% від базової станції складають:

$$L_{\text{дон}}(75\%) = 144.5 - 0.68 \cdot 8 = 139 \text{ дБ} \quad ;$$

від абонентської станції:

$$L_{\text{дон}}(75\%) = 140 - 0.68 \cdot 8 = 134.5 \text{ дБ}$$

2.2.3.2 Визначення максимальної дальності зв'язку з імовірністю 75% на кордоні зони обслуговування для міста

Для визначення максимальної дальності зв'язку з імовірністю 75% на кордоні зони обслуговування, необхідно використовувати наступну формулу:

$$R_{0max} = 10^{\frac{L_{\text{дон}}(75\%) - C - C_M}{B}}, \quad (2.13)$$

$$\text{где } C = 46.3 + 33.9 \cdot \log(f_{\text{МГц}}) - 13.82 \cdot \log(h_{\text{бс}}) - a(h_{\text{мс}}) - (1.1 \cdot \log(f_{\text{МГц}}) - 0.7) \cdot h_{\text{мс}}, \quad (2.14)$$

при $a(h_{\text{мс}})$ – поправочний коефіцієнт, що залежить від висоти мобільного антени, визначається наступним виразом:

$$a(h_{\text{мс}}) = 3.2 (\log(11.75 \cdot h_{\text{мс}}))^2 - 4.97, \quad (2.15)$$

при $h_{\text{мс}} = 1,5 \text{ м}$, $a(h_{\text{мс}}) = 0$;

$C_M = 3 \text{ дБ}$ – поправочний коефіцієнт для великих міст;

B – коефіцієнт, який визначається виразом:

$$B = 44.9 - 6.55 \cdot \log(h_{\text{бс}}), \quad (2.16)$$

де $h_{\text{бс}}$ – висота базової станції.

При висоті базової станції $h_{\text{бс}} = 24 \text{ м}$ і частоті несучої $f_{\text{МГц}} = 900$, яка складає 900 МГц, значення C і B будуть наступні:

$$\begin{aligned} C &= 46.3 + 33.9 \cdot \log(900) - 13.82 \cdot \log(24) - (1.1 \cdot \log(900) - 0.7) \cdot 1.5 = 123.55 \text{ дБ}; \\ B &= 44.9 - 6.55 \cdot \log(h_{\text{бс}}) = 44.9 - 6.55 \cdot \log(24) = 36 \text{ дБ}. \end{aligned}$$

При знаходженні абонента на вулиці максимальна дальність зв'язку з імовірністю 75% на кордоні зони обслуговування становитиме:

$$R_{0max} = 10^{\frac{154 - 123.55 - 3}{36}} = 5.8 \text{ км};$$

при знаходженні абонента в автомобілі:

$$R_{0max} = 10^{\frac{146 - 123.55 - 3}{36}} = 3.47 \text{ км}$$

при знаходженні абонента в будівлі:

$$R_{0max} = 10^{\frac{139-123.55-3}{36}} = 2.2 \text{ км} .$$

2.2.3.3 Визначення максимальної дальності зв'язку з імовірністю 75% на кордоні зони обслуговування для передмістя

Максимальна дальність зв'язку з імовірністю 75% на кордоні зони обслуговування для передмістя визначається за формулою (2.13):

$$R_{0max} = 10^{\frac{L_{дон(75\%)} - C - C_M}{B}} ,$$

$L_{дон(75\%)}$ – допустимі основні втрати передачі з ймовірністю 75%;

$$\begin{aligned} C = & 46.3 + 33.9 \cdot \log(f_{\text{МГц}}) - 13.82 \cdot \log(h_{\text{бс}}) - (1.1 \cdot \log(f_{\text{МГц}}) \\ & - 0.7) \cdot h_{\text{мс}} - 2 \left(\log \left(\frac{f_{\text{МГц}}}{28} \right) \right)^2 - 5.4 ; \end{aligned} \quad (2.17)$$

$C_M = 0 \text{ дБ}$ – для сільської місцевості.

При висоті базової стан $h_{\text{бс}} = 24 \text{ м}$ і частоті несучої $f_{\text{МГц}}$, яка складає 900 МГц, значення C і B будуть наступні:

$$\begin{aligned} C = & 46.3 + 33.9 \cdot \log(900) - 13.82 \cdot \log(24) - (1.1 \cdot \log(900) \\ & - 0.7) \cdot 1.5 - 2 \left(\log \left(\frac{900}{28} \right) \right)^2 - 5.4 = 113.6 \text{ дБ} ; \\ B = & 44.9 - 6.55 \cdot \log(h_{\text{бс}}) = 44.9 - 6.55 \cdot \log(24) = 36 \text{ дБ} \end{aligned} \quad (2.18)$$

При знаходженні абонента на вулиці:

$$R_{0max} = 10^{\frac{154-113.6}{36}} = 13.25 \text{ км} ;$$

при знаходженні абонента в автомобілі:

$$R_{0max} = 10^{\frac{146-113.6}{36}} = 8 \text{ км} \quad ;$$

при знаходженні абонента в будівлі:

$$R_{0max} = 10^{\frac{139-113.6}{36}} = 5 \text{ км} .$$

2.2.3.4 Розрахунок максимальної дальності соканальних перешкод

Для розрахунку дальності соканальних перешкод необхідно визначити захисне відношення сигнал / перешкода. При використанні технології високошвидкісного радіодоступу EDGE відношення сигнал / перешкода змінюється в залежності від обраної схеми кодування: при збільшенні швидкості передачі зростає і захисне відношення сигнал / перешкода.

