

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання контрольних робіт з дисципліни
"Бездротові технології"
для студентів спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія, заочної
форми навчання

2024

Методичні вказівки до виконання контрольних робіт з дисципліни “Бездротові технології” для студентів спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія, заочної форми навчання / Укл. Г.Г. Киричек. – Запоріжжя: Національний університет «Запорізька політехніка», 2024. – 30 с.

Укладач:

Г.Г. Киричек, доцент, к.т.н.

Рецензент:

М.Ю. Тягунова, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск:

Г.Г. Киричек, доцент, к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри КСМ
Протокол № 7 від 22.03.2024

Затверджено
на засіданні НМК КНТ
Протокол № 8 від 27.03.2024

ЗМІСТ

1 Загальні відомості.....	4
1.1 Бездротові мережі.....	5
1.2 Бездротовий стандарт Bluetooth Low Energy (BLE)	6
1.3 Протоколи маршрутизації	8
1.4 Дальність роботи каналу	14
1.5 Завдання для розрахунку	16
2 Варіанти завдань.....	18
2.1 Варіант 1	18
2.2 Варіант 2	18
2.3 Варіант 3	19
2.4 Варіант 4	19
2.5 Варіант 5	19
2.6 Варіант 6	20
2.7 Варіант 7	20
2.8 Варіант 8	21
2.9 Варіант 9	21
2.10 Варіант 10.....	22
2.11 Варіант 11.....	22
2.12 Варіант 12.....	23
2.13 Варіант 13.....	23
2.14 Варіант 14.....	24
2.15 Варіант 15.....	24
2.16 Варіант 16.....	24
2.17 Варіант 17.....	25
2.18 Варіант 18.....	25
2.19 Варіант 19.....	26
2.20 Варіант 20.....	26
2.21 Варіант 21.....	27
2.22 Варіант 22.....	27
2.23 Варіант 23.....	28
2.24 Варіант 24.....	28
2.25 Варіант 25.....	29
Рекмендована література.....	30

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Мета – виконання контрольної роботи в цілях закріплення теоретичного курсу та практичних навичок при заочному вивченні дисципліни «Бездротові технології», яка включає в себе безліч концепцій, протоколів і технологій. Дисципліна «Бездротові технології» є досвідом отримання теоретичних та практичних знань з технологій та правил для тих, хто хоче легко увійти у світ бездротових мереж та поглибити свої знання.

При вивченні дисципліни студенти одержують загальні знання з питань класифікації, стандартизації, методів та основних технологій широкопasmового бездротового доступу. Отримують узагальнення, закріплення та поглиблення теоретичних та практичних знань зі спеціальності; використання цих знань для обґрунтованого прийняття проектних рішень та для вирішення конкретних задач; практичне закріплення навичок моделювання та розрахунку параметрів бездротових мереж; методи доступу до середовища в бездротових мережах; технології та архітектуру персональних, локальних, регіональних та глобальних бездротових мереж; мобільні технології, архітектуру та принципи роботи супутникових систем та цифрового телебачення; системи модуляції та сигнально-кодові конструкції; характеристики базового обладнання бездротових мереж; методику розрахунку необхідного частотного ресурсу для бездротових мереж. А також: проектують і впроваджують бездротові мережі передачі інформації, отримують досвід створення локальних і регіональних широкопasmових бездротових мереж.

Кожен з варіантів роботи включає 6 теоретичних та 1 практичне завдання. При їх виконанні студенти можуть користуватися нижче наведеними теоретичними відомостями та рекомендованою літературою. Варіанти розподіляються між студентами згідно двом останнім цифрам залікової книжки з кратністю 25. Для прикладу, якщо дві останні цифри 03- варіант № 3, а якщо 87- варіант № 12 ($87-25-25-25=12$).

Контрольна робота виконується письмово (в окремому зошиті) та захищається на консультаціях, впродовж семестру, до початку екзаменаційної сесії.

1.1 Бездротові мережі

Бездротові мережі передачі даних (рис.1.1) базуються на сукупності двох груп технологій – бездротової передачі інформації та мережної взаємодії і класифікуються за наступними параметрами:

- спосіб обробки первинних даних – цифрові та аналогові;
- ширина смуги передачі – вузькосмугові, широкосмугові та зверхширокосмугові;
- локалізація абонентів – мобільні та фіксовані;
- географічна віддаленість – персональні, локальні, регіональні та глобальні;
- вид інформації, що передається – системи передачі речі, відео та даних.

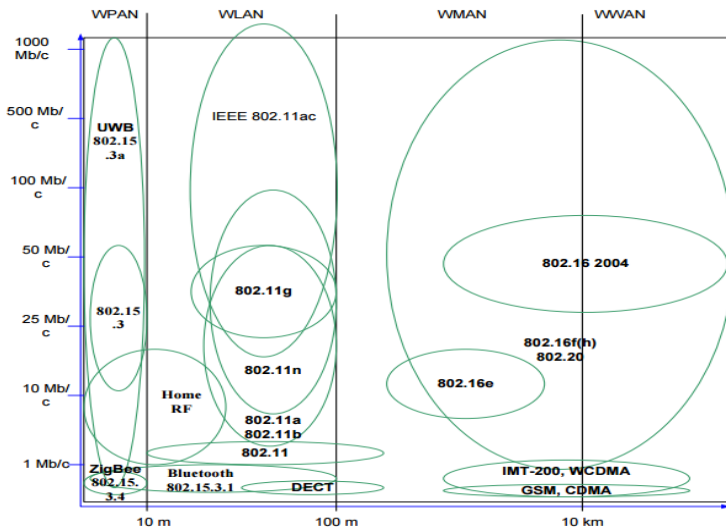


Рисунок 1.1 – Класифікація технологій бездротових мереж

Однією з основних проблем бездротових систем є організація доступу багатьох користувачів до єдиного ресурсу середовища передачі даних. Задача множинного доступу надати кожному каналу

зв'язку простір, час, частоту та/або код з мінімумом взаємних перешкод і максимальним використанням характеристик середовища передачі.

