

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

автоматизації і інформаційних технологій

(факультет)

інформаційних технологій проєктування та прикладної математики

(кафедра)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО РІВНЯ «МАГІСТР»**

на тему: «Розробка інформаційної системи проєктування
корпоративної локальної мережі»

СЕДУШ МИХАЙЛО ВІКТОРОВИЧ

(прізвище, ім'я та по батькові студента повністю)

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

автоматизації і інформаційних технологій

(факультет)

інформаційних технологій проектування та прикладної математики

(кафедра)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІТППМ
д.т.н., професор Бородавка Є.В.

„___” _____ 2025 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО РІВНЯ «МАГІСТР»**

на тему: «Розробка інформаційної системи проектування
корпоративної локальної мережі»

Виконав: студент II-го курсу, групи ІСТм-24

Спеціальності: 126 «Інформаційні системи та
технології»

(шифр і назва спеціальності)

Седуш М.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., проф. Теренчук С.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доц. Шабала Є.Є.
(прізвище та ініціали)

Київ, 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: автоматизації і інформаційних технологій

Кафедра: інформаційних технологій проєктування та ПМ

Освітній рівень: “магістр за ОПП”

Спеціальність: 126 «Інформаційні системи та технології»

Освітня програма: «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІТППМ
д.т.н., професор Бородавка Є.В.

“ ” 2025 року

**ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО РІВНЯ «МАГІСТР»**

Седуш Михайло Володимирович

Тема роботи: Розробка інформаційної системи проектування корпоративної локальної мережі

затверджена наказом ректора КНУБА № 1619/23/25 від «30» 09 2025 р.

2. Керівник роботи: Теренчук Світлана Анатоліївна к.т.н., професор кафедри інформаційних технологій проектування і прикладної математики.

3. Строк подання студентом роботи до захисту: грудень 2025 р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р.1. Аналіз особливостей абонентського доступу в корпоративній мережі

Р.2. Розробка рекомендації по проектуванню корпоративної локальної мережі

Р.3. Розробка рекомендації по проектуванню корпоративної локальної мережі

Р.4. Ергономіка інформаційних технологій

5. Інформаційні слайди:

С.1. Титульный слайд

С.2. Актуальність теми

С.3. Актуальності застосування інфотелекомунікаційної підтримки на базі широкосмугового радіо доступу

С.4. Аналіз структурної схеми побудови безпроводової системи

C.5. Схема рівнів доступу

С.6. Характеристики навантаження від користувачів мережі доступу у годину найбільшого навантаження – ГНН

С.7. Оцінка кількості користувачів одної точки доступу

С.8. Розподілення каналів в мережі стандарту 802.11

С.9. Реалізація методу балансування трафіку на основі математичної моделі

С.10. Налаштування параметру під назвою розбіжність

6. Календарний план виконання кваліфікаційної роботи

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Р. 1. Аналіз особливостей абонентського доступу в корпоративній мережі	Вересень 2025 р.
Р. 2. Розробка рекомендації по проектуванню корпоративної локальної мережі	Жовтень 2025 р.
Р. 3. Розробка рекомендації по проектуванню корпоративної локальної мережі	Листопад 2025 р.
Р. 4. Ергономіка ІТ	Грудень 2025 р.
Остаточне оформлення роботи	Грудень 2025 р.
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	Грудень 2025 р.
Попередній захист роботи на кафедрі	Грудень 2025 р.

7. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта, представника комісії	дата	підпис
Прийом програмного продукту	к.т.н., доц. Шабала Є.Є.		

8. Дата видачі завдання: 22 вересня 2025 року

Керівник

(підпис)

Теренчук С.А.

(прізвище та ініціали)

Магістрант

(підпис)

Седуш М.В.

(прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ

Київський національний університет будівництва і архітектури

Седуш Михайло Вікторович

факультет автоматизації і інформаційних технологій,

група ІСТм-II

Тема кваліфікаційної роботи:

**«Розробка інформаційної системи проектування корпоративної
локальної мережі»**

освітній рівень: магістр,

спеціальність: 126 «Інформаційні системи і технології»,

Науковий керівник: Теренчук Світлана Анатоліївна ,

**кандидат технічних наук, професор кафедри інформаційних технологій
проектування та прикладної математики**

Обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається: розділів 5, стор. 79, таблиць 4, рис. 16, завдання, анотація, вступу, висновків, списку використаних джерел.

Актуальність теми.

Робота присвячена розробці корпоративної мережі та оптимізації трафіку, аналізу перспектив використання обладнання із широкосмуговим радіодоступом на основі методів порівняння режимів і обладнання технології Wi-F, структурного синтезу мережі ділового офісного центру та розробки рекомендацій по розгортанню радіомереж.

У вступі визначені основні напрямки дослідження визначення кошторисної вартості будівельних робіт, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні завдання системи визначення кошторисної вартості, показано зв'язок із програмами, планами, темами.

У першому розділі «Аналіз особливостей абонентського доступу в корпоративній мережі» розглянута актуальність застосування інфотелекомунікаційної системи на базі широкосмугового радіо доступу, аналіз варіантів застосування абонентського доступу в корпоративній мережі, надійність використання безпроводових технологій в телекомунікаційних

мережах, недоліки використання безпроводових технологій в телекомунікаційних мережах.

У другому розділі «Розробка рекомендації по проектуванню корпоративної локальної мережі» запропоновано вимоги до безпроводових технологій, аналіз потреби в пропускну здатності мереж, характеристика затримки передачі пакетів в мережі, аналіз структурної схеми побудови безпроводової системи, Аналіз структурної схеми побудови безпроводової системи, особливості планування розгортання безпроводової системи.

У третьому розділі «Проектування інфотелекомунікаційної локальної мережі» запропоновано аналітичне тестування мережі, розрахунок раціональної кількості точок доступу мережі, метод балансування трафіку шляхом знаходження найбільшого спільного діляника між пропускними здатностями каналів зв'язку балансуєного вузла.

У четвертому розділі «Ергономіка інформаційних технологій».

Досліджено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Запропоновано програмно-технічний комплекс практичної реалізації системи; розраховано час евакуації людей при пожежі в приміщенні. В розділі на реальних прикладах описано ергономічні вимоги до організації обладнання робочих місць з комп'ютерною технікою.

Ключові слова: інформаційна система, корпоративна локальна мережа, автоматизована система.

Keywords: information system, corporate local network, automated system.

Якість оформлення проекту. Кваліфікаційна робота магістра оформлена у відповідності до діючих нормативних документів та методичних вказівок до виконання дипломної роботи для студентів спеціальності 126. «Інформаційні системи і технології».

Загальний висновок стосовно роботи та присвоєння авторіві освітнього рівня «магістр». Робота виконана на високому рівні, студент продемонстрував високий рівень теоретичної підготовки та сформованих практичних навичок в області сучасних інформаційних технологій. Заслужує оцінки «добре».

Науковий керівник _____ / проф. Теренчук С.А. /
(підпис)

Посада, місце роботи. КНУБА, пр-т. Повітряних Сил, 31, професор
кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики

«8» грудня 2025 р.

АНОТАЦІЯ

«Розробка інформаційно системи проектування корпоративної локальної мережі».

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю: 126. «Інформаційні системи і технології» – Київський національний університет будівництва та архітектури. – Київ, 2025.

Робота присвячена розробці корпоративної мережі та оптимізації трафіку, аналізу перспектив використання обладнання із широкопasmовим радіодоступом на основі методів порівняння режимів і обладнання технології Wi-Fi, структурного синтезу мережі ділового офісного центру та розробки рекомендацій по розгортанню радіомереж.

Ключові слова: інформаційна система, корпоративна локальна мережа, автоматизована система.

SUMMARY

"Automated system of design of corporate local network".

Master's attestation master's degree in specialty: 126. "Information systems and technologies". - Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture - Kiev, 2025.

The work is devoted to the development of corporate network and traffic optimization, analysis of prospects for the use of equipment with broadband radio access based on methods of comparing modes and equipment of Wi-Fi technology, structural synthesis of business office center network and development of recommendations for radio network deployment.

Key words: information system, corporate local network, automated system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ В КОРПОРАТИВНІЙ МЕРЕЖІ	12
1.1 Актуальність застосування інфотелекомунікаційної системи на базі широкосмугового радіо доступу	12
1.1.1 Переваги в застосуванні безпроводових систем в побудові мереж	14
1.1.2 Напрямки підвищення продуктивності безпроводової мережі	14
1.1.3 Підвищення надійності безпроводових систем	14
1.2 Аналіз варіантів застосування абонентського доступу в корпоративній мережі.....	15
1.3 Надійність використання безпроводових технологій в телекомунікаційних мережах	17
1.4 Недоліки використання безпроводових технологій в телекомунікаційних мережах	18
2 РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ПРОЕКТУВАННЮ КОРПОРАТИВНОЇ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ	21
2.1 Вимоги до безпроводових технологій	21
2.2 Аналіз потреби в пропускну здатності мереж	21
2.3 Характеристика затримки передачі пакетів в мережі	36
2.4 Аналіз структурної схеми побудови безпроводової системи	37
2.5 Особливості планування розгортання безпроводової системи.....	41
2.6 Порівняльна характеристика можливостей технологій на базі стандартів WiFi 802.11n, 802.11ac, 802.11ad	42
3 ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ... 45	
3.1 Аналітичне тестування мережі.....	46
3.2 Оцінка кількості користувачів одної точки доступу	46
3.3 Розрахунок раціональної кількості точок доступу мережі.....	49
3.4 Рекомендації по визначенню параметрів каналів, що застосовують точки доступу мережі	49
3.5 Рекомендації щодо особливостей монтажу проводової частини ЛОМ	50
3.7 Метод балансування трафіку з використанням коефіцієнта завантаженості каналів зв'язку в формулі розрахунку метрики протоколу EIGRP	58
3.8 Метод балансування трафіку шляхом знаходження найбільшого спільного діляника між пропусковими здатностями каналів зв'язку балансуючого вузла... 60	
4 ЕРГОНОМІКА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	60
ВИСНОВКИ.....	73
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	74

ВСТУП

На сьогоднішній день майже кожне підприємство так чи інакше пов'язане з обчислювальними машинами. Це зумовлено тим, що обчислювальна техніка полегшує роботу в різних сферах і тим самим підвищує продуктивність підприємств. Але щоб отримати цю продуктивність, треба правильно реалізувати її можливості. Наприклад об'єднати комп'ютери в локальну обчислювальну мережу, що дасть можливість поєднати між собою підрозділи підприємства і тим самим полегшити обмін файлами між робітниками, або ж об'єднати філії одного підприємства, які розташовані на великій відстані один від одного, між собою через VPN канал і тим самим надати можливість обмінюватися даними між локальними мережами.

Також важливою частиною є балансування трафіку. Балансування трафіку є стандартною функцією програмного забезпечення маршрутизації і є на всіх платформах маршрутизаторів. Ця функція є невід'ємною частиною процесу пересилання пакетів в маршрутизаторі і включається автоматично, якщо в таблиці маршрутизації є кілька шляхів до адресата. Розподіл трафіку засноване на стандартних протоколах маршрутизації, таких як: RIP, IGRP, EIGRP, OSPF або здійснюється на основі статично налаштованих маршрутів і механізмів пересилання пакетів. Розподіл навантаження дозволяє маршрутизатора використовувати кілька шляхів до адресата при передачі пакетів. Особливо важлива балансування навантаження в умовах різкого збільшення трафіку через маршрутизатори при DDoS-атаці на кінцеві ресурси.

Перевагою локальної обчислювальної мережі є економічна складова - це пов'язано з тим, що є можливість спільно використовувати периферійні пристрої. Наприклад, досить підключити принтер до маршрутизатора, налаштувати його як мережевий, і всі користувачі зможуть роздруковувати на ньому документи.

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ АБОНЕНТСЬКОГО ДОСТУПУ В КОРПОРАТИВНІЙ МЕРЕЖІ

1.1 Актуальність застосування інфотелекомунікаційної системи на базі широкосмугового радіо доступу

Безпроводові мережі дозволяють людям зв'язуватися й одержувати доступ до ресурсів й інформації без використання проводових з'єднань. Це забезпечує більшу швидкість виконання різноманітних дій за рахунок відсутності проводів, необхідності проводового підключення та волю пересування. Можливість використання ресурсів, що перебувають в інших частинах будинку, міста. Наприклад, людина, що здійснює зі свого будинку пошук інформації в Internet, може робити це вдалині від гучних дітей.

Розглянемо основні показники та характеристики актуальності застосування інфотелекомунікаційної підтримки на базі широкосмугового радіо доступу:

- *Невелика вартість в порівнянні з провідною мережею*

Побудова інфотелекомунікаційної підтримки на базі широкосмугового радіодоступу коштує приблизно на 50% - 40% дешевше ніж побудова проводової мережі;

- *Легка масштабованість за невеликою вартістю*

Збільшення масштабності мережі, наприклад, для розширення зони покриття або збільшення пропускної здатності, коштуватиме власнику набагато дешевше ніж початкова побудова системи. Тому що основне обладнання вже буде встановлене, і необхідно буде лише встановити необхідну кількість точок доступу та підключити їх до комутатору що розміщується на поверсі.

- *Вища відмовостійкість мережі*

В безпроводовій мережі практично відсутні проводові з'єднання які використовуються при експлуатації мережі. Отже відсутня ймовірність пошкодження кабелю або з'єднання. Також відсутня можливість корозії проводових з'єднань.

- *Можливість повторного монтажу мережі при переїзді власника*

В тяжкій економічній час, компанії часто переїжджають в нові офіси. Власники безпроводових мереж можуть змінювати офіси з мінімальними затратами при повторному встановленні мережі. Достатньо лише змонтувати кабельну мережу для безпроводових базових станцій. Як правило вартість кабельної мережі складає приблизно 20% - 25% від вартості всієї системи.

- *Збільшення продуктивності роботи працівників*

Наприклад, при роботі складу, завдяки бездротовим ручним сканерам та ПК, набагато швидше можна занести в базу необхідний товар та вести його облік.

В офісі, завдяки бездротовому телефонному зв'язку, при вирішенні питань, працівники пересуваючись в офісі завжди залишаються на зв'язку.

Зменшення відмовостійкості економить час технічних працівників та кошти компанії.

Зростання продуктивності, обумовлює збільшення корисного робочого часу працівників, що в свою чергу дозволяє компанії заощадити кошти та отримувати прибуток завдяки збільшенню корисного часу працівників.

- *Безкоштовна можливість зміни плану розташування робочих місць*

При зміні плану розташування робочих місць працівників, достатньо лише пере пересунути меблі.

- *Організація безпроводового телефонного зв'язку*

На базі безпроводової мережі стандарту 802.11 можлива одночасна робота безпроводової ЛОМ та безпроводового телефонного зв'язку. Це також економить кошти.

- *Підключення до мережі інших безпроводових пристроїв з відповідним стандартом без потреби монтажу кабельної мережі*

До безпроводової мережі можливе підключення різноманітного обладнання яке сумісне з стандартом безпроводової мережі (сканери штрих-кодів, принтери, відеокамери та інше).

1.1.1 Переваги в застосуванні безпроводових систем в побудові мереж

Маючи суттєві переваги, люди, що проживають у різних куточках земної кулі, отримують користь від безпроводових з'єднань, перевіряючи свою електронну пошту, переглядаючи сторінки Internet і отримуючи доступ до корпоративних ресурсів. Триваюче поліпшення виробів, до складу яких входить бездротовою інтерфейс, дає їм змогу обходитися без проводів і користуватися перевагами мобільності та гнучкості.

У результаті підвищується ефективність, точність і надійність.

1.1.2 Напрямки підвищення продуктивності безпроводової мережі

Безпроводова мережа потребує удосконалення за напрямком, як підвищення продуктивності, що забезпечить відповідність сучасним вимогам до мереж. Якщо вигода очевидна навіть всупереч витратам, пов'язаних з установкою і обслуговуванням безпроводової мережі, остання стає привабливим рішенням. Безперечна користь від інвестицій служить гарним стимулом для вкладення коштів в нові системи.

1.1.3 Підвищення надійності безпроводових систем

Таким чином вони потребують підвищення надійності, що досягається підвищенням високої надійності обладнання та безвідмовністю мережі в цілому. Метою побудови мережі є надійність роботи систем, які опираються на комп'ютерні ресурси, внаслідок можливості використання альтернативних інформаційно-обчислювальних засобів. Аварія одного комп'ютера в мережі не приводить до серйозних проблем, оскільки існує можливість отримання необхідних послуг від інших комп'ютерів, увімкнених в мережу.

1.2 Аналіз варіантів застосування абонентського доступу в корпоративній мережі

Аналіз стандартів роботи Wi-Fi є доцільним, необхідним для аналізу потреб в застосуванні абонентського доступу в корпоративній мережі.

Безпроводові мережі підтримують безліч програм, які вигідні для користувача тим, що забезпечують його мобільність і високу надійність зв'язку на відміну від схильних до збоїв кабельних з'єднань. Більш того, у багатьох випадках завдяки застосуванню безпроводових мереж досягається суттєва економія коштів за рахунок підвищення ефективності праці та зменшення кількості періодів вимушеної бездіяльності, що виникають при застосуванні проводових мереж. Для використання більшості технологій безпроводових мереж не потрібна ліцензія, що робить їх розгортання простим і економічно вигідним.

Основні конфігурації

У більшості випадків безпроводова мережа - це просто розширення якої-небудь вже існуючої проводової мережі. У цьому випадку службовець може виконувати певне завдання, перебуваючи в оптимальному для цього місці, а не там, де у нього є доступ до проводової мережі. Наприклад, працівник складу може використовувати безпроводний ручний пристрій для сканування предметів, розвантажувати вантажівку. Це набагато ефективніше, ніж записувати їх номери з подальшим введенням їх в настільний термінал, що знаходиться десь в приміщенні, далеко від вантажної платформи.