Залежно від обстановки з перешкодами мобільний телефон підбирає найбільш підходящу (з точки зору якості передачі інформації) схему кодування (адаптується до радіоумов).

Для MCS-7 захисне відношення сигнал/ перешкода A_0 становить 24 дБ. Таким чином, максимальна дальність соканальних перешкод на границі зони обслуговування R_{nmax} , км:

$$R_{nmax} = R_{0max} \cdot 10^{\frac{A_0}{B}} \quad , \quad (2.19)$$

R_{0max} – максимальна дальність зв'язку з імовірністю 75% на кордоні зони обслуговування, км;

B – коефіцієнт, встановлений раніше (2.17), дорівнює 36 дБ;

A_0 – захисне відношення сигнал / перешкода, дБ.

При знаходженні абонента на вулиці в умовах міста:

$$R_{nmax} = 5.8 \cdot 10^{\frac{24}{36}} = 5.8 \cdot 4.642 = 27 \text{ км}$$

при знаходженні абонента в автомобілі:

$$R_{n\max} = 3.47 \cdot 10^{\frac{24}{36}} = 3.47 \cdot 4.642 = 16.1 \text{ км}$$

при знаходженні абонента в будівлі:

$$R_{n\max} = 2.2 \cdot 10^{\frac{24}{36}} = 2.2 \cdot 4.642 = 10.2 \text{ км} ;$$

2.2.3.5 Визначення площі стільника

Для проектованої мережі необхідно встановити найменший радіус стільника R_0 , приблизно рівний 0.7 км, тоді площа одного стільнику становитиме:

$$S_c = \frac{9 \cdot \sqrt{3}}{8} \cdot R_0^2 = \frac{9 \cdot \sqrt{3}}{8} \cdot 0.7^2 = 0.955 \text{ км}^2. \quad (2.20)$$

Таким чином, максимальна кількість базових станцій необхідних для забезпечення заданої якості дорівнює:

$$K = \text{int}\left(\frac{S}{S_c}\right) = \left(\frac{36}{0.955}\right) = 38 \quad (2.22)$$

2.3 Основні напрями оптимізації стільникової мережі

Для ефективного виконання функцій в мережах стільникового зв'язку повинні проводитися процедури оптимізації роботи.

Основні процедури оптимізації:

- підготовчі процеси;
- верифікація роботи кожного сайту (Single site verification);
- оптимізація радіопокриття (RFOptimization);
- оптимізація параметрів і алгоритмів (ParametersOptimization);

Підготовка до виконання оптимізації складається з:

- 1) Вивчення існуючої мережі, що включає в себе:
 - вивчення звіту по плануванню мережі (NetworkPlanningreport);

- отримання і вивчення таблиць параметрів стільників і інженерних параметрів сайтів
- вивчення даних статистики продуктивності мережі
- вивчення скарг клієнтів
- вивчення звітів по проведеним процедурам оптимізації

Програмне забезпечення до цього:

- утиліта Drive-Test (DT);
- утиліти обробки і аналізу даних DT;
- електронні карти місцевості з нанесеними забудовами і даними сайтів.

Верифікація роботи кожного сайту (SingleSiteVerification), виконується вслід за підготовчими процесами і потребує, щоб підтвердити, що кожен сайт працює нормально з заданими при плануванні параметрами.

Single Site Verification включає в себе:

- перевірку в режимі очікування з'єднання (Idle Mode);
- перевірки сервісних з'єднань різних типів;
- перевірки коректності інсталяції сайту;
- перевірки рівнів сигналу поблизу сайту (відсутність екранування сигналу у ближчій зоні);
- перевірки за допомогою тестового смартфона (інженерний режим)

IdleMode:

Задача – оптимізувати покриття включає в себе:

- ліквідувати «дірки» у покритті;
- ліквідувати надлишкові перекриття;
- забезпечити коректну естафетну передачу (Handover).

Для проведення заходів з оптимізації створюються ретельний орієнтований на конкретні умови план послідовних дій.

Стиснутий план процесу проведення оптимізації мережі представлено на рис. 2.2.