Множинний доступ з просторовим розділенням (Space або Spatial Division Multiplexing – SDM), заснований на розділенні сигналів у просторі, коли кожний бездротовий пристрій може вести передачу даних тільки в межах однієї визначеної території, на якій іншому пристрою заборонено вести передачу даних.

Множинний доступ із частотним розділенням (Frequency Division Multiplexing – FDM) кожний пристрій працює на строго визначеній частоті завдяки чому декілька пристроїв можуть вести передачу на одній території.

Більш гнучким є множинний доступ з часовим розділенням (Time Division Multiplexing – TDM), канали розподіляються за часом. Кожний пристрій передає дані на одній частоті але у різні інтервали часу, при обов'язковій синхронізації процесу передачі.

Ще один множинний доступ - мультиплексування з кодовим розділенням (Code Division Multiplexing – CDM). Кожний пристрій передає дані на одній частоті але з різними базовими кодами. У цій схемі доступу пристрій, при передачі даних, змінює кожний біт вихідного потоку даних на CDM-символ – кодову послідовність довжиною 11, 16, 32, 64 і т.д. біт (чипів). Кодова послідовність є унікальною для кожного пристрою, що передає дані. Пристрій, що приймає дані, знає CDM-код пристрою, сигнали якого він може прийняти.

Розглянуті механізми є способами поділення єдиного ресурсу на канали передачі. Однак ці канали треба призначати усім окремим пристроям. Цім розподіленням, різними методами займається базова станція (центральный пристрій).

1.2 Бездротовий стандарт Bluetooth Low Energy (BLE)

Однією з бездротових мережних технологій, що найбільш часто зустрічаються в повсякденному житті після стільникового зв'язку, є Bluetooth. Завдяки відносно високій швидкості передачі даних і непоганим енергетичним показникам технологія Bluetooth отримала широке поширення в мобільних електронних пристроях, персональних

комп'ютерах, ноутбуках, бездротових навушниках, гарнітури, мультимедійних центрах. Стандарт дозволяє підтримувати досить розгалужену і складну мережу пристроїв. Однак, для застосування в сенсорних мережах класичний Bluetooth підходить мало через значне енергоспоживання для автономних джерел живлення, внаслідок особливостей роботи стека протоколів.

Технологія Bluetooth Low Energy (BLE) - Bluetooth 4.0 є, розробленої групою Bluetooth Special Interest Group (SIG), технологією бездротового зв'язку для ближніх комунікацій. На відміну від попередніх стандартів - Bluetooth 2.0, Bluetooth 2.1 + EDR, Bluetooth 3.0, стандарт BLE з самого початку орієнтований на застосування в системах збору даних та моніторингу з автономним живленням. На відміну від технологій сенсорних мереж, таких як, ZigBee, 6LoWPAN або Z-Wave, орієнтованих на розгалужені розподілені мережі з численними передачами даних між вузлами мережі, Bluetooth Low Energy орієнтований на топології типу точка-точка і зірка. Основними областями застосування BLE є пристрої забезпечення безпеки, управління електроприладами і відображення показань, датчиків на батарейках, домашніх медичних приладах, спортивних тренажерах.

Успіх попередніх версій Bluetooth, підтверджено практично масовим застосуванням бездротових інтерфейсів даних стандартів. Зокрема IETF 6LoWPAN Working Group розглядає BLE як одну із значних складових "Інтернету речей" (Internet of Things) і розробляє специфікацію, що дозволяє транслювати пакети IPv6 за допомогою BLE.

Як і класичний стек протоколів Bluetooth, стек BLE складається з двох основних частин: контролера (Controller) і вузла мережі (Host). Контролер включає в себе фізичний і каналний рівень і реалізується у вигляді систем-на-кристалі (СНК) і інтегрованим бездротовим трансивером. Частина стека, яка іменована вузлом мережі, реалізується програмно на мікроконтролері додатків і включає в себе функціональність верхніх рівнів: рівень логічного зв'язку (Logical Link Control - LLC), протокол адаптації (Adaptation Protocol - L2CAP), атрибутів (Attribute Protocol - ATT), протокол атрибутів профілів пристроїв (Generic Attribute Profile - GATT), протокол забезпечення безпеки (Security Manager Protocol - SMP), протокол забезпечення доступу до функцій профілю пристроїв (Generic Access Profile (GAP)). Взаємодія між верхньою і нижньою частинами стека здійснюється

інтерфейсом Host Controller Interface (HCI). Додаткова функціональність прикладного рівня реалізується поверх рівня вузла мережі. На рисунку 1.2 представлена структура стека протоколів BLE.