Програми, доступні через безпроводні мережі, можуть надаватися користувачам приватним чином або відкрито. Компанія або власник будинку, що купує і встановлює безпроводову мережу для приватного користування, надає обмежений доступ до такої мережі. Як правило, доступ надається тільки службовцям компанії або квартиронаймачам. Для того щоб тільки авторизовані користувачі могли підключитися до такої мережі та скористатися її послугами, компанії зазвичай застосовують заходи захисту. З іншого боку, загальнодоступні мережі забезпечують відкритий доступ до своїх ресурсів. Наприклад, бізнесмен може скористатися загальнодоступною безпроводовою

мережею аеропорту для виходу в Internet в очікуванні посадки на літак. Ці "гарячі" зони вільного доступу з'явилися вже в багатьох аеропортах, готелях і навіть кафе, тобто там, де в цьому є потреба.

Доступ в Internet

Одна з основних причин для розгортання безпроводової мережі - необхідність спільного використання одного високошвидкісного каналу доступу в Internet. При такому типі конфігурування мережі кожен член сім'ї або невеликої фірми може використовувати одне на всіх високошвидкісне підключення, що забезпечується кабельним модемом або цифровою абонентської лінією (Digital Subscriber Line, DSL). Така практика загальноприйнята і дозволяє економити кошти, оскільки багато хто одночасно можуть отримувати доступ в Internet знаходячись при цьому в будь-якому куточку будинку або офісу.

Передача мови без проводів

Дуже приваблива можливість використання безпроводових мереж для забезпечення передачі голосових повідомлень, особливо коли люди повинні постійно контактувати між собою. Дійсно, локальна безпроводова мережа, розрахована на підтримку мовного зв'язку, може повністю замінити традиційну проводову телефонну систему в окремому будинку. Можливість передачі через одну безпроводову мережу як мови, так і даних забезпечує повну мобільність при низьких експлуатаційних витратах.

Наприклад, службовці магазину роздрібної торгівлі можуть визначати місцезнаходження необхідного покупцеві товару або проводити інвентаризацію з використанням спеціальних безпроводових телефонів, включених в безпроводову локальну мережу. Мережа в магазині повинна також підтримувати передачу штрих-кодів, що необхідно в період проведення інвентаризації або визначення ціни за допомогою безпроводових ручних сканерів штрих-кодів. Зниження експлуатаційних витрат досягається за рахунок того, що компанії досить розгорнути і підтримувати лише одну телекомунікаційну систему, що забезпечує передачу мови та даних.

Управління ресурсами

Багато фірм з успіхом застосовують безпроводові локальні мережі для управління процесом виробництва, що знижує експлуатаційні витрати. Оскільки зв'язок між виробничим обладнанням та головними управляючими системами здійснюється без використання проводів, компанія може реорганізувати складальний процес у будь-який час з будь-якого місця, тим самим заощаджуючи час і кошти.

Завдяки використанню безпроводової локальної мережі відстежуються і оновлюються дані інвентаризації в реальному масштабі часу, тим самим істотно підвищується їх точність і ефективність. В умовах роздрібної торгівлі при продажу якого-небудь товару безпроводова система управління негайно відновить інвентаризаційні дані. В умовах виробництва керівництво компанії може вчасно отримувати відомості про наявні вихідні матеріали і готової продукції. Службовці за допомогою безпроводових сканерів штрих-кодів можуть перевіряти або змінювати ціну виробів, а також перевіряти їх кількість на складах.

1.3 Надійність використання безпроводових технологій в телекомунікаційних мережах

Кабелі не відрізняються високою надійністю через корозію і можливих пошкоджень. Причиною виходу з ладу проводових мереж найчастіше є неправильне прокладання кабелів або їх пошкодження. Техніки телефонних компаній постійно стикаються з труднощами, зумовленими пошкодженням телефонних кабелів. На період усунення неполадок (іноді досить тривалий) частину телефонної системи зв'язку виходить з ладу.

Несприятлива погода (тропічний циклон чи торнадо) може заподіяти шкоду як повітряним, так і підземним кабельним комунікаціям. Із-за чого всі що проживають у великих будинках позбавляються доступу до важливих ресурсів. Хоча проводові мережі зазвичай мають більш високі характеристики, їх схильність простоїв може знизити рівень їх надійності до неприйнятної.

Безпроводова мережа істотно зменшує кількість проблем, пов'язаних з фізичним ушкодженням. Коефіцієнт готовності такої системи набагато вище,

завдяки чому користувачі можуть користуватися її послугами більшу в процентному відношенні частину часу. Провідна мережа може бути необхідною, якщо безпроводова не задовольняє пропонованим до мережі вимогам, але безпроводова мережа може забезпечити резервування провідного каналу зв'язку. Комбітація дротового і безпроводового ліній зв'язку між будівлями дозволяє створити надійні і разом з тим високопродуктивні системи.

1.4 Недоліки використання безпроводових технологій в телекомунікаційних мережах

Швидкість і стабільність. Формально швидкість з'єднання - то, що пишуть на коробках - навіть перевершує швидкість проводового з'єднання. Однак реальна швидкість роботи в цьому випадку завжди буде набагато нижче. Основні обмеження бездротових мереж Wi-Fi включають в себе:

заявлена виробником точки доступу швидкість підключення ділиться між усіма клієнтами, тобто при великій кількості клієнтів реальна швидкість буде значно нижчою від заявленої;

Висока швидкість досягається тільки при застосуванні декількох антен. Але навіть якщо у роутера їх 8, то у мобільного пристрою навряд чи буде більше двох антен, відповідно, швидкість буде нижче.

Швидкість бездротового з'єднання залежить від багатьох факторів: перешкод, відстані до точки доступу, кількості стін і інших перешкод між точкою доступу і клієнтом і т.д. Для діапазону 5 ГГц вплив цих факторів вище (тобто дальність стійкого роботи буде менше, а швидкість при збільшенні відстані або через перешкоду падає швидше).

Бездротові мережі при роботі заважають один одному. У місцях, де одночасно працює кілька мереж на однаковому чи близькому каналі передачі, швидкість обміну даними в кожній з них буде падати.

Відповідно до стандарту IEEE 802.11, робота йде в напівдуплексному режимі - це значить, що передача даних може йти тільки в одному напрямку в конкретний момент часу, а при активному обміні даними на вхід і вихід швидкість можна ділити навпіл.

Таким чином, заявлена і реальна швидкість для бездротових мереж - дві великі різниці, причому на них ще й може впливати безліч динамічних чинників - які сьогодні є, а завтра немає.

Є у бездротових мереж і інші особливості зі знаком «мінус».

Безпека. Бездротова мережа транслює свої дані «назовні», тобто її завжди можна побачити і «підслухати». Весь обмін трафіком також можна прослухати, іноді навіть перебуваючи поза офісної будівлі. Шифрування трохи знижує гостроту проблеми, але старі алгоритми (типу WEP) легко зламуються, та й нові стійкі нема на 100%. Плюс, завжди залишається теоретична можливість злому самої точки доступу або клієнтського пристрою, а останнім часом повідомлень про такі можливості (нехай вони і подаються як теоретичні) стає лякаюче багато.

Обладнання. Якщо у мобільних ПК завдяки старанням Intel (і у мобільних пристроїв приблизно з того ж приводу) з підтримкою Wi-Fi все добре, то в ПК адаптерів Wi-Fi практично ніколи немає, їх потрібно докуповувати окремо (в неттопах і моноблоках, при цьому, вони майже завжди є). Але навіть якщо докуповувати адаптер окремо, то дешеві карти як правило йдуть з дешевими ж антенами, які працюють дуже погано - щоб отримати хоча б такий же рівень сигналу (і швидкість передачі), як у стоїть поруч ноутбука, доводиться докуповувати зовнішню антену. Устаткування для Wi-Fi як правило коштує помітно дорожче, ніж аналогічне обладнання для провідної мережі.

В результаті аналізу встановили

Безпроводова мережа дозволяє обійтися без проводових з'єднань та вільно пересуватись.

Безпроводова мережа забезпечує доступ до ресурсів в будинках, офісах, лікарнях, громадських місцях, де користувачі можуть отримувати користь від мобільного доступу до мережевих служб. Здатність безпроводових мереж забезпечувати зручний доступ до мобільних ресурсів часто є цілком достатнім аргументом на користь їх вибору. Однак у деяких випадках компанії доведеться провести ретельний аналіз потенційних поліпшень ефективності, точності і надійності, щоб показати: вкладені в систему кошти дадуть результат.

Однією із основних переваг безпроводової мережі, є підвищення трудової ефективності працівників.

Однак до недоліків можна віднести швидкість і стабільність, а також безпека. Це не означає що швидкість буде повільною чи до мережі може будь-хто під'єднатися. Але в проводній мережі ці показники будуть кращі.

2 РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ПРОЕКТУВАННЮ КОРПОРАТИВНОЇ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Розробка рекомендацій на базі широкосмугового радіо доступу складається з розробки двох підсистем: -розробки безпроводової ЛОМ Wi-Fi; - розробки проводової ЛОМ. Розробка безпроводової мережі, враховує всі технічні особливості безпроводової мережі Wi- Fi.

Розробка проводової ЛОМ виконується для об'єднання точок доступу в єдину мережу передачі даних, інтеграції серверів та проводових пристроїв с Ethernet інтерфейсом в безпроводову мережу Wi-Fi для централізованої роботи, підведення електроживлення до точок доступу Wi-Fi.

2.1 Вимоги до безпроводових технологій

Безпроводова мережа, в силу своїх особливостей, при проектуванні вимагає

врахування наступних вимог:

- Пропускна здатність;
- Затримки передачі пакетів;
- Безпека;

В наступному пункті аналізуємо потреби пропускної здатності.

2.2 Аналіз потреби в пропускної здатності мереж

Швидкість передачі даних між джерелом інформації (сервером і т.п.) і клієнтським обладнанням є важливим чинником при організації безпроводової мережі.

Пропускна здатність безпроводової мережі Wi-Fi залежить від:

- Обраного стандарту мережі Wi-Fi;

- Використання безпеки мережі;
- Густина радіопокриття;
- Проводової ЛОМ.

Для того щоб розробити безпроводову мережу потрібно визначити стандарт мережі.

Вибір стандарту безпроводової мережі Wi-Fi

На сьогоднішній день, в Україні використовується три стандарти: 802.11b, 802.11g, 802.11n.

802.11b - забезпечує швидкість передачі даних 11Мбіт / с.

802.11g - забезпечує швидкість передачі даних 54Мбіт / с.

802.11n - забезпечує швидкість передачі даних 300Мбіт / с., При цьому клієнтське обладнання може використовувати не більше 150Мбіт / с.

802.11ac - стандарт бездротових локальних мереж Wi-Fi, який працює в діапазоні частот 5 ГГц. Сумісний з IEEE 802.11n (в діапазоні 5 ГГц) і IEEE 802.11a. Отримав назву Wi-Fi 5. Швидкість 433 Мбіт / с (пристрої з 433 Мбіт / с на канал уже були доступні влітку 2014 роки) і до 6,77 Гбіт / с при 8x MU-MIMO-антенах.

Характеристики стандарту IEEE 802.11b

Стандарт IEEE 802.11b був прийнятий в 1999 р. у розвиток прийнятого раніше стандарту IEEE 802.11.

Робота даного стандарту заснована на методі прямого розширення спектру(DSSS) з використанням восьмирозрядних послідовностей Уолша. При цьому

кожен біт даних кодується за допомогою послідовності додаткових кодів (СРК). Це дозволяє досягти швидкості передачі даних 11 Мбіт / с.

Як і базовий стандарт, IEEE 802.11b працює з частотою 2.4 ГГц, використовуючи не більше трьох непересічних каналу. Радіус дії мережі в прямої видимості становить приблизно 300м.

Відмітною особливістю цього стандарту є те, що при необхідності (наприклад, при погіршенні якості сигналу, велику віддаленість від точки до

ступа, різних перешкодах) швидкість передачі даних може зменшуватися аж до 1 Мбіт / с. Навпаки, виявивши, що якість сигналу покращився, мережеве обладнання автоматично підвищує швидкість передачі до максимальної. Цей механізм називається динамічним зрушенням швидкості.

Характеристики стандарту IEEE 802.11g

Стандарт IEEE802.11g успадкував найкращі властивості стандартів 802.11b і крім того, має багатьма власними корисними якостями. Метою створення даного стандарту було досягнення швидкості передачі даних 54 Мбіт/с. Як і IEEE 802.11b, стандарт IEEE 802.11g розроблений для роботи в частотному діапазоні 2,4 ГГц. IEEE 802.11g пропонує обов'язкові й можливі швидкості передачі даних:

- обов'язкові - 1; 2; 5.5; 6; 11; 12 й 24 Мбіт/с;
- можливі - 33, 36.48 й 54 Мбіт/с.

Для досягнення таких показників використовується кодування за допомогою послідовності додаткових кодів(ССК), метод ортогонального частотною мультиплексування (OFDM), метод гібридного кодування (ССК-OFDM) і метод двійкового пакетного надточного кодування (PBCC).

Варто відзначити, що однієї й тієї ж швидкості можна досягти різними методами, однак обов'язкові швидкості передачі даних досягаються тільки за допомогою методів ССК й OFDM, а можливі швидкості - за допомогою методів ССК-OFDM і PBCC.

Перевагою встаткування стандарту IEEE 802.11g є сумісність із устаткуванням IEEE802.11b. Можна легко використати свій комп'ютер з мережною картою стандарту IEEE 802.11 для роботи крапкою доступу стандарту IEEE 802.11g, і навпаки. Крім того, споживана потужність устаткування цього стандарту набагато нижче, ніж аналогічного встаткування стандарту IEEE 802.11a.

Характеристики стандарту IEEE 802.11n

Стандарт 802.11g є одним із самих перспективних стандартів.

Швидкість передачі даних, до 300Мбіт/с.

IEEE 802.11n використовує метод ортогонального частотного мультиплексування (OFDM) і квадратурну амплітудну модуляцію (QAM). Це забезпечує не тільки високу швидкість передачі даних, але й повну сумісність зі стандартами IEEE802.11a, IEEE802.11b, IEEE802.11g.

Для збільшення швидкості передачі даних панирується використати кілька нових технологій, однією з яких є технологія із множинним введенням/висновком

(MIMO Multiple Input Multiple Output). Її зміст полягає в паралельній передачі даних по різних каналах із застосуванням декількох передавальних антен. Крім того, мається на увазі розширення частотного каналу до 40 МГц.

Теоретично 802.11n здатний забезпечити швидкість передачі даних до 300 Мбіт/с.

Збільшення швидкості передачі досягається завдяки подвоєнню ширини каналу з 20 до 40 МГц, а також за рахунок реалізації технології багатоканального входу /виходу, яка дає можливість одночасної передачі і прийому даних.

Характеристики стандарту IEEE 802.11ac

802.11ac відноситься до п'ятого покоління бездротових мереж, і в розмовній мові за ним може закріпитися назва 5G WiFi, хоча офіційно воно невірно. При розробці цього стандарту однією з головних цілей ставилося досягнення гигабітної швидкості передачі даних. У той час як використання додаткових, як правило, ще не задіяних каналів, дозволяє розігнати навіть 802.11n до значних 600 Мб / с (для цього будуть використовуватися 4 канали, кожен з яких працює на швидкості 150 Мб / с), гигабітну планку йому так і не судилося взяти, і ця роль дістанеться його наступнику.

Вказану швидкість (один гігабіт) вирішено було брати не за всяку ціну, а зі збереженням сумісності з більш ранніми версіями стандарту. Це означає, що в змішаних мережах всі пристрої будуть працювати незалежно від того, скільки разів 802.11 вони підтримують.

Для досягнення цієї мети 802.11ac буде як і раніше працювати на частоті до 6 ГГц. Але якщо в 802.11n для цього використовувалися відразу дві частоти (2.4 і 5 ГГц), а в більш ранніх ревізіях тільки 2.4 ГГц, то в AC низьку частоту викреслять і залишать лише 5 ГГц, так як саме вона більш ефективна для передачі даних.

Останнє зауваження може показатися трохи суперечливим, оскільки на частоті 2.4 ГГц сигнал краще поширюється на великі відстані, ефективніше огибаючи перешкоди. Однак цей діапазон вже зайнятий величезною кількістю «побутових» хвиль (від пристроїв Bluetooth до мікрохвильових печей та іншої домашньої електроніки), і на практиці його застосування тільки погіршує результат.

Іншою причиною для відмови від 2.4 ГГц стало те, що в цьому діапазоні не вистачить спектра для розміщення достатньої кількості каналів шириною в 80-160 МГц кожен.

Слід підкреслити, що, незважаючи на різні робочі частоти (2.4 і 5 ГГц), IEEE гарантує сумісність ревізії AC з більш ранніми версіями стандарту. Яким чином це досягається, докладно не пояснено, але швидше за все, нові чіпи будуть використовувати 5 ГГц як базову частоту, однак при роботі зі старими пристроями, не підтримують цей діапазон, зможуть перемикатися на більш низькі частоти.

Швидкість

Помітний приріст швидкості в 802.11ac буде отримано за рахунок відразу декількох змін. В першу чергу, за рахунок подвоєння ширини каналу. Якщо в 802.11n він вже був збільшений з 20 до 40 МГц, то в 802.11ac складе цілих 80 МГц (за замовчуванням), а в деяких випадках і 160 МГц.

У ранніх версіях 802.11 (до N специфікації) всі дані передавалися лише в один потік. В N їх число може становити 4, хоча до цих пір найчастіше використовуються тільки 2 канали. На практиці це означає, що сумарна максимальна швидкість обчислюється як двір максимальної швидкості кожного каналу на їх кількість. Для 802.11n отримуємо $150 \times 4 = 600$ Мб / с.

У 802.11ac пішли далі. Тепер число каналів збільшено до 8, і максимально можливу швидкість передачі в кожному конкретному випадку можна дізнатися в залежності від їх ширини. При 160 МГц виходить 866 Мб / с, і, помноживши цю цифру на 8, отримуємо максимальну теоретичну швидкість, яку може забезпечити стандарт, тобто майже 7 Гб / с, що в 23 рази швидше, ніж дає 802.11n.

Гигабитную, а тим більше 7-гигабитную швидкість передачі даних спочатку зможуть забезпечити далеко не всі чіпи. Перші моделі маршрутизаторів і інших Wi-Fi пристроїв будуть працювати на більш скромних швидкостях.

Наприклад, уже згаданий перший 802.11ac роутер Cisco хоч і перевершує можливості 802.11n, проте також не вибрався з «догігабітного» діапазону, демонструючи лише 866 Мб / с. При цьому мова йде про старшу з двох доступних моделей, а молодша забезпечує всього 600 Мб / с.

