

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Високопродуктивна бездротова сенсорна мережа

Виконав: студент IV курсу, групи СІс-44

спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Пасічняк Б.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Баран І.О.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тим Є.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Крамар О.І.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» _____ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Пасічняка Богдану Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Високопродуктивна бездротова сенсорна мережа

Керівник роботи Баран Ігор Олегович., к.т.н., доц. каф. ММ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «10» 02 2021 року № 4/7-97

2. Термін подання студентом завершеної роботи 26.06.2021р.

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Теоретична частина. 1.1 IoT. 1.2. Продуктивність мережі. 1.3. Надійність мережі

2. Проектна частина. 2.1. Огляд існуючих технологій. 2.2. Обґрунтування вибору технологій

2.3. Опис стандарту 802.15.4. 2.4. Середовища моделювання мереж.

3. Практична частина. 3.1. Процес моделювання мережі з використанням стандартного

протоколу. 3.2. Процес моделювання мережі з використанням оптимізованого протоколу

3.3. Аналіз результатів моделювання.

4. Безпека життєдіяльності, основи хорони праці. Висновки. Список використаних джерел

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

1. -Варіанти елементів концепції IoT_БСМ. 2. Основні характеристики технологій

3. Середовища моделювання БСМ.

4. Параметри конфігурації створюваної моделі

5. Топологія мережі з використанням протоколів.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| <i>Безпека життєдіяльності, основи хорони праці</i> | <i>Пилипець М.І., проф. кафедри МТ</i> | | |

7. Дата видачі завдання _____ *2021 р.*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|--------------------------------|-----------------|
| 1. | <i>Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи</i> | <i>10.02 – 14.02</i> | <i>Виконано</i> |
| 2. | <i>Підбір джерел про бездротові сенсорні мережі</i> | <i>15.02 – 28.02</i> | <i>Виконано</i> |
| 3. | <i>Опрацювання джерел про бездротові сенсорні мережі</i> | <i>01.03 – 15.03</i> | <i>Виконано</i> |
| 4. | <i>Виконання дослідження щодо високопродуктивної бездротової сенсорної мережі</i> | <i>15.03 – 28.03</i> | <i>Виконано</i> |
| 5 | <i>Розроблення програмного коду</i> | <i>17.03 – 09.04</i> | <i>Виконано</i> |
| 6. | <i>Оформлення розділу «Теоретична частина»</i> | <i>17.03 – 09.04</i> | <i>Виконано</i> |
| 7. | <i>Оформлення розділу «Проектна частина»</i> | <i>10.04 – 07.05</i> | <i>Виконано</i> |
| 8. | <i>Оформлення розділу «Практична частина»</i> | <i>03.04 – 08.05</i> | <i>Виконано</i> |
| 9. | <i>Виконання завдання до підрозділу «Безпека життєдіяльності, основи хорони праці»</i> | <i>10.05 – 15.05</i> | <i>Виконано</i> |
| 10. | <i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i> | <i>15.05 – 03.06</i> | <i>Виконано</i> |
| 11. | <i>Нормоконтроль</i> | <i>04.02 – 09.06</i> | <i>Виконано</i> |
| 12. | <i>Перевірка на плагіат</i> | <i>10.06 – 14.06</i> | <i>Виконано</i> |
| 13. | <i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i> | <i>15.06 – 18.06</i> | <i>Виконано</i> |
| 14. | <i>Захист кваліфікаційної роботи</i> | <i>26.06</i> | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Студент

(підпис)

Пасічняк Б.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Баран І.О.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Високопродуктивна бездротова сенсорна мережа // Кваліфікаційна робота бакалавра // Пасічняк Богдан Ігорович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних систем та мереж, група СІс-44 // Тернопіль, 2021 // с. – 50 , рис. – 24, табл. – 4, аркушів А1 – 5, бібліогр. – 24 .

Ключові слова: ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ, ПРОДУКТИВНІСТЬ МЕРЕЖІ, Zigbee, ОПТИМІЗАЦІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, OMNeT++, MIXIM FRAMEWORK

Кваліфікаційна робота присвячена проектуванню бездротової сенсорної мережі, яка є найбільш оптимальним рішенням для моніторингу і контролю виробничих приміщень, завдяки легкості монтажу, відсутності проводів і недорогій апаратній частині. Розглянуто поняття інтернету речей, продуктивності та надійності мережі. Здійснено огляд існуючих технологій, обґрунтовано її вибір, описано стандарт 802.15.4 та середовища моделювання бездротових сенсорних мереж.

