МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

|  |  |
| --- | --- |
| Інститут (факультет) | комп’ютерних та інформаційних технологій |
| Кафедра | Систем Інформації |
| Спеціальність | 172 Телекомунікації та радіотехніка |
| Спеціалізація | 172-01 Телекомунікаційні системи та мережі |
|  | (шифр і назва) |

|  |
| --- |
| До захисту допускаю |
| Завідувач кафедри |
| О.А. Серков |
| (ініціали та прізвище) |
|  |
| (підпис, дата) |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

|  |  |
| --- | --- |
| першого | рівня вищої освіти |

|  |  |
| --- | --- |
| Тема роботи | МЕТОД ДІНАМІЧНОЇ ОПТИМИЗІЦІЇ МАРШРУТУ У |
| БЕЗПРОВОДОВІЙ МЕРЕЖІ | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Шифр роботи | КІТ-55 |  |
|  | (група, номер теми за наказом) |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Виконавець | ОРАЧ Дмитро Вячеславович |
|  | (прізвище, ім’я, по-батькові) |
| Керівник | Завідувач кафедри СЕРКОВ |
|  | (посада, прізвище, ім’я, по-батькові) |

Харків 2019

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Назва виробу,  об'єкта або теми | | | | Назва  документа | Фор-мат | | | Кільк.  арк. | При-  мітка |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | | Документи загальні |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | | Завдання | А4 | | | 1 |  |
|  | | | | Звіт про дипломну роботу | А4 | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | | Ілюстративні матеріали | А4 | | |  |  |
| Метод динамічної оптимізації | | | | Слайди |  | | |  |  |
| маршруту у безпровідній мережі | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  | | | |  |  | | |  |  |
|  |  |  |  | КІТ-55 | | | | | |
|  |  |  |  |
|  | Прізвище | Підп. | Дата |
| Розроб. | Орач |  |  | Розробка системи підготовки електронних публікацій  Відомість документів | Літ. | | | Аркуш | Аркушів |
| Перев. |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | НТУ «ХПІ»  Кафедра СІ | | | | |
| Н.конт. |  |  |  |
| Затв. | Серков |  |  |

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

|  |  |
| --- | --- |
| Інститут (факультет) | комп’ютерних та інформаційних технологій |
| Кафедра | Систем Інформації |
| Спеціальність | 172 Телекомунікації та радіотехніка |
| Спеціалізація | 172-01 Телекомунікаційні системи та мережі |
|  | (шифр і назва) |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | |  | | | | | | | | |
|  |  | | | **ЗАТВЕРДЖУЮ**  **Завідувач кафедри** | | | | | | | | |
|  |  | | | О.А. Серков | | | | | | | | |
|  |  | | |  | | | | | | | | |
|  |  | | | « |  | » |  | |  | | 2019 | року |
|  |  | | |  | | | | | | | | |
| **З А В Д А Н Н Я**  **НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ** | | | | | | | | | | | | |
| ОРАЧ Дмитро Вячеславович | | | | | | | | | | | | |
| (прізвище, ім’я, по батькові) | | | | | | | | | | | | |
| 1 Тема роботи | МЕТОД ДІНАМІЧНОЇ ОПТИМИЗІЦІЇ МАРШРУТУ У | | | | | | | | | | | |
| БЕЗПРОВОДОВІЙ МЕРЕЖІ | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | |
| керівник роботи |  | | | | | | | | | | | |
|  | (прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання) | | | | | | | | | | | |
| затверджена наказом вищого навчального закладу від «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ р. № \_\_\_\_\_ | | | | | | | | | | | | |
| 2 Строк подання студентом роботи | | |  | | | | | | | | | |
| 3 Вихідні дані до роботи | | | технічне завдання | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | |
| 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | |
| 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень) | | | | | | | | | | | | |
| Графічний матеріал у вигляді слайдів | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | | |
| 6 Консультанти розділів роботи | | | | | | | | | | | | |
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | | | | | | | Підпис, дата | | | | |
| завдання  видав | | завдання  прийняв | | |
| Економічне |  | | | | | | |  | |  | | |
| обґрунтування |  | | | | | | |  | |  | | |
| Охорона праці і |  | | | | | | |  | |  | | |
| навколишнього |  | | | | | | |  | |  | | |
| середовища |  | | | | | | |  | |  | | |
| Цивільний |  | | | | | | |  | |  | | |
| захист |  | | | | | | |  | |  | | |
|  | |  | | | | | | | | | | |
| 7 Дата видачі завдання | |  | | | | | | | | | | |

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  з/п | Назва етапів дипломної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітки |
| 1 | Вибір і обґрунтування теми, постановка проблем і |  |  |
| 2 | завдань |  |  |
| 3 | Аналітичний огляд джерел, вибір методики досліджень |  |  |
| 4 | Підготовка і виконання пояснювальної записки |  |  |
| 5 | Економічне обґрунтування та підготовка висновків |  |  |
| 6 | Складання відомості документів оформлення ПЗ |  |  |
| 7 | Виконання плакатів, доповіді |  |  |
| 8 | Подання ДР на допуск до захисту |  |  |
| 9 | Захист ДР |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Студент** |  |  | Орач Д.В. |
|  | (підпис) |  | (прізвище та ініціали) |
|  |  |  |  |
| **Керівник роботи** |  |  | Серков О.А. |
|  | (підпис) |  | (прізвище та ініціали) |

ЗМІСТ

[Перелік позначень та скорочень 7](#_Toc190443155)

[Вступ 8](#_Toc190443156)

[1 Аналіз розвитку безпровідних мереж 11](#_Toc190443157)

[1.1 Розвиток телекомунікаційних мереж в Україні 11](#_Toc190443158)

[1.2 Стан і перспективи розвитку безпровідних мереж 16](#_Toc190443159)

[1.3 Аналіз систем безпровідного доступу 19](#_Toc190443160)

[1.4 Постановка загальної задачі та часткових задач дослідження 21](#_Toc190443161)

[Висновки за розділом 1 22](#_Toc190443162)

[2 Розробка методу динамічного маршрутизації 23](#_Toc190443163)

[2.1 Обґрунтування вибору стандарту 802.11g 24](#_Toc190443164)

[2.2 Класифікація алгоритмів маршрутизації 42](#_Toc190443165)

[2.3 Вимоги до алгоритму маршрутизації 48](#_Toc190443166)

[2.4 Розробка алгоритму процеса оптимізації передачі інформації 49](#_Toc190443167)

[Висновки за розділом 2](#_Toc190443162) 54

[3 Розробка імітаційної моделі процесу динамічної маршрутизації 55](#_Toc190443168)

[3.1 Реалізація розробленого методу шляхом імітаційного моделювання 55](#_Toc190443169)

[3.2 Перевірка працездатності моделі 58](#_Toc190443170)

[3.3 Пропозиції щодо практичного застосування розробленного методу 61](#_Toc190443171)

[Висновки за розділом 3 …………………………………………………………65](#_Toc190443162)

[4 Економічне обґрунтування 66](#_Toc190443172)

[4.1 Мета й обґрунтування розробки 66](#_Toc190443173)

[4.2 Опис об’єкта розробки 66](#_Toc190443174)

[4.3 Оцінка ринку збуту 67](#_Toc190443175)

[4.4 Конкуренція 70](#_Toc190443176)

[4.5 Витрати на розробку продукту 72](#_Toc190443177)

[4.6 Оцінка ризику та страхування 76](#_Toc190443178)

[4.7 Фінансовий план 77](#_Toc190443179)

[Висновки за розділом 4 83](#_Toc190443180)

[5 Охорона праці й навколишнього середовища 84](#_Toc190443181)

[Список джерел інформації 109](#_Toc190443203)

[Додаток А Акти впровадження розробки 111](#_Toc190443204)

[Додаток Б Ілюстративні матеріали для доповіді 114](#_Toc190443205)

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ЕОМ | – | Електронна обчислювальна машина |
| ЛОМ | – | Локальна обчислювальна мережа |
| ШПС | – | Шумоподібний сигнал |
| DCF | – | Функція розподіленого керування  (англ. Distributed Coordination Function) |
| DSSS | – | Метод прямої послідовності  (англ.. Direct Sequence Spread Spectrum) |
| ETSI | – | Європейський інститут стандартів в  області зв'язку |
| FHSS | – | Метод частотних стрибків  (англ.. Frequency Hopping Spread Spectrum) |
| LAN | – | Локальна обчислювальна мережа, скор. ЛОМ  (англ. Local Area Network) |
| MAC | – | Рівень управління доступу до носіїв |
| NGN | – | Мережі наступного покоління  (англ. Next Generation Networks) |
| PAN | – | Персональна мережа  (англ. Personal Area Network) |
| VPN | – | Віртуальна приватна мережа  (англ.. Virtual Private Network) |
| WAN | – | Глобальна мережа  (англ. Wide-Area Network) |
| WLAN | – | Безпровідна локальна обчислювальна мережа  (англ. Wireless LAN) |

ВСТУП

За останні роки безпровідні мережі, які передають інформацію стали одним з головних напрямків розвитку телекомунікаційної і інформаційної індустрії. У кінці XIX століття сформувалися дві галузі телекомунікаційного древа – передача інформації (телеграф) і голосу (телефонія). В цей же час розпочався поділ на провідні та безпровідні технології передачі інформації. Проводовий зв'язок виявився надійніше і простіше.

До кінця XX століття в телекомунікаціях виникла нова хвиля - цифрова обробка інформації. Незабаром будь-яку інформацію перед трансляцією, будь то телевізійна картинка або мова, розпочали перетворювати на потік одиниць і нулів. Розпочалася доба цифрового зв'язку. Завдяки цифровій обробці почали розвиватися технології, які розвивалися паралельно - це передача інформації й телефонія.

Регіональні та локальні мережі появились майже в усіх сферах людської діяльності, включаючи науку, утворення, економіку, культуру, промисловість і т.д. Технологію Ethernet (10 Мбіт/с) замінили на технологію Fast Ethernet/Gigabit Ethernet (100/1000 Мбіт/с), у глобальних мережах відбувся перехід від неквапливої технології Х.25 до методу Frame Relay, застосування переліку протоколів TCP/IP змінила технологія ATM. Без цих протоколів неможливі сьогодні дистанційне навчання, служби новин, доступ до вилучених баз даних у реальному масштабі часу, факсимільний і телефонний зв'язок, електронна пошта, телеконференції і т.п.

Звичайно, на початку XXI століття людство розпочало виходити із полону провідних мереж. Рівень розвитку мікроелектроніки дав можливість розробляти масові засоби безпровідного зв'язку, які не вимагали великих коштів. Мобільних телефонів в усьому світі вже набагато більше, ніж провідних телефонних апаратів. Дуже швидкими темпами розвиваються безпровідні локальні мережі.

Швидкий розвиток безпровідних мереж в усім світі пов'язаний з такими їх вадами, як:

* швидкість проектування і розгортання;
* відмова від коштовної і не завжди можливої прокладки або оренди оптоволоконного або мідного кабелю
* гнучкість архітектури, тобто можливість динамічної зміни топології мережі при підключенні, пересуванні та відключенні мобільних користувачів без значних втрат часу;
* високий ступінь захисту від несанкціонованого доступу;
* висока швидкість передачі інформації (1-10 Мбіт/с і вище).

Зараз до сучасних безпровідних мереж зростають вимоги по якості зв'язку і швидкодії. Дуже активно просуваються в усьому світі і в Україні стандарти безпровідних мереж WiMAX і Wi-Fi. Вже зараз технологія безпровідних локальних мереж WLAN (Wireless LAN) лідирує у розвитку найбільш ніж інші. Ці мережі зручні в першу чергу для рухливих засобів , але також знаходять застосування і в інших галузях (лікарні, динамічні мережі фірми і т.п.).

Все о було сказано вище визначає актуальність розробок в галузі безпровідних технологій і проведення досліджень.

Головною метою даної роботи є підвищення безпеки, якості передачі інформації і підвищення швидкості у безпровідній мережі.

Щоб досягнути поставленої мети потрібно розробити метод динамічної оптимізації передачі інформації.