Втім, помітно нижче цих показників швидкості також не падатимуть навіть в пристроях самого початкового рівня, оскільки мінімальна можлива швидкість передачі даних, відповідно до специфікації, становить для AC 450 Мб / с.

Методи й технології модуляції сигналу в стандарті 802.11

Кожен новий стандарт використає нові, більше швидкі й надійні специфікації для фізичного рівня:

- специфікація для роботи в інфрачервоному діапазоні;
- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum, розширення спектра прямою послідовністю) - визначає роботу пристроїв у діапазоні радіочастот по радіоканалах із широкосмуговою модуляцією із прямим розширенням спектра методами прямої псевдовипадкової послідовності;
- FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum, розширення спектра за рахунок стрибкоподібної зміни частоти) визначає роботу пристроїв у діапазоні радіочастот по радіоканалах із широкосмуговою модуляцією зі стрибкоподібно! перебудовою частоти псевдовипадковими методами;

- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, ортогональне мультиплексування з поділом частот) - визначає роботу пристроїв у позбавить зоні радіочастот по радіоканалах з використанням підканалів з різними несучими частотами;

- PBCC (Packet Binary Convolutional Coding, двійкове пакетне сверточное кодування) - метод двійкового пакетного сверточного кодування;

- технологія кодування Баркера - описує спосіб кодування даних за допомогою послідовностей Баркера:

- ССК (Complementary Code Keying, кодування за допомогою комплементарних кодів) - описує спосіб додаткового кодування бітів переданої інформації;

- ССК-OFDM - описує спосіб кодування даних за допомогою гібридного методу, що дозволяє збільшити швидкість передачі сигналу при невисокій надмірності даних;

- QAM (Quadrature Amplitude Modulation, квадратурна амплітудна модуляція) описує спосіб квадратурної амплітудної модуляції сигналу, що працює на швидкості вище 48 Мбіт/с.

Метод DSSS

Сенс методу розширення спектра прямий псевдовипадковою послідовністю (DSSS) полягає у приведенні вузькосмугового спектру сигналу до його широкополосного представлення, що дозволяє збільшити стійкість переданих до перешкод.

При використанні методу широкосмугової модуляції з прямим розширенням спектру діапазон 2400-2483,5 МГц ділиться на 14, перекриваються або три, ті що не перекриваються каналом з проміжком в 25 МГц. Фактично це означає що різне обладнання може паралельно використовувати три канали, при цьому не заважаючи один одному працювати.

Для пересилання використовується всього один канал. Щоб підвищити якість передачі і знизити споживану при цьому енергію (за рахунок зниження потужності переданого сигналу), використовується послідовність Баркера яка

характеризується досить великою надлишковістю. Надмірність коду дозволяє уникнути повторної передачі даних, навіть якщо пакет пошкоджений.

Метод FHSS

При використанні методу широкосмугової модуляції з стрибкоподібним перебудівництвом (FHSS) частотний діапазон 2400-2483,5 МГц ділиться на 79 каналів; шириною по 1 МГц. Дані передаються послідовно по різних каналах, створюючи деяку схему перемикання між каналами.

Всього існує 22 такі схеми, причому схему перемикання погоджують відправник та одержувач даних.

Схеми перемикання розроблені таким чином, що шанс використання одного каналу різними відправниками мінімальний.

Переключення між каналами відбувається дуже часто, що обумовлено малою шириною каналу (1 МГц). Тому метод FHSS у своїй роботі використовує весь доступний діапазон частот, а значить, і всі канали.

Метод OFDM

Метод ортогонального частотного мультиплексування (OFDM) є одним з «просунутих» і швидкісних методів передачі даних. На відміну від методів DSSS і FHSS, з його допомогою можна паралельно передавати дані по декільком частотам радіочастот. При цьому інформація розбивається на частини, що дозволяє не тільки збільшити швидкість, але і поліпшити якість передачі.

Даний метод модуляції сигналу може працювати в двох діапазонах - 2,4 і 5 ГГц.

Метод PBCC

Метод довічного пакетного згортального кодування (BCP) використовується при швидкості передачі даних 5,5 і 11 Мбіт / с. Цей же метод, тільки злегка модифікований, використовується і при швидкості передачі даних 22 Мбіт / с.

Принцип PBCC заснований на тому що кожному біту інформації, який потрібно передати, призначаються відповідні два вихідних, створені в

результаті перетворень за допомогою логічної функції XOR і декількох запам'ятовуючих скриньок 1. Тому цей метод називається надточним кодуванням зі швидкістю $1/2$ (один до двох), а сам механізм кодування - надточним кодер.

Використання надточного кодера дозволяє домогтися надмірності коду, що, у свою чергу, підвищує надійність прийому даних.

Щоб відправити готовий дібіт, використовується фазова модуляція сигналу. При цьому в залежно від швидкості передачі застосовується певний метод модуляції - двійкова фазова модуляція (BPSK швидкість передачі - 53 Мбіт / с) або квадратична фазова модуляція (QPSK швидкість передачі - 11 Мбіт / с).

Сенс модуляції полягає в тому, щоб здавити вихідний дібіт до одного символу, не втрачаючи при цьому надмірності коду. У результаті швидкість надходження даних буде відповідати швидкості їх передачі, але при цьому вони будуть володіти сформованою надлишковістю коду і більш високою завадою захищеністю.

Технологія кодування Баркера

Щоб підвищити перешкодостійкість переданого сигналу, тобто збільшити, ймовірність безпомилкового розпізнавання сигналу на приймальній стороні в умовах шуму, можна скористатися методом переходу до широкосмугового сигналу, додаючи в вихідний сигнал надмірність. Для цього в кожний передання інформаційний біт «вбудовують» певний код складається з послідовності так званих чіпів.

Отже, після підбору спеціальних сполучень послідовності чіпів і перетворення вихідного сигналу практично в нерозпізнаний шум при прийомі сигнал помножується на спеціальну кореляційний функцію (код Баркера). У результаті цього всі шуми стають у 11 разів слабкіше, тому що залишається тільки корисна частина сигналу - безпосередньо дані. Здавалося б, що можна зробити з сигналом, який складається із суцільного шуму. Виявляється, застосувавши код Баркера можна досягти гарантованої якості доставки даних.

Технологія CCK

Технологія шифрування з використанням комплементарних кодів (CCK) застосовується для стиснення бітів даних, що дозволяє досягти підвищення швидкості передачі інформації.

Спочатку ця технологія використовувалася в стандарті 802.11b що дозволило досягти швидкості передачі даних 5,5 і 11Мбіт/с. За допомогою CCK можна кодувати кілька бітів в один символ. Зокрема, при швидкості передачі даних 5.5Мбіт/с один символ дорівнює 4 бітам, а при швидкості 11Мбіт/с один символ дорівнює 8 бітам даних.

Даний спосіб кодування можна описати досить складними системами математичними рівняннями, в основі яких лежать комплементарні восьми розрядні комплексні послідовності.

Технологія CCK-OFDM

Технологія гібридного кодування CCK-OFDM використовується при роботі обладнання як з обов'язковими, так і з можливими швидкостями передачі даних. Як раніше згадувалося, при передачі інформації застосовуються пакети даних, що мають спеціальну структуру. Ця структура містить, як мінімум, службовий заголовок. При використанні гібридного кодування CCK-OFDM службовий заголовок пакета будується за допомогою CCK-кодування, а самі дані – за допомогою OFDM-кодування.

Технологія QAM

Технологія квадратурної амплітудної модуляції (QAM) використовується при високих швидкостях передачі даних (починаючи зі швидкості 24Мбіт / с). Її суть полягає в тому, що швидкість передачі даних підвищується за рахунок зміни фази сигналу і зміни його амплітуди. При цьому використовуються модуляції 16-QAM і 64-QAM які дозволяють кодувати 4 біта в одному символі при 16 різних станах сигналу (у першому випадку) і 6 бітів в одному символі при 64 різних станах сигналу (у другому).

Зазвичай 16-QAM використовується при швидкості передачі даних 24 і 36Мбіт/ с., а модуляція 64-QAM - при швидкості передачі даних 48 і 54Мбіт/ с.

Конфігурації безпроводової мережі

Незалежна конфігурація (Ad-Hoc)

Режим незалежної конфігурації (Рисунок 2.1) (IBSS Independent Basic Service Set, незалежний базовий набір служб), який часто називають «точка-точка», найпростіший у застосуванні. Відповідно, найпростішим є побудова та налаштування мережі з використанням незалежної конфігурації.

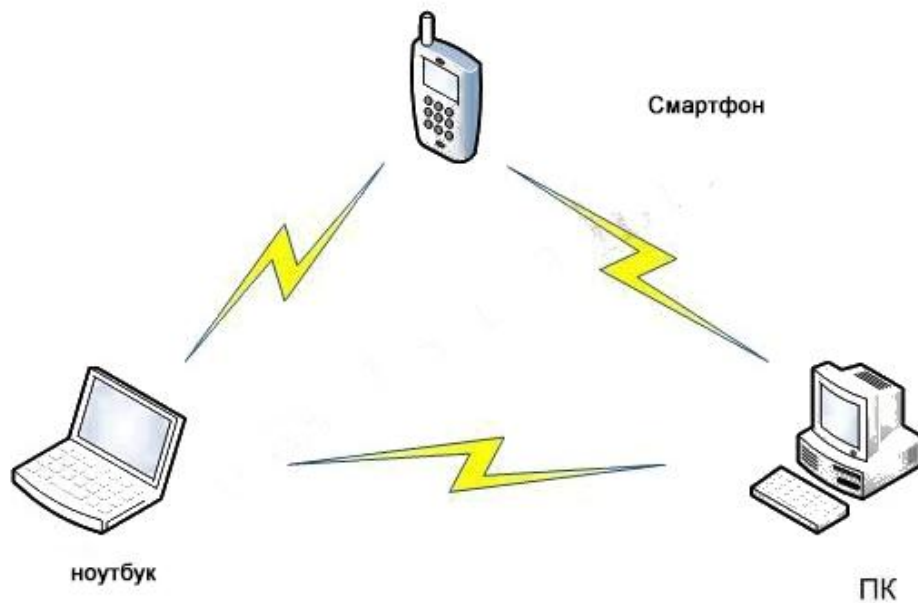


Рисунок 2.1 Режим роботи Ad-Hoc

Щоб об'єднати комп'ютери в безпроводову мережу, досить обладнати кожен комп'ютер адаптером безпроводового зв'язку. Як правило, такими адаптери спочатку комплектуються ноутбуки і КПК, що зводить побудова до налаштування відповідних ресурсів і обмежень.

Зазвичай такий спосіб використовується для організації хаотичної або тимчасової мережі, а також у тому випадку, якщо інший спосіб побудови мережі з яких-небудь причин не підходить.

Хоча режим незалежної конфігурації простий у побудові, він володіє деякими недоліками, головним з яких є малий радіус дії мережі і низька стійкість до перешкод, що накладає певні обмеження на розташування комп'ютерів мережі.

Крім того, підключитися до зовнішньої мережі або до Інтернету в такому випадку дуже непросто.

Інфраструктурна конфігурація

У режимі Infrastructure Mode Рисунок 2.2 станції взаємодіють один з одним не прямо, а через крапку доступу (Access Point), що виконує в безпроводовій мережі роль своєрідного концентратора (аналогічно тому, як це відбувається в традиційних кабельних мережах). Розглядають два режими взаємодії із точками доступу - BSS (Basic Service Set) і ESS (Extended Service Set). У режимі BSS всі станції зв'язуються між собою тільки через крапку доступу, що може виконувати також роль моста до зовнішньої мережі.

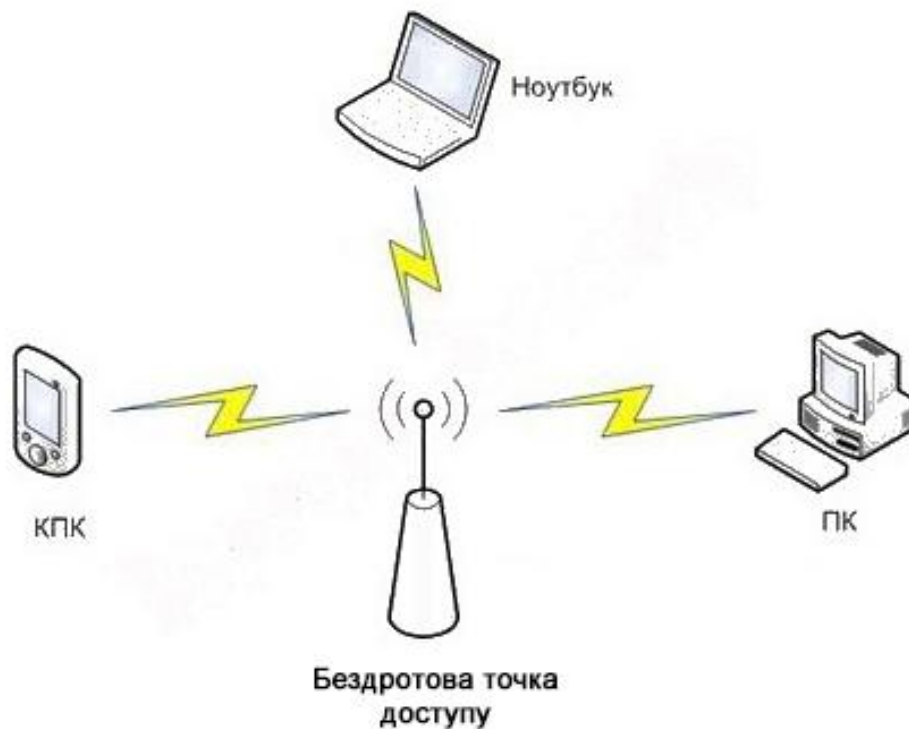


Рисунок 2.2 Режим роботи Infrastructure Mode

У розширеному режимі ESS рисунок 2.3 існує інфраструктура декількох мереж BSS, причому самі точки доступу взаємодіють один з одним, що дозволяє передавати трафік від однієї BSS до іншої. Самі точки доступу з'єднуються між собою за допомогою або сегментами кабельної мережі, або радіо мостів.

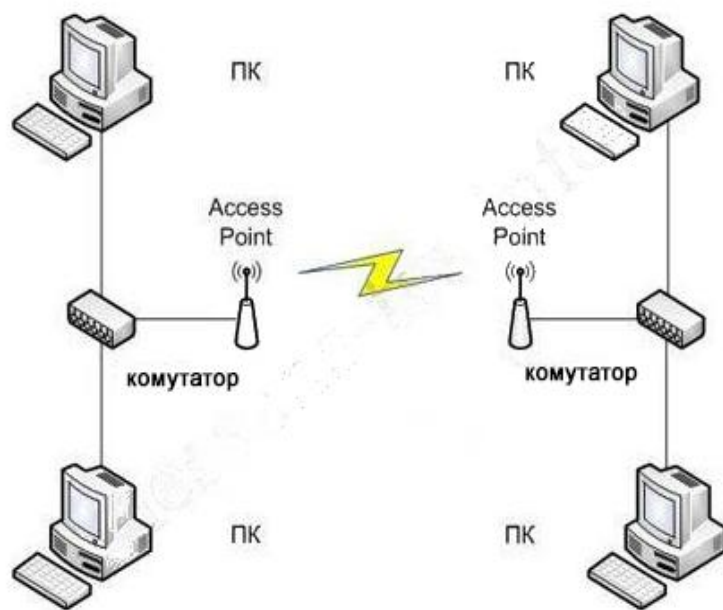


Рисунок 2.3 У розширеному режимі ESS

Для доступу до середовища передачі даних у безпроводових мережах застосовується метод колективного доступу з виявленням несучої й запобіганням колізій (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance, CSMA/CA). Властиво, цей метод навіть по своїй назві нагадує технологію колективного доступу, реалізовану в мережах Ethernet, де використовується метод колективного доступу з упізнанням несучої й виявленням колізій (Carrier-Sense-Multiply-Access With Collision Detection, CSMA/CD). Єдине розходження складається в другій частині методу - замість виявлення колізій використовується технологія запобігання колізії.

Перед тим як послати дані в "ефір", станція спочатку відправляє спеціальне повідомлення, називане RTS (Ready To Send), що трактується як готовність даного вузла до відправлення даних. Таке RTS-повідомлення містить інформацію про тривалість майбутньої передачі й про адресата й доступно всім вузлам у мережі. Це дозволяє іншим вузлам затримати передачу на час, рівний оголошеної тривалості повідомлення. Приймочна станція, одержавши сигнал RTS, відповідає посилкою сигналу CTS (Clear To Send), що свідчить про готовність станції до прийому інформації. Після цього передавальна станція

посилає пакет даних, а прийомна станція повинна передати кадр АСК, що підтверджує безпомилковий прийом.

Якщо АСК не отриманий, спроба передачі пакета даних буде повторена. Таким чином, з використанням подібного чотирьох етапного протоколу передачі даних реалізується регламентування колективного доступу з мінімізацією ймовірності виникнення колізій. При розгортанні безпроводових мереж і систем СВЧ діапазону необхідний розрахунок радіоліній. Подібний розрахунок є традиційним радіорелейним завданням, для рішення якої потрібне знання великої кількості вихідних даних і професійні знання й навички. У той же час завдання, пов'язані з попередньою оцінкою реалізуемості радіолінії, оцінкою складу встаткування й можливостей підключення нових абонентів до існуючої базової станції, не жадають повного розрахунку. Використовувана спрощена методика дозволяє вирішити ці завдання.

Визначення дальності зв'язку безпроводових пристроїв

Якщо посилення надмірно для необхідної дальності, його можна зменшити до необхідного значення, вибравши більше дешеві антени з меншим посиленням.