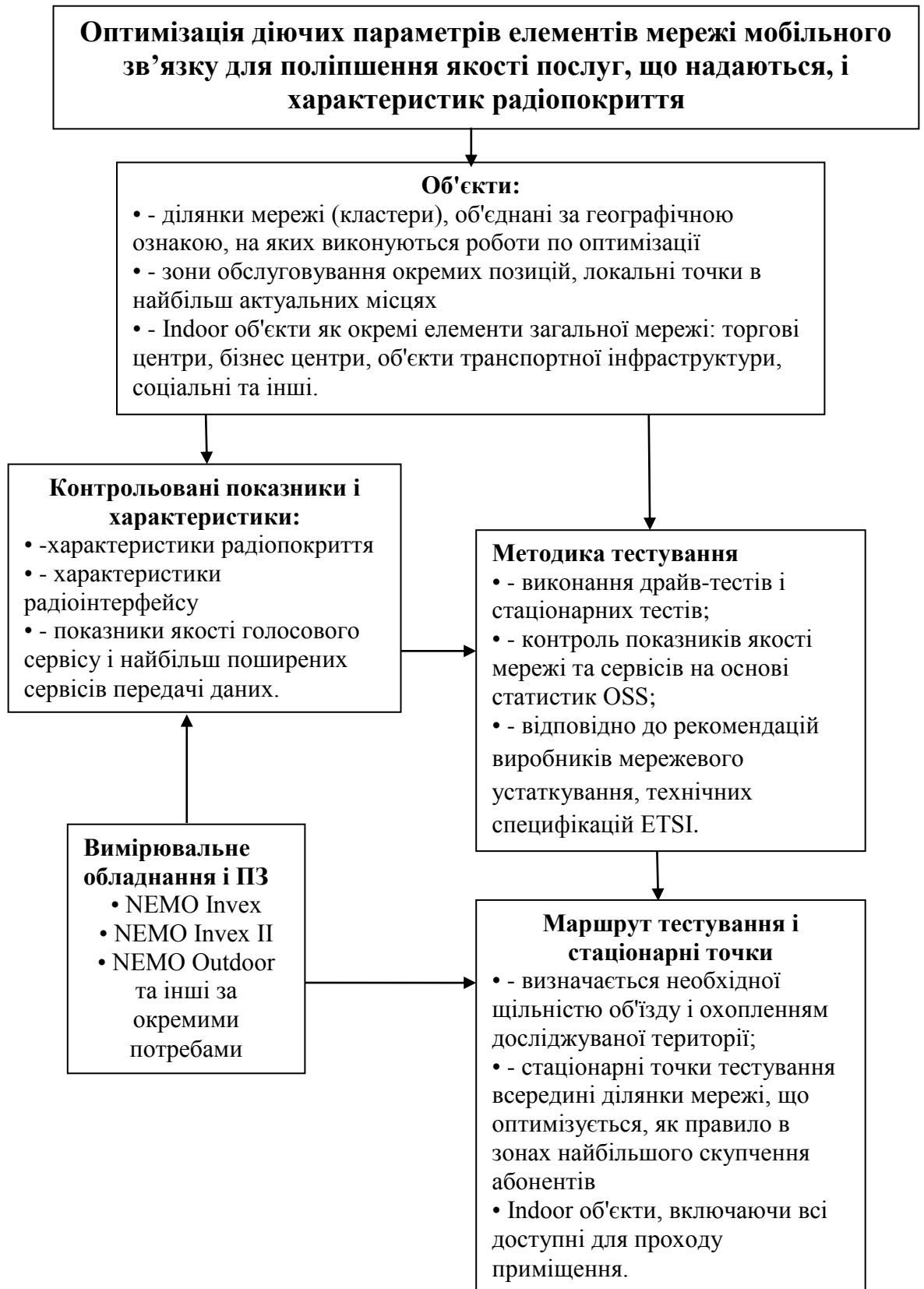


Рисунок 2.2 – План проведення заходів оптимізації для мережі стільникового зв'язку

Характеристики обладнання для проведення цих заходів наведені у Додатку Д.

2.3.1 Характеристики радіопокриття

Крім контролю роботи і діагностики окремих базових станцій, що здійснюються за допомогою портативних аналізаторів, фахівцям операторських компаній припадає проводити широкомасштабне драйв-тестування (drive testing) своїх стільникових мереж. У процесі такого тестування на автомобілі, оснащеному спеціальним вимірювальним обладнанням, об'їжджають територію, на якій розгорнута мережа, і визначають її зону радіопокриття, ємність і показники якості обслуговування.

Як правило, для драйв-тестування використовують тестовий мобільний телефон, наприклад рішення FTA компанії JDSU, і широкосмуговий сканер, під'єднані до ноутбука.

Одним з варіантів рішення при оптимізації мережі є встановлення додаткової базової станції, розташування якої визначається за результатами драйв-тестування.

2.3.2 Визначення умов місця розташування БС

Оптимізація розміщення базових станцій є одним з важливих елементів у загальній проблемі оптимізації мережі мобільного зв'язку. Вирішення цієї досить складної задачі залежить від багатьох факторів зовсім різної природи.

Серед факторів, які необхідно брати до уваги при розміщенні БС при оптимізації мережі, ключовими являються (окрім їх вартості) рельєф місцевості і щільність населення (потенціальних абонентів). Тому оптимізація мережі зводиться до мінімізації кількості БС, які максимально охоплюють необхідну зону покриття і максимально забезпечують доступ абонентів до мережі і якість їх обслуговування.

Для того щоб забезпечити зв'язок на всій ділянці, необхідно, щоб потужність сигналу від БС у кожному місці була б більше мінімально

допустимої потужності, при якій мобільна станція (МС) зможе приймати сигнал мережі [19].

$$\min_{x, y \in G} P(x, y) \geq P_0; , \quad (2.23)$$

де P_0 – мінімально допустима потужність сигналу, що приймається мобільною станцією (МС);

G – зона покриття мережі.

Беручи до уваги, що МС постійно проводить вимірювання рівнів сигналу на заданих оператором частотах для визначення стільники з найбільшим рівнем сигналу, потужність сигналу в точці (x, y) , що приймається приймачем, залежить від відстані від МС до БС, за наступним законом:

$$P(x, y) = \max_i \frac{k_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}; \quad (2.24)$$

де (x, y) – місце розташування МС; (x_i, y_i) – місце розташування i -ї БС; k_i – коефіцієнт послаблення сигналу для i -ї станції в точці (x, y) .

Відстань від МС до i -ї БС:

$$R_i(x, y) = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}; \quad (2.25)$$

Таким чином, дана умова отримує геометричну інтерпретацію.