Для вирішення загальної задачі роботи слід розв'язати наступні часткові задачі:

1. зробити аналіз методів побудови безпровідних мереж;
2. створити алгоритм процесу оптимальної маршрутизації;
3. розробити метод динамічного визначення оптимального маршруту передачі інформації.

Але для початку необхідно зробити аналіз концепції розвитку безпровідних мереж.

1. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ БЕЗПРОВІДНИХ МЕРЕЖ
   1. Розвиток телекомунікаційних мереж в Україні

Телекомунікації це базова сфера галузі зв’язку в України і є однією з найбільш фінансованих складових інфраструктури держави, яка компенсує, з одного боку, визначає подальший розвиток суспільного виробництва, а з іншого - стан економіки держави в цілому.

Згідно з Концепцією розвитку телекомунікацій в Україні до 2010 року, яка була прийнятою Кабінетом Міністрів України 07.06.2006 [4], розвиток телекомунікацій має здійснюватися за такими напрямами:

* удосконалення нормативно-правової бази у сфері телекомунікацій;
* об'єднання можливостей суб'єктів ринку телекомунікацій з метою підвищення ефективності їх діяльності;
* використання новітніх технологічних досягнень у розвитку телекомунікаційних мереж (пакетних технологій, волоконно-оптичних, радіотехнологій тощо).

З дослідженням технологічних потреб у гармонійному і одночасному розвитку телекомунікаційних мереж, а також можливості використання в Україні перспективних і сучасних засобів телекомунікацій, у Концепції приведені головні напрями розвитку телекомунікаційних мереж. Серед них дуже важливими для безпровідних мереж слід вважати:

* прискорення розвитку телекомунікаційних мереж у депресивних регіонах, гірській і сільській місцевості з використанням ефективних технологій;
* прискорене впровадження радіотехнологій для рухомого зв'язку та використання систем абонентського радіодоступу;
* розвиток та оптимізація всієї телекомунікаційної інфраструктури українського Інтернету з метою забезпечення розвитку Інтернета в Україні;
* створення рівних умов для доступу користувачів до національної мережі обміну Інтернет-трафіком;
* створення національної системи супутникового зв'язку;
* створення нормативно-правової та науково-технічної бази для рішення проблем національної багатооператорської мережі на основі мультисервісних телекомунікаційних транспортних мереж;
* збільшення пропускної спроможності й ємності мереж доступу до транспортних телекомунікаційних мереж з використанням перспективних технологічних рішень, у тому числі радіотехнологій;
* забезпечення розвитку швидкими темпами мультисервісних телекомунікаційних транспортних мереж для задоволення потреб користувачів телекомунікаційних послуг.

Прискорений розвиток мереж телефонного зв'язку для надання загальнодоступних послуг є пріоритетним напрямом розвитку телекомунікаційних мереж України. При цьому потрібно врахувати такі особливості:

* державою повинні надаватися усім бажаючим за регульованими тарифами загальнодоступні телекомунікаційні послуги. Також необхідно прискорити нарощування технічних можливостей телекомунікаційних мереж для розширення загального доступу до телекомунікаційних послуг;
* потрібно збільшити ємність абонентів сільської телефонної мережі не менше ніж на 400 тис. номерів і телефонізувати усі соціальні об'єкти: громадські приймальні, бібліотеки, клуби, медичні установи, навчальні та дитячі дошкільні заклади тощо;
* до загальнодоступних телекомунікаційних послуг необхідно забезпечити доступ майже для усього населення України (не менш як 99,9 відсотка) через розвиток і створення пунктів колективного доступу (переговорні пункти, універсальні таксофони тощо) в усіх населених пунктах України з кількістю населення понад 50 чоловік;
* розпочати розвиток і оновлення стаціонарних телефонних мереж, щороку забезпечити введення в дію не менш 800 тис. телефонних номерів, з яких не менше половини мають бути призначеними на заміну ємності електромеханічних автоматичних телефонних станцій;
* зробити особливі умови для видачі ліцензій на надання послуг мобільного зв'язку з метою залучення операторів мереж мобільного зв'язку до надання телекомунікаційних послуг у сільській, гірській місцевості і депресивних регіонах [4].

Розвиток телекомунікацій в Україні повинен виконуватися у напрямі випереджувального забезпечення процесів інформатизації країни та побудови інформаційного суспільства. При цьому необхідно передбачити:

* для створення високошвидкісних масових мереж доступу необхідно знайти найбільш ефективні технічні та організаційні рішення (стаціонарного і рухомого (мобільного) зв'язку), які забезпечать невисокі тарифи для всіх категорій користувачів;
* для задоволення потреб інформаційного суспільства необхідно створювати і розвивати високошвидкісні мультисервісні мережі наступного покоління.

У концепції також виділені головні завдання науково-технічного забезпечення розвитку телекомунікацій, серед них можна зазначити:

* підвищення ефективності використання телекомунікацій з урахуванням обмеженості ресурсів, що можуть бути задіяні для їх розвитку;
* проведення досліджень, підготовка пропозицій щодо оптимального розподілу та виділення смуг частот для перспективних радіотехнологій, формування і надання великої кількості нових послуг, розвитку волоконно-оптичної мережі і її взаємодії з радіо- та супутниковими системами зв'язку;
* проведення досліджень з метою впровадження у практику принципів створення мультисервісних пакетних мереж як транспортної основи телекомунікацій;
* створення нормативних, технічних та нормативно-правових документів, що повністю регламентують питання, пов'язані із функціонуванням телекомунікаційних мереж і діяльністю суб'єктів сфери  
  телекомунікацій [4].

За останні 10 років нові послуги зв'язку швидкими темпами розвиваються і одержують широке поширення, поліпшується традиційні послуги і якість.

Для реалізації різних сервісів потрібен необхідний розвиток мереж зв'язку і їх транспортної інфраструктури. Світове телекомунікаційне співтовариство вирішили, що необхідно створити мережу нового покоління, так звана NGN (Next Generation Networks).[7]

Мережа NGN надає великі можливості по реалізації, необхідних для модернізації сучасних мереж доступу, засобів надання послуг і транспортних сегментів, що створює основу для планомірного технічного переозброєння сегмента телекомунікаційних мереж України

На рисунку 1.1 наведена схема структури перспективної мережі NGN.



Рисунок 1.1 – Структура перспективної мережі

Тепер між двома користувачами виникла парадигма багатозв’язності «кожного з кожним», що реалізує необхідне сучасним користувачам єдиний простір спілкування в рамках віртуальних приватних мереж (VPN).

Для користувачів подібний зв'язок є нормою життя. При сучасному розвитку мережевих технологій поділ послуг зв'язку на категорії, які були прийняті ледве не 100 років тому, все більше втрачає сенс. У результаті швидкий розвиток мереж передачі інформації створює небачені раніше можливості в частині пропозиції мультисервиса.

* 1. Стан і перспективи розвитку безпровідних мереж

В останні роки одним з основних напрямків розвитку мережної індустрії стають безпровідні мережі передачі інформації.

Швидкий розвиток мереж цього класу в Україні і в цілому світі пояснюється наявністю ряду вад, які їм властиві, а саме:

* висока швидкість передачі інформації (до 11 Мбит/с);
* високий ступінь захисту від несанкціонованого доступу;
* відмова від коштовної прокладки або оренди оптоволоконного чи мідного кабелю [1];
* швидкість проектування і реалізації, що критично при жорстких вимогах до часу побудови мережі;
* гнучкість архітектури мережі, коли забезпечується можливість динамічної зміни топології мережі при підключенні, пересуванні й відключенні мобільних користувачів без значних втрат часу.

У цей час безпровідні технології можуть забезпечити ефективне рішення наступних завдань:

* створення територіальних стільникових радиомодемных мереж передачі інформації [1];
* організація безпровідного радіозв'язку між робочими станціями локальної
* мережі (організація безпровідного доступу до ресурсів локальної мережі);
* об'єднання вилучених локальних обчислювальних робочих станцій і мереж до єдиної мережі передачі інформації та реалізація віддаленого стаціонарного доступу локальних мереж користувачів до Internet;
* з'єднання АТС між собою безпровідними каналами зв'язку зі швидкістю до 11 Мбит/с;
* вирішення проблеми «останньої милі»;
* забезпечення мобільного безпровідного доступу до ресурсів Internet.

Зазначені недоліки безпровідних технологій визначаються тим, що на основі безпровідних мереж, що функціонують у діапазоні 2,4 Ггц, покладено технологію широкосмугового або шумоподобного сигналу (ШПС). Ця технологія вже успішно застосовується в цивільних радіомережах на протязі останніх років. У технології ШПС розроблено два методи використання широкої смуги частот – метод метод частотних стрибків (Frequency Hopping Spread Spectrum – FHSS) і прямої послідовності (Direct Sequence Spread Spectrum – DSSS). Ці обидва методи передбачають поділ усієї широкої смуги частот на *n* підканалов. При методі DSSS кожний біт інформації кодується у вигляді послідовності з *n* біт, а всі ці *n* біт передаються паралельно по всім *n* підканалам. При методі FHSS станція у кожний момент часу передає інформацію тільки по одному з *n* підканалов, регулярно перемикаючись на інший підканал. Перемикання відбуваються синхронно на приймачі і передавачі. Послідовність перемикань носить псевдовипадковий характер і заздалегідь відомий тільки цій парі «передавач-приймач». Це гарантує конфіденційність передачі. Кожний із цих методів має свої недоліки. Метод DSSS дозволяє досягати більшої пропускної здатності , але завдяки *n*-кратній надмірності, по-перше, дозволяє використати сигнал дуже низької потужності, а по-друге, забезпечує більшу стійкість до вузкосмугових завад, таким чином, практично не створюючи завад звичайним радіопристроям. Обладнення FHSS значно дешевше та простіше, а також має більшу стійкість до широкосмугових завад [1].

Для того щоб бездротові мережі працювали, необхідні спеціальні протоколи рівня керування доступом до середовища (MAC) через фундаментальні відмінності від кабельного середовища. А саме, відсутня повна зв'язність (тобто станції можуть бути сховані друг від друга), бездротова середа не захищена від зовнішніх сигналів, і її властивості по поширенню сигналів мінливі й асиметричні у часі. Є ряд міжнародних протоколів, рекомендацій стандартів і для забезпечення ефективного керування доступом до бездротового середовища, які специфікують MAC і фізичні рівні бездротових мереж, а саме ETSI Hiperlan, IEEE 802.11 і Bluetooth. Для того щоб організувати локальну і кімнатну мережу використовують IEEE 802.11, причому, при використанні необхідних параболічних антен і підсилювачів, його можливо використовувати як для для передачі інформації і відеозображень (GPRS і UMTS), так і міських і корпоративних мереж.

Особливо популярним серед розробників міських і локальних бездротових мереж є протокол IEEE 802.11, який у 1997 р. затверджений як міжнародний стандарт, завдяки своїм недолікам. Він дозволяє:

* впроваджувати його у апаратних і програмних продуктах для великих фірм (таких, як CISCO Aironet, Lucent Technologies, BreezeCom і ін.);
* використовувати його як у міських, так і в локальних мережах;
* використовувати обидва методи ШПС: як FHSS, так і DSSS.

Зараз в Україні і за кордоном посилено ведуться наукові дослідження, які спрямовані на вибір оптимальних параметрів протоколу IEEE 802.11 і підвищення ефективності бездротових радіомереж.

Нажаль малий радіус дії і невисока швидкість передавання інформації є найголовнішими недоліками цих бездротових технологій.

У зв'язку з цим на основі нових підходів з’являється необхідність пошуку рішення позначених задач. При цьому розробка більш досконалих методів, підвищення швидкості передачі інформації стає найбільш доцільним.

* 1. Аналіз систем безпровідного доступу

Із збільшенням кількості мобільних пристроїв потреба в безпровідному доступі до локальних мереж та до мережі Internet постійно зростає. Збільшення числа користувачів , які використовуюсь кишенькові комп'ютери (КПК або PDA) та ноутбуки, а також зростанням вимог користувачів по підключенню свого комп'ютера до мережі без підключення мережного проводу, вимагає розвиток безпровідних технологій високими темпами. Але на даному етапі розвитку їм властиві недоліки, зокрема невисокий рівень масштабування та ступінь безпеки, малий радіус дії, який не перевищує 100 метрів у зоні прямої видимості та 50 метрів при передачі інформації в будинках і інші. Розробляються стандарти широкосмужного безпровідного доступу, які забезпечать можливість високошвидкісного підключення на різноманітні відстані [4].