Якщо посилення тракту недостатньо для забезпечення необхідної дальності, необхідно збільшити його, вибираючи антени з більшим посиленням, зменшуючи довжину й, відповідно, загасання коаксіальних кабелів. Якщо цього виявляється недостатньо, необхідне використання додаткових підсилювачів. Для ефективного зв'язку за допомогою високочастотних хвиль потрібно забезпечити безперешкодну лінію прямої видимості між передавачем і приймачем. Виникає питання: скільки ж простору навколо прямого тракту між передавачем і приймачем повинне бути вільно від перешкод. При відповіді на нього зручно використати таке поняття, як зони Френеля. Поняття зон Френеля засновано на принципі Гюйгенса, відповідно до якого кожна точка середовища, до якої доходить збурювання, сама стає джерелом вторинних хвиль, і поле випромінювання може розглядатися як суперпозиція всіх вторинних хвиль. На основі цього принципу можна показати,

що об'єкти лежачі усередині концентричних окружностей, проведених навколо лінії прямої видимості двох трансиверів, можуть впливати на якість як позитивно, так і негативно. Всі перешкоди, що попадають усередину першої окружності, першої зони Френеля, роблять найбільш негативний вплив. Розглянемо крапку, що перебуває на прямому тракті рис 2.4 між передавачем і приймачем, причому відстань від точки до передавача дорівнює S , а відстань від точки до приймача дорівнює D , тобто відстань між передавачем і приймачем дорівнює $S + D$.

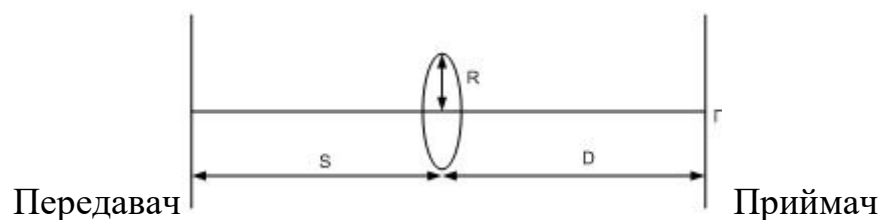


Рисунок 2.4 Зона Френеля

Відстань між двома трансиверами дорівнює 10 км, а частота несучої - 2,4 ГГц. Тоді радіус першої зони Френеля в крапці, розташованій посередині між трансиверами, дорівнює 17,66 м. Якщо усередині окружності, радіус якої становить приблизно 0,6 радіуса першої зони Френеля, проведеної навколо будь-якої точки між двома трансиверами, немає ніяких перешкод, то загасанням сигналу, обумовленим наявністю перешкод, можна зневажити. Однієї з таких перешкод є земля. Отже, висота двох антен повинна бути такою, щоб уздовж тракту не було ні однієї точки, відстань від якої до землі було б менше, ніж 0,6 першої зони Френеля.

Використання безпеки мережі

Також на швидкість мережі Wi-Fi впливає тип безпеки (шифрування) мережі і довжина ключа. Так як пакети даних додатково містять службову інформацію про шифрування.

Густина радіопокриття

Швидкість мережі Wi-Fi також залежить від співвідношення рівня сигналу і шуму «сигнал / шум», яке безпосередньо залежить від конструктивних особливостей будівлі і проходження сигналу через перешкоди. З цього, швидкість мережі залежить від щільності радіопокриття з урахуванням конструктивних особливостей будинку.

Провідна ЛОМ

Для підключення безпроводових клієнтів до сервера та інших ресурсів, потрібне підключення точок доступу до дротової ЛОМ. За цим швидкість безпроводової мережі залежить також і від правильності структуризації та інсталяції ЛОМ.

Важливою характеристикою є безпека безпроводової мережі, її ми оцінимо в наступному пункті.

2.3 Характеристика затримки передачі пакетів в мережі

Розглянемо характеристики затримки передачі пакетів.

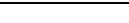
Для ресурсів, таких як IP-телефонія, затримка передачі пакетів являються одним із критичних факторів, що впливають на якість передачі голосу.

Час затримки при передачі Речового сигналу можна віднести до одного з трьох рівнів:

- Перший рівень до 200мс - відмінна якість зв'язку. Для порівняння, в телефонній мережі загального користування (ТФОП) допустимі затримки до 150-200мс.
- Другий рівень до 400мс - вважається гарною якістю зв'язку. Але якщо порівняти з якістю зв'язку ТфОП, то різниця буде видна.
- Третій рівень до 700мс - вважається прийнятним якістю зв'язку для ведення неділових переговорів.

Визначивши характеристики ми переходимо до побудови структурної схеми

2.4 Аналіз структурної схеми побудови безпроводової системи

	Безпроводовий комп'ютер
	Безпроводовий телефон
	Безпроводовий принтер
	Комутатор
	Контролер доступу
	Сервер
	IP-АТС
	Стационарний комп'ютер
	Точка доступу
	КПК
	Провідні з'єднання
	Hand over

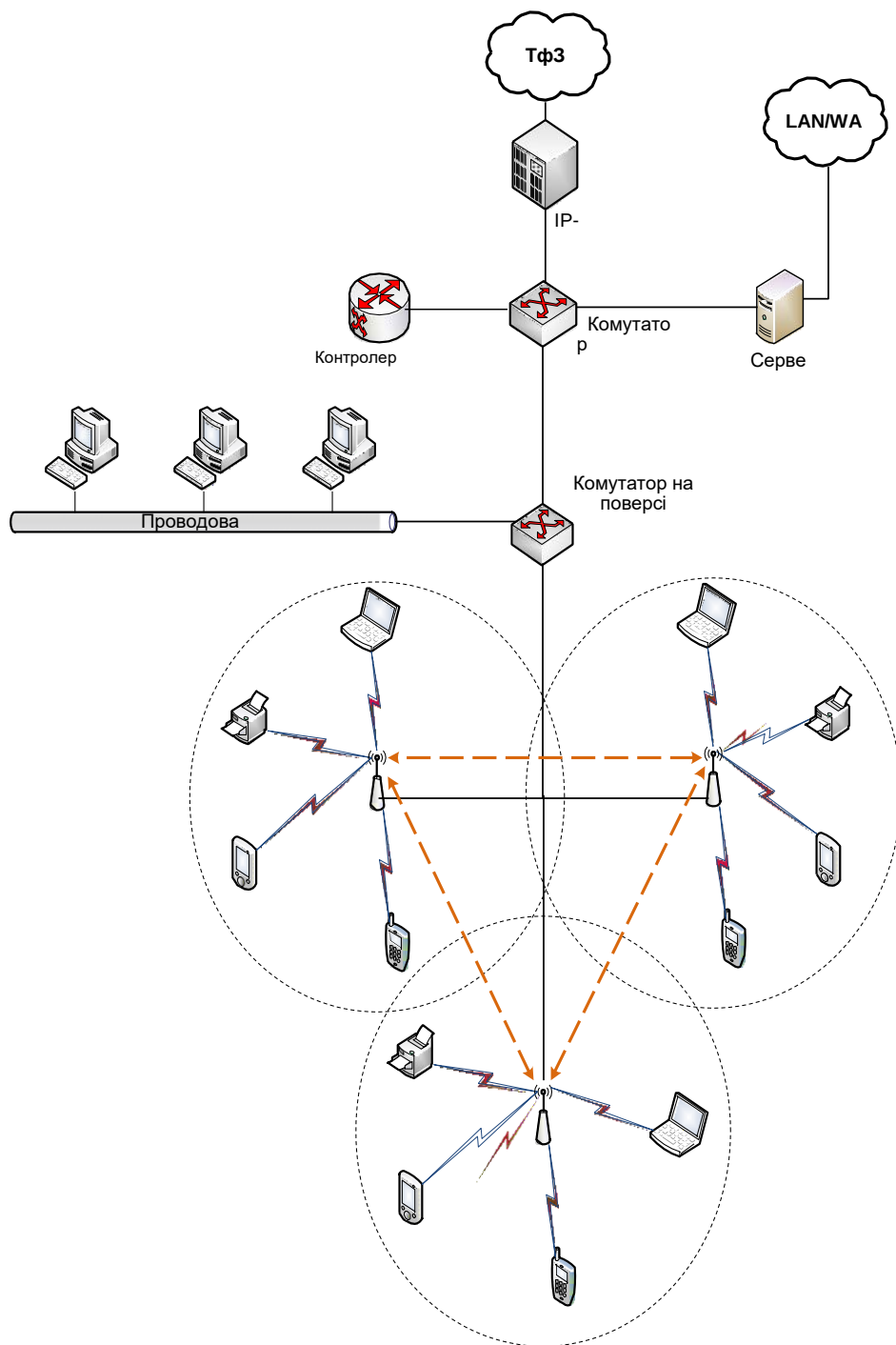


Рисунок 2.5 Схема побудови безпроводової ЛОМ

Для побудови безпроводової мережі на кожному поверсі встановлюється комутатор з функцією PoE (Power over Ethernet) для підключення точок доступу до проводової мережі з метою збільшення пропускної здатності між ними та подачі їм електроживлення. Комутатори що розміщуються на поверсі вмикаються в центральний комутатор.

Схема підключень виконується по топології «Зірка».

Для організації безпроводового телефонного зв'язку по мережі Wi-Fi, міні-АТС інтегрується в провідну ЛОМ, яка в свою чергу інтегрується в безпроводну ЛОМ. Для забезпечення функції «Hand over» між точками доступу, точки доступу з'єднуються між собою програмно за допомогою функції WDS.

Для доступу проводових та безпроводових ПК до бази даних, Інтернет та інших ресурсів, до проводової мережі підключається сервери необхідного призначення.

В результаті, ми отримаємо схему підключень як показано на Рисунок 2.5.

Рівні і пристрої доступу

IP-трафік розподіляється залежно від характеристик і пристроїв кожного з трьох рівнів: доступ, розподіл і центр. IP-адреса дозволяє визначити, чи залишиться трафік локальним або переміститься на наступний рівень ієрархічної мережі.

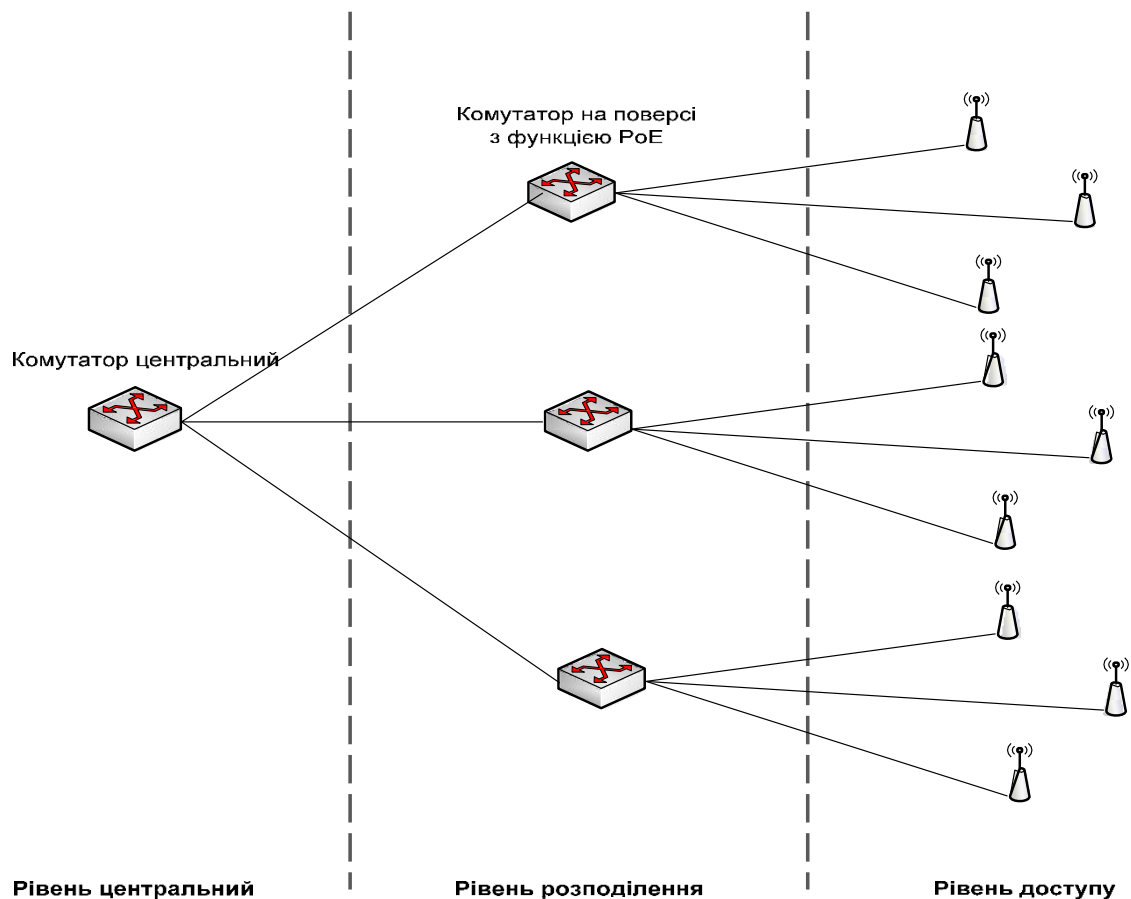


Рисунок 2.6 Схема рівнів доступу

Рівень доступу

Рівень доступу сполучає пристрої кінцевих користувачів з мережею і дозволяє декільком вузлам підключатися до інших вузлів через мережевий пристрій, зазвичай концентратор або комутатор. Зазвичай мережева частина IP-адреси всіх пристроїв одного і того ж рівня доступу співпадає [9,10]. Якщо повідомлення призначене локальному вузлу, воно залишається на локальному рівні (це залежить від мережевої частини IP-адреси). Якщо повідомлення призначене для іншої мережі, воно передається на рівень розподілу. Концентратори і комутатори забезпечують зв'язок з пристроями рівня розподілу, зазвичай з маршрутизаторами.

Рівень розподілу

Рівень розподілу сполучає різні мережі і контролює потоки інформації між мережами. Зазвичай комутатори цього рівня могутніші, ніж на рівні доступу. Крім того, для маршрутизації даних між мережами використовуються

маршрутизатори. Пристрої рівня розподілу контролюють тип і кількість трафіку, що йде з рівня доступу до центрального рівня.

Центральний рівень

Центральним називається основний високошвидкісний рівень з дублюючими (резервними) з'єднаннями. На цьому рівні великі об'єми даних передаються між декількома мережами. Зазвичай на центральному рівні знаходяться дуже могутні, високошвидкісні комутатори і маршрутизатори. Основне завдання центрального рівня – швидка передача даних.

Рівень доступу – це базова частина мережі. Саме звідси люди підключаються до інших вузлів і використовують загальний доступ до файлів і принтерів. Рівень доступу складається з вузлів і першого рівня мережевих пристроїв, до яких вони підключаються.

Мережеві пристрої дозволяють численним вузлам підключатися один до одного і діставати доступ до мережевих служб. На відміну від простій мережі, яка складається з двох сполучених одним кабелем вузлів, на рівні доступу кожен вузол підключається до мережевого пристрою.

У мережі Ethernet кожен вузол може безпосередньо з'єднуватися з мережевим пристроєм рівня доступу за допомогою двоточкового кабелю. Такі кабелі проводяться відповідно до конкретних стандартів Ethernet. Кожен кабель вставляється в роз'єм мережевого адаптера вузла і в порт мережевого пристрою. Для підключення вузлів на рівні доступу (включаючи концентратори і комутатори Ethernet) використовується декілька типів мережевих пристроїв.

Комутатор Ethernet використовується на рівні доступу. Як і концентратор, комутатор сполучає декілька вузлів з мережею. На відміну від концентратора, комутатор в змозі передати повідомлення конкретного вузла. Коли вузол відправляє повідомлення іншого вузла через комутатор, той приймає і декодує кадри і прочитує фізичну (MAC) адресу повідомлення.

У таблиці комутатора, яка називається таблицею MAC-адрес, знаходиться список активних портів і адрес підключених до них вузлів. Коли вузли

обмінюються повідомленнями, комутатор перевіряє, чи є в таблиці MAC-адреса.

2.5 Особливості планування розгортання безпроводової системи

Існує дві основні методології розгортання безпроводової мережі:

Орієнтована на максимальну зону обслуговування;

Орієнтована на максимальну пропускну здатність;

Безпроводова LAN (WLAN) з максимальною зоною обслуговування

Орієнтовані на зону обслуговування WLAN розробляються з упором на забезпечення максимального покриття при мінімально можливій кількості точок доступу. Деякі типові особливості WLAN, розгорнутих в розрахунку на максимальну зону обслуговування, такі.

- У них застосовуються програми пульсуючого типу з низькою швидкістю передачі пакетів, такі як сканери штрих-кодів, та інші системи, що формують запити до баз даних.

- Пред'являються низькі вимоги до смуги пропускання, завдяки чому швидкість передачі даних може бути зменшена до найменших значень, таких як 1 і 2 Мбіт/с.

У мережах, орієнтованих на зону обслуговування, типові програми мають низьку швидкість передачі пакетів і пред'являють низькі вимоги до смуги пропускання. Через низькі вимоги, що пред'являються до таких WLAN, користувачі очікують, що їх продуктивність буде досить високою.

Безпроводова LAN (WLAN) з максимальною пропускну здатністю

Безпроводові LAN, орієнтовані на високу пропускну здатність, повинні забезпечувати максимальну продуктивність і швидкість передачі пакетів для кожного клієнта. Розміри сот орієнтованої на пропускну здатність WLAN менше, ніж такі для WLAN, призначення якої - забезпечити максимальну зону обслуговування, відповідно щільність розміщення точок доступу вище.

Орієнтовані на високу пропускну здатність WLAN необхідні у випадках, коли:

- використовуються ресурси, що вимагають високої швидкості передачі пакетів;
- використовуються програми, чутливі до затримок;
- розгортаються підмережі менших масштабів (або декілька підмереж в одній зоні обслуговування);
- спостерігається висока щільність розміщення користувачів.

Для побудови безпроводової мережі для офісного приміщення, даний варіант методології побудови WLAN є найбільш підходящим для побудови інфо- телекомунікаційної системи на базі широкосмугового радіодоступу, тому будувати систему, будуємо за даною методологією.

2.6 Порівняльна характеристика можливостей технологій на базі стандартів WiFi 802.11n, 802.11ac, 802.11ad

Для того щоб зробити порівняльну характеристику ми розглянемо всі існуючі стандарти IEEE 802.11, які вказують на використання певних методів і швидкостей передачі даних, методів модуляції, потужності передатчиків, смуг частот, на яких вони працюють методів аутентифікації, шифрування і багато чого іншого.