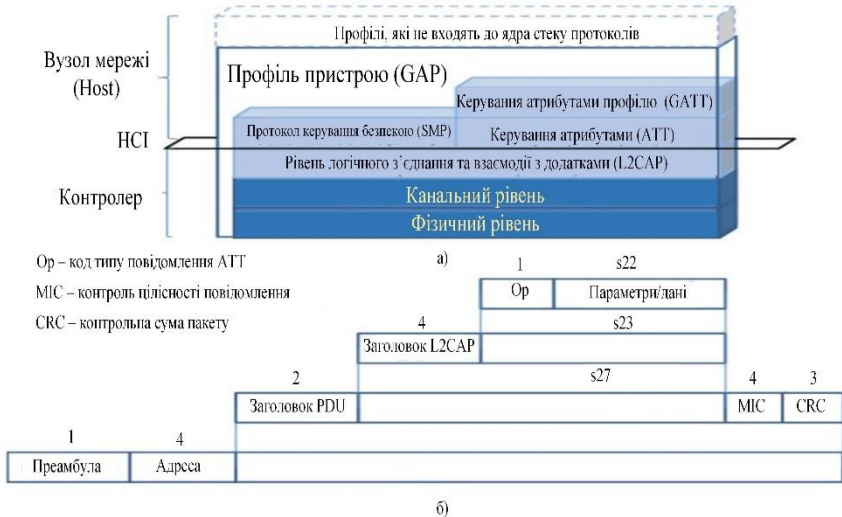


Рисунок 1.2 – Структура стека протоколів BLE

Незважаючи на те, що деякі функції контролера BLE запозичені від класичного Bluetooth, вони не сумісні між собою, тобто пристрій, який підтримує тільки BLE (однорежимний пристрій - single-mode device) не зможе взаємодіяти з пристроєм, який підтримує тільки Bluetooth 2.x/3.0. Для здійснення взаємодії між ними хоча б один з них має підтримувати обидва стека протоколів (дворежимні пристрої - dual-mode device).

1.3 Протоколи маршрутизації

У бездротових мережах використовуються протоколи маршрутизації, які за принципом роботи можна розділити на:

- проактивні або табличні (Proactive, table-driven). Періодично розсилають по мережі службові повідомлення з інформацією про всі

зміни в її топології. Кожен вузол будує таблицю маршрутизації, звідки при необхідності передачі повідомлення якого-небудь вузла зчитується маршрут до цього адресату;

- реактивні або працюють за запитом (Reactive, on-demand). Складають маршрути до конкретних вузлів лише при виникненні необхідності в передачі їм інформації. Для цього вузол-відправник широкомовно розсилає по мережі повідомлення-запит, який повинен дійти до вузла-адресата;

- гібридні (Hybrid). Дані протоколи комбінують механізми проактивних і реактивних протоколів. Як правило, вони розбивають мережу на безліч підмереж, всередині яких функціонує проактивний протокол, а взаємодія між ними здійснюється реактивними методами.

Одним з проактивних протоколів, що часто використовуються, є OLSR (Optimized Link-State Routing) Він заснований на зборі та поширенні службової інформації про стан мережі. В результаті обробки цієї інформації вузол може побудувати модель поточного стану мережі у вигляді формального опису графа, вершини якого є вузлами мережі, а ребра - лініями зв'язку. Маючи такий граф, будь-який вузол може обчислити «довжини» найкоротших шляхів до всіх адресатів в мережі і вибрати «оптимальний» маршрут, що веде до конкретного вузла мережі. Даний алгоритм добре реагує на безліч непередбачених подій, до яких слід віднести:

- спонтанні відмови / відновлення вузлів і ліній;
- пошкодження і ремонт вузлів мережі;
- агресивні дії «зовнішнього середовища», що призводять до блокування окремих елементів системи;
- підключення і відключення вузлів і ліній при оперативній передислокації абонентів.

Застосування ресурсу пропускної здатності для службового трафіку протоколу OLSR найбільш ефективно в мережах з високою щільністю вузлів. OLSR постійно використовує певний ресурс пропускної здатності для службового трафіку.

На основі протоколу маршрутизації OLSR запропоновано алгоритм побудови оптимального маршруту від відправника до одержувача для бездротових mesh мереж. У цьому алгоритмі, для знаходження оптимального маршруту, використовується генетичний алгоритм.

Протокол DSDV засновано на ідеї класичного алгоритму маршрутизації Беллмана-Форда зі змінами. DSDV проактивний, дистанційно векторний алгоритм. Кожен вузол підтримує таблицю маршрутизації, в якому перераховані всі доступні напрямки, кількість маршрутизаторів до кінцевого пункту та номер версії. Вузли періодично передають свої таблиці маршрутизації найближчих сусідів. Вузол також передає свою таблицю маршрутизації, якщо в ній сталася зміна з моменту останнього відправленого поновлення.

Основна задача алгоритму в тому, щоб виключити можливість створення циклічних маршрутів. Для мінімізації обсягу трафіку, протокол передбачає обмін повними таблицями маршрутизації тільки при серйозних змінах в топології мережі. DSDV - один з перших розроблених алгоритмів.

Він цілком підходить для створення тимчасових мереж з малою кількістю вузлів. Головним недоліком протоколів на базі DSDV є необхідність регулярної передачі службової інформації між вузлами для поновлення своїх таблиць маршрутизації, що в умовах бездротової мережі веде до збільшення терміну служби батареї мобільного пристрою і займає частину смуги пропускання радіоканалу, навіть коли мережа не використовується. Крім того, коли змінюється топологія мережі, створюється новий порядковий номер для нової маршрутною інформації.