Системи абонентського радіодоступу розробляються на підставі наступних європейських стандартів:

* DECT ETS 300 175 – стандарт для розширеного варіанту безпровідних телефонних апаратів з можливістю передавати данні і надавати послуги ISDN (Integrated Services Digital Network) у діапазоні робочих частот 1,88÷1,99 ГГц;
* DCS-1800 – стандарт для цифрової сотової системи в діапазоні робочих частот 1710-1788 МГц та 1805-1880 МГц. Цей стандарт надає користувачам увесь ряд послуг як стаціонарним, так і рухливим абонентам з можливістю передачі цифрової інформації [4];
* СТ 2 1-ETS 300 131 – стандарт для безпровідних телефонних апаратів у діапазоні робочих частот 864,1-868,1 МГц;
* Також ці стандарти одержали розвиток IEEE 802.11 (діапазон 2,4-2,4835 ГГц та 5,15-5,35 ГГц), HIPERLAN (діапазон 5,15-5,25 ГГц),IEEE 802.16.

Таблиця 1.1 – Стандарти безпровідного доступу

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Стандарт | Використання | Продуктивність | Радіус дії | Частота |
| Ультра-  широко-  смуговий  доступ  (UWB) | 802.15.3 а | Персональні локальні мережі для ультроши-  рокополосного безпровідного доступу (WPAN) | Швидкість передачі даних 110-480 Мбіт/с | До 10 м | 7,5 ГГц |
| Bluetooth | 802.15. 1 | Персональні локальні мережі для ультроши-  рокополосного безпровідного доступу (WPAN) | До 720 Мбіт/с | До 10 м | 2,4 ГГц |
| Wi-Fi | 802.11а | WLAN | До 54 Мбіт/с | До 100 м | 5 ГГц |
| Wi-Fi | 802.11b | WLAN | До 11 Мбіт/с | До 100 м | 2,4 ГГц |
| Wi-Fi | 802.11g | WLAN | До 54 Мбіт/с | До 100 м | 2,4 ГГц |
| DECT | ETS 300 175 | WLAN | До 1,152 Мбіт/с | До 200 м | 1881,792 МГц-1897,344 МГц |

Продовження таблиці 1.1 – Стандарти безпроводного доступу

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| WiMAX | 802.16d | Фіксована безпровідна міська мережа | До 75 Мбит/с (20 МГц BW) | Звичайно 6-10 км | Нижче 11 ГГц |
| WiMAX | 802.16e | Портативні ресурси WMAN | До 30 Мбиіт/с  (10 МГц BW) | Звичайно 1.6-5 км | 2-6 ГГц |
| Edge | 2.5G | WWAN | До 384 Кбіт/с | Звичайно 1.6-8 км | 1900МГц |
| CDMA 2000/ 1xEV-DO | 3G | WWAN | До 2,4 Мбіт/с (звичайно 300-600 Кбит/с) | Звичайно 1.6-8 км | 400, 800, 900, 1700, 1800, 1900, 2100 Мгц |
| WCDMA/  UMTS | 3G | WWAN | До 2 Мбіт/с  (до 10 Мбіт/с) | Звичайно 1,6-8 км | 1800, 1900, 2100 МГц |

* 1. Постановка загальної задачі і часткових завдань дослідження

Головним завданням дипломної роботи є підвищення швидкості та якості передачі інформації між користувачами в безпровідній мережі.

Основною задачею є розробка методу оптимізації маршруту для передачі інформації у безпровідній мережі.

Для виконання основного завдання потрібно вирішити наступні задачі дослідження, а саме:

* для передачі інформації у безпровідній мережі, необхідно розробити метод оптимізації маршруту;
* провести аналіз методів для побудови безпровідних мереж;
* зробити алгоритм процесу оптимальної маршрутизації;
* Отже, у першу чергу необхідно обґрунтувати вибір стандарту 802.11g.

Висновки за розділом 1

На підставі аналізу концепції розвитку телекомунікаційних мереж в Україні визначено стан та розвитку безпровідних мереж, а також проведений аналіз безпровідного доступу, який дозволив зробити вибір стандарту ІЕЕЕ 802.11g, який дає змогу підвищити швидкість та якість передачі інформації за умови виконання його вимог.

На основі зробленого аналізу, була сформульована мета та поставлені завдання дипломного проекту.

1. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПРОЦЕСА ОПТИМАЛЬНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ

На даний момент безпровідні мережі ще не присутні повсюдно, але поширюються з великою швидкістю. Як тільки з'явилися нові високошвидкісні стандарти, величезні компанії розпочали дуже швидко розгортати безпровідні мережі для залучення працівників до своєї інформаційної системи. Великим стимулом до впровадження WLAN є й той факт, що кількість ноутбуків, які оснащуються безпровідними мережними адаптерами, зростає. У багатьох випадках ці ноутбуки оснащені адаптерами, які підтримують більше одного стандарту. Крім того, сфера використання безпровідних технологій постійно поширюється. Вже сьогодні вона включає у себе офісну техніку та мобільні пристрої. Безпровідними можливостями вже сканери наділені, принтери, кишенькові комп'ютери, таким чином, що користувач може синхронізувати дані, перевірити пошту й здійснювати на ходу доступ до мережі Internet.

Але нажаль, найголовнішим недоліком цих безпровідних технологій є малий радіус дії зв’язку і низька швидкість передачі інформації, що зараз стає найважливішим фактором для всіх нас.

Рішення, які є на сьогоднішній день в області маршрутизації дозволяють нам забезпечити стійке з'єднання, але питання підвищення швидкості передачі інформації залишаються актуальними.

У зв'язку з цим необхідно шукати рішення проблем на основі нових підходів. Необхідно розробити більш досконалий метод для підвищення швидкості передавання інформації.

Таким чином, потрібно розробити такий алгоритм маршрутизації для передачі інформації в безпровідній мережі, який дозволив би поліпшити надійність і якість зв'язку між користувачами мережі, в тому числі мобільними. Тим самим підвищиться швидкість передачі інформації або іншої інформації адресатові.

Для рішення завдання по розробці алгоритму маршрутизації позначено кілька критеріїв, зокрема стабільність і живучість, простота й низькі непродуктивні витрати, оптимальність.

*Живучість і стабільність*

Алгоритми маршрутизації мають правильно функціонувати у випадку непередбачених або неординарних обставин, таких як вихід з ладу апаратури, умови великого навантаження та некоректної реалізації.

*Простота й низькі непродуктивні витрати*

Алгоритми маршрутизації роблять таким чином , щоб вони були як можна більше простими. Він повинен з мінімальними витратами програмного забезпечення, ефективно забезпечувати свої функціональні можливості. Також, немало важлива ефективність у тому випадку, коли програма, яка реалізує алгоритм маршрутизації, має працювати в комп'ютері з невеликим технічним ресурсом.

*Оптимальність*

Оптимальність характеризується здатністю алгоритму маршрутизації обрати "найкращий" маршрут. Найкращий маршрут залежить від показників якості зв’язку та від "ваги" цих показників, які використовуються при проведенні розрахунку.

Таким чином, у першу чергу необхідно вибрати та обґрунтувати стандарти, які потрібно використовувати у безпровідній мережі передачі інформації.

* 1. Обґрунтування вибору стандарту 802.11g

Зробимо аналіз стандартів основи організації безпровідних мереж.

Новітні технології дають можливість одержати безпровідний доступ до персональних мережам PAN (Personal Area Network), локальних LAN (Local Area Network) та глобальних WAN (Wide-Area Network). Для безпровідного доступу до мереж розробляються пристрої безпровідного зв'язку на основі ряду стандартів і специфікацій (рис. 2.1) [5]:



Рисунок 2.1 – Класифікація безпровідних технологій.

Подивимось на недоліки та переваги деяких специфікацій і стандартів безпровідного зв'язку які використовуються для локальних мереж.

Європейським інститутом стандартів ведеться розробка стандартів HiperLAN в області зв'язку (European Telecommunications Standards Institute, ETSI), у рамках проекту мережі широкосмужного радіодоступу (Broadband Radio Access Network, BRAN). Ця программа охоплює чотири стандарти: HiperLAN1, HiperLAN2, HiperAccess для фіксованого використання поза будинком з метою забезпечення доступу до провідної інфраструктури та HiperLink для радіомагістралей усередині будинку.

HiperLAN представляє собою безпровідну технологію для локальних мереж наступного покоління із пропускною здатністю до 25 Мбіт/с.

Але зараз найбільше поширення отримали дві модифікації стандарту: HiperLAN1 і HiperLAN2 [5].

**Стандарт HiperLAN2** орієнтований на працю в діапазоні 5 ГГц та він здатен передавати данні зі швидкістю до 54 Мбіт/с. Стандарти HiperLAN2 та 802.11а використовують схожі методи модуляції сигналу на основі мультиплексування з ортогональним поділом частот (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM), але вони мають різні специфікації протоколів доступу до середовища МАС. Якщо для 802.11а він аналогічний Ethernet, то в HiperLAN2 дуже нагадує АТМ. Іншою відмінністю HiperLAN2 від 802.11а, яка дає йому перевагу над конкурентом, це підтримка трафіка мультимедіа та QoS. Стандарт 802.11а , в основному, орієнтований на передачу інформації. За інформацією ETSI розробка стандарту проводиться з урахуванням сумісності обладнання із системами 802.11а.

В **стандарті HiperLAN1** застосовують широковідомий у стільникових мережах GSM і CDPD метод гауссової маніпуляції (Gaussian Minimum Shift Keying – GMSK), який передає данні зі швидкістю до 20 Мбит/с.

На відміну від HiperLAN1, в HiperLAN2 використовують нову радіотехнологію OFDM, реалізація якої є досить серйозним технічним завданням. Зараз більшість безпровідних пристроїв для локальних мереж розраховано на роботу у безліцензійному діапазоні 2,4 ГГц, який має декілька обмежень. Ширина його діапазону становить усього 83 МГц. Він використовує технологію передачі інформації у розмитому спектрі, причому основним власникам ліцензії, своєю роботою, не повинні заважати користувачі безпровідних мереж [4].

Стандарти HiperLAN мають серйозну перевагу над IEEE 802.11а. Вони працюють на дозволених у Європі частотах. Продукти на базі IEEE 802.11а неможливо використати в Європі.

Дуже гарною рисою HiperLAN2 є велика швидкість, іноді помилково називають величину 54 Мбіт/с. Номінальна швидкість радіопередачі, дійсно, буде становити 54 Мбіт/c, але швидкість для додатків буде до 20 Мбіт/с. Інша характерна риса – підтримка QoS, що дуже важливо для додатків, таких, як мова та відео.

Архітектура HiperLAN2 може з’єднуватися з безліччю типів мереж, у тому числі Ehternet, IP, ATM. Функції захисту включають в себе шифрування й аутентифікацію. Також з’явилася нова функція автоматичного керування частотами, що значно поліпшує впровадження. Завдяки великій швидкості та QoS, HiperLAN відкриває можливість реалізації нового класу додатків, таких, як віщання відеосигналу на житлові будинки.

Розроблена консорціумом HomeRF Working Group (HRFWG) **технологія** **HomeRF** спрямована на побудову безпровідних мереж у малих офісах і приватних домоволодіннях. Для передачі трафіка використовується метод розширення спектра зі стрибкоподібною перебудовою частоти, пристрої HomeRF працюють у діапазоні 2,4 ГГц.

Специфіка сфери застосування орієнтована на підключення до безпровідної мережі різноманітних пристроїв – від безпровідних телефонів і засобів побутової електроніки до персональних комп'ютерів і периферії. Технологія розрахована на передачу різних типів трафіка – даних, потоків мультимедіа та голосу. Метод тимчасового поділу каналів TDMA (запозичений з мереж DECT) використовують, як метод доступу до середовища передачі при транспортуванні голосу, а при транспортуванні трафіка даних використовуюсь метод множинного доступу із запобіганням колізій CSMA/CA.