Із самого початку склалося так, що деякі стандарти працюють на фізичному рівні, деякі — на рівні середовища передачі даних, а інші на більш високих рівнях моделі взаємодії відкритих систем ISO/OSI.

Існують наступні групи стандартів:

- IEEE 802.11 a, IEEE 802.11b і IEEE 802.11g описують роботу мережевого устаткування (фізичний рівень);
- IEEE 802.11d, IEEE 802.11e, IEEE 802.11i, IEEE 802.11j, IEEE 802.11h і IEEE 802.11r — параметри середовища, частоти радіоканалу, засоби безпеки, способи передачі мультимедійних даних і т. д.;
- IEEE 802.11 f і IEEE 802.11 c — принцип взаємодії точок доступу між собою, роботу радіомостів і т. д.

Стандарт IEEE	Год принятия	Диапазон (ГГц)	Ширина канала (МГц)	Модуляция	Антенная технология	Мак скорость передачи
802.11b	1999	2,4	20 МГц	ССК	-	11 Мбит/с
802.11g	1999	5	20 МГц	OFDM	-	54 Мбит/с
802.11a	2003	2,4	20 МГц	ССК, OFDM	-	54 Мбит/с
802.11n	2009	2,4 ; 5	20, 40	OFDM (до 64 QAM)	MIMO, MU-MIMO, до 4 потоків, Beamforming	600 Мбит/с
802.11ac	-	5	40, 80, 160	OFDM (до 256 QAM)	MIMO, до 8 потоків, Beamforming	6,93 Гбит/с
802.11ad	-	60	2160	SC/OFDM	Beamforming	6,76 Гбит/с

Рисунок 2.7 Порівняльна характеристика стандартів

Стандарт IEEE 802.11

Стандарт IEEE 802.11 був першим серед стандартів безпроводової мережі. Роботу над ним розпочали ще в 1990 році. Цим займалася робоча група з IEEE, ціллю якої було створення єдиного стандарту для радіоустаткування, яке працювало на частоті 2,4 ГГц. При цьому ставилася задача досягти швидкості 1 і 2 Мбіт/с при використанні методів DSSS і FHSS відповідно.

Робота над створенням стандарту закінчилася через 7 років. Ціль була досягнута, але швидкість, яку забезпечував новий стандарт, виявилася дуже малою для сучасних потреб. Тому робоча група з IEEE почала розробку нових, більш швидкісних, стандартів.

Розробники стандарту 802.11 урахували особливості сотової архітектури системи. Кожна така сота працює під управлінням базової станції, в якості якої виступає точка доступу. Часто соту називають базовою зоною обслуговування.

Щоб базові зони обслуговування могли спілкуватися між собою, існує спеціальна розподільна система (Distribution System, DS). Недоліком розподільної системи стандарту 802.11 є неможливість роумінгу.

Стандарт IEEE 802.11 передбачає роботу комп'ютерів без точки доступу, у складі одної соти. В цьому випадку функції точки доступу виконують самі робочі станції.

Цей стандарт розроблений і орієнтований на устаткування, що функціонує в смузі частот 2400-2483,5 МГц, при цьому радіус соти досягає 300 м.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

Розглянемо побудову інфотелекомунікаційної системи на базі широкосмугового радіо доступу на базі стандарту 802.11n для типового офісу.

Умова

Для розробки побудови безпроводової мережі в типовому офісі, за основу, візьмемо наступні вихідні дані:

- Загальна кількість користувачів – 100
- Офіс складається з двох поверхів
- Серверна розміщується в підвальному поверсі
- На кожному поверсі – 50 користувачів
- В будинку використовується підвісна стеля

Система розроблюється для підтримки функціонування наступних систем:

- Організаційні:
 - безпроводовий телефонний зв'язок;
 - безпроводова комп'ютерна мережа;
 - безпроводний друк;
 - безпроводові системи керування, моніторингу та допоміжні системи (пульти ДУ, сканери штрих-кодів та інше);
- Технічні:
 - коефіцієнт готовності доступу $\geq 0,999$;
 - середня затримка доступу ≤ 1 с;
 - середня затримка передачі пакетів ≤ 10 мс;
 - варіація затримки передачі пакетів ≤ 5 мс;
 - коефіцієнт втрат пакетів $\leq 0,001$.

Для того щоб далі розробляти мережу нам потрібно розробити рекомендації по розгортанню мережі.

3.1 Аналітичне тестування мережі

Після вибору методології розгортання мережі, та отримання архітектурних креслень з зображенням розміщення клієнтського обладнання та його кількості, потрібно провести тестування мережі в будинку на предмет розміщення точок доступу з урахуванням архітектурних особливостей будинку та кількості клієнтського обладнання.

По результатам проведення тестування, буде отримана наступна інформація:

- Де будуть розташовані точки доступу?
- Як вони будуть підключатися до LAN?
- Де і куди необхідно прокласти кабелі
- Де встановити комутатори з функцією PoE?
- Які антени потрібно використовувати і де вони будуть розміщені і змонтовані?
- Якими мають бути конфігураційні параметри точок доступу, щоб були забезпечені необхідна продуктивність і швидкість передачі даних?
- Які канали повинні використовуватися точками доступу?

3.2 Оцінка кількості користувачів одної точки доступу

Кількість користувачів, що може одночасно ефективно працювати з однією точкою доступу, залежить від використовуваних ресурсів і отже від використовуючого об'єму трафіку, і активності використання ресурсів. Деякі користувачі в певний час можуть переглядати електронну пошту, деякі веб-сторінку, деякі переглядати відеофайли, а деякі працювати з базами даних.

При роботі з певними ресурсами мережі, існує простий використання ресурсів (наприклад, при перегляді веб-сторінок, людина витрачає певний час на ознайомлення з інформацією представленої на сторінці, в цей час інший користувач, може використати цей час простою для використання пропускну

здатності при використанні своїх ресурсів), за рахунок чого відбувається ефективне використання пропускної спроможності і отже більше користувачів можуть використовувати одну точку доступу для доступу до ресурсів різного призначення.

У безпроводовій мережі, як і в проводовій мережі, швидкість мережі ділиться на кількість комп'ютерів які активно використовують ресурси мережі.

Необхідні для інформаційно-потокового розрахунку мережі характеристики навантаження від користувачів мережі доступу у годину найбільшого навантаження – ГНН представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики навантаження від користувачів мережі доступу у годину найбільшого навантаження – ГНН

Види послуг	Максимальна швидкість, кбіт/с	Інтенсивність навантаження Ерланг	Інформаційний потік кбіт/с
Електронна пошта	512	0,1	17,1
Пересилання файлів	2048	0,2	68,3
Web-сеанси	1024	10x0,2	204,8
Телефон	32	20x0,1	32
Відеотелефон	2048	5x0,1	1024
Аудіо-програми	512	2x0,2	204,8
Відео-програми високої якості	8448	0,1	844,8
	Σ 14624	Σ 5,3	Σ 3129

Виконаний розрахунок пікових інформаційних потоків. Для кожної послуги визначаю середній інформаційний потік за формулою:

$$V_c^i = V_m^i \cdot y^i / K_n^i \quad (3.1)$$

де V_m^i – максимальна швидкість при наданні i -ї послуги, y^i – інтенсивність використання i -ї послуги в ГНН користувачем, K_n^i – коефіцієнт пульсацій інформаційного потоку при наданні i -ї послуги.

Коефіцієнт пульсацій істотно залежить від виду послуг і методів стиснення інформації при наданні послуги. Для аудіо- і відео-послуг його величину можна прийняти рівною одиниці, для телефонних послуг – 2, для електронної пошти і пересилання файлів – 3, а для Web-сеансів – 10.

В таблиці 3.1 наведені результати розрахунків на одного користувача
Загальний інформаційний потік на одного користувача

$$V_{\text{ник.}^{\text{кор.}}} = 3129 \text{кбіт/с, або } 3129/1024 = 3 \text{ Мбіт/с.} \quad (3.2)$$

Для порівняння, застосуємо метод спрощених нормативів на величину пропускної здатності елемента $V_{\text{ПЗ}}$ в залежності від кількості послугових складових у потоці і розрахуємо інформаційний потік при максимальному навантаженні:

$$V_{\text{макс}} = 512 + 2048 + 10 \cdot 1024 + 20 \cdot 32 + 5 \cdot 2048 + 2 \cdot 512 + 8448 = 33152 \text{кбіт/с.} \quad (3.3)$$

або $33152/1024 = 32,37 \text{Мбіт/с}$ на одного користувача.

де V_m – максимальна швидкість послуги.

Для визначення кількості користувачів які можуть продуктивно працювати з однією точкою доступу залежить, потрібно знати пропускну здатність крапки доступу. Так як пропускна здатність точки доступу залежить від відстані користувача від точки доступу, від кількості та типу перешкод та інших факторів, тому ми візьмемо за основу результати тестування крапки доступу Cisco Aironet 1250 які приведені в Листі 4 і були проведені в типовому офісі. В результаті тестування вказано, що на відстані 21м (через дві цегляні стіни) пропускна здатність точки доступу становить 95Мбіт/с. Тому за основу пропускної здатності ми візьмемо результат тестування $V_{\text{кд}} = 95 \text{Мбіт/с}$.

Отже, при піковій швидкості, кількість користувачів на одну точку доступу становить:

$$V_{\text{кд}} / V_{\text{пik.кор.}} = 95/3=30 \text{ користувачів} \quad (3.4)$$

При піковому навантаженні, кількість користувачів на на одну точку доступу становить:

$$V_{\text{кд}} / V_{\text{макс}} = 95/32,37=7 \text{ користувачів} \quad (3.5)$$

Отже можна вважати, що при максимальному завантаженні точки доступу, до однієї точки доступу можна підключити 7 користувачів (ККД).

3.3 Розрахунок раціональної кількості точок доступу мережі

Таким чином, якщо на кожному поверсі по 50 користувачів (К)

$$K/KКД=50/7=7 \text{ точок доступу на поверх} \quad (3.6)$$

Отже для обслуговування 100 користувачів на двох поверхах потрібно 14 точок доступу.

3.4 Рекомендації по визначенню параметрів каналів, що застосовують точки доступу мережі

Для того, щоб точки доступу не створювали частотних перешкод іншим точкам доступу, всі точки доступу налаштовуються на канали які не перехрещуються. Ми будемо використовувати канали 1, 6 та 11.

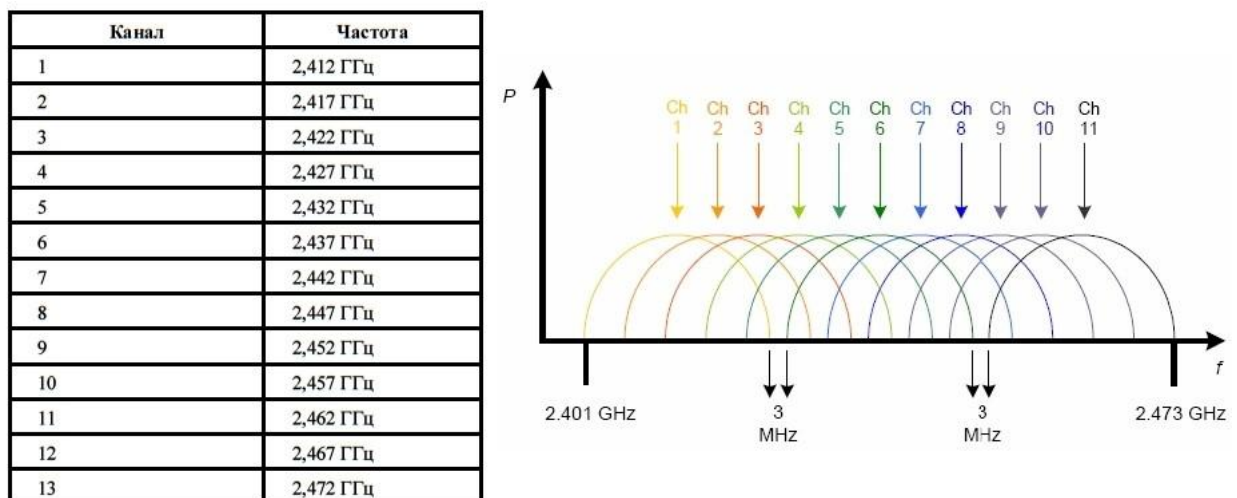


Рисунок 3.1 Розподілення каналів в мережі стандарту 802.11

Кожний канал займає частотний діапазон в 22 МГц. Наприклад, канал 1 працює в діапазоні від 2,401ГГц до 2,423ГГц, тобто $2,412\text{ГГц} \pm 11\text{МГц}$.

3.5 Рекомендації щодо особливостей монтажу проводової частини ЛОМ

Згідно розділу «3», від кожної точки доступу монтується СКС до поверхової шафи. СКС буде забезпечувати з'єднання точок доступу з провідною ЛОМ та буде надавати живлення точкам доступу за допомогою функції PoE (Power over Ethernet).

Телекомунікаційні шафи першого та другого поверху, об'єднуються між собою оптичною кабельною мережею.

Отже, в результаті вивчення та аналізу матеріалу ми досягли мети- розробили рекомендації абонентського доступу для корпоративних мереж.

3.6 Реалізація методу балансування трафіку на основі математичної моделі

Топологія мережі, представлену на рис. 1. На даному малюнку відзначені значення затримки пакетів між маршрутизаторами і пропускні спроможності каналів зв'язку.

Інформація передається з пристрою, що знаходиться в *Cloud1*, на пристрій, яке розташоване в *Cloud2*. На маршрутизаторі *R1* включена функція балансування навантаження. Для маршрутизатора *R1* існує два шляхи в мережу: *Cloud2* перший маршрут $p_1 \in [R1; R2; R4; \text{Cloud } 2]$, другий маршрут $p_2 \in [R1; R3; R4; \text{Cloud } 2]$.

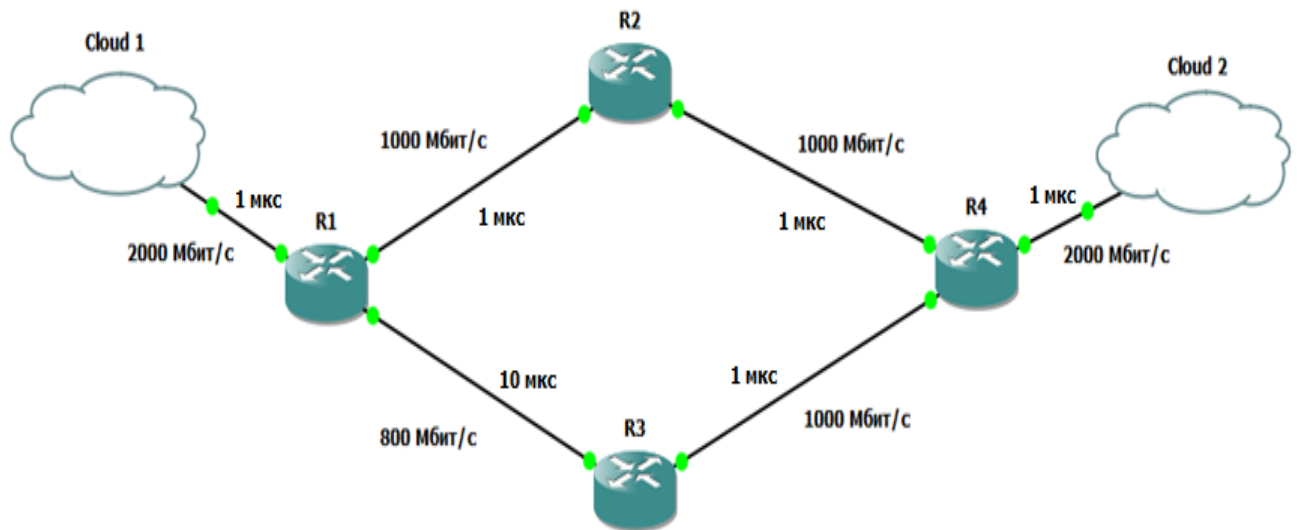


Рисунок 3.2 Приклад топології мережі з ілюстрацією проблеми при нерівнозначній балансуванні навантаження в динамічному протоколі маршрутизації EIGRP

Для того щоб більш детально розібратися в балансуванні навантаження, спершу слід розглянути загальну формулу розрахунку метрики протоколу EIGRP:

$$M_p = \left[\left(K_1 \cdot B_{\min}^p + \frac{K_2 \cdot B_{\min}^p}{256 - L_{\max}^p} + K_3 \cdot D_{\text{sum}}^p \right) \cdot \frac{K_5}{K_4 + R_{\min}^p} \right] \cdot 256 \quad (3.7)$$

де $B_{\min}^p$ - найменше значення зваженого показника пропускної здатності в маршруті p ; $L_{\max}^p$ - найбільша завантаження одного з каналів зв'язку в маршруті; D_{sum}^p - сумарна затримка пакетів в маршруті [мкс]; $R_{\min}^p$ - найменша надійність одного з каналів зв'язку в маршруті p ; $p \in P_{i,j}$; $P_{i,j}$ - всі можливі маршрути в заданій мережі при передачі інформації між вузлами i, j , при $i \neq j$. Коефіцієнти K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 дозволяють враховувати в метриці вищевказані параметри. За замовчуванням в стандартному алгоритмі, описаному Cisco, дані коефіцієнти мають наступні значення: $K_1 = K_3 = 1$ і $K_2 = K_4 = K_5 = 0$.

При $K_2 = K_4 = K_5 = 1$ виникають випадки, коли динамічна зміна параметрів, таких як надійність і завантаженість каналів зв'язку, буде приводити до постійного перерахунку метрики (так як ці величини динамічно змінюються в

процесі передачі трафіку), що буде згубно впливати на центральний процесор маршрутизатора. Тому Cisco не рекомендує їх використовувати при розрахунку метрики.

Розрахунок зваженої пропускної здатності проводиться таким чином:

$$B_{min}^p \left\lceil \frac{10^7}{\min(B_{i,j}^{l,p})} \right\rceil \left\lceil \frac{Kdim}{c} \right\rceil \quad (3.8)$$

де $\min(B_{i,j}^{l,p})$ - найменша пропускна здатність одного з каналів зв'язку l в маршруті p при передачі інформації між i - вузлом відправником і j - вузлом одержувачем.