Реактивні протоколи. Одним з перших протоколів реактивної маршрутизації для самоорганізованих мереж є протокол DSR. DSR накопичує інформацію про маршрут не в таблицях маршрутизації вузлів, а безпосередньо в пакеті запиту. Основні механізми DSR включають визначення маршруту і його обслуговування. Ці два механізми працюють спільно, щоб визначати і / або підтримувати маршрути в будь-яку точку мережі. При первинному визначенні маршруту пакети відправляються по всьому можливих напрямках і в заголовок додається інформація про пройдений вузлі. У підсумку по досягненню мети, заголовок пакета містить повністю сформований маршрут між заданими вузлами.

У разі виникнення петель, тобто повторного прийому першого пакету, вузол знищує даний пакет. Одним з основних недоліків даного протоколу є невиправдане збільшення розміру пакета при довгих маршрутах або великих адрес, таких як IPv6. На базі DSR, побудовано багато протоколів, які покращують окремі характеристики базової

версії, в тому числі DSRFLOW. У даному протоколі для визначення вихідних маршрутів необхідно запам'ятовувати адреси кожного пристрою між джерелом і вузлом призначення під час початкового побудови маршруту. Накопичена інформація про шляхи кеширується проміжними вузлами, і в подальшому використовується для маршрутизації пакетів. Для мінімізації розміру пакета, замість повного маршруту в заголовок повторних пакетів поміщається мітка маршруту, яка використовується для вибору кешованого маршруту.

Іншим варіантом класичного дистанційно векторного протоколу є AODV (англ. Ad-hoc On-Demand Distance Vector), заснований на DSDV і DSR. AODV використовує інший механізм для актуалізації маршрутної інформації. Протокол будує таблиці маршрутизації на кожному вузлу мережі для мінімізації часу передачі інформації між вузлами і знаходить шляхи маршрутизації незалежно від використання маршрутів.

Першим кроком є побудова таблиць маршрутизації на кожному вузлі. В таблиці міститься довжина найкоротшого шляху до кожного вузла в мережі через кожен сусідній вузол. На кожному наступному кроці кожен вузол обмінюється з сусідніми вузлами інформацією про кожного відомому йому найкоротший шлях до кожного вузлу мережі. Після деякої кількості кроків, що залежить від кількості вузлів в мережі, таблиці маршрутизації на вузлах перестають змінюватися, після чого починається передача даних по найкоротшому знайденому шляху. Протокол AODV, як і протокол DSR, створює маршрути по необхідності. Проте, AODV приймає традиційні таблиці маршрутизації.

Однак використовується одна запис на вузол призначення, на відміну від DSR, в якому підтримується кілька записів маршруту для кожного вузла призначення. Як і DSDV, AODV надає інформацію про порушення або зміні в мережі і надає альтернативні маршрути, але на відміну від DSDV, не вимагає глобальних періодичних оголошень маршрутизації. Крім зменшення кількості трансляцій в результаті розриву лінії зв'язку, AODV також має й інші суттєві особливості.

Всякий раз, коли маршрут від джерела до одержувача доступний, додаткові поля заголовка до пакетів не повинні додаватися. Процес виявлення маршруту починається, коли маршрути не використовуються та / або минув час життя. Ще одна відмінна риса

AODV полягає в здатності забезпечувати односпрямовану, групову і трансляцію передачу даних.

Гібридні протоколи. Гібридний протокол маршрутизації HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol) об'єднує в собі два режими побудови шляхів: реактивний і проактивний, які можуть бути використані як окремо, так і одночасно в одній мережі. При цьому використовуються ширококомовні пакети. Протокол маршрутизації HWMP обов'язковий для всіх пристроїв стандарту IEEE 802.11s, як протокол по замовчуванням.

У великих мережах це дозволяє скоротити розміри таблиць маршрутизації, які ведуть вузли мережі, тому що їм необхідно знати точні маршрути лише для вузлів підмережі, до якої вони належать. Також скорочується і обсяг розсилається по мережі службової інформації, тому що основна її частина поширюється лише в межах підмереж.

Недоліком гібридних протоколів є відносна складність реалізації і зниження ефективності маршрутизації, пов'язані з необхідністю розбиття структури мережі на кластери.

Протоколи геомаршрутизації. В окрему групу протоколів маршрутизації MANET можна виділити протоколи, що використовують дані про місцезнаходження абонентів мережі. До основних переваг протоколів геомаршрутизації можна віднести відсутність необхідності в зберіганні маршрутної інформації на транзитних вузлах і можливість оптимізації маршрутів, виходячи з наявної інформації про місцезнаходження вузлів. Протоколи маршрутизації MANET повинні, по можливості, мінімізувати час побудови маршруту і час затримки доставки пакетів, максимізувати коефіцієнт доставки пакетів, розсилати якомога менший обсяг службової інформації, і справлятися зі збільшенням навантаження при додаванні вузлів.

Для забезпечення цих вимог протоколи геомаршрутизації використовують різні стратегії пошуку маршрутів. Протокол геомаршрутизації GAF (Geographic adaptive fidelity) формує віртуальну сітку покритої області. Кожен вузол асоціює себе з найближчим пунктом на віртуальній сітці. Вузли, пов'язані з тим же самим пунктом на сітці, вважаються еквівалентними з точки зору вартості маршрутизації.