**Bluetooth** – це система передачі інформації, яка використовує радіодоступ на невелику дистанцію, що дає можливість здійснювати зв'язок безпровідних апаратів, комп'ютерів і периферії навіть у випадках, коли порушується вимога LoS (Line of Sight – пряма видимість).

Система Bluetooth икористовує пакетний спосіб передачі інформації з тимчасовим мультиплексуванням. Радіообмін пакетами відбувається з частотою 2400-2483,5 МГц. В радіотракті застосований метод розширення спектра за допомогою частотних стрибків і дворівнева частотна модуляція з фільтром Гаусса (binary Gaussian Frequency Shift Keying) [4]. Метод частотних стрибків має на увазі те, що вся відведена смуга частот для передачі підрозділяється на деяку кількість підканалів, кожен з ціх підканалів має ширину 1 МГц. Канал представляє собою псевдовипадкову послідовність стрибків по 79 або 23 радіочастотним підканалам. Стрибки відбуваються синхронно в приймачі й передавачі у зафіксованій псевдовипадковій послідовності. За одну одну секунду може відбуватися до 1600 частотних стрибків. Схема або шаблон стрибків визначається спеціальним алгоритмом. Головний пристрій каже своїм партнерам, який шаблон він буде використовувати для передачі інформації: інші пристрої тоді дізнаються, як налагодити свої приймачі для отримання необхідної інформації. Саме цей метод забезпечує деяку завадозахищеність та конфіденційність передач. Завадозахищеність забезпечується, якщо на якому-небудь підканалі переданий пакет не був прийнятий, то приймач сповіщає про те, що пакет не був прийнятий і передача пакета повторюється на одному із наступних підканалів, вже на іншій частоті. В залежить від їхньої довжини, пакети можуть займати до п'яти тимчасових сегментів. Але частота каналу не змінюється доки не закінчиться передача пакета [4].

Стандарт 802.16 розроблений інститутом інженерів по електроніці (IEEE) та електротехніці, представляє собою технологію широкосмужного зв'язку, яка розрахована на впровадження в міських безпровідних мережах. Цей стандарт працює на безпровідному підключенні до Інтернет через публічні точки доступу стандарту 802.11.

Технічні характеристики стандарту 802.16а, обладнання якого працює в діапазоні від 10 до 66 ГГц, є розширеним варіантом з трошки зміненими технічними характеристиками стандарту IEEE 802.16. Широкий діапазон частот, який передбачено стандартом 802.16, дозволяє розгортати канали передачі інформації з високою пропускною здатністю з використанням передавачів, які встановлено на щоглах мереж стільникового зв'язку та висотних будинків. Передавальне й приймаюче обладнання, яке працює за цим стандартом, має бути тільки в зоні прямої видимості.

Технічні характеристики стандарту 802.16а:

* частотний діапазон: 2...11 ГГц;
* дальність дії: до 50 км;
* спектральна ефективність: до 5 біт/с/Гц;
* покриття: розширені можливості роботи поза прямою видимістю дозволяють поліпшити якість покриття зони обслуговування;
* якість обслуговування контролюють на рівні керування доступом до середовища, що дозволяє використати диференційовані рівні обслуговування [4];
* максимальна швидкість передачі інформації на сектор: до 70 Мбіт/с на сектор однієї базової станції. Типова базова станція має до 6 секторів.

Після проведений аналізу систем безпровідного доступу можна зупинитися на стандарті ІЕЕЕ 802.11. Виконання вимог якого дає нам змогу щодо найбільш якісної та швидкої передачі інформації.

Отже необхідно зробити аналіз специфікацій сімейства стандартів 802.11.

**Стандарт 802.11** перший стандарт сімейства 802.11, тому огляд протоколів сімейства доцільно розпочати саме із протоколу 802.11, який являється основою всіх інших протоколів.

Стандарт IEEE 802.11 – «Специфікація фізичного рівня й рівня контролю доступу до каналу передачі безпровідних локальних мереж» (Wireless LAN Medium Access Control and Physical Layer Specification). Він визначає архітектуру мережі та вимоги до функцій пристроїв, способи аутентифікації та захисту даних, формат пакетів передачі, принципи доступу пристроїв до каналів зв'язку. Як і всі стандарти IEEE 802, 802.11 працює на нижніх двох рівнях моделі ISO (Open System Interconnect) – керування логічним зв’язком та фізичному рівні (Physical Layer PHY), тобто верхній подуровень LLC (Logical Link Control) та нижній подуровень – керування доступом до середовища передачі інформації MAC (Media Access Control) (рис. 2.2)

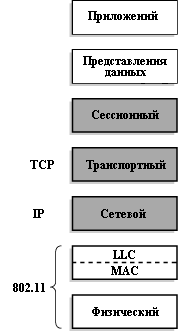


Рисунок 2.2 – Рівні моделі ISO та їх відповідність стандарту 802.11.

Спочатку цей стандарт було заплановано як інваріантний стосовно якого-небудь частотного діапазону. Він визначає на фізичному рівні три способи роботи: оптичний та два радіочастотних. Імпульсно-позиційну модуляцію передбачено в інфрачервоному діапазоні. Радіочастотні методи звичайно використають смугу 83 МГц від 2,400 ГГц до 2,483 ГГц і працюють в ISM у діапазоні 2,4 МГц. Технології широкополосного сигналу, які використовуються в радіочастотних методах, збільшують пропускну здатність, надійність, дають можливість багатьом непов'язаним один з одним пристроям поділяти одну смугу частот з мінімальними завадами один  
одному [4].

У стандарті 802.11 передбачено тільки два швидкісних режими: 1 та 2 Мбіт/с. Щоб закодувати дані на фізичному рівні використовують метод DSSS з 11-ти бітною послідовністю коду Баркера. Інформаційна швидкість 1 Мбіт/с є необхідною в стандарті IEEE 802.11 (Basic Access Rate). Але максимально можлива і швидкість в 2 Мбіт/с (Enhanced Access Rate). Щоб передавати дані на такій швидкості використовують технологію DSSS з 11-ти бітною послідовністю Баркера.

Заголовки фізичного рівня можуть передавати лише зі швидкістю 1 Мбіт/с, у той час як передавати дані можуть зі швидкостями 1 і 2 Мбіт/с.

**Протокол IEEE 802.11b** це розширення базового протоколу 802.11. Він працює в діапазоні 2,4 ГГц, з розширеним діапазоном швидкостей до 5,5 та 11 Мбіт/С (крім швидкостей 1 та 2 Мбіт/с (див. табл. 2.1)). На фізичному рівні працює тільки з одним методом передачі – DSSS, тому що метод частотних стрибків завдяки обмеженням FCC не може підтримувати більш високі швидкості. У стандарті визначено 14 суміжних діапазонів частот (каналів), які використовуються для одночасної роботи декількох передавачів які розташовані поряд один з одним.

Для роботи зі швидкістю 1 та 2 Мбіт/с передвачають технологію розширення спектра із застосуванням кодів Баркера, а для швидкостей 5,5 та 11 Мбіт/с використовують так звані комплементарні коди (Complementary Code Keying, CCK).

Таблиця 2.1 – Швидкість передачі даних у стандарті 802.11b

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Стандарт передачі** | **Швидкість передачі даних** | **Вид модуляції** |
| IEEE 802.11b | 1 Мбіт/с | DBPSK |
| IEEE 802.11b | 2 Мбіт/с | DQPSK |
| IEEE 802.11b | 5,5 Мбіт/с | CCK |
| IEEE 802.11b | 11 Мбіт/с | CCK |

**Протокол 802.11b+** офіційно не існує. Однак це розширення отримало підтримку багатьох виробників безпровідних пристроїв. У протоколі 802.11b+ була введена ще одна швидкість передачі даних – 22 Мбіт/с з використанням технології двійкового пакетного сверточного кодування РВСС (Packet Binary Convolutional Coding).

**Протокол IEEE 802.11а** використовує смугу 5 ГГц. У цьому протоколі використовується не розширений спектр, а OFDM. В IEEE 802.11а усі пакети передаються завдяки 52 ортогональних несучих. Ширина одного каналу – 20 МГц. Шириною смуги порядку 300 кГц (20 МГц/64). Несучі моделюють за допомогою BPSK, QPSK та 16- та 64-позиційної квадратурної амплітудної модуляції (QAM). У сукупності з різними швидкостями кодування r (1/2 та 3/4, для 64-QAM – 2/3 та 3/4) утворюють набір швидкостей передачі 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 та 54 Мбіт/с.

Порівняльні випробування показали, що в однакових умовах пристрої IEEE 802.11а перевершують обладнання стандарту IEEE 802.11b (рис. 2.3) по швидкості обміну. Тому що, діапазон 2,4 ГГц перевантажений різними системами.

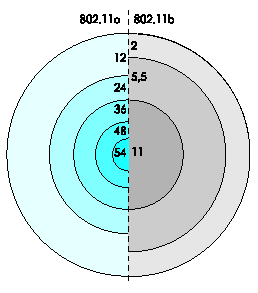


Рисунок 2.3 – Співвідношення швидкостей передачі стандартів  
802.11а та 802.11b

Але у цьому стандарті не передбачено ні автоматичного регулювання потужності, ні динамічного вибору частоти. Тому відповідні додатки застосовуються винятково в закритих приміщеннях з частотним діапазоном від 5150 до 5250 МГц з максимальною потужністю передачі до 30 мВт. На практиці це означає обмеження бездротової передачі у межах однієї кімнати. Це пов'язано з тим, що енергія сигналів цього спектру поглинається стінами будинку та інших перешкод [4]. З цього зрозуміло, що втрати при поширенні сигналів у цьому діапазоні на порядок вище. Таким чином, для покриття мережі буде потрібно більше точок доступу, чим для мережі на базі стандарту 802.11b (рис. 2.4).

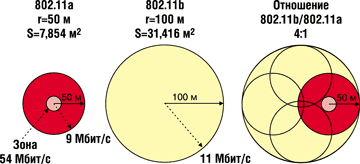


Рисунок 2.4 – Порівняння зон обслуговування 802.11b та 802.11а

**Стандарт IEEE 802.11g** є апгрейдом стандарту 802.1lb/b+ та робить передачу даних у такому ж частотному діапазоні, але з більшою швидкістю. Крім того, стандарт 802.11g сумісний з стандартом 802.11b. У протоколі 802.11g інформація передається на швидкостях 1, 2, 5,5, 6, 9, 11, 12, 18, 22, 24, 33, 36, 48 та 54 Мбіт/с. До того ж, та сама швидкість може використовуватись при різній технології кодування. У стандарті 802.11g як головні технології застосовують методи ортогонального частотного поділу ССК та OFDM, а опціонально передбачене використання технології РВСС. Специфікація 802.11g по суті являє собою перенесення схеми модуляції OFDM з 5 ГГц – діапазону до області 2,4 ГГц. Це можливо, тому, що в стандартах IEEE 802.11 ширина одного каналу в діапазоні 2,4 та 5 ГГц схожа – 22 МГц за рівнем -20 дБ та -30 дБ відповідно. Але, за рівнем -28 дБ маска каналу 802.11а що може створити проблеми, бо допускає спектральну смугу шириною 40 МГц.

Таблиця 2.2 – Швидкість передачі даних у стандарті 802.11g

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Стандарт передачі** | **Швидкість передачі даних** | **Вид модуляції** |
| IEEE 802.11g (обов'язковий) | 5.5/11 Мбіт/с | CCK |
| IEEE 802.11g (обов'язковий) | До 54 Мбіт/с | OFDM |
| IEEE 802.11g (опціональний) | До 33 Мбіт/с | РВСС |
| IEEE 802.11g (опціональний) | До 54 Мбіт/с | CCK-OFDM |

У таблиці 2.3 наведено основні характеристики стандартів, які у цей час отримали найбільш широке поширення.