Для розрахунку сумарної затримки маршруту використовується наступна формула:

$$D_{sum}^p = \sum_{i \neq j} D_{i,j}^p \quad (3.9)$$

де $\sum_{i \neq j} D_{i,j}^p$ сума затримок пакетів кожного з каналів зв'язку, що входять в маршрут при передачі інформації між - вузлом відправником і - вузлом одержувачем. Для обраної топології (рис. 3.2) в маршруті p_1 найменша пропускна здатність одного з каналів зв'язку дорівнює 1 Гб / с, в p_2 - 800 Мбіт / с, відповідно:

$$B_{min}^{p_1} = \left\lceil \frac{10^7}{\min(B_{cloud\ 1, cloud\ 2}^{R1 \rightarrow R2, p_1})} \right\rceil = \left\lceil \frac{10^7}{10^6} \right\rceil = 10, \quad (3.10)$$

$$B_{min}^{p_2} = \left\lceil \frac{10^7}{\min(B_{cloud\ 1, cloud\ 2}^{R1 \rightarrow R3, p_2})} \right\rceil = \left\lceil \frac{10^7}{8 \cdot 10^5} \right\rceil = 12. \quad (3.11)$$

Спочатку маршрутизатори використовують стандартну величину затримки пакетів для кожного з портів в залежності від технології передачі даних і пропускної здатності. Наприклад, в маршрутизаторах компанії Cisco стандартна затримка для FastEthernet порту становить 10 мкс, а для GigabitEthernet 1 мкс. Також в даній топології затримка в каналах зв'язку між вузлами $R1 \leftrightarrow R3$ обрано рівної 10 мкс, а затримка між $Cloud\ 1 \leftrightarrow R1$ і $Cloud\ 2 \leftrightarrow R4$ - 1 мкс. відповідно:

$$D_{sum}^{p_1} = 3 \quad (3.12)$$

$$D_{sum}^{p_1} = 12 \quad (3.13)$$

При $K_2 = K_4 = K_5 = 0$ і $K_1 = K_3 = 1$ метрика має вигляд:

$$\begin{aligned} M_p &= (K_1 \cdot B_{min}^p + K_3 \cdot D_{sum}^p) \cdot 256 = \\ &= (B_{min}^p + D_{sum}^p) \cdot 256 \end{aligned} \quad (3.14)$$

Як видно з формули, ті частини виразу, які дорівнюють нулю і можуть привести до множення на нуль, не враховуються в розрахунку метрики взагалі.

Виходячи з формули розрахуємо метрики першого і другого маршрутів:

$$M_{p_1} = (10 + 3) \cdot 256 = 3328 \quad (3.15)$$

$$M_{p_1} = (12 + 12) \cdot 256 = 6144 \quad (3.16)$$

У стандартній ситуації, без використання балансування навантаження, маршрутизатор R1 обере маршрут p_1 з меншою метрикою M_{p_1} . Для того, щоб EIGRP зміг проводити балансування навантаження необхідно, щоб було закрито маршрути (з метрикою меншою, ніж у кращого маршруту), стали запасними.

Протокол EIGRP має спеціальною процедурою для вибору запасних маршрутів і для того, щоб в ній розібратися, необхідно ввести кілька нових понять:

M_p - поточна відстань (англ. «Feasible Distance») - це метрика визначеного маршруту (наприклад: p_1) від заданого маршрутизатора (наприклад: R1), до мережі призначення (наприклад: Cloud1).

M_p^{RD} - заявлене відстань (англ. «Reported Distance») - це метрика визначеного маршруту (наприклад: p_2) отримана від сусіда заданого маршрутизатора, через якого проходить цей маршрут (в даному випадку для маршрутизатора R1 і маршруту p_2 таким сусідом є R3) до мережі призначення (наприклад: Cloud2).

Для того, щоб маршрут став запасним, необхідно, щоб виконувалася умова правдоподібності (англ. «Feasible condition»): заявлена відстань M_p^{RD} від сусіднього маршрутизатора до певної мережі повинно бути менше, ніж поточна

відстань M_p на заданому маршрутизаторі до цієї ж мережі. В іншому випадку, маршрут не стає запасним і ніяк не враховується при подальшій маршрутизації.

Маршрут p_2 з метрикою M_{p_2} може бути обраний в якості запасного при дотриманні умови правдоподібності. Для цього необхідно знати заявлене відстань маршруту $p_3 \in [R3; R4; \text{Cloud 2}]$. Позначимо метрику маршруту p_3 як $M_{p_3}^{RD}$ і розрахуємо її:

$$M_{p_3}^{RD} = (10 + 2) \cdot 256 = 3072 \quad (3.17)$$

Стосовно до топології на рис. 3.2, умова правдоподібності означає, що заявлене відстань $M_{p_3}^{RD}$ маршруту p_3 повинно бути менше, ніж поточна відстань маршруту p_1 . Для більшої наочності ситуація з умовою правдоподібності приведена на рис. 3.3.

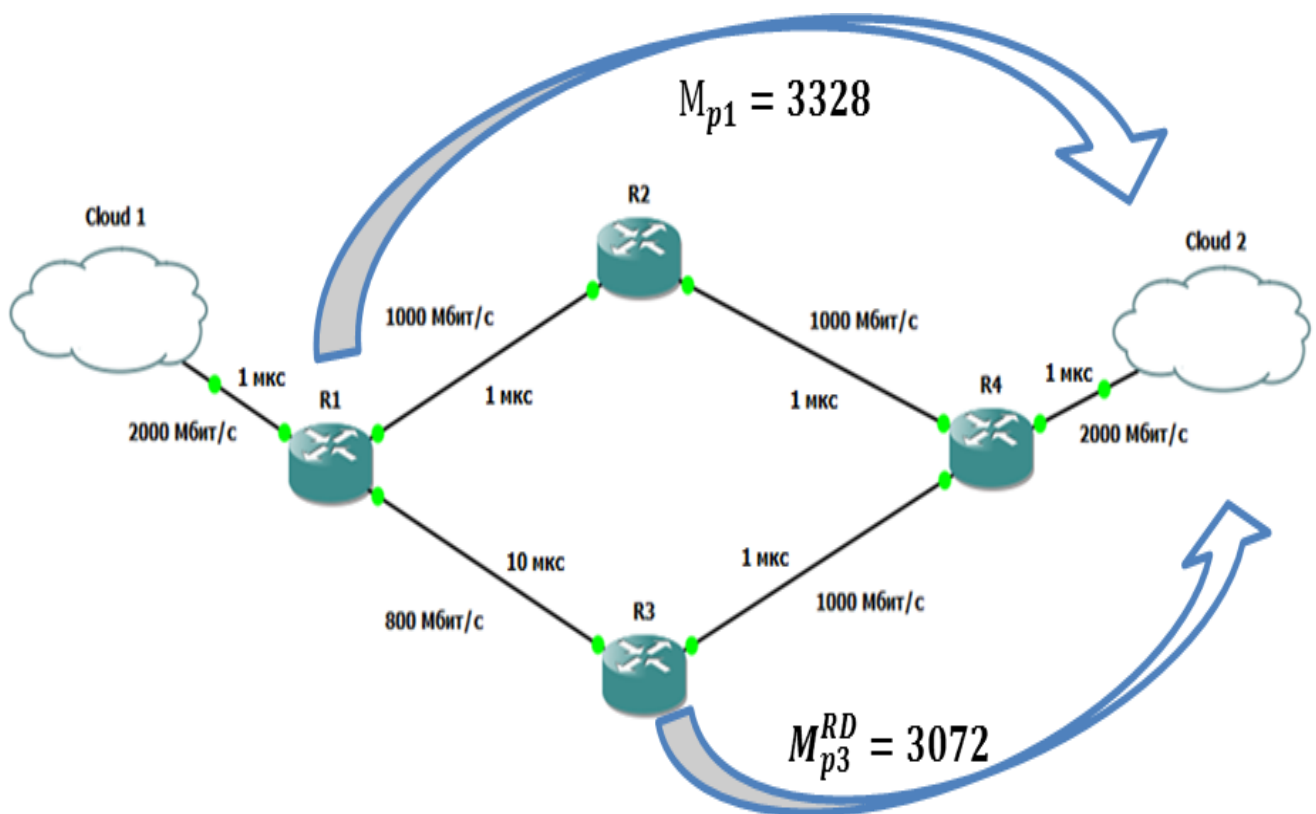


Рисунок 3.3 - Метрики, необхідні для прийняття рішення про дотримання умови правдоподібності на маршрутизаторі

Так як $M_{p_3}^{RD} < M_{p_1}$, То маршрут p_2 стає запасним і може бути використаний для наступного балансування навантаження.

Для активації балансування навантаження по шляхах нееквівалентній вартості необхідно налаштувати ще один параметр під назвою розбіжність (англ. «Variance»). За допомогою даного параметра EIGRP відбирає маршрути, придатні для балансування трафіку. Параметр розбіжності може бути виражений наступним чином:

$$\begin{cases} N_p = \left\lfloor \frac{M_{\max}}{M_p} \right\rfloor, \text{если } M_{\min} \cdot V \leq M_p, \\ N_p = 0, \text{если } M_{\min} \cdot V \geq M_p \end{cases} \quad (3.18)$$

де N_p - це пропорція кількості пакетів, яке буде передано по даному маршруту при балансуванні навантаження, $p \in [1; 128]$; V - параметр розбіжності, $V \in [1; 128]$; $M_{\max}$ - це максимальна метрика одного з маршрутів до заданої мережі, які беруть участь в балансуванні трафіку (в топології на рис. 1 $M_{\max} = M_{p_2}$). При цьому, максимальна кількість маршрутів, за якими EIGRP може балансувати трафік дорівнює 16.

За замовчуванням $V = 1$. Адміністратор може його змінити в межах $[1; 128]$. Даний параметр вказує, наскільки метрика запасних маршрутів може бути більше в порівнянні з мінімальної еталонної метрикою $M_{\min}$ (В топології на рис. 1 $M_{\min} = M_{p_1}$). Якщо метрика маршруту M_p потрапляє під виконання умови $M_{\min} \cdot V \leq M_p$ - то маршрут p буде обраний для балансування трафіку.

Припускаємо, що на маршрутизаторі активована балансування навантаження по шляхах нерівнозначної вартості в налаштуваннях протоколу EIGRP командою: `traffic-share balanced`.

За замовчуванням, маршрутизатори Cisco використовують технологію CEF (англ. «Cisco Express Forwarding»). Дана технологія дозволяє знизити навантаження на процесор шляхом створення спеціальних таблиць для пакетної комутації. При використанні технології CEF балансування навантаження проводиться по потокам, а не по пакетам. Це призводить до нерівномірного

балансування трафіку і навантаження на канали зв'язку є випадковою, так як один потік може генерувати більше трафіку, ніж інший. В такому випадку, один з каналів зв'язку між $R1 \leftrightarrow R3$ або $R1 \leftrightarrow R2$ може переповнитися набагато швидше. Для усунення подібного явища компанія Cisco запропонувала кілька рекомендацій, Однак, навіть використовуючи ці підходи, комутація пакетів все ж проводиться по потокам.

Для того щоб уникнути подібних явищ, будемо вважати, що адміністратор активував тип балансування навантаження по пакетам на інтерфейсах маршрутизатора командою: `ip load-sharing per-packet`. Виходячи з формули:

$$N_{p1} = \left\lfloor \frac{6144}{3328} \right\rfloor = 1 \quad (3.19)$$

$$N_{p2} = \left\lfloor \frac{3328}{3328} \right\rfloor = 1 \quad (3.20)$$

Виходячи з того що $N_1 = N_2 = 1$, Можна зробити висновок, що трафік буде розподілятися пропорційно по 1 пакету на кожен маршрут. Це видно і з виведення команд перегляду інформації на маршрутизаторі $R1$:

```
R1 # show ip route 100.100.100.0
Routing entry for 100.100.100.0/24
Known via "eigrp 1", distance 90, metric 3328, type internal
.....
* 10.0.0.2, from 10.0.0.2, 00:01:14 ago, via Serial0 / 0/0
Route metric is 3328, traffic share count is 1
.....
10.0.0.6, From 10.0.0.6, 00:00:31 ago, via Serial0 / 0/1
Route metric is 6144, traffic share count is 1
```

Нескладно підрахувати, що якщо *Cloud1* передаватимемо в *Cloud 2* трафік на швидкості 1,6 Гбіт / с, то рівномірна балансування навантаження між каналами зв'язку $R1 \leftrightarrow R2$ і $R1 \leftrightarrow R3$ призведе до того, що канал $R1 \leftrightarrow R3$ буде повністю завантажений. У такому випадку, якщо швидкість трафіку, що передається буде

більше 1,6 Гбіт / с, то маршрут $R1 \leftrightarrow R3$ буде відчувати брак пропускну здатність і, в кінцевому рахунку, почне відкидати пакети.

В умовах браку пропускну здатності, динамічної протокол маршрутизації не має можливості передавати пакети, які підтримують EIGRP сусідство. Це призведе до розриву сусідства між маршрутизаторами $R1$ і $R3$, Відповідно, до відсутності балансування навантаження. Така ситуація призведе до того, що весь трафік буде передаватися по маршруту $R1 \leftrightarrow R2$, Що призведе і до його перевантаження. Крім проблем із завантаженням каналів зв'язку виникає і додаткове навантаження на центральний процесор маршрутизатора $R1$, Так як задіюється DUAL алгоритм протоколу EIGRP при відновленні сусідства з $R3$.

Можливими шляхами вирішення даної проблеми є:

1. Збалансувати пропускну спроможності каналів зв'язку між $R1 \leftrightarrow R2$ і $R1 \leftrightarrow R3$, Щоб вони стали однаковими.

2. Завдання сусідства EIGRP вручну. При цьому протокол EIGRP не передаватиме пакети для підтримки сусідства і, в разі перевантаження, сусідство буде активно і буде відкидатися лише транзитний трафік.

3. Використання трафік шейпінг і трафік полісінг для обмеження вхідного потоку від *Cloud1* до маршрутизатора $R1$ до 1,6 Гбіт / с.

Все вище запропоновані способи зосереджені на тому, щоб врівноважити пропускну спроможності каналів зв'язку, які використовуються для балансування навантаження, або урізання швидкості на вхідному каналі, з метою запобігання перевантажень. В даному випадку втрачається частина пропускну здатності каналів зв'язку.

Одним з можливих шляхів вирішення даної проблеми також може служити облік коефіцієнта завантаженості каналів зв'язку маршруту в формулі розрахунку метрики EIGRP. З метою перевірки даного припущення було проведено експериментальне моделювання, опис і результати якого представлені в наступному розділі.

3.7 Метод балансування трафіку з використанням коефіцієнта завантаженості каналів зв'язку в формулі розрахунку метрики протоколу EIGRP

З формули видно, що метрика протоколу EIGRP може враховувати завантаженість каналів зв'язку маршруту, в разі активації коефіцієнта K_2 . Таким чином, при $K_1=K_2=K_3=1$ формула розрахунок метрики набуває такого вигляду:

$$M_p = \left(B_{\min}^p + \frac{B_{\min}^p}{256 - L_{\max}^p} + D_{\text{sum}}^p \right) \cdot 256, \quad (3.21)$$

в маршрутизаторах Cisco $L_{\text{sum}}^p \in [0; 255]$. Таким чином, L_{sum}^p розраховується за наступною формулою:

$$L_{\text{sum}}^p = \frac{255 \cdot \lambda_p}{\min_{i \neq j} (B_{i,j}^p)}, \quad (3.22)$$

де λ_p - потік трафіку в маршруті p ; $[\text{Кбит/с}]_{\min_{i \neq j} (B_{i,j}^p)}$ - найменша пропускна здатність одного з каналів зв'язку в маршруті при передачі інформації між вузлами $p_{i,j}$, $[\text{Кбит/с}]$

Для перевірки даного методу було проведено моделювання. За основу обрано топологія, представлена на рис. 3.2, Передача інформації проводиться між $Cloud1$ і $Cloud2$ (Моделювана ситуація враховувала тільки напівдуплексний режим передачі інформації в одну сторону). Вхідний потік трафіку в мережу збільшувався на кожній ітерації моделювання на. Результати моделювання представлені в табл. 1.70 $[\text{Мбит/с}]$

Таблиця 3.1 Результати моделювання процесу балансування трафіку по шляхах нееквівалентній вартості з урахуванням завантаження каналів зв'язку маршруту в формулі розрахунку метрики EIGRP

метрика маршруту M_{p_1}	метрика маршруту M_{p_2}	завантаженість маршруту $L_{\max}^{p_1}$	завантаженість маршруту $L_{\max}^{p_2}$	Потік трафіку в маршруті λ_{p_1}	Потік трафіку в маршруті λ_{p_2}	Загальний потік трафіку на вході в мережу λ
3338	6156	6	7	25	25	50
3338	6156	15	19	60	60	120
3339	6157	24	30	95	95	190
3339	6158	33	41	130	130	260
3339	6159	42	52	165	165	330
3340	6159	51	63	200	200	400
3340	6160	59	74	235	235	470
3341	6162	68	86	270	270	540
3342	6163	77	97	305	305	610
3343	6164	86	108	340	340	680
3343	6166	95	119	375	375	750
3344	6168	104	130	410	410	820
3345	6170	113	141	445	445	890
3347	6173	122	153	480	480	960
3348	6177	131	164	515	515	1030
3350	6181	140	175	550	550	1100
3351	6187	149	186	585	585	1170
3354	6196	158	197	620	620	1240
3356	6208	167	208	655	655	1310
3359	6227	175	219	690	690	1380
3363	6266	184	231	725	725	1450
3368	6363	193	242	760	760	1520
3375	7168	202	253	795	795	1590
3229	6212	255	211	1106	553	1660
3399	9216	220	255	865	865	1730
5888	6257	255	229	1200	600	1800

Як видно з табл. 3.1 розподіл потоку трафіку за маршрутами відбувається рівномірно, це пов'язано з тим, що метрики M_{p_1} і M_{p_2} не змінюються настільки, щоб змінити цілочисельні показники розподілу пакетів по маршрутам N_{p_1} і N_{p_2} на маршрутизаторі R1.