Форматом для здійснення зв'язку в бездротових сенсорних мережах є стандарт 802.15.4 (ZigBee). За допомогою програми імітаційного моделювання OMNeT++ було виконано моделювання сенсорної мережі, яка базується на протоколі 802.15.4, до і після використання процесу оптимізації. Для давачів була проведена порівняльна характеристика за таким параметром, як затримка. Виконано аналіз затримок мережі, зроблено висновок про ефективність використаного методу оптимізації протоколу 802.15.4.

ANNOTATION

Highly efficient wireless sensor network // Bachelor thesis // Pasichniak Bohdan // Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Systems and Nets // Ternopil, 2021 // p.- 50, fig. – 24, table. – 4, Sheets A1 - 5, Ref. - 24.

Keywords: INTERNET OF THINGS, ZIGBEE, NETWORK PERFORMANCE, OPTIMIZATION, SIMULATION, OMNeT++, MIXIM FRAMEWORK

The qualification work deals with the design of a wireless sensor network, which is the most optimal solution for monitoring and control of production facilities, due to the ease of installation, lack of wires and inexpensive hardware. The concepts of the Internet of Things, productivity and reliability of the network are considered. The review of existing technologies is carried out, its choice is substantiated, the standard 802.15.4 and modeling environments of wireless sensor networks are described.

The format for communication in wireless sensor networks is the standard 802.15.4 (ZigBee). Using the simulation program OMNeT ++, simulation of the sensor network based on the 802.15.4 protocol was performed before and after using the optimization process. For sensors, a comparative characteristic was performed on such a parameter as delay. The analysis of network delays is performed, the conclusion about efficiency of the used method of optimization of the protocol 802.15.4 is made.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ..... | 7 |
| ВСТУП | 8 |
| РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА | 9 |
| 1.1 IoT..... | 9 |
| 1.2 Продуктивність мережі..... | 13 |
| 1.3 Надійність мережі | 15 |
| РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА | 17 |
| 2.1 Огляд існуючих технологій..... | 17 |
| 2.1.1 ZigBee (802.15.4) | 17 |
| 2.1.2 Bluetooth LE | 18 |
| 2.1.3 ANT + | 18 |
| 2.1.4 IEEE 802.11ah | 18 |
| 2.2 Обґрунтування вибору технології..... | 19 |
| 2.3 Опис стандарту 802.15.4..... | 22 |
| 2.4 Середовища моделювання БСМ..... | 25 |
| 2.4.1 NS-2..... | 25 |
| 2.4.2 Симулятор Cooja | 26 |
| 2.4.3 Симулятор TOSSIM | 28 |
| 2.4.4 OMNet++ | 29 |
| РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА | 33 |
| 3.1 Процес моделювання мережі з використанням стандартного протоколу | 33 |
| 3.2 Процес моделювання мережі з використанням оптимізованого протоколу | 35 |
| 3.3 Аналіз результатів моделювання..... | 37 |

| | | | | | | | | |
|-----------|---------------|----------|--------|------|---------------------------|------|---------|--|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | Пасічняк Б.І. | | | | Лім. | Арк. | Аркушів | |
| Керівник. | Баран І.О. | | | | | | | |
| Реценз. | | | | | ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-44 | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затверд. | | | | | | | | |

| | |
|---|----|
| РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ . | 41 |
| 4.1 Навчання працюючих і інструктажі з охорони праці..... | 41 |
| 4.2 Санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці. | 42 |
| ВИСНОВКИ..... | 46 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 47 |
| Додаток А Технічне завдання | |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 6 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

IoT (Internet of Things) – Інтернет речей

LR-WPAN – Low-Rate Wireless Personal Area Net (Network Description)

– високорівнева мова програмування

NS-2 – Network Simulator Version 2

OMNet++ - Objective Modular Network Testbed in C++

OTCL – Object Tool Command