Таблиця 2.3 – Основні характеристики стандартів сімейства IEEE 802.11

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Характеристики** | Специфікації | | | |
| IEEE 802.11 | IEEE 802.11b | IEEE 802.11g | IEEE 802.11a |
| Діапазон частот, ГГц | 2,4-2,4835 | 2,4-2,4835 | 2,4-2,4835 | 5,15-5,25,  5,25-5,35, 5,725-5,825 |
| Метод доступу | DSSS | DSSS | PBCC CCK/OFDM | OFDM |
| Смуга частот, МГц | 83 | 83 | 83 | 300 |
| Число каналів | 3 не перекриваються | 3 не перекриваються | 3 не перекриваються | 12 не перекриваються |
| Швидкість передачі даних, Мбіт/с | 2 | 11 | До 54 | До54 |
| Обов'язковим є підтримка швидкостей, Мбіт/с | 1; 2 | 1; 2; 5,5; 11 | 1; 2;5,5; 6; 11; 12 і 24  (опціональні: 33; 36; 48 і 54) | 6; 12 і 24  (опціональні: 9; 18; 36; 48 і 54) |
| Дальність, м | 100 | 100 | 100 | 50 |

Інші специфікації визначають:

* 802.11с – таблиці маршрутизації для безпровідних "мостів";
* 802.11d – міжнародний роумінг у безпровідних мережах;
* 802.11е – технологія QoS (Quality of Service) у застосуванні до безпровідних мереж;
* 802.11f – протоколи для обміну даними між точками доступу (базовими станціями);
* 802.11h – додаткові вимоги, що ставляться до європейського регіону;
* 802.11i – поліпшені в порівнянні з базовими стандартами технології захисти даних.

Стандарти 802.11а, 802.11b і 802.11g ставлять до фізичного рівня передачі. А стандарти 802.11d, 802.11е, 802.11i і 802.11h – до вище розташованого МАС-рівня. Два стандарти, які залишилися, відносять до більш високих рівнів (модель OSI).

Розширюючи географію популяризації мереж стандарту 802.11, IEEE розробляє універсальні вимоги до фізичного рівня 802.11 (додаткові параметри для MIB, псевдовипадкові послідовності частот, процедури формування каналів та інші). Відповідний стандарт 802.11d поки перебуває у стані розробки [4].

**У Специфікації 802.11e** пакети, які відносять до критичних потоків даних, маркірують спеціальними мітками пріоритету. Максимальний пріоритет мають пакети потоків передачі голосу, бо вони найбільш критичні до затримки та смуги передачі. На другому місці стоять потоки для передачі відеоінформації. Їм виділяється необхідна смуга при її наявності. Для передачі інформації пакети використовують ресурси, що залишилися. Для реалізації сервісу QoS у провідних мережах застосовується протокол RSVP. Однак у данному випадку розробники не користуються цим протоколом, через те, що дуже багато існуючих додатків які не використовують цей протокол, тому індустрія поступово відмовляється від нього. Microsoft Windows XP цей протокол також не підтримує. Але специфікація припускає, що коли дані протоколу RSVP доступні, то бездротові пристрої мають ними користуватися, при цьому вони повинні передавати відповідну інформацію на МАС-рівень.

Стандарт 802.11е сфокусовано на забезпеченні двох моментів. По-перше, це у корпоративних мережах забезпечити сумісність з вже існуючими сервісами резервування ресурсів (визначення пріоритетів). Та по-друге, можливість передачі відео та аудіо інформації для пристроїв призначених для побуту (один поток формату HDTV MPEG-2 або як мінімум три одночасних канали передачі зображення формату DVD МPEG-2 для мереж 802.11а).

**Специфікація 802.11f** являє собою протокол для обміну службовою інформацією між точками доступу (Inter-Access Point Protocol, IAPP), що необхідно для побудови розподілених безпровідних мереж передачі інформації. Однак коли ці специфікації будуть затверджені поки не визначено.

Стандартизація засобів інформаційної безпеки для безпровідних мереж 802.11 від самого початку було віднесено до кола питань робочої групи IEEE 802.11e. Але надалі ця проблема була віднесена до самостійного підрозділу.

Розроблений **стандарт 802.1X** має збільшити можливості протоколу 802.11 MAC, передбачивши засоби шифрування переданих даних, а також робочих станцій та централізованої аутентифіикації користувачів. Завдяки цьому масштаби безпровідних локальних мереж можна буде нарощувати, від сотень до тисяч робочих станцій.

В основі стандарту 802.1х лежить протокол аутентифікації Extensible Authentication Protocol (EAP). Сама у протоколі аутентифікації припускається участь трьох сторін – що викликає (клієнта), викликуваної (точки доступу) та серверу аутентифікації (як правило, сервера RADIUS). У той же час , зважаючи на все, новий стандарт на розсуд виробників залишить реалізацію алгоритмів керування ключами.

Засоби для захисту даних також мають знайти використання не тільки в безпровідних, але й в інших локальних мережах – Ethernet та Token Ring. Саме тому майбутній стандарт одержав номер IEЕЕ 802.1х

Проект **IEEE 802.11n** розробляють за технологією MIMO-OFDM. Це нам каже по те, що застосовано модуляцію за допомогою ортогональних несучих (як у стандарті IEEE 802.11а та g). Але при цьому реалізовано і принцип MIMO (Multiple input, Multiple output – множинний ввід/вивід), який припускає, що передавач і приймач використовують одночасно декілька антенних каналів для сумісного зв'язку (точка-точка).

Стандарт 802.11n призначено, безпосередньо, для розширення діапазону швидкостей передачі інформації – до 100 Мбіт/с, у відмінності від 54-мегбітних а та g. Новий стандарт зрівнює безпровідні та провідні системи, що дасть можливість корпоративним клієнтам користуватись безпровідною мережею там, де це було неможливо через обмежену швидкість.

Визначення характеристик швидкості для стандарту "n" буде більш вожким, ніж в "g" або "b". Воно ґрунтується на фактичній швидкості передачі потоків та файлів, а не на розмірі трафіка низького рівня, який обладнано купою службових заголовків. Підвищення швидкості можна досягти завдяки використання більш оптимального частотного діапазону, аналогових радіочипів, які виконані за поліпшеною CMOS-технологією та інтеграцією WLAN-адаптера в один чип.

У розробці стандарту 802.11n рекомендують, використовувати вже впроваджені технології і додати до них нові розробки, які дозволяють досягти великої швидкості передачі інформації. Наприклад, у 802.11n рекомендують використати такі технології, як QAM (квадратурна амплітудна модуляція) та OFDM (ортогональне частотне мультиплексування). Даний підхід забезпечить сумісність та знизить вартість розробки.

Перший засіб підвищення швидкості безпровідної передачі інформації використовує декілька антен для приймача та передавача (рис. 2.5). Технологію називають множинним виводом/вводом МIМО (multiple output multiple input). При використання цієї технології паралельно передаються багато сигналів, тим самим збільшуючи сумарну пропускну здатність.

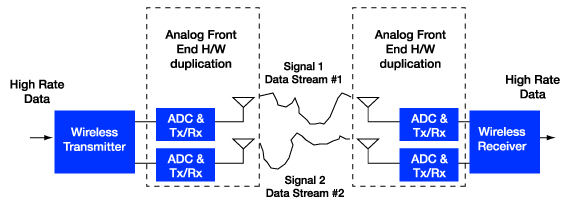


Рисунок 2.5 – Найпростіша система MIMO з двома антенними ланцюгами

Технологія використовує мультиплексування Spatial Division Multiplexing (SDM). Це означає те, що сигнал передається на декількох різних частотах. Після прийому сигнал перетворюється на швидкісний потік даних. Для того щоб реалізувати MIMO необхідно, щоб для кожного потоку даних використовувалися свої антени передачі/прийому, ланцюги АЦП та RF. Але якщо використовувати більше двох антенних ланцюгів RF може значно збільшитися вартості пристрою.

Якщо у данній технології збільшити частотні діапазони каналів c 20 МГц до 40 МГц, це може підвищити швидкість безпровідного зв'язку(рис. 2.6). З теореми Шеннона виходить [3], що теоретична межа пропускної здатності "S" підвищується при збільшенні частотного діапазону "C":

 (1.1)

де SNR – відношення рівня корисного сигналу до рівня шуму.

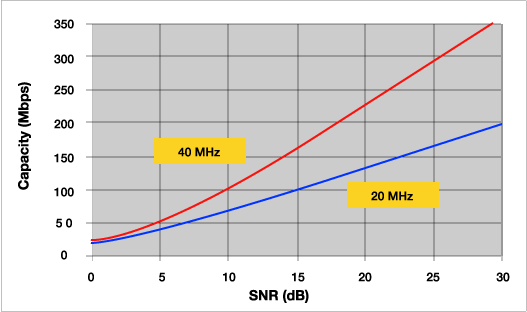


Рисунок 2.6 – Розширення частотного діапазону приводить до збільшення пропускної здатності

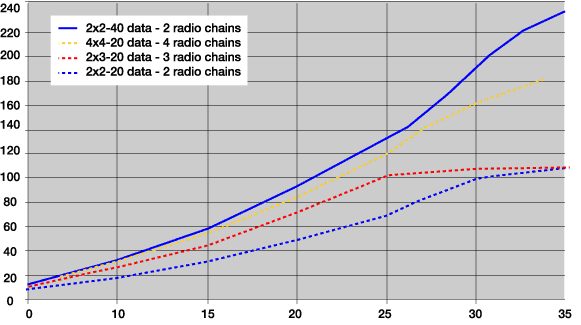


Рисунок 2.7 – Залежність теоретичної пропускної здатності від SNR, числа каналів і діапазонів

Реалізація 2x3-20 має кращий показник S, чим 2x2-20. За умов однакової швидкості, це призведе до збільшення радіуса дії мережі. Вище наданий графік графік показує нам, що використання двох потоків МIМО 20 МГц не дозволяє нам досягти 100 Мбіт/с реальної швидкості. Щоб досягти такої швидкості необхідно використати три потоки MIMO. Збільшення смуги частот разом з технологією МIМ0 дає можливість досягти необхідних 100 Мбііт/с.

Збільшити швидкість передачу передачі інформації можна зробити не тільки за рахунок змін на фізичному рівні. Одна з головних особливостей 802.11n – можливість об'єднати (агрегування) декілька МАС-пакетів (MPDU) до одного пакету фізичного рівня PSDU (A-MPDU) (рис. 2.8). Тільки одна адреса одержувача може бути у об'єднаного пакета. При цьому скорочується питомий обсяг службової інформації (заголовки, преамбули пакетів фізичного рівня), оскільки підвищується швидкість передачі інформації.

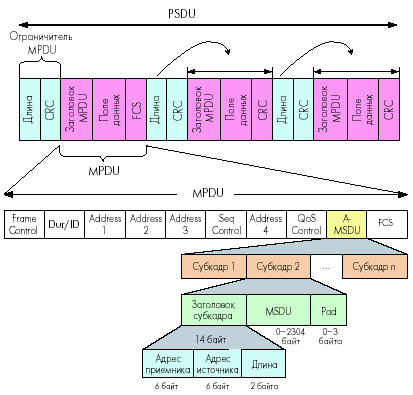


Рисунок 2.8 – Інтегровані заголовки МАС-уровня стандарту   
IEEE 802.11n

Після проведення порівняльного аналізу систем безпровідного доступу виявлено їх основні технічні характеристики, які наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Основні характеристики впроваджених стандартів 802.11x, Bluetooth, HomeRF та HiperLAN2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристики | 802.11 | 802.11b | 802.11g | 802.11a | Bluetooth | HomeRF | HiperLAN2 |
| Діапазон частот, ГГц | 2,4-2,4835 | 2,4-2,4835 | 2,4-2,4835 | 5,15-5,25  5,25-5,35  5,725-5,825 | 2,4-2,4835 | 2,4-2,4835 | 5,15-5,35  5,470-5,725 |
| Метод доступу на фізичному рівні | DSSS, FHSS | DSSS | PBCC, CCK/OFDM | OFDM | FHSS | WBFH | OFDM |
| Метод доступу на МАС-рівень | CSMA/CA | CSMA/CA | CSMA/CA | CSMA/CA | TDMA | CSMA/CA | TDMA |
| Доступна смуга частот, МГц | 83 | 83 | 83 | 300 | 83 | 83 | 455 |
| Швидкості передачі, Мбіт/с | 1, 2 | 5,5; 11 | 33 (PBCC)  54 (OFDM) | 54 | 0,721 (V1.1)  10,0  (V 2.0) | 1,6 (1.0)  до 20 (2.0)) | 54 |
| Дальність дії, м | 100 | 100 | 100 | 50 | 10 | 50 | 150 |

Продовження таблиці 2.4

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вихідна потужність термінала, мВт | 10-100 | 10-100 | 10-100 | 50 – нижній  250 – середній 1000 – верхній | 1 (кл. 3)  2,5 (кл. 2)  100 (кл. 1) | 100 | 200 (1)  1000 (2) |

Отже, можна зробити висновок, що існуючий стандарт ІЕЕЕ 802.11g має переваги перед іншими стандартами завдяки тому, що стандарт ІЕЕЕ 802.11g має можливість забезпечити дальність дії до 100 м та невелику вихідну потужність терміналу – до 100 мВт.