Однак останні три значення в таблиці виділені курсивом - при цих значеннях відбувається перевантаження каналу зв'язку в одному з маршрутів p_1, p_2 . При вхідному в мережу потоці трафіку $\lambda = 1660$ відбувається перше переповнення каналу зв'язку між маршрутизаторів $R1 \leftrightarrow R2$. Це сталося, тому що на попередньому кроці M_{p_2} стала як мінімум в два рази більше, ніж M_{p_1} , Що призвело до зміни цілочисельних показників розподілу пакетів по маршрутам $N_{p_1} = 2$ і $N_{p_2} = 1$. Подальша поведінка системи призводить до постійного переповнення будь-якого каналу зв'язку, що, згодом, спричиняє спотворення передачі керуючих пакетів EIGRP і, можливо, призведе до втрати сусідства. В результаті моделювання можна стверджувати, що даний метод не усуває можливість перевантаження одного з каналів зв'язку маршруту при балансуванні трафіку.

3.8 Метод балансування трафіку шляхом знаходження найбільшого спільного дільника між пропускними здатностями каналів зв'язку балансуючого вузла

З метою більш раціонального використання ресурсів мережі пропонується змінити формулу розрахунку коефіцієнта балансування, який відповідає за те, скільки пакетів буде відправлено за певним каналу зв'язку. Це допоможе запобігти перевантаження каналів зв'язку, в той же час, забезпечить максимально пропорційний розподіл пакетів між лініями зв'язку. Алгоритм наступний:

1. Ввести математичне обмеження пропорційного розподілу пакетів по каналах зв'язку:

I. Записати пропускні спроможності всіх каналів зв'язку, які будуть використані при балансуванні трафіку

II. Знайти найбільший спільний дільник чисел з пункту I.

$$\begin{aligned}
&\text{НОД}(B_{i,1}; B_{i,2}) = Z_{i,2}, \\
&\text{НОД}(Z_{i,2}; B_{i,3}) = Z_{i,3}, \\
&\quad \dots \\
&\text{НОД}(Z_{i,j-1}; B_{i,j}) = Z_{i,j}.
\end{aligned} \tag{3.23}$$

де B - пропускна здатність каналу зв'язку [Мбіт / с] при тому, що i - маршрутизатор, який здійснює балансування, j - канали зв'язку i -го маршрутизатора, які беруть участь в балансуванні навантаження; НСД - операція пошуку найбільшого загального дільника; $Z_{i,j}$ - результат НСД операції на кожному з j -Крок для i -го маршрутизатора, відповідно $Z_{i,j}$ - кінцеву відповідь, тобто найбільший спільний дільник. Операція НСД може бути реалізована і, як Евклідовому алгоритмом, так і методом розкладання на прості множники.

Кількість пакетів, яке слід передавати по певному каналу зв'язку, пропонується розраховувати за такою формулою:

$$N_{i,j} = \frac{B_{i,j}}{Z_{i,j}}, \tag{3.24}$$

де $N_{i,j}$ - кількість пакетів, яке буде передаватися i -м маршрутизатором по j -му каналу зв'язку, що приймає участь в балансуванні навантаження.

Внаслідок застосування формули (7) до маршрутизатора $R1$ в топології на рис. 1 виходять такі результати:

$$\text{НОД}(1000; 800) = 200, \tag{3.25}$$

$$N_{R1, R1 \leftrightarrow R2} = \frac{B_{R1, R1 \leftrightarrow R2}}{Z_{R1, R1 \leftrightarrow R2}} = \frac{1000}{200} = 5, \tag{3.26}$$

$$N_{R1, R1 \leftrightarrow R3} = \frac{B_{R1, R1 \leftrightarrow R3}}{Z_{R1, R1 \leftrightarrow R3}} = \frac{800}{200} = 4. \tag{3.27}$$

Виходячи з, наведеного в 4 пункті, алгоритму впливає, що по першому каналу зв'язку маршрутизатор $R1$ відправлятиме кожні 5 пакетів, в той же час по другому каналу зв'язку він буде відправляти 4 пакети. Таким чином, навіть при навантаженні 1,8 Гбіт / с маршрутизатор зможе без перевантажень розподілити трафік пропорційно по каналах зв'язку.

Однією з проблем даного підходу може стати можливість того, що пропускні спроможності каналів зв'язку на маршрутизаторі, який приймає рішення про балансування навантаження, будуть досить великими, однак один з каналів зв'язку в середині маршруту може мати меншу пропускну здатність. Наприклад, подібна ситуація могла б виникнути, в разі, якщо в топології на рис. 1 канал зв'язку між $R1$ і $R3$ мав би пропускну здатність 1 ГБ / с, а канал зв'язку між $R3$ і $R4$ - 800 Мбіт / с. В такому випадку:

$$\text{НОД}(1000;1000)=1000, \quad (3.28)$$

$$N_{R1, R1 \leftrightarrow R2} = \frac{B_{R1, R1 \leftrightarrow R2}}{Z_{R1, R1 \leftrightarrow R2}} = \frac{1000}{1000} = 1, \quad (3.29)$$

$$N_{R1, R1 \leftrightarrow R3} = \frac{B_{R1, R1 \leftrightarrow R3}}{Z_{R1, R1 \leftrightarrow R3}} = \frac{1000}{1000} = 1. \quad (3.30)$$

У подібному випадку виникає ефект пляшкового горлечка, так як канал зв'язку з меншою пропускну здатністю в середині шляху не здатний справлятися з навантаженням.

Рішенням даної проблеми може послужити функція самого протоколу EIGRP. У заголовках пакетів EIGRP поряд з іншою інформацією поширюється також і інформація про найменшу пропускну спроможність для певного оцінюваного маршруту - ця інформація потрібна для розрахунку метрики сусідніми маршрутизаторами. Таким чином, метод, представлений в даному розділі, слід застосувати до мінімальних пропускну здібностям, які існують в маршрутах, за якими буде проводитися балансування трафіку.

У дослідженні продемонстровано наочний випадок, коли функція балансування навантаження динамічного протоколу маршрутизації EIGRP може привести до некоректної роботи мережі. Для запобігання можливих випадків з перевантаженнями каналів зв'язку і найбільш оптимального використання наявних операційних ресурсів, запропоновано змінити метод розрахунку коефіцієнта балансування навантаження, який відповідає за те, скільки пакетів буде відправлено за певним каналу зв'язку. Даний підхід заснований на розрахунку коефіцієнта балансування навантаження не на основі метрики маршруту, а на основі пропускну здатності каналів зв'язку балансуємого маршрутизатора шляхом знаходження найбільшого спільного дільника.

4. ЕРГОНОМІКА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

У наші часи науково-технічний прогрес вніс серйозні зміни до умов виробничої діяльності працівників розумової праці. Їх праця стала інтенсивнішою, напруженішою, що вимагає значних витрат розумової, емоційної і фізичної енергії. Це зумовило потребу у комплексному вирішенні проблем ергономіки, гігієни і організації праці, регламентації режимів праці і відпочинку.

Велике значення має раціональна конструкція і розташування елементів робочого місця, яке є важливим для підтримання оптимальної робочої пози оператора.

4.1 Виявлення шкідливих та небезпечних факторів

Відповідно до дипломного проекту експлуатація програмного комплексу та додаткової офісної техніки передбачається в приміщеннях типу обчислювальних центрів і з виробництвом не пов'язана.

Характерними особливостями обчислювальних центрів є відносно невелика площа робочих приміщень, системи кондиціонування повітря для відведення тепла від комп'ютерів, наявність розгалуженої електромережі для живлення комп'ютерів і периферійної техніки. Такі особливості приміщень можуть спричинити потрапляння користувачів системи під дію несприятливих факторів. Ці фактори можуть бути небезпечними та шкідливими. Вплив на людину шкідливого фактора може призвести до професійного захворювання. Випадок впливу на працівника небезпечного фактора при виконанні ним завдання керівника чи трудових зобов'язань називається нещасним випадком.

Вкажемо фактори, які характерні для нашого типу приміщення.

Шкідливі фактори і небезпечні фактори і їх припустимі рівні з посиланням на нормативні документи наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Шкідливі фактори і небезпечні фактори

№ п/п	Шкідливі фактори	Джерело шкідливого фактору	Характеристика	Нормативні документи
1	2	3	4	5
1	Шум (для програмістів комп'ютерів)	Системний блок, принтер, монітор, клавіатура	Рівень сили звуку $L = 50$ дБа	ДСанПіН 3.3.2.007-98, ГОСТ 12.1.003-83
2	Електромагнітне поле	Комп'ютер	Допустимі параметри поля: за електричною складовою ($E=10$ В/м), за магнітною складовою ($H=0,3$ А/м)	ДСанПіН 3.3.2.007-98 [14], НПАОП 0.00-1.28-10
3	Несприятливий мікроклімат приміщення (категорія легка1)	Тепловипромінюючі прилади: монітор, системний блок	Оптимальні умови: $t = 22-24^{\circ}\text{C}$ в холодний і перехідний період, відносна вологість $W = 40-60\%$, швидкість руху повітря $V = 0,1$ м/с; в теплий період: $t = 23-25^{\circ}\text{C}$, відносна вологість $W = 40-60\%$, швидкість руху повітря $V = 0,1$ м/с	ГОСТ 12.1.005-88, ССБТ [11], ДСанПіН 3.3.2-007-98
4	Недостатнє освітлення (клас 1)	Освітлювальні прилади	1)штучне освітлення $E=500$ лк.	ДБН В.2-5-28-2006

№ п/п	Шкідливі фактори	Джерело шкідливого фактору	Характеристика	Нормативні документи
	робіт дуже високої точності)		2)природне освітлення $K_{по}=1,5 \%$	
5	Ураження електричним струмом	Ланцюги електроживлення, освітлення, порушення електроізоляції обладнання (системний блок, монітор)	$f = 50 \text{ Гц}$ $U = 220 \text{ В}$ $I = 0,1 \text{ А}$ $P = 200-250 \text{ Вт}$	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ ПУЕ
6	Виникнення пожежі	Несправність електромережі (ЕОМ, зовнішні пристрої)	Підвищення температури, ступінь вогнестійкості II, категорія В	ГОСТ 12.1.004-85 ССБТ

4.2 Природне освітлення. Розрахунок природного освітлення

Дано: Офіс комп'ютерної компанії знаходиться в Києві. Геометричні розміри приміщення: довжина приміщення $L = 12 \text{ м}$; глибина $B = 6 \text{ м}$; висота $H = 3,3 \text{ м}$. Висота від робочої поверхні до верху вікна $h_1 = 1,2 \text{ м}$.

Коефіцієнти відбиття стелі, стін і підлоги: 80%, 40%, 10%.

Завдання: Розрахувати потрібну площу світлових прорізів.

Розрахуємо площу світлових прорізів при бічному висвітленні приміщення по формулі :

$$S_o = (S_n * e_n * k_z * k_{б\text{уд}} * \eta) / (100 * t_o * r), \text{ де:}$$

S_o – розрахункова площа світлових прорізів;

S_n – площа підлоги приміщення (72 м^2);

e_n – нормоване розрахункове значення КПО;

k_z – коефіцієнт запасу = 1,5;

$k_{б\text{уд}}$ – коефіцієнт, який враховує затінення сусідніми будівлями, приймається в межах 1...1,5;

η – світлова характеристика вікон;

$г$ – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при бічному висвітленні завдяки світлу, відбитому від поверхонь приміщення і підстильного шару, що прилягає до будинку.

t_o – загальний коефіцієнт світлового пропускання, що визначається по формулі:

$t_o = t_1 * t_2 * t_3 * t_4 * t_5$, де:

t_1 – коефіцієнт світлового пропускання матеріалу склопакету, скло подвійне (0,8);

t_2 – коефіцієнт, що враховує втрату світла в плетіннях світлового пролomu, дерев'яна одинарна рама (0,75);

t_3 – коефіцієнт, що враховує утрати світла в несущих конструкціях (1);

t_4 – коефіцієнт, що враховує утрати світла в сонцезахисних пристроях, штори (1);

t_5 – коефіцієнт, що враховує утрати світла в захисній сітці, установлюваної під ліхтарями (0,9).

$$t_o = 0,8 * 0,75 * 1 * 1 * 0,9 = 0,54$$

Визначаємо значення КПО для м. Києва за формулою: $e_N = e_n * m_N$, де:

e_n – нормоване значення КПО згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне та штучне освітлення» при боковому освітленні при роботах середньої точності;
 m_N – коефіцієнт світлового клімату. Визначаємо нормоване значення коефіцієнта природної освітленості для району розташування. Для Києва при орієнтації вікон на південь:

$$e_N = 0,85 * 1,5 = 1,275\%$$

Знаходимо світлову характеристику світлових отворів:

при $L / B = 12 : 6 = 2$; $B / h_1 = 6 : 1,2 = 5$; $\eta = 11$.

Визначаємо коефіцієнт r - для бічного освітлення по таблиці.

Для цього знаходимо:

- відношення глибини приміщення до висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна - $B / h_1 = 5$;

- відношення довжини приміщення до його глибини - $L / B = 2$;

- величину середньозваженого коефіцієнта відображення $\rho_{\text{сеп}}$ стелі, стін і підлоги, при площі стелі $S_1 = 12 * 6 = 72 \text{ м}^2$;

- площі стін $S_2 = 2 * 6 * 3,2 + 2 * 10 * 3,2 = 102,4 \text{ м}^2$;

- площі підлоги $S_3 = 12 * 6 = 72 \text{ м}^2$

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_1 \cdot S_1 + \rho_2 \cdot S_2 + \rho_3 \cdot S_3}{S_1 + S_2 + S_3},$$

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{72 * 80 + 40 * 102,4 + 10 * 72}{72 + 102,4 + 72} = \frac{10576}{246,4} = 43\%$$

Згідно з цим, по таблиці знаходимо $r = 4,1$.

Визначаємо площу світлових прорізів за формулою:

$$S_o = (S_n * e_n * k_z * k_{\text{буд}} * \eta) / (100 * t_o * r) = \frac{72 * 1,275 * 1,5 * 1,2 * 11}{100 * 4,1 * 0,54} = 8,2 \text{ м}^2$$

Отже, для дотримання норм роботи в офісі комп'ютерної фірми, в приміщенні офісу потрібно встановити 2 вікна з розмірами 2,4м*1,8м.

Сумарна площа вікон (світлових прорізів):

$$S_{\text{вік.}} = (2,4 * 1,8) * 2 = 4,32 * 2 = 8,64 \text{ м}^2$$

Площа запропонованих вікон задовольняє потребу у кількості світла і співпадає з визначеною вище площею світлових прорізів.

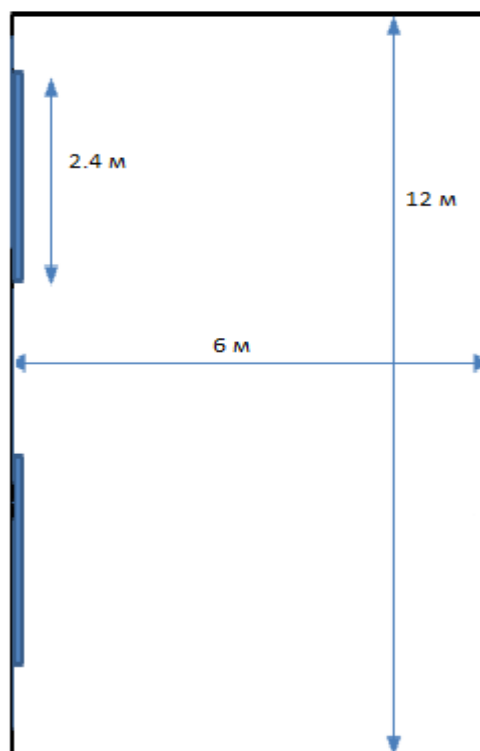


Рисунок 4.1 Схематичне зображення вікон в кімнаті на плані приміщення

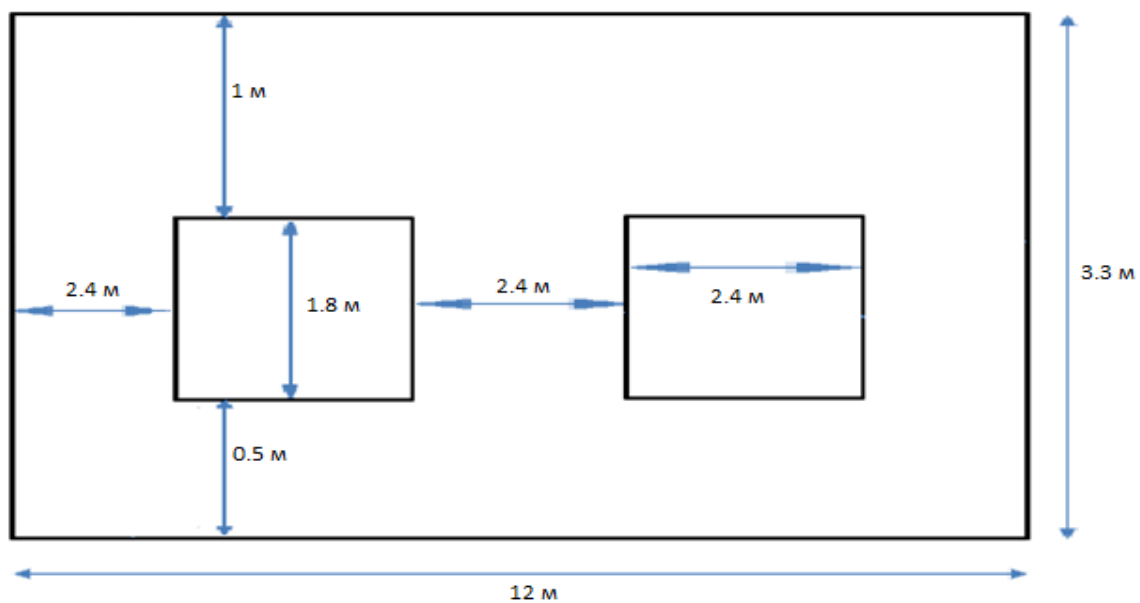


Рисунок 4.2 Схематичне зображення вікон в кімнаті в поперечному розрізі

Визначимо геометричний коефіцієнт природної освітленості визначається за допомогою графіків Данилюка для розрахунку n_1 та n_2 , де:

n_1 – кількість променів за графіком I, які проходять від неба через світлові прорізи в розрахункову точку на поперечному розрізі приміщення;

n_2 – кількість променів за графіком II, які проходять від неба через світлові прорізи в розрахункову точку на плані приміщення.