Такий підхід може істотно збільшити час життя мережі при збільшенні числа вузлів. Вузли можуть змінювати свій стан від сплячого до активного для балансування навантаження. Визначено три стану: "стан виявлення" для визначення сусідів в сітці, "активний стан" передбачає участь в маршрутизації, а також "сплячий режим". Тривалість сплячого режиму залежить від програми.

Кожен вузол в сітці оцінює свого часу виходу з сітки і посилає його своїм сусідам. Сплячі сусідні вузли коригують свій час сну для того, щоб зберегти актуальність маршрутної інформації. Перш, ніж настане час виходу вузла з активного режиму, один із сусідніх сплячих вузлів прокидається і стає активним. GAF завжди зберігає мережу пов'язаної, тримаючи один з вузлів в активному стані для кожної області на віртуальній сітці.

Результати моделювання показують, що GAF працює принаймні так само як інші поширені Ad-hoc протоколи маршрутизації з точки зору затримки і втрати пакетів при одночасному збільшенні терміну служби мереж за рахунок економії енергії. Одним з протоколів географічної маршрутизації, які найчастіше використовуються є The Location-Aided Routing (LAR) заснований на використанні маршруту вузла-передавача.

Протокол використовує інформацію про місцезнаходження для обмеження області (зони запиту), де проводиться пошук маршруту. Як наслідок, кількість повідомлень про запит загального маршруту скорочується. LAR забезпечує дві схеми для визначення зони запиту.

Схема 1. Передавач оцінює область, в якій очікується встановлення з'єднання за певний час. Зоною запиту є найменша прямокутна область, яка включає вузол-приймач і вузол-передавач. Під час розсилки службових пакетів із запитом маршруту, повідомлення з відповідями відправляють тільки вузли, які знаходяться в зоні запиту.

Схема 2. Джерело обчислює відстань до пункту призначення. Це відстань, поряд з місцем розташування одержувача, включається в повідомлення запиту маршруту і розсилається сусідам. Коли вузол отримує запит, він обчислює свою відстань до одержувача. Вузол передає повідомлення запиту маршруту далі тільки в тому випадку, якщо його відстань до вузла призначення менше або дорівнює відстані, включений в повідомлення запиту. Перш, ніж вузол передає запит, він оновлює дані про відстані в повідомленні запиту маршруту, записуючи в нього власні дані.

1.4 Дальність роботи каналу

Наведемо метод розрахунку дальності роботи бездротового каналу зв'язку. Спочатку визначимо втрати у вільному просторі (*FSL* – *free space loss*, дБ) згідно формулі 1.1:

$$FSL = Y - SOM, \quad (1.1)$$

де Y – є сумарним підсиленням антени, дБ; а SOM (*System Operating Margin*) – дорівнює запасу в енергетиці радіозв'язку, дБ.

$$Y = P_t + G_t + G_r - P_{\min} - L_t - L_r, \quad (1.2)$$

де P_t є потужністю трансиверу (передавача), дБмВт; G_t є коефіцієнтом підсилення антени передавача, дБ; G_r є коефіцієнтом підсилення антени ресивера (приймача), дБ; $P_{\min}$ є чутливістю приймача на швидкості передачі, яка задана, дБмВт; L_t є втратами сигналу в кабелі і роз'ємах тракту передачі, дБ; L_r є втратами сигналу в кабелі і роз'ємах тракту прийому, дБ. Для кожної швидкості передачі є визначена чутливість приймача. Далі у таблиці 1.1 наведені рекомендовані чутливості, в залежності від швидкості передачі. Для кожної моделі радіомодулю чутливість може відрізнятись від рекомендованої.

Таблиця 1.1 – Залежність чутливості від швидкості передачі

Швидкість, Мбіт/с	54	48	36	9	6
Чутливість, дБм	-66	-71	-76	-86	-87

Запас SOM враховує фактори, що негативно впливають на дальність зв'язку:

- температурний дрейф чутливості приймача та потужності передавача;
- погодні аномалії: туман, дощ, вітер, сніг;
- неузгодженість антени передавача і приймача з антенно-фідерним трактом;
- перешкоди на шляху розповсюдження сигналу.

Параметр SOM зазвичай береться рівним 10 дБ. Вважається, що такий запас є достатнім для інженерного розрахунку. Якщо на шляху розповсюдження сигналу є перешкоди, їх вплив (затухання сигналу) треба додати до величини SOM . Вплив деяких перешкод на затухання сигналу наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Вплив перешкод

Перешкода	Затухання сигналу, дБ
Вікно в цегляній стіні	2
Скло в металевій рамі	6
Офісна стіна	6
Залізні двері в офісній стіні	7
Залізні двері в цегляній стіні	12,4
Скло	3–20

Інженерна формула розрахунку втрат у вільному просторі:

$$FSL = 33 + 20 \cdot (\lg F + \lg D), \quad (1.3)$$

де F – центральна частота каналу, на якому працює система зв'язку, МГц (табл.1.3); D – відстань між передавачем і приймачем, км.

Прирівнявши формули (1.1) та (1.3) визначаємо дальність роботи каналу зв'язку:

$$D = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F \right)}. \quad (1.4)$$

Таблиця 1.3 – Центральні частоти каналу зв'язку

Канал	Центральна частота, МГц	Канал	Центральна частота, МГц
1	2412	6	2437
2	2417	7	2442
3	2422	8	2447
4	2427	...	...
5	2432	14	2484

Радіохвиля в процесі розповсюдження у просторі займає об'єм у вигляді еліпсоїда обертання з максимальним радіусом у середині

дистанція, яка називається зоною Френеля (рис. 1.3). Природні та штучні перешкоди, що потрапляють в простір, послаблюють сигнал.