На підставі проведеного аналізу стандартів безпровідного доступу підхід до розробки алгоритму процеса оптимальної маршрутизації можна вважати доцільним. Тому необхідно провести класифікацію алгоритмів і аналіз маршрутизації.

* 1. Класифікація алгоритмів маршрутизації

Під алгоритмом маршрутизації мається на увазі, що в кожному вузлі мережі передачі інформації виконується вибір лінії зв'язку для передачі блоку даних (пакета або повідомлення).

В маршрутизатора, який реалізований відповідно до протоколів маршрутизації, основними формами є:

* передача пакетів по оптимальних шляхах, обраним з таблиці маршрутизації на основі адрес одержувачів;
* визначення найліпших маршрутів до можливих пунктів призначення й збереження отриманої інформації в таблиці маршрутизації.

Сучасні протоколи маршрутизації передбачають підтримку їх віртуального стану на основі взаємодії маршрутизаторів один з одним й автоматичне формування таблиць маршрутизації. На кожному маршрутизаторі функції визначають програми прослуховування й опитування, за допомогою цих програм він обмінюється інформацією з іншими маршрутизаторами. Отримана інформація використається для відновлення й побудови таблиці маршрутизації [3].

Таблиця маршрутизації включає в себе перелік оптимальних шляхів, які використовував маршрутизатор при передачі пакетів у цей момент часу.

Кожний рядок показує, що випливає на передачу інформації:

* адреса наступного маршрутизатора, пересилання до якого відповідає оптимальному шляху до пункту призначення;
* інформацію про спосіб передачі, наприклад, номер вихідного порту;
* мережна адреса одержувача;
* характеристику шляху, наприклад, завантаженість каналу зв'язку й оцінку часу, коли ця характеристика була визначена.

В одному рядку таблиці можуть зберігатися дані про кілька можливих наступних транзитних маршрутизаторів, що задають різні критерії оптимальності шляху.

Визначення оптимальності шляхів при відновленні й формуванні таблиці маршрутизації може проводитися відповідно до таких критеріїв або їх комбінацій, як:

* прогнозований сумарний час пересилання;
* пропускна здатність каналу зв'язку;
* довжина маршруту, що обмежена кількістю маршрутизаторів, через яке необхідно пройти до пункту призначення;
* завантаженість каналу зв'язку.

Якщо є таблиці маршрутизації, функцію передачі пакетів по оптимальних шляхах маршрутизатор зробить досить просто [3]. Для відправлення пакета через маршрутизатор, вузол локальної мережі розміщає в заголовоку пакета на канальному рівні – MAC-адресу маршрутизатора, а на мережному рівні модуля OSI адресу дійсного одержувача. Після прийому чергового пакета маршрутизатор проводить наступні дії:

* зчитує із заголовка пакета, що відповідає мережному рівню моделі OSI, адреса призначення, тобто мережна адреса одержувача;
* заміняє в заголовку пакета, що відповідає канальному рівню моделі OSI, свій Мас-адрес на Мас-адрес обраного транзитного маршрутизатора;
* по таблиці маршрутизації визначається адреса наступного транзитного маршрутизатора, пересилання до якого відповідає оптимальному шляху до пункту призначення;
* фізична адреса (Мас-адрес) його одержувача змінюється під час пересування пакета по мережі, але логічна адреса (відповідає мережному рівню моделі OSI) пункту призначення залишається без змін;
* відсилає пакет транзитному маршрутизатору.

Ознаки класифікації алгоритмів маршрутизації зазвичай збігаються один з одним. Найбільш важливими ознаками є:

* спосіб організації маршрутів;
* ступінь динамічності, що відбиває наявність або відсутність гнучкості й збіжності;
* галузь впливу;
* спосіб одержання маршрутної інформації;
* кількість одночасно підтримуваних маршрутів до одного пункту призначення.

Алгоритми маршрутизації можуть бути класифіковані [3] по наступних  
типах (рис. 2.9):

* алгоритми стану каналу або вектора відстаней;
* багатомаршрутні або одномаршрутні;
* з інтелектом в роутері або у головній обчислювальній машині;
* ієрархічні або однорівневі алгоритми;
* динамічні або статичні;
* міждоменні або внутрішньодоменні алгоритми.

*Алгоритми вектора відстані або стану каналу*

Потоки маршрутної інформації направляються алгоритмами стану каналу (відомі також як алгоритми "першочерговості найкоротшого маршруту") в усі вузли об'єднаної мережі. Однак кожний роутер посилає тільки ту частину маршрутної таблиці, що описує стан його власних каналів. Алгоритми вектора відстані (відомі також як алгоритми Бэлмана-Форда) ждуть від кожного роутера надісланої всієї або частини своєї маршрутної таблиці, але тільки своїм сусідам. Алгоритми стану каналів фактично направляють невеликі коректування в усіх напрямках, в той час як алгоритми вектора відстаней відсилають великі коректування тільки сусіднім роутерам.

Відрізняючись більше швидкою збіжністю, алгоритми стану каналів трохи менше схильні до утворення петель маршрутизації, чим алгоритми вектора відстані. З іншого боку, алгоритми стану каналу характеризуються більш складними розрахунками в порівнянні з алгоритмами вектора відстаней, вимагаючи процесорної потужності й пам'яті, чим алгоритми вектора відстаней. Із за цього, підтримка й реалізація алгоритмів стану каналу може бути більше доржче. При різних обставинах обидва типи алгоритмів добре функціонують, незважаючи на їх розходження.

*Багатомаршрутні або одномаршрутні алгоритми*

За кількістю одночасно підтримуваних маршрутів до одного пункту призначення алгоритми маршрутизації можуть бути багатомаршрутними або одномаршрутними.

Деякілька складних протоколів маршрутизації забезпечують багато маршрутів аж до пункту призначення. Такі багатомаршрутні алгоритми дають нам можливість робити мультіплексную передачу трафіка по багатьох лініях, у той час, коли одномаршрутні алгоритми не можуть зробити цього. Недоліки одномаршрутних алгоритмів полягають у неможливості забезпечення значно більшої надійності і пропускної здатності.

*Алгоритми з інтелектом в роутері або у головній обчислювальній машині*

Деякі алгоритми маршрутизації припускають, що весь маршрут визначає кінцевий вузол джерела. Звичайно це називають маршрутизацією від джерела. У системах маршрутизації від джерела маршрутизатори працюють як обладнання пересилання й зберігання пакета, відсилаючи його до наступної зупинки [3].

Інші алгоритми припускають, що про маршрути головні обчислювальні машини нічого не знають. Коли використовують ці алгоритми маршрутизатори визначають маршрут через загальну мережу, ґрунтуючись на власних розрахунках. У системі, яку ми розглянули вище, інтелект маршрутизації знаходиться у головній обчислювальній машині. В системі, яку ми розглянули в другому випадку, інтелектом маршрутизації обладнані маршрутизатори.

Компроміс між маршрутизацією з інтелектом у маршрутизаторі і маршрутизацією з інтелектом у головній обчислювальній машині можна досягти шляхом зіставлення оптимальності маршруту з непродуктивними витратами трафіка. Системи з інтелектом у головній обчислювальній машині найчастіше обирають найкращі маршрути, бо перш ніж пакет буде відіслано, вони знайдуть усі можливі маршрути до пункту призначення. Після цього вони обирають найкращий маршрут, базуючись на визначенні оптимальності даної конкретної системи. Але факт визначення всіх маршрутів найчастіше вимагає великого обсягу часу і значного трафіка пошуку [3].

*Ієрархічні або однорівневі алгоритми*

За способом організації маршрутів відрізняють алгоритми ієрархічної та однорівневої організації.

Бувають алгоритми маршрутизації які оперують у плоскому просторі, у той час коли інші використовують ієрархії маршрутизації. Всі роутери в однорівневій системі маршрутизації рівні по відношенню один до одного. Деякі роутери в ієрархічній системі маршрутизації формують те, що становить основу (backbone - базу) маршрутизації. До базових роутерів переміщають пакети з небазових роутерів і через них пропускаються доти, поки не досягнуть пункту призначення. Потім вони переміщаються від останнього базового роутера через один або декілько небазових роутерів до останнього пункту призначення [3].

Системи маршрутизації найчастіше складаються з логічних груп вузлів, які називають автономними системами (AS) чи областями, або доменами. В ієрархічних системах деякі роутери будь-якого домена можуть сповіщатися з роутерами з іншими доменами, у той час коли інші роутери цього домена можуть підтримувати зв'язок з роутерами тільки в межах свого домена. Додаткові ієрархічні рівні можуть існувати у дуже великих мережах. База маршрутизації утворюється завдяки роутера найвищого ієрархічного рівня.

Основною перевагою ієрархічної маршрутизації в тому, що вона імітує

організацію більшості компаній, це означає, що вона дуже добре підтримує їх схеми трафіка. У великої частини мережного зв'язку є місце в межах груп невеликих компаній (доменів). Внутрішньодоменним роутерам необхідно не тільки знати про існування інших роутерах у межах свого домена, тому що їх алгоритми маршрутизації можуть бути спрощеними. Із за цього може бути зменшений і трафік відновлення маршрутизації, який залежний від алгоритму маршрутизації.

*Статичні або динамічні алгоритми*

Динамічні алгоритми маршрутизації змінюються в реальному часі одночасно із змінами у таблиці характеристик мережі. Це виконується шляхом аналізу повідомлень про відновлення маршрутизації. Якщо в повідомленні вказано, що сталася зміна мережі, програми маршрутизації одразу перераховують маршрути й посилають нові повідомлення в яких вказано що потрібно зробити коректування маршрутизації. Такі повідомлення проходять по всій мережі, стимулюючи маршрутизатори оновити свої алгоритми і відповідним чином змінити таблиці маршрутизації. Динамічні алгоритми маршрутизації мають доповнювати статичні маршрути там, де це має сенс.

Статичні алгоритми маршрутизації мають розподіл статичних таблиць маршрутизаці, цей розподіл встановлює адміністратор мережі ще до початку маршрутизації. Алгоритми, які використовують статичні маршрути, може змінювати лише адміністратор мережі. Вони дуже прості для розробки й гарно працюють в оточеннях, де трафік мережі передбачуваний, а схема мережі проста. Статичні системи маршрутизації не можуть ніяк реагувати на зміни в мережі, тому вони вважаються непридатними для сучасних великих мереж. Більша кількість домінуючих алгоритмів маршрутизації – динамічні.

*Внутрішньодоменні або міждоменні алгоритми*

За впливом на область алгоритмів маршрутизації можуть бути міждоменними або внутрішньодоменними.

Вони діють або одночасно у межах доменів і між ними, або тільки в межах доменів. Зрозуміло, що оптимальний алгоритм внутрішньодоменної маршрутизації не буде оптимальним алгоритмом междоменної маршрутизації.



Рисунок 2.9 – Класифікація алгоритмів маршрутизації

* 1. Вимоги до алгоритму маршрутизації

Проаналізувавши класифікацію алгоритмів маршрутизації й позначивши поставлені цілі розробки, потрібно позначити вимоги до розроблюваного алгоритму.

Алгоритми комутації, які задають необхідний порядок транспортування пакетів через мережу коли відомі оптимальні маршрути, є досить простими. Складними й дуже важливими вважаються алгоритми маршрутизації, які й становлять основу протоколів маршрутизації.