Проведення вимірювань здійснювалось по всій площі районного центру. Центральна частина міста як і очікувалось стала найбільш цікавою.

Карта центральної частини м.Новомосковськ з нанесеними базовими станціями та точками виміру рівня сигналів, отриманих вимірюванням за допомогою додатку Network Cell Info при їх найменших значеннях наведено на рисунку 2.4. Приклад одного з вимірювань наведено на рисунку 2.5.

На рисунку 2.6 наведено координатну сітку з реальним відповідним карті масштабом для визначення оптимального місця розташування додаткової базової станції. Вказані два найбільш раціональних з умов розташування місця можливої установки БС.

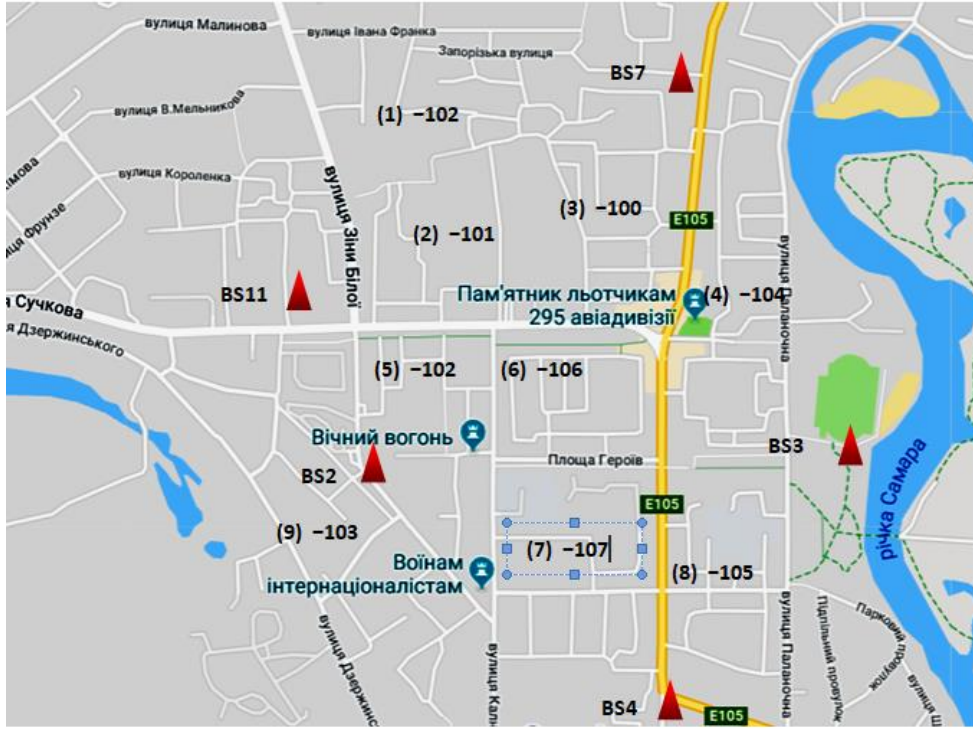


Рисунок 2.4 - Карта центральної частини м. Новомосковська з нанесеними БС та точками виміру рівня сигналу