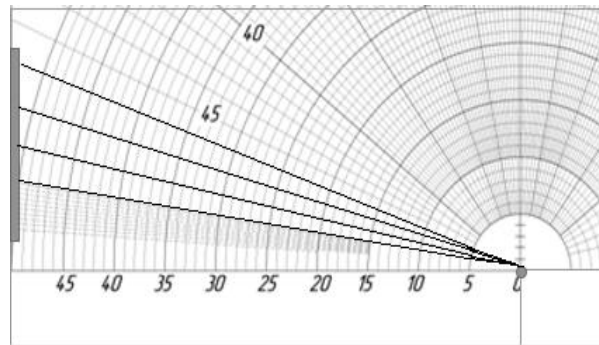


Рисунок 4.3 Кількість променів, які проходять від неба через світлові прорізи в розрахункову точку на поперечному розрізі приміщення

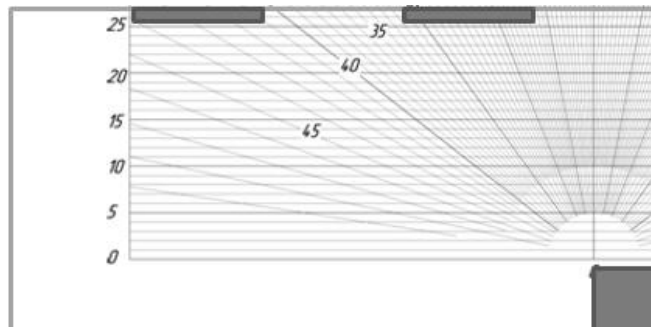


Рисунок 4.4 Кількість променів, які проходять від неба через світлові прорізи в розрахункову точку на плані приміщення

Як можна побачити, на рис.8.3 та 8.4, $n_1 = 4$ і $n_2 = 20$

Розрахуємо геометричний КПО:

$$\varepsilon_0 = ((n_1 * n_2) * 0,01) * 2 = ((4 * 20) * 0,01) * 2 = 1,6$$

КПО при боковому освітленні:

$$e_p = \frac{\varepsilon_0 * q_3 * r * \tau_0}{K_3} = \frac{1,6 * 0,64 * 4,1 * 0,54}{1,5} = 1,51$$

$$1,51\% > e_N = 1,35\%$$

Отже, запропоновані вище параметри вікон повністю задовольняють вимоги офісу для програмістів.

Прямого світла відбитого від протилежного будинку немає, через те, що будівля стоїть відокремлено.

4.3 Штучне освітлення. Розрахунок штучного освітлення

Освітлення робочого місця нормується згідно з Державними будівельними нормами України: ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення».

Мінімальна освітленість встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт. Для IV розряду зорових робіт вона складає 500 лк.

Перевіримо освітленість робочого місця користувача ПК на відповідність розряду зорової роботи. Для штучного освітлення у приміщенні використовуються люмінесцентні лампи.

Розрахунок штучного освітлення проведемо для кімнати площею 72 м², ширина якої складає 12м, довжина – 6м, висота – 3,3м.

Скористаємося методом використання світлового потоку. Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta}, \text{ де}$$

F – світловий потік, що розраховується, Лм;

E – нормована мінімальна освітленість, Лк; E = 500 Лк;

S – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку S=72 м²);

Z – відношення середньої освітленості до мінімальної (Z = 1,1 для люмінесцентних ламп);

K – коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення і характеру робіт, що проводяться в ньому, в нашому випадку $K = 1,5$);

η – коефіцієнт використання світлового потоку, (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп, і обчислюється в долях одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, забарвлення стін і стелі, що характеризуються коефіцієнтами відбиття від стін ($\rho_{ст.}$) і стелі ($\rho_{стелі}$)), значення коефіцієнтів дорівнюють $\rho_{ст} = 40\%$ і $\rho_{стелі} = 60\%$.

Розрахункова висота підвісу h світильників задається, як правило, розмірами приміщення.

Розрахуємо розрахункову висоту підвісу, м:

$$h = H - h_{CB} - h_{RP}, \text{ де:}$$

H – висота приміщення, м; h_{CB} – висота підвісу світильника (від перекриття, "звис" світильника, приймається в межах від 0, при установці світильників на стелі, до 1,5 м), м; h_{RP} – висота робочої поверхні над підлогою, м ($h_{RP} = 1.2$ м).

Підставивши значення отримаємо:

$$h = 3,3 - 1,2 - 0,2 = 1,8 \text{ (м)}$$

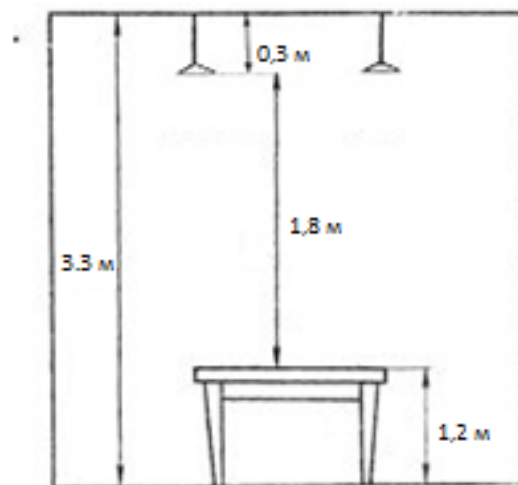


Рисунок 4.5 Поперечний розріз приміщення

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

$$I = \frac{S}{h(A+B)}, \text{ де} \quad S - \text{площа приміщення, } S = 72 \text{ м}^2;$$

h – розрахункова висота підвісу, $h = 1,8$ м; A – ширина приміщення, $A = 12$ м; B – довжина приміщення, $B = 6$ м.

Підставивши значення отримаємо:

$$I = \frac{72}{1,8 * (6 + 12)} = 2,22$$

Знаючи індекс приміщення I , знаходимо $\eta = 0,34$.

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку F :

$$F = \frac{500 * 1,1 * 72 * 1,5}{0,34} = 174706 \text{ Лм}$$

Для освітлення використані люмінесцентні лампи типу ЛБ 40-1, світловий потік яких $F = 4320$ Лм. Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою:

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}}, \text{ де} \quad N - \text{кількість ламп, що визначається; } F - \text{світловий потік, } F = 174706; F_{\text{л}} - \text{світловий потік лампи, } F_{\text{л}} = 4320 \text{ Лм}$$

$$N = \frac{174706}{4320} = 40,1 \approx 40$$

В приміщенні використовуються світильники типу ОД. Кожен світильник комплектується двома лампами. Тобто, необхідно використовувати 20 світильників із 40 працюючими лампами в них. Схема розташування світильників зображена на Рис. 4.6 Схема розташування світильників.

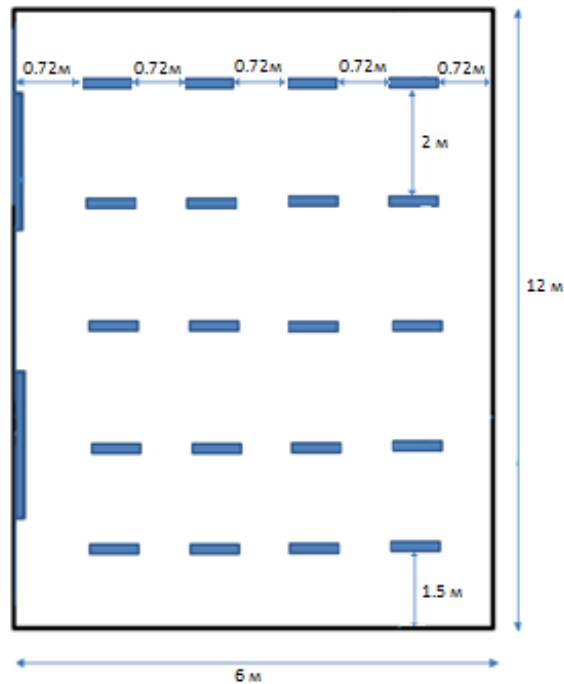


Рисунок 4.6 Схема розташування світильників

4.4 Шум. Розрахунок шуму

Шум погіршує умови праці надаючи шкідливу дію на організм людини. Працюючі в умовах тривалої шумової дії випробовують дратівливість, головні болі, запаморочення, зниження пам'яті, підвищену стомлюваність, зниження апетиту, біль у вухах і т.п. Такі порушення в роботі ряду органів і систем організму людини можуть викликати негативні зміни в емоційному стані людини аж до стресових. Під впливом шуму знижується концентрація уваги, порушуються фізіологічні функції, з'являється втома у зв'язку з підвищеними енергетичними витратами і нервово-психічним напруженням, погіршується мовна комутація. Все це знижує працездатність людини і її продуктивність, якість і безпеку праці. Тривала дія інтенсивного шуму вище 80 дБ на слух людини приводить до його часткової або повної втрати.

Рівень шуму на робочому місці математиків-програмістів і операторів відеоматеріалів не повинен перевищувати 50дБА. Для зниження рівня шуму стіни і стеля приміщень, де встановлені комп'ютери, можуть бути облицьовані

звукопоглинальними [матеріалами](#). Рівень вібрації в приміщеннях обчислювальних центрів може бути понижений шляхом встановлення устаткування на спеціальні віброізолятори.

Для вирішення питань про необхідність і доцільність зниження шуму необхідно знати рівні шуму на робочому місці оператора.

Рівень шуму, що виникає від декількох взаємопов'язаних джерел, що працюють одночасно, підраховується на підставі принципу енергетичного підсумовування рівня інтенсивності окремих джерел:

$$L_{\text{сеп}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \times L_i},$$

де L_i - рівень звукового тиску i -го джерела шуму;

n - кількість джерел шуму.

Отримані результати розрахунку порівнюється з допустимим значенням рівня шуму для даного робочого місця. Якщо результати розрахунку вище допустимого значення рівня шуму, то необхідні спеціальні заходи щодо зниження шуму. До них відносяться: облицювання стін і стелі залу звукопоглинальними матеріалами, зниження шуму в джерелі, правильне планування обладнання і раціональна [організація робочого місця](#) оператора.

Рівні звукового тиску джерел шуму, що діють на оператора на його робочому місці. Рівні звукового тиску різних джерел.

Таблиця 4.2 Рівні звукового тиску різних джерел.

Джерело шуму	Рівень шуму, дБ
Жорсткий диск	20
Кулери	35
Монітор	15
Клавіатура	20

Принтер	45
---------	----

Зазвичай робоче місце оператора оснащено наступним обладнанням: вінчестер в системному блоці, кулери систем охолодження ПК, монітор, клавіатура і принтер. Підставивши значення рівня звукового тиску для кожного виду обладнання у формулу, отримаємо:

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot \lg (10^2 + 10^{3,5} + 10^{1,5} + 10^2 + 10^{4,5}) = 45,44 \text{ дБ}$$

Отримане значення не перевищує допустимий рівень шуму для робочого місця оператора, рівний 50 дБ (ГОСТ 12.1.003-83). І якщо врахувати, що навряд чи такі периферійні пристрої як сканер і принтер будуть використовуватися одночасно, то ця цифра буде ще нижчою. Крім того при роботі принтера безпосередню присутність оператора необов'язково, тому що принтер обладнаний механізмом авто подачі аркушів.

ВИСНОВКИ

На основі порівняльного аналізу безпроводових мереж для розробки рекомендацій абонентського доступу на базі широкосмугового радіодоступу, за рахунок вибору оптимального стандарту побудови мережі, вибору обладнання з підтримкою сучасних технологій і протоколів, розроблена безпроводова локально-обчислювальна мережа (ЛОМ) для безпроводового доступу до різних ресурсів, також розроблена провідна локально-обчислювальна мережа для збільшення пропускної здатності безпроводової ЛОМ.

Розроблені схеми роботи безпроводової мережі, розроблені схеми побудови системи інфотелекомунікаційної підтримки мережі на базі широкосмугового радіодоступу на прикладі типового офісу.

Виконано техніко-економічне обґрунтування розробки мережі інфотелекомунікаційної підтримки корпоративної мережі на базі широкосмугового радіодоступу.

Актуальність теми – не викликає сумніву, оскільки присвячена аналізу перспектив використання обладнання із широкосмуговим радіодоступом на основі методів порівняння режимів і обладнання технології Wi-Fi, структурного синтезу мережі ділового офісного центру та розробки рекомендацій по розгортанню радіомереж.

Таким чином, мета роботи – розробка корпоративної мережі та оптимізація трафіку досягнута

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ньюман П. The Crash of the AT&T Network in 1990 [Електроний ресурс] // PhWorld: [сайт]. [2008]. URL: <http://www.phworld.org/history/attcrash.htm>
2. Колаковський Н. HP TouchPad Needs 6 to 8 Weeks for Additional Shipments [Електроний ресурс] // eWeek: [сайт]. [07]. URL: <http://www.eweek.com/mobile/hp-touchpad-needs-6-to-8-weeks-for-additional-shipments>
3. Netcraft Ltd. Web Server Survey [Електроний ресурс] // NetCraft: [сайт]. [2017]. URL: <https://news.netcraft.com/archives/category/web-server-survey/>
4. Говард М. IIS6 vs Apache2 Security Defects [Електроний ресурс] // Microsoft.com: [сайт]. [2004]. URL: https://blogs.msdn.microsoft.com/michael_howard/2004/10/15/iis6-vs-apache2-security-defects/
5. Говард М. Follow-up on IIS6 and Apache Security [Електроний ресурс] // Microsoft.com: [сайт]. [2004]. URL: https://blogs.msdn.microsoft.com/michael_howard/2004/10/18/follow-up-on-iis6-and-apache-security/
6. Google Inc. Google Testing Blog [Електроний ресурс] // GoogleBlog.com: [сайт]. URL: <https://testing.googleblog.com/>
7. softwaretestinghelp.com. Comprehensive Load Testing Tools List [Електроний ресурс] // Softwaretestinghelp: [сайт]. [2017]. URL: <http://www.softwaretestinghelp.com/performance-testing-tools-load-testing-tools/>
8. Брадтке Р. ISTQB 100 Success Secrets - ISTQB Foundation Certification Software Testing the ISTQB Certified Software Tester 100 Most Asked Questions. Emereo Publishing, 2008. 170 pp.
9. Microsoft Corporation. Performance Testing Guidance for Web Applications. ThriftBooks - Green Earth, 2007. 288 pp.
10. Байон Е. Performance Testing with Jmeter 2.9. ООО «Книга по

Требованию», 2013. 138 pp.

11. Дохі Т., Накавага Т., та Стохастік Т. Reliability and Maintenance Modeling: Essays in Honor of Professor Shunji Osaki on his 70th Birthday. London: Springer, 2013. 360 pp.

12. Спілнер А., Лінз Т., Роснер Т., та Вінтер М. Software Testing Practice: Test Management: A Study Guide for the Certified Tester Exam ISTQB Advanced Level. Rocky Nook, 2007. 339 pp.

13. Колава А., Худжинга Д. Automated Defect Prevention: Best Practices in Software Management. Wiley-IEEE Computer Society Press, 2007.

14. Куджала С., "UX Curve: A method for evaluating long-term user experience," // Interacting With Computers, Vol. 23, No. 5, 2011.

15. IBM Design. Design in motion [Електроний ресурс] // IBM Design: [сайт]. [2015]. URL: <http://www-01.ibm.com/software/ucd/designconcepts/whatisUXD.html> (дата звернення: 11.10.2017).

16. webstyleguide.com. Visual Design Web Style Guide 3 [Електроний ресурс] // Web Style Guide: [сайт]. [2015]. URL: <http://webstyleguide.com/wsg3/7-page-design/3-visual-design.html> (дата звернення: 11.10.2017).

17. Псомас С., "The Five Competencies of User Experience Design," // UX Matters, Листопад 2007.

18. Лонвґрен Д. Interaction Design - brief intro // Interaction Design. URL: http://www.interaction-design.org/encyclopedia/interaction_design.html

19. Маркус А. Design, User Experience, and Usability: Design Discourse. Springer, 2015. 672 pp.

20. IBM. Справочные материалы по Rational Performance Tester [Електроний ресурс] // Сайт компании IBM: [сайт]. URL: <http://www.ibm.com/developerworks/downloads/r/rpt/> (дата звернення: 5.11.2014).

21. Canonical Ltd. Ubuntu 16.04.3 LTS (Xenial Xerus) [Електроний ресурс] // Ubuntu.com: [сайт]. URL: <https://wiki.ubuntu.com/XenialXerus/>

ReleaseNotes?_ga=2.17724272.895013929.1508044866-1858907825.1508044866 (дата звернення: 15.10.2017).

22. Віксі П. MAN crontab [Електроний ресурс] // OpenNet.ru: [сайт]. URL: <http://www.opennet.ru/man.shtml?topic=crontab&category=5> (дата звернення: 15.10.2017).

23. Oracle. Java SE Development Kit 9 [Електроний ресурс] // Oracle.com: [сайт]. URL: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk9-downloads-3848520.html> (дата звернення: 15.10.2017).

24. Вогель Л. REST with Java (JAX-RS) using Jersey [Електроний ресурс] // Jersey: [сайт]. [2017]. URL: <http://www.vogella.com/tutorials/REST/article.html> (дата звернення: 15.10.2017).

25. The Eclipse Foundation. Eclipse.com [Електроний ресурс] // Jetty HTTP Server: [сайт]. URL: <https://www.eclipse.org/jetty/> (дата звернення: 15.10.2017).

26. Oracle. Why MySQL? [Електроний ресурс] // MySQL TM: [сайт]. URL: <https://www.mysql.com/why-mysql/> (дата звернення: 15.10.2017).

27. Oracle. Java Docs (Oracle) [Електроний ресурс] // java.nio (Java SE7): [сайт]. URL: <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/nio/package-summary.html>

28. Венерс Б. Object-Relational Mappings // Artima Developer. 2003. URL: <http://www.artima.com/intv/abstract3.html> (дата звернення: 2.12.2017).

29. MongoDB, Inc. What is MongoDB? [Електроний ресурс] // MongoDB: [сайт]. URL: <https://www.mongodb.com/what-is-mongodb> (дата звернення: 15.10.2017).