До даних алгоритмів пред'являють наступні функціональні вимоги:

* по збіжності – здатності швидкої досягти угоди між маршрутизаторами мережі по оптимальним маршрутам;
* по гнучкості – здатність точно й швидко адаптуватися до умов функціонування й змін структури мережі;
* по оптимізації певних маршрутів – здатність визначити найкращий маршрут залежно від заданих показників і їх вагових коефіцієнтів.

Показник оптимальності маршруту в протоколах маршрутизації часто називають метрикою. Оптимальним шляхом вважається найкоротший шлях. При цьому міра довжини шляху задається певною формулою, у якості змінних, які можуть виступати будь-які характеристики маршруту, наприклад, сумарний час пересилання і загальне число транзитних маршрутизаторів.

Алгоритми маршрутизації мають бути гнучкі й взаємозалежні один від одного. Коли в мережі відбуваються зміни, які впливають на вибір оптимального маршруту, наприклад, введення нового каналу зв'язку або перевантаження якоїсь ділянки мережі, які взнали першими про зміни, маршрутизатори мають переробити свої оптимальні маршрути, підлаштуватися до нових змін. Також, вони мають розіслати повідомлення про нові зміни іншим маршрутизаторам. Дані повідомлення обходять всі мережі і стимулюють перерахувати оптимальні маршрути. В сумі усі маршрутизатори мають дійти спільної згоди по оптимальних маршрутах.

Алгоритми маршрутизації, що не мають швидкої збіжності й високої гнучкості, нестабільно працюють і навіть можуть вивести мережу з ладу.

* 1. Розробка алгоритму процеса оптимізації передачі інформації

В алгоритмі, якій розробляється, головним завданням є підвищення швидкості передачі інформації у безпровідній мережі шляхом оптимізації маршруту передачі.

У роботі [9] наведено алгоритм для передавання повідомлень по безпровідним мережам. В цьому алгоритмі кожен з користувачів визначає одне або більше "маршрутних дерев" (labeled routing trees) самого коротшого шляху зв'язку з іншими користувачами. Одночасно з цим кожний з користувачів посилає іншим користувачам побудовані "маршрутні дерева". В свою чергу інші користувачі зберігають одержану інформацію та утворюють спільні маршрути скороченого шляху передачі інформації із іншими користувачами мережі. Цей алгоритм дає можливість швидше передавати повідомлення іншим користувачам.

Однак на будь яких ділянках обраного маршруту може впасти якість зв'язку, а це означає, що швидкість передачі інформації користувачу буде невисокою. Тим паче із за цього не враховується ступінь навантаженості каналів зв'язку між користувачами, тому може бути помітно знижена реальна швидкість передачі інформації між користувачами.

Також слід зазначити, що в безпровідних мережах часто існує інший користувач між будь-якою парою користувачів. Він здатний обмінюватися з кожним із цих користувачів інформацією з більшою швидкістю, що дає можливість збільшити швидкість передачі інформації.

У роботі [8] приведено приклад алгоритму який передає інформацію в безпровідній локальній мережі, цей алгоритм дозволяє здійснити зв'язок між користувачами мережі.

В безпровідній мережі, до складу якої входить багато користувачів, здатних здійснювати зв'язок безпосередньо один з одним, швидкість передачі інформації оптимізують шляхом посилки переданих даних від одного з користувачів мережі іншому за сегментами маршруту оптимальної якості. На основі порівняння відповідних даних у таблиці якості зв'язку між користувачами мережі визначають оптимальні сегменти маршруту.

Домен безпровідної мережі зображено на рис. 2.10. Мережа включає множину користувачів 1, 2, 3, ..., N-1, N, кожний з цих користувачів оснащений приймально-передавальним пристроєм. Користувачі здатні встановлювати зв'язок як через користувача-посередника, так і безпосередньо один з одним. При цьому між деякими користувачами якість зв'язку може бути недостатньо високою. Наприклад, через завади між користувачами 1 і 2 якість зв'язку може бути така, що передача інформації між ними буде здійснюватися тільки зі швидкістю 1 Мбіт/с, а між користувачами 2 і 3 – не більш, ніж 2 Мбіт/с.



Рисунок 2.10 – Організація зв’язку в домені безпровідній мережі

У розглянутому алгоритмі, щоб передавати інформацію в безпровідній мережі спочатку необхідно визначити якість зв'язку між усіма користувачами мережі. Наступним чином виконується визначення якості зв'язку. Кожний пристрій користувачів із приймально-передавальною функцією 1, 2, 3, ..., N передає ідентифікаційний сигнал, який включає в себе дані про якість зв'язку з іншими приймально-передавальними пристроями мережі, та приймає такі ж ідентифікаційні сигнали від цих пристроїв. Дані про якість зв'язку кожний приймально-передавальний пристрій користувачів 1, 2, 3, ..., N дістає з прийнятих ідентифікаційних сигналів і записує їх як поточні значення для наступної передачі інформації конкретному адресатові мережі. Кожним приймально-передавальним пристроєм користувачів 1, 2, 3, ..., N здійснюють запис даних про якість зв'язку у вигляді таблиці якості зв'язку (The Link Quality Table). Двовимірний масив містить інформацію про якість зв'язку між усіма парами приймально-передавальних пристроїв користувачів мережі (рис. 2.11).

Якість зв'язку визначають за рівнем прийнятого сигналу або за відношенням рівня прийнятого сигналу до рівня шуму [8]. Реальна швидкість передачі інформації між користувачами мережі може бути відображена як якість зв’язку (рис. 2.11).



Рисунок 2.11 – Таблиця даних про якість зв'язку

Якщо умови радіозв'язку зміняться, то для підтримки правильності інформації дані у таблиці якості зв'язку необхідно періодично оновлювати. Оновлення даних таблиці здійснюється шляхом періодичного повторення циклу передачі ідентифікаційного сигнал від одного приймально-передавального пристрою всім іншим приймально-передавальним пристроям користувачів мережі, прийом від приймально-передавальних пристроїв відповідних ідентифікаційних сигналів і запис даних про якість зв'язку, які ми отримали від приймально-передавальних пристроїв. Дані, які визначені в першому циклі, замінюють на дані, які ми отримали в поточному циклі, та використовують як поточні значення.

Основуючись на записаних поточних значеннях даних про якість зв'язку передають інформацію будь-якому адресатові мережі через приймально-передавальні пристрої-посередники по маршруту, який забезпечує якість зв'язку, що більше або є рівною заданому пороговому значенню. Якості зв'язку прямого з'єднання зі згаданим адресатом доцільно приймати як якість заданого порогового значення якості зв'язку. Передача інформації відбувається зі швидкістю, яка визначена записаними даними про якість зв'язку між ними.

Отже даний алгоритм організації зв'язку в безпровідній мережі дає можливість значно збільшити середню швидкість передачі інформації, забезпечуючи мережі можливість обмінюватися інформацією між користувачами прямо або через посередників, залежно від якості зв'язку за яким саме маршрутом.

Завдяки оптимізації маршруту можна частково збільшити швидкість передачі інформації, але при цьому не враховується ступінь завантаженості каналів зв'язку, та через це між користувачами реальна швидкість передачі інформації може бути помітно знижена.

Недоліки роботи алгоритму розглянутого вище кажуть про необхідність оптимізації. Через це доцільно буде розробити новий алгоритм, який підвищить якість та збільшить швидкість передачі інформації в безпровідній мережі.

Висновки за розділом 2

Проведений аналіз та обгрунтування класифікаціі алгоритмів маршрутизації дав можливість розробити вимоги до алгоритму маршрутизації передачі інформації в безпровідній мережі.

Для передачі інформації в безпровідній мережі створено алгоритм маршрутизації, який дає можливість підвищити якість та збільшити швидкість зв’язку.

Але для подальшого підвищення якості та збільшення швидкості необхідно розробити метод динамічної оптимізації маршруту.

1. РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ДИНАМІЧНОЇ МАРШТУТИЗАЦІЇ
   1. Реалізація розробленого методу шляхом імітаційного моделювання

Основною задачею яка була покладена в метод який розробляється це збільшення швидкості передачі інформації у безпровідній мережі шляхом оптимізації маршруту передачі у рамках домену безпровідної мережі. Для рішення такої задачі, необхідно додатково вводити коефіцієнт незайнятості кожного з каналів мережі.

Реалізацію алгоритму маршрутизації у домені безпровідній мережі здійснюють наступним чином.

**Крок 1:** скануємо лінії зв'язку із періодом часу від 30 до 100 с.

**Крок 2:** визначаємо якість зв'язку між усіма користувачами мережі у найближчому оточенні.



Рисунок 3.1 – Таблиця даних про якість зв'язку

**Крок 3:** записуємо дані про якість зв'язку між усіма парами користувачів даної мережі у вигляді таблиці.

Це становить двовимірний масив, який містить інформацію про якість зв'язку між усіма парами користувачів (рис. 3.1).

**Крок 4:** визначаємо коефіцієнт незайнятості кожного каналу мережі.

**Крок 5:** записуємо у кожного з користувачів мережі отримані дані про коефіцієнт незайнятості кожного каналу мережі у вигляді таблиці (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Таблиця коефіцієнтів незайнятості

**Крок 6:** обробляємо одержані дані та створюємо узагальнену таблицю.

На основі даних про якість зв'язку та незайнятість каналів створюють таблицю (рис. 3.3) добутку пар коефіцієнтів. За допомогою максимальних значень здійснюють пошук оптимального маршруту, що забезпечує максимально можливу швидкість передачі інформації. Швидкість передачі інформації від одного користувача іншому оптимізують шляхом відправки переданих даних за сегментами оптимального маршруту від одного користувача до іншого.



Рисунок 3.3 –Узагальнена таблиця даних   
про якість зв'язку та про незайнятість

**Крок 7:** обчислюємо та визначаємо оптимальний маршрут.

**Крок 8:** здійснюємо передачу інформації по оптимальному маршруту, після чого здійснюємо перехід до кроку 1.

Отже схема алгоритму динамічного визначення оптимального маршруту має такий вигляд:



Рисунок 3.4 – Схема алгоритму визначення оптимального маршруту

Але щоб уточнити параметри процесу динамічної оптимізації та оцінити виграш, який виникає за рахунок його впровадження, слід виконати моделювання на імітаційнії моделі.

* 1. Перевірка працездатності моделі

Щоб перевірити працездатність процесу динамічної маршрутизації потрібно скористатися графічною програмою імітаційного моделювання [10]. Ця програма призначена для відображення процесу вибору оптимального маршруту в домені безпровідній мережі, що складається з 6 вузлів (рис. 3.5).