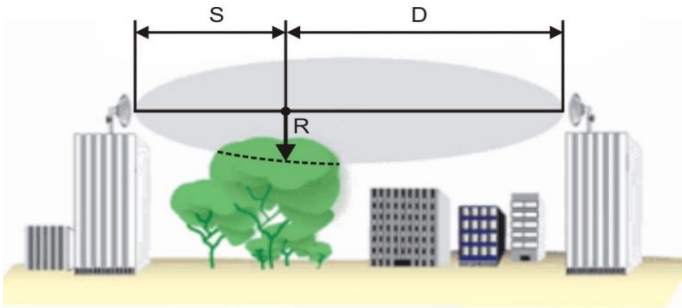


Рисунок 1.3 – Зона Френеля

Розрахунок зони Френеля виконується за формулою:

$$R = 17.3 \cdot \sqrt{\frac{1}{f} \cdot \frac{S \cdot D}{S + D}}, \quad (1.5)$$

де S, D – відстань від антен до найвищої точки перешкоди, км;
 R – радіус зони Френеля, м; f – частота сигналу, ГГц.

Блокування 20% зони Френеля вносить незначне затухання в канал зв'язку, а більше 40% – затухання сигналу стане значним. Тому треба уникати перешкод на шляху розповсюдження сигналу.

1.5 Завдання для розрахунку

Використовуючи формули (1.1), (1.2) та (1.4) розрахувати дальності роботи бездротового каналу зв'язку D для швидкостей 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на Ваш вибір в межах вказаного у варіанті виробника) взяти з його офіційного сайту. Прийняти, що втрат сигналу в кабелі і роз'ємах немає.

Номери варіантів 1-25 відповідають останній цифрі в заліковій книжці.

Таблиця 1.4 – Вхідні дані для розрахунку

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Виробник	D-link			TP-Link			ZyXEL			
Канал зв'язку	14	1	2	3	4	5	6	7	8	1
Кількість офісних стін	4	3	0	1	6	8	5	4	2	0
№ вар.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Виробник	D-link			TP-Link			ZyXEL			
Канал зв'язку	14	4	3	2	8	7	6	5	4	1
Кількість офісних стін	4	3	0	1	6	8	5	4	2	0
№ вар.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Виробник	D-link			TP-Link			ZyXEL			
Канал зв'язку	14	8	5	1	7	3	6	4	5	2
Кількість офісних стін	4	3	0	1	6	8	5	4	2	0

Розрахувати радіус зони Френеля використовуючи вихідні дані з таблиці 1.5. Зробити висновок щодо максимальної висоти перешкоди, яка блокує не більше 40% зони Френеля.

Таблиця 1.5 – Вихідні дані за варіантом

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Канал зв'язку	14	1	2	3	4	5	6	7	8	1
S , км	0,03	0,2	2	1,5	0,04	1	2	0,5	2	1
D , км	0,07	1	4	0,5	0,2	1	2	0,8	4	5
№ вар.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Канал зв'язку	14	4	3	2	8	7	6	5	4	1
S , км	0,03	0,2	2	1,5	0,04	1	2	0,5	2	1
D , км	0,07	1	4	0,5	0,2	1	2	0,8	4	5
№ вар.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Канал зв'язку	14	8	5	1	7	3	6	4	5	2
S , км	0,03	0,2	2	1,5	0,04	1	2	0,5	2	1
D , км	0,07	1	4	0,5	0,2	1	2	0,8	4	5

2 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ

2.1 Варіант 1

1. Історичні передумови появи бездротових мереж.
2. Варіанти антен для базової станції.
3. Ієрархічні протоколи маршрутизації у бездротових мережах.
4. Моделювання мобільної ad hoc мережі.
5. Технологія мобільного бездротового доступу Flash OFDM.
6. Топологія зв'язків бездротових мереж та її особливості.
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5

розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.2 Варіант 2

1. Класифікація та характеристики мереж бездротового доступу.
2. Особливості передачі інформації по каналу зв'язку.
3. Мережі зі стаціонарними сенсорами.
4. Плезіохронна і синхронна ієрархія.
5. Стандарти мобільних стільникових мереж.
6. Принципи аутентифікації у бездротових стандартах.
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5

розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.3 Варіант 3

1. Основні технології бездротового доступу.
2. Класифікація та стандартизація бездротових мереж.
3. Алгоритм функціонування RTS / CTS.
4. Основні етапи побудови мереж бездротового доступу.
5. Протоколи маршрутизації по стану зв'язку.
6. Моделювання бездротової сенсорної мережі.

7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.4 Варіант 4

1. Методи доступу до середовища в бездротових мережах.
2. Стандарт IEEE 802.11 та його специфікації.
3. Процедура попередження колізій CSMA / CA.
4. Перспективи конвергенції бездротових стандартів.
5. Протоколи маршрутизації вектору відстані.
6. Рівні MANET мереж.

7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.5 Варіант 5

1. Децентралізований спосіб вибору маршруту.
2. Стандарт IEEE 802.15 та його специфікації.
3. Сучасні тенденції розвитку послуг стандартів 3G, 4G, Wi-Fi, WiMAX.