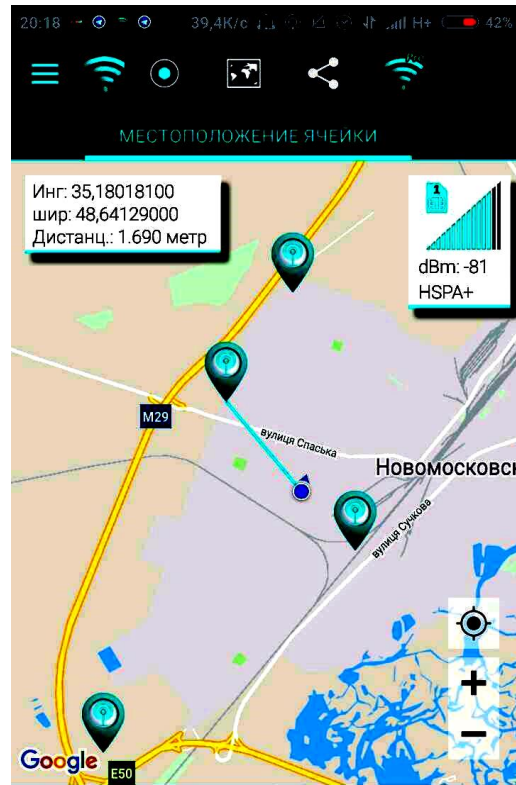


Рисунок 2.5 - Визначення рівню сигналу за допомогою додатку Network Cell Info

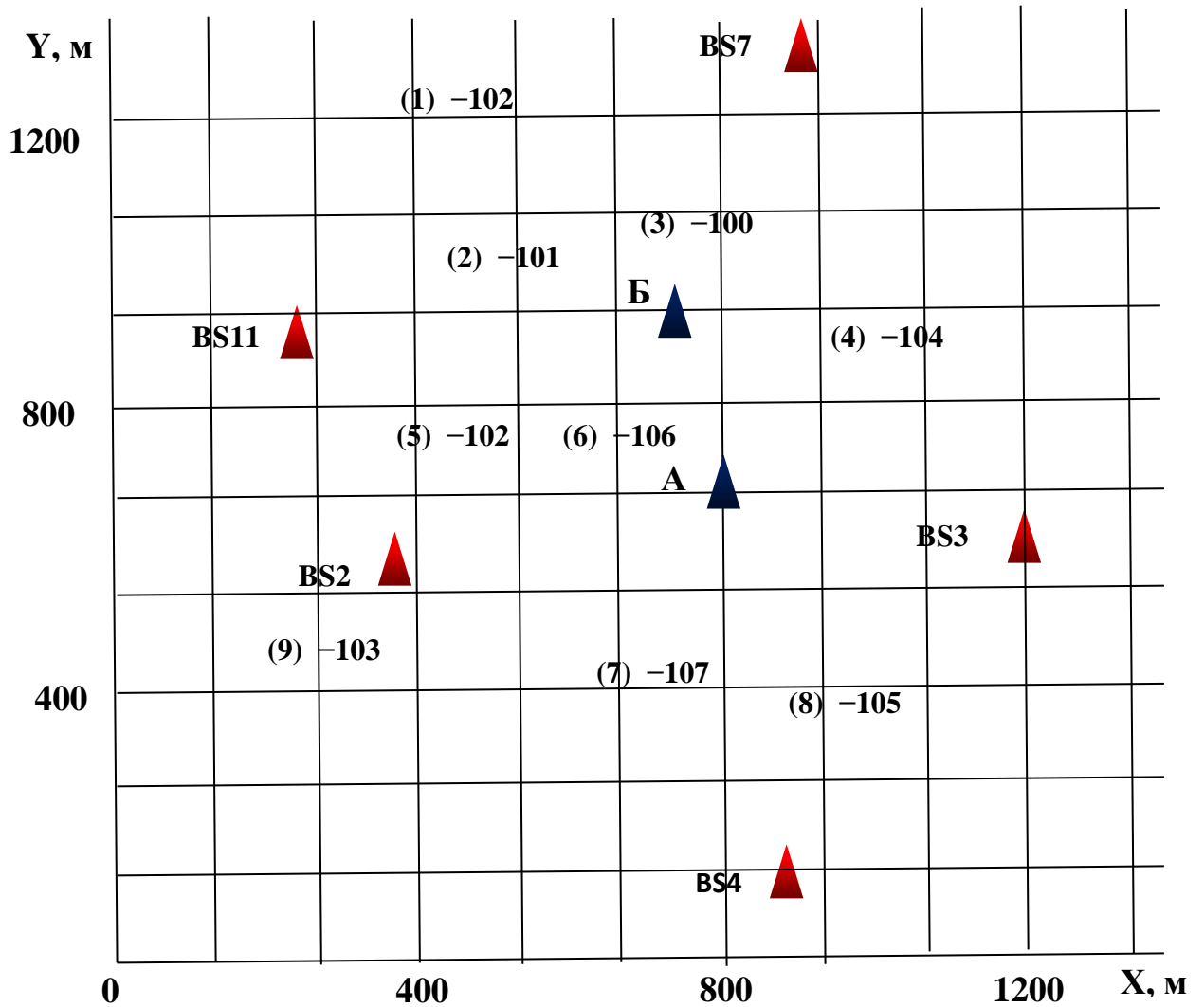


Рисунок 2.6 - Координатна сітка з реальним масштабом для визначення оптимального місця розташування додаткової базової станції

У таблиці 2.4 наведено результати розрахунків за формулою (2.25) щодо визначення місця розташування БС, при врахуванні положення точок із визначеними потужностями сигналу (dBm).

З отриманих результатів слід, що при необхідності додати у мережу для забезпечення якості обслуговування абонентів ще одну базову станцію, місце встановлення для неї визначається за варіантом **Б**.

Таблиця 2.4 Результати розрахунків за формулою (2.25) щодо визначення місця розташування додаткової БС.

№ точки	X_I м	Y_I м	R_{Ai} , м	R_{Bi} , м
1	400	1215	676	450,14
2	530	1010	434,16	228,5
3	710	1050	390,5	133,4
4	950	900	274,6	211
5	400	760	410	375,8
6	620	760	201,25	200
7	660	410	295,3	516,2
8	900	380	306,75	563,2
9	210	450	629,7	708,4
А	800	670		
Б	740	920		
ΣR_I			3618,86	3386,6

2.4 Висновки до 2 розділу.

1. Виконано розрахунок навантаження, створюваного абонентами по мережі зв'язку.
2. Визначено основні параметри стільникової мережі:
 1. кількість базових станцій в мережі;
 2. числа і максимального радіуса стільника.
3. Виконано розрахунок енергетичних характеристик радіоканалу.
4. На підставі моделі втрат визначено максимальну дальність зв'язку при різних умовах.
5. Сформульовані основні напрями оптимізації стільникової мережі.
6. Проведені вимірювання щодо характеристики радіо покриття.
7. Визначено оптимальне місце розташування додаткової БС для підвищення якості обслуговування абонентів.

РОЗДІЛ 3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні витрати – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

В нашому випадку це засоби, витрачені на оптимізацію мережі на технології Wi-Fi, на придбання обладнання фірми TP-Link, допоміжне обладнання, витрати на виконання монтажних та налагоджувальних робіт.

При визначенні величини проектних капіталовкладень ($K_{пр}$) можна скористатися формулою:

$$K_{пр} = K_{об} + Z_{т} + Z_{м} + Z_{н}, \quad (3.1)$$

де $K_{об}$ – вартість придбання обладнання (засобів автоматизації, програмного забезпечення і т.д.) за проектом;

$Z_{м}$ – витрати на монтажні роботи;

$Z_{н}$ - витрати на налагоджувальні роботи;

$Z_{т}$ – витрати на транспортування.

Витрати на упаковку, транспортування і монтаж (УТМ) визначають як відсоток від вартості обладнання і береться 10% від вартості обладнання [25]

Тоді величина проектних капіталовкладень ($K_{пр}$) визначається формулою:

$$K_{пр} = K_{об} + 0.1 \cdot K_{об}, \quad (3.2)$$

Основне виробниче обладнання проекрованої мережі представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Витрати на обладнання

Найменування	Кількість	Ціна за од., грн	Сума, грн
Nemo Outdoor ліцензія [26]	1 шт.	2900	2900
Nemo Invex II [27]	1 шт.	4500	4500
Разом			7400

За формулою 3.2 проектні капіталовкладення складають:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} + 0.1 \cdot K_{\text{об}} = 7400 + 740,0 = 8140 \text{ грн}$$

3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічного устаткування відносяться:

- амортизаційні відрахування (C_a);
- заробітна плата обслуговуючого персоналу ($C_з$);
- відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (C_c);
- витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання (C_T);
- вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування ($C_э$);
- інші експлуатаційні витрати ($C_{\text{пр}}$).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = C_a + C_з + C_c + C_T + C_э + C_{\text{пр}}, \text{ грн.} \quad (4.3)$$

Розрахунок експлуатаційних витрат ведеться по проектному і базовому варіантів паралельно.

3.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних коштів нараховується виходячи з терміну його корисного використання.

Строк корисного використання основних засобів, що визначається за групами, для передавальних пристроїв складає 10 років.

Норма амортизації N_a при прямолінійній методі постійна протягом всього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$N_a = \frac{\Phi_p}{\Phi_p * E_p} * 100 = \frac{8140}{8140 * 10} * 100 = 10\%$$

де T_p – строк корисного використання (амортизаційний період).

Тоді річні амортизаційні відрахування A_B за прямолінійним методом:

$$C_a = \frac{\Phi_p * N_a}{100} = \frac{8140 * 10}{100} = 814 \text{ грн}$$

3.2.2 Розрахунок річного фонду заробітної плати

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється за категоріями персоналу, який обслуговує об'єкт проектування, відповідно до їх чисельності, режиму роботи, годинними тарифними ставками, посадовими окладами, що застосовуються на підприємстві формами і системами оплати праці та преміювання.

Основна заробітна плата працівників - це винагорода за виконану роботу відповідно до встановлених норм праці (норми часу, виробітку, обслуговування, посадові обов'язки).

Додаткова заробітна плата – це винагорода за працю понад установлені норми, за особливі умови праці. До додаткової заробітної

плати відносяться премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій, доплати і надбавки, гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством.

Результати розрахунку основної заробітної плати обслуговуючого персоналу представлені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу

№ п/п	Найменування професій працівників	Кількість, чол.	Годинна тарифна ставка, грн.	Номінальний річний фонд робочого часу, ч.	Разом, основна зарплата по тарифу, грн.
2.	Інженер [29]	1	32,1	1744	55982,4
	Разом	1	-	-	55982,4

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 10-15% від основної заробітної плати.

Таким чином, загальна величина річного фонду заробітної плати становить:

$$C_3 = Z_{\text{заг}} + Z_{\text{доп}} = 55982,4 + 0,1 \cdot 55982,4 = 61580,64 \text{ грн.}$$

де $Z_{\text{заг}}$, $Z_{\text{доп}}$ - основна і додаткова заробітна плата відповідно, грн.

3.2.3 Розрахунок відрахувань на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи (єдиний соціальний внесок) визначаються на підставі встановленого чинним законодавством відсотка від суми основної та додаткової заробітної плати, що на 2017 рік складає 22% [30].

$$C_c = C_3 \cdot 0,22 = 55982,4 \cdot 0,22 = 12316,04 \text{ грн.}$$

3.2.4 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним робітникам і можуть визначатися за фактичними даними підприємства.

Витрати з ремонту обладнання є однією з великих статей витрат і в середньому становить 10% [31].

$$C_T = \Phi_{\text{п}} \cdot 0,1 = 7400 \cdot 0,1 = 740 \text{ грн.}$$

3.2.5. Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, визначається виходячи з його встановленої потужності, річного фонду робочого часу і тарифів на електроенергію:

$$C_{\text{э}} = W_{\text{Г}} \cdot \text{Ц}_{\text{Е}},$$

де $W_{\text{Г}}$ - кількість спожитої за рік електроенергії, кВт · год;

$\text{Ц}_{\text{Е}}$ - тариф на електроенергію станом на конкретну дату, грн. / кВт · год;

$$W_{\text{Г}} = 0,0108 \text{ кВт} \cdot 8760 \text{ год} = 94,608 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$\text{Ц}_{\text{Е}} = 163,754 \text{ коп/кВт} \cdot \text{год} [32].$$

Витрати на електроенергію складають:

$$C_{\text{Е}} = 94,608 \cdot 163,754 = 154,93 \text{ грн.}$$

3.2.6. Визначення інших витрат

Інші витрати по експлуатації об'єкта проектування включають витрати з охорони праці, на спецодяг та ін. Відповідно до практики, ці витрати визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу.

$$C_{\text{пр}} = C_3 \cdot 0,04 = 55982,4 \cdot 0,04 = 2239,29 \text{ грн.}$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = 841 + 55982,9 + 12316,04 + 841 + 154,93 + 2239,29 = \\ 72375,12 \text{ грн}$$

3.3 Висновки до третього розділу

В економічному розділі розраховані капітальні витрати, що складають 7400 грн, а експлуатаційні витрати – 72375,12 грн. Так, як оптимізація проводиться на території райцентру, то є некомерційним проектом, тобто нема необхідності визначати доходи та прибутки для цієї роботи.

ВИСНОВКИ

В магістерській дипломній роботі згідно поставлених задач дослідження виконано:

1. Розглянуті питання оптимізації мереж мобільного зв'язку різних поколінь з урахуванням їх особливостей;
2. Розглянуто загальний порядок проведення заходів щодо оптимізації мереж,
3. Розглянуто обладнання для тест-драйву.
4. Визначено основні параметри стільникової мережі: кількість базових станцій в мережі; число і максимальний радіус стільника.
5. Визначена максимальна дальність зв'язку при різних умовах.
6. Сформульовані основні напрями оптимізації стільникової мережі.
7. Проведено вимірювання рівню сигналів щодо характеристики радіо покриття.
8. Визначено оптимальне місце розташування додаткової БС для підвищення якості обслуговування абонентів.
9. В економічному розділі розраховані капітальні витрати, що складають 7400 грн, а експлуатаційні витрати – 72375,12 грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Попов, В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM – М.: ЭкоТрендз, 2005. — 296 с.
2. Тихвинский, В.О. Управление и качество услуг в сетях GPRS/UMTS [текст]/ В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев — М.: ЭкоТрендз, 2007. — 400 с.
3. Holma, H. W-CDMA for UMTS [текст]/ H. Holma. — John Wiley & Sons, 2004 — 445 с.
4. WCDMA (UMTS). Deployment handbook. Planning and optimization [текст]/ Ch. Chevallier, Ch. Brunner, A. Garavaglia, Kenn P. Murray. – Wiley, 2006. – 367 с.
5. Laiho, J. Radio Network planning and optimization for UMTS [текст]/ J. Laiho, A. Wacker, T. Novosad — Wiley, 2007. – 495 с.
6. Naworocki M. Understanding UMTS radio network. Modelling, planning and automated optimization [текст]/ M. Naworocki, M. Dohler, A. Aghvami — Wiley, 2006. – 500 с.
7. Manninen M. Radio interface System Planning for GSM/GPRS/UMTS [текст]/ M. Manninen — Wiley, 2002. – 275 с.
8. ДСТУ 300-95. Державний стандарт України. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення.
9. СТАНДАРТ ОРГАНІЗАЦІЇ УКРАЇНИ - ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ПОСЛУГИ
Показники якості. Методи випробування СОУ 64.2–00017584–006:2009
10. Правила надання та отримання телекомунікаційних послуг (Постанова КМУ від 9.08.2005р. №720)
11. ETSI TS 102 250-2 (2009-10) Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 2: Definition of Quality of Service parameters and their computation (Аспекти оброблення мови, передавання та якості. Аспекти

QoS популярних послуг, що надаються мережами GSM та 3G. Частина 2: Визначення показників якості послуг та їх розрахунок)

12. ETSI TS 102 250-1 (2007-03) Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 1: Identification of Quality of Service criteria (Аспекти оброблення мови, передавання та якості. Аспекти QoS популярних послуг, що надаються мережами GSM та 3G. Частина 1: Ідентифікація критеріїв якості послуг)

13. Бойко М.П. Системи стільникового зв'язку: Конспект лекцій.– Одеса: ОНАЗ, 2004 – 76 с.

http://www.dut.edu.ua/uploads/1_308_12651241.pdf

14. Планирование и оптимизация сотовых систем связи 3-го поколения

https://studbooks.net/2353494/tehnika/optimizatsiya_seti_umts

15. Безрук В. М., д.т.н., проф., Бондарь И. В., магістр. Особенности планирования сетей сотовой связи 3-го поколения. Харьковский национальный университет радиоэлектроники Восточно-Европейский журнал передовых технологий 3/2 (39) 2009.

<http://journals.uran.ua/eejet/article/viewFile/20267/17888>

16. Задачи планирования и оптимизации сетей мобильной связи поколения 4G. Директор по науч-метод обеспеч д.т.н. проф. Одоевский С. М.

<https://docplayer.ru/38940327-Zadachi-planirovaniya-i-optimizacii-setey-mobilnoy-svyazi-pokoleniya-4g.html>

17. Оптимизация структуры наземной сети для сотовых сетей 2G и 3G и спутниковых сетей связи

http://www.classics.ru/products/catalog/category/networks/backbone-netwrk/optimisation/optimisation_190.html

18. *ИНАУ*. [Проникновение Интернета в Украине II квартал 2018.](#)
ИНАУ. *ИНАУ*.

19. Мухаджинов Р.Р. О постановке задачи выбора рационального размещения базовых станций сотовой связи./ Вестник Астраханского гос.техн.универс., 2008, №1, стр.127-129.

ДОДАТОК А. Відомість матеріалів дипломної роботи

1. Пояснювальна записка
2. Презентація
3. Оптичний диск

ДОДАТОК Б. Характеристики обладнання для оптимізації мережі мобільного зв'язку

Nemo Invex II

Портативний порівняльний аналіз і драйв-тестування для мереж LTE, LTE-A, Cat 6, і VoLTE смартфонів. Точна, ефективна і проста у використанні система для порівняльного аналізу (benchmarking) бездротових мереж.

Опис

Система Nemo Invex II поєднує в собі потужне програмне забезпечення і масштабовані апаратні засоби, що дозволяє створити необхідне рішення для мобільного порівняльного аналізу бездротових мереж і пристроїв. Швидкий і легкий в установці, Nemo Invex II забезпечує необхідний вимір якості обслуговування (quality-of-service - QoS), велика різноманітність тестування якості сприйняття послуг абонентом (quality-of-experience - QoE), також вимір голосових і відео алгоритмів PESQ і POLQA.

Nemo Invex II це сучасне рішення 2-го покоління для тестування бездротових мереж і пристроїв. Дана система дозволяє підключати до 50 тестових пристроїв одночасно, надаючи операторам, вендорам і підрядникам можливість тестувати сервіси голосу і даних основних бездротових технологій, за допомогою проведення одного драйв-тесту. Функціонал Nemo Media Router, знижує загальне енергоспоживання системи під час проведення вимірювань.

Інноваційний тепловідвідний дизайн Nemo Invex II, дозволяє проводити вимірювання з більшою надійністю. Покращені функції UPS включають резервне копіювання даних для сканерів, а також вбудований контроль потужності, температури і струму, таким чином, підтримуючи систему вимірювання при оптимальній температурі. Крім того, високопотужні USB-порти дозволяють виробляти заряд батарей тестових пристроїв під час тривалих драйв-тестів.

Разом з простими у використанні особливостями, Nemo Invex II пропонує передові технології вимірювань. Завдяки зменшенню кількості проводів,

систему легко встановити і використовувати в транспортних засобах. Також, є бездротове підключення керуючого ПК і KVM (клавіатура, миша, відео).

Тепер клієнти мають можливість не тільки поліпшити процеси тестування, а й скоротити витрати. Завдяки Nemo Invex II, з'являється можливість порівняльного тестування передових широкосмугових мобільних технологій - все в одному драйв-тесті. Якщо Nemo Invex II об'єднаний з Nemo Media Router, то вимірювання параметра QoE, можуть відображати реальний показник якості сприйняття послуг абонентом.

Ключові особливості та переваги

1. Покращена надійність і точність вимірювань бездротових мереж;
2. Простота у використанні, універсальність;
3. Підтримка всіх основних технологій, включаючи порівняльний аналіз безлічі технологій в одному драйв-тесті;
4. Збільшена продуктивність і велику кількість підключаються тестових пристроїв;
5. Підтримка одночасного підключення до 50-ти тестових пристроїв і 3-х скануючих приймачів;
6. Підтримка поточних і перспективних пристроїв з технологією MIMO;
7. Низький рівень споживання енергії в розрахунку на одне тестове пристрій;
8. Відповідність вимогам завтрашнього дня - VoLTE, LTE-A і інші перспективні технології.

Устаткування для проведення drive тестів

Nemo Outdoor - ефективний портативний технічний інструмент створений для вимірювання і моніторингу радіоінтерфейсу і додатків бездротових мереж. Система накопичує результати вимірювань і географічні координати (при використанні приймача GPS) і зберігає їх на жорсткому диску персонального комп'ютера.

Основні можливості

1. Швидке pilot / frequency сканування за допомогою зовнішнього сканера
2. Підтримка карт MapX
3. Передавання лінійок в режимі реального часу
4. Відкритий формат файлу (ASCII) для пост-процесінгу
5. Портативність
6. Відображення карти в реальному часі

Результати вимірювань забезпечують отримання необхідної інформації для настройки мережі, її перевірки і обслуговування. Для отримання більш детальної інформації про функціонування мережі результати можуть бути додатково оброблені інструментом для аналізу - Nemo Analyze. Відкритий формат файлів даних дозволяє експортувати результати в будь-які інші призначені для користувача програми. Крім цього, Nemo Outdoor здатний відтворювати раніше записані дані за допомогою Playback - файлів.

Підтримувані тестові термінали Nemo Outdoor Multi

Заснований на платформі Nemo Outdoor Multi, Multi-Data дозволяє проводити до чотирьох синхронних вимірювань передачі даних використовуючи один переносний комп'ютер. Це перший дійсно портативний інструмент для паралельного виміру передачі даних, який підтримує з'єднання з комутацією каналів (circuit-switched connections) і пакетної передачі даних, а також одночасні голосові вимірювання і будь-які комбінації технологій, такі як: GSM, HSCSD, GPRS, EDGE, WCDMA, TDMA, cdmaOne і CDMA2000.

Nemo Datatest Server - не вимагає адміністрування сервер з фіксованими і налаштованим користувачем тестовими файлами і сторінками. Додатково, він підтримує всі поширені тестові протоколи, такі як: FTP, HTTP, SMTP і ICMP. Nemo Outdoor Multi-Data в сукупності з Nemo Datatest сервером дозволяє не тільки спростити звичайне еталонне тестування передачі даних, які можуть

ДОДАТОК В. Перелік документів на оптичному носії

1. Пояснювальна_записка.docx
2. Презентація.ppt

ДОДАТОК Г. Відгук керівника економічного розділу

Керівник розділу

(підпис)

(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Є. Відгук керівника дипломної роботи

ВІДГУК

на дипломну роботу

студента групи 172м-17-1 Шевченко Олексія Аркадійовича

на тему: «Оптимізація мереж мобільного зв'язку районного центру»

Керівник розділу

(підпис)

(прізвище, ініціали)