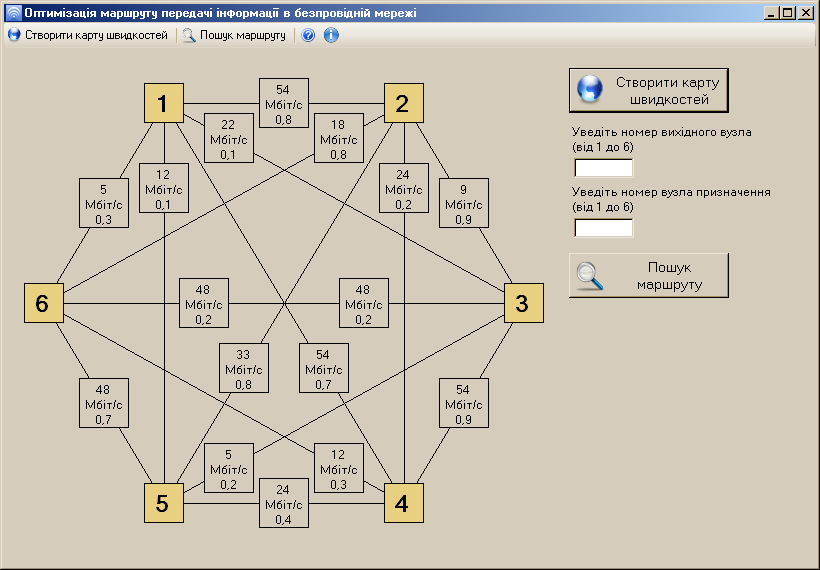


Рисунок 3.5 – Графічна оболонка імітаційної моделі

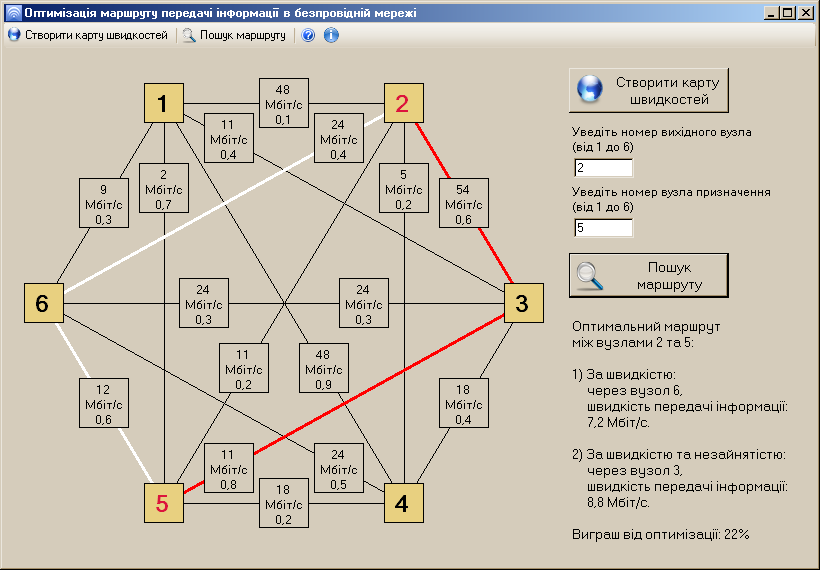
Перевірка на працездатність розробленого алгоритму проводилась за допомогою імітаційної моделі на ПЕОМ з такими характеристиками:

* монітор Samsung SyncMaster 755DFX;
* процесор AMD Athlon PECM 1400 МГц;
* ОС Microsoft Windows XP Professional Service Pack 2;
* відеоадаптер NVIDIA GeForce 2 MX/MX 400;
* ОЗП 512 Мб PC133 SDRAM.

Коли натискаєш кнопку «Пошук маршруту» розпочинається пошук оптимального маршруту, який здійснюється за розробленим алгоритмом на грунті існуючої на даний час загальної карти швидкості та незайнятості каналів. Оновлення карти швидкості та незайнятості здійснюється через певний інтервал часу в межах від 0,3 до 100 с, так як у цей час можлива зміна умов росповсюдження радіохвиль у безпровідній мережі, що впливає на якість та швидкість передачі інформації. Також за цей момент часу можлива динамічна зміна ступеню зайнятості каналів у домені безпровідної мережі. Перевірка працездатності процесу динамічної маршрутизації на імітаційної моделі проводиться наступним чином. У випадковий момент часу з інтервалу від 0,3 до 100 с виконується оновлення загальної карти незайнятості каналів та швидкості. Після оновлення карти запускається алгоритм розрахунку визначення оптимального маршруту у домені безпровідної мережі.

Наприклад візьмемо номер вихідного вузла – 2, а номер вузла призначення – 5. Після оновлення карти незайнятості каналів та швидкості здійснюється пошук оптимального маршруту між введеними вузлами домену безпровідної мережі, які наведено на рис. 3.6а.

Отже кожне оновлення карти незайнятості каналів та швидкості відповідає зміні умов радіозв'язку між користувачами мережі. Програма, що реалізує розроблений алгоритм передачі інформації, знаходить оптимальний маршрут, який відповідає діючій на цей час карті (рис. 3.6б).

а) 

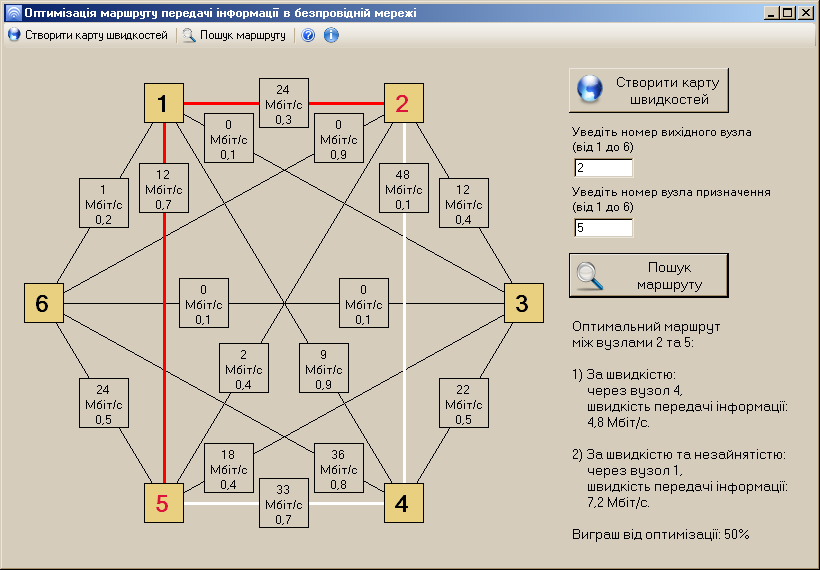
б) 

Рисунок 3.6 – Перевірка працездатності процесу динамічної маршрутизації в домені за допомогою імітаційної моделі

Отже можна зробити висновок, що розроблений алгоритм маршрутизації дозволяє не тільки підвищити швидкість передачі інформації в домені безпровідної мережі, але і використовувати найбільш можливу кількість наявних каналів зв'язку і оптимально розподілити навантаження по мережі.

3.3 Пропозиції щодо практичного застосування розробленого методу

Основним завданням розробленого методу є збільшення швидкості передачі інформації у безпровідній мережі шляхом оптимізації маршруту передачі.

Задача вирішується тим, що додатково вводять коефіцієнт незайнятості кожного з каналів мережі, складають таблицю коефіцієнтів незайнятості каналів між усіма користувачами мережі, співвідносять таблицю коефіцієнтів незайнятості каналів із таблицею якості зв'язку та визначають оптимальні сегменти маршруту на основі порівняння відповідних даних обох таблиць за їх максимальним значенням.

Реалізувати алгоритм оптимізації маршруту для передачі інформації у безпровідній мережі у рамках домена можна здійснити наступним чином.

У безпровідній мережі, у склад якої включено безліч користувачів, здатних з’єднуватися безпосередньо один з одним, тим самим між усіма користувачами мережі спочатку визначають якість зв'язку з подальшим записом у вигляді таблиці даних про якість зв'язку між усіма парами користувачів даної мережі. Ми отримуємо двовимірний масив, який містить інформацію про якість зв'язку між усіма парами користувачів.

Далі визначають коефіцієнт незайнятості кожного каналу мережі та роблять запис у кожного з користувачів мережі отриманих даних про коефіцієнт незайнятості кожного каналу мережі у вигляді таблиці, яка являє собою двовимірний масив коефіцієнтів незайнятості каналів між кожною парою користувачів.

Таким чином на основі записаних значень даних про якість зв'язку та незайнятість каналів створюють узагальнену таблицю добутку пар коефіцієнтів, де оптимальний маршрут визначається за максимальним значенням цих коефіцієнтів, це забезпечує максимально можливу швидкість передачі інформації. Швидкість передачі інформації від одного користувача мережі іншому оптимізують шляхом відправки переданих даних за сегментами оптимального маршруту від одного користувача мережі до іншого.

Оптимальний маршрут передачі створюється у масштабі реального часу, використовуючи послідовність користувачів-посередників для ретрансляції інформації адресатові. Користувачем-посередником обирають користувача, який знаходиться на оптимальному маршруті між користувачем-відправником і адресатом. Відбір здійснюється на підставі записаних даних про незайнятість каналів між усіма парами користувачів безпровідної мережі та про якість зв'язку.

Дані про незайнятість каналів та про якість зв'язку у безпровідній мережі періодично оновлюють. Шляхом періодичного повторення циклу пошуку оптимального маршруту здійснюється оновлення даних про якість зв'язку та про незайнятість. Дані, які визначені в попередньому циклі, замінюють на дані, отримані в поточному циклі, та використовують як поточні значення.

Отже, розроблений метод дає можливість істотно збільшити швидкість передачі інформації в безпровідних мережах та використати найбільш можливу кількість наявних каналів зв'язку і оптимально розподілити навантаження по мережі.

Приклад технічної реалізації методу оптимізації маршруту наведено на рис. 3.7.

Безпровідна мережа включає в себе множину користувачів 1, 2, 3, … N. Вони здатні встановлювати зв'язок один з одним і через користувача-посередника. Однак, із за завад, обмін інформацією між користувачами 1 і 2 може здійснюватися тільки зі швидкістю 1 Мбіт/с, а між користувачами 2 і 3 – не більш, ніж 2 Мбіт/с.



Рисунок 3.7 – Організація зв’язку в оптимізованій безпровідній мережі

На рис. 3.7 наведено приклад конкретного виконання методу оптимізації і показане здійснення передачі інформації адресатам у WLAN, що працює у відповідності із стандартом IEEE 802.11g. У таких мережах дані передають пакетами. Так користувач 2 перед відправленням пакета користувачу 3, перевіряє по відповідній таблиці якість зв'язку з адресатом. За наявністю завад канал допускає передачу пакетів із швидкістю 2 Мбіт/с. Тому по таблиці якості зв'язку (рис. 3.1) користувач 2 знаходить посередника – користувача N, здатного передати пакет даних користувачеві 3 із більш високою швидкістю: від користувача 2 до користувача N – 54 Мбіт/с та від користувача N до користувача 3 – 36 Мбіт/с. По таблиці коефіцієнтів незайнятості каналів (рис. 3.2) для знайденого маршруту коефіцієнти незайнятості становлять: від користувача 2 до користувача N – 0,1; від користувача N до користувача 3 – 0,2. Таким чином реальна швидкість передачі інформації для даного маршруту становить: від користувача 2 до користувача N – 54×0,1 = 5,4 Мбіт/с, а від користувача N до користувача 3 – 36×0,2 = 7,2 Мбіт/с. За даними узагальненої таблиці (рис. 3.3) користувач 2 знаходить іншого посередника – користувача N-1, який здатний передати пакет даних користувачеві 3 із номінальними швидкостями: від користувача 2 до користувача N-1 – 24 Мбіт/с, від користувача N-1 до користувача 3 – 18 Мбіт/с. Для знайденого маршруту коефіцієнти незайнятості становлять: від користувача 2 до користувача N-1 – 0,7, від користувача N-1 до користувача 3 – 0,8. Реальна швидкість передачі інформації для даного маршруту становить: від користувача 2 до користувача N-1 – 24×0,7 = 16,8 Мбіт/с; від користувача N-1 до користувача 3 – 18×0,8 = 14,4 Мбіт/с. Маршрут через користувача N-1 забезпечує максимально можливу швидкість передачі інформації між користувачем 2 і користувачем 3, тому його визначають оптимальним. У цьому випадку користувач 2 доповнює пакет даних службовою інформацією про адресата й відправляє пакет через користувача N-1 користувачу 3. В іншому випадку, наприклад під час передачі інформації від користувача 1 користувачу N, якість зв'язку, за даними таблиці, складає 48 Мбіт/с, а коефіцієнт незайнятості маршруту становить 0,5. Тому користувач 1 передає пакет даних користувачу N безпосередньо, не залучаючи посередника.

За рахунок використання розробленого методу оптимізації маршруту швидкість передачі інформації в безпровідній мережі підвищується на 15-25%.

Таким чином, розроблений метод дозволяє істотно збільшити швидкість передачі інформації в безпровідних мережах та задіяти найбільш можливу кількість наявних каналів зв'язку і оптимально розподілити навантаження по мережі у рамках домену безпровідної мережі.

Висновки за розділом 3

Розроблено метод динамічного визначення оптимального маршруту передачі інформації в безпровідній мережі. Також, проведено перевірку працездатності процесу динамічної маршрутизації на імітаційної моделі. Результати моделювання дають підстави до практичного застосування розробленого методу оптимізації маршруту на сукупності доменів, що входять до складу мережі.