4. Термінальні ad-hoc та транзитні Mesh мережі.
5. Супутникові технології.
6. Методи розділення радіоефіру (OFDM, FHSS, DSSS).

7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.6 Варіант 6

1. Стандарти мереж мобільного зв'язку.
2. Комірчаста маршрутизація.
3. Стандарт IEEE 802.20. Особливості використання.
4. Інтернет речей та стандарт 5G.
5. Технічні аспекти побудови та функціонування мереж технології Bluetooth та структура пристроїв для систем Bluetooth.
6. Мережі з пересувними сенсорами
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5

розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.7 Варіант 7

1. Стандарт IEEE 802.16 та його специфікації.
2. Системи локального позиціонування.
3. Характеристики та особливості стандартів 1G та 2G.
4. Механізми керування Mesh-мережею.
5. Базові технології бездротового зв'язку.
6. Основи частотно-територіального планування мереж бездротового доступу.

7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.8 Варіант 8

1. Мультимедійна концепція стандарту 3G.
2. Стандарт IEEE 802.22. Характеристики.
3. Бездротові мережі з максимальною зоною обслуговування.
4. Системи з часовим розділенням (TDMA).
5. MAC-рівень IEEE802.16. Режими Wireless MAN-SC і Wireless MAN-OFDM.
6. Принципи аутентифікації у бездротових стандартах.
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.9 Варіант 9

1. Класифікація та особливості мобільних ad-hoc мереж.
2. Загальні принципи побудови мереж бездротового зв'язку.
3. Методи розділення доступу до радіоканалу.
4. Планування фізичного розміщення радіомережі.
5. Реактивні (за запитом): AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector), DSR (Dynamic Source Routing), TORA (Temporally Ordered Routing Algorithm).
6. Методи багатоканального зв'язку і множинного доступу.
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні

характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.10 Варіант 10

1. IP орієнтованість стандарту 4G, технологія LTE.
2. Розділення частотних діапазонів та принципи ліцензування.
3. Децентралізований характер бездротових самоорганізованих мереж.
4. MAC-рівень та апаратна реалізація стандарту IEEE 802.11.
5. Системи з частотним розділенням (FDMA).
6. Модуляція як перенос сигналу по спектру.
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.11 Варіант 11

1. Планування фізичного розміщення радіомережі.
2. Реактивні (за запитом): AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector), DSR (Dynamic Source Routing), TORA (Temporally Ordered Routing Algorithm).
3. Методи багатоканального зв'язку і множинного доступу.
4. Шифрування та аутентифікація, стандарти шифрування у бездротових стандартах.
5. Радіорелейний зв'язок.
6. Методи кодування сигналів.
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти,

що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.12 Варіант 12

1. Інтернет речей та стандарт 5G.
2. Технічні аспекти побудови та функціонування мереж технології Bluetooth та структура пристроїв для систем Bluetooth.
3. Мережі з пересувними сенсорами.
4. Широкосмугові системи.
5. Проактивні (табличні): OLSR (Optimized Link State Routing Protocol), DSDV (Dynamic Destination Sequenced Distance Vector), OSPF (Open Shortest Path First).
6. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.13 Варіант 13

1. Термінальні ad-hoc та транзитні Mesh мережі.
2. Супутникові технології.
3. Методи розділення радіоефіру (OFDM, FHSS, DSSS).
4. Сенсорні та MANET мережі.
5. GPSR та «жадібна» маршрутизація.
6. Логічна та фізична структура мереж широкосмугового доступу.
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.14 Варіант 14

1. Перспективи конвергенції бездротових стандартів.
2. Протоколи маршрутизації вектору відстані.
3. Рівні MANET мереж.
4. Системи з кодовим розділенням (CDMA).
5. Огляд протоколів маршрутизації.
6. Класифікація уразливостей у бездротових стандартах, види ризиків.
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.15 Варіант 15

1. Типи атак на бездротові мережі, моделі погроз.
2. MAC-рівень та апаратна реалізація стандарту IEEE 802.11.
3. Системи з частотним розділенням (FDMA).
4. Основні етапи побудови мереж бездротового доступу.
5. Протоколи маршрутизації по стану зв'язку.
6. Моделювання бездротової сенсорної мережі.
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.16 Варіант 16

1. Плезіохронна і синхронна ієрархія.
2. Стандарти мобільних стільникових мереж.
3. Принципи аутентифікації у бездротових стандартах.

4. Багатоточкові ретранслятори.
5. Гібридні: HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol), ZRP (Zone Routing Protocol).
6. Модуляція як перенос сигналу по спектру.
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.17 Варіант 17

1. Механізми керування Mesh-мережею.
2. Базові технології бездротового зв'язку.
3. Основи частотно-територіального планування мереж бездротового доступу.
4. Стандарт IEEE 802.16 та його специфікації.
5. Системи локального позиціонування.
6. Характеристики та особливості стандартів 1G та 2G.
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.18 Варіант 18

1. Системи з часовим розділенням (TDMA).
2. MAC-рівень IEEE802.16. Режими Wireless MAN-SC і Wireless MAN-OFDM.
3. Принципи аутентифікації у бездротових стандартах.
4. Мультимедійна концепція стандарту 3G.
5. Стандарт IEEE 802.22. Характеристики.
6. Бездротові мережі з максимальною зоною обслуговування.

7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.19 Варіант 19

1. Шифрування та аутентифікація, стандарти шифрування у бездротових стандартах.

2. Радіорелейний зв'язок.

3. Методи кодування сигналів.

4. Стандарти мереж мобільного зв'язку.

5. Комірчаста маршрутизація.

6. Стандарт IEEE 802.20. Особливості використання.

7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.20 Варіант 20

1. Широкосмугові системи.

2. Проактивні (табличні): OLSR (Optimized Link State Routing Protocol), DSDV (Dynamic Destination Sequenced Distance Vector), OSPF (Open Shortest Path First).

3. Бездротові мережі з різною пропускнуою здатністю.

4. Стандарт IEEE 802.16 та його специфікації.

5. Системи локального позиціонування.

6. Характеристики та особливості стандартів 1G та 2G.

7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні

характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.21 Варіант 21

1. Сенсорні та MANET мережі.
2. GPSR та «жадібна» маршрутизація.
3. Логічна та фізична структура мереж широкосмугового доступу.
4. Децентралізований спосіб вибору маршруту.
5. Стандарт IEEE 802.15 та його специфікації.
6. Сучасні тенденції розвитку послуг стандартів 3G, 4G, Wi-Fi, WiMAX.

7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.22 Варіант 22

1. Системи з кодовим розділенням (CDMA).
2. Огляд протоколів маршрутизації.
3. Класифікація уразливостей у бездротових стандартах, види ризиків.
4. Методи доступу до середовища в бездротових мережах.
5. Стандарт IEEE 802.11 та його специфікації.
6. Процедура попередження колізій CSMA / CA.
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти,

що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.23 Варіант 23

1. Моделювання мобільної ad hoc мережі.
2. Технологія мобільного бездротового доступу Flash OFDM.
3. Топологія зв'язків бездротових мереж та її особливості.
4. Основні технології бездротового доступу.
5. Класифікація та стандартизація бездротових мереж.
6. Алгоритм функціонування RTS / CTS.
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5

розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.24 Варіант 24

1. Багатоточкові ретранслятори.
2. Гібридні: HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol), ZRP (Zone Routing Protocol).

3. Модуляція як перенос сигналу по спектру.
4. Класифікація та характеристики мереж бездротового доступу.
5. Особливості передачі інформації по каналу зв'язку.
6. Мережі зі стаціонарними сенсорами.

7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

2.25 Варіант 25

1. Основні етапи побудови мереж бездротового доступу.
2. Протоколи маршрутизації по стану зв'язку.
3. Моделювання бездротової сенсорної мережі.
4. Історичні передумови появи бездротових мереж.
5. Варіанти антен для базової станції.
6. Ієрархічні протоколи маршрутизації у бездротових мережах.
7. Використовуючи формули (1.1, 1.2, 1.4) та таблиці 1.4, 1.5 розрахуйте дальність роботи каналу зв'язку для швидкості 622 Мбіт/с, 54 Мбіт/с та 6 Мбіт/с. Вихідні дані наведені в таблиці 1.4. Технічні характеристики бездротового обладнання (модель на вибір в межах вказаного у варіанті) взяти з офіційного сайту виробника. Прийняти, що витрати сигналу в кабелі і на роз'ємах відсутні. Номери варіантів, згідно таблиці 1.5.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Киричек Г. Г. Конспект лекцій з бездротових технологій. 2024. 30 с.
2. Киричек Г. Г. Конспект лекцій з дисципліни Комп'ютерні мережі. 2024. 58 с.
3. Киричек Г. Г. Самостійні роботи з бездротових технологій. Використання стенду Emona Telecoms-Trainer. 2024. 30 с.
4. Киричек Г. Г. Лабораторні роботи з бездротових технологій. Бездротові мережеві з'єднання. Частина 1. 2024. 30 с.
5. Киричек Г. Г. Лабораторні роботи з бездротових технологій. Бездротові мережеві з'єднання. Частина 2. 2024. 30 с.
6. Киричек Г. Г. Лабораторні роботи з бездротових технологій. Бездротові мережеві з'єднання. Частина 3. 2024. 30 с.
7. Boukerche, Azzedine. Algorithms and protocols for wireless, mobile ad hoc networks / Azzedine Boukerche. – New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2009. – 495 p.
8. Cordeiro, Carlos de Moraes. Ad hoc & Sensor Networks. Theory and Applications [Text] / Carlos de Moraes Cordeiro, Dharma Prakash Agrawal. – Singapore : World Scientific Publishing Co, 2006. – 642 p.
9. Hucaby D. CCNP Routing and Switching SWITCH 300-115 Official Cert Guide / D. Hucaby. – 2nd Edition. – USA: Cisco Press, 2015. – 578 p.
10. Odom, W. CCNA 200-301 Official Cert Guide, Volume 1. Cisco Press. 2019.
11. Odom, W. CCNA 200-301 Official Cert Guide, Volume 2. Cisco Press. 2019.
12. Бездротовий зв'язок (лише деякі моделі). Посібник користувача: <http://h10032.www1.hp.com/ctg/Manual/c01430367>.
13. Киричек Г. Г. Лабораторні роботи з бездротових технологій. Моделювання Wi-Fi мереж. Частина 1. 2023. 30 с.
14. Киричек Г. Г. Лабораторні роботи з бездротових технологій. Моделювання Wi-Fi мереж. Частина 2. 2023. 30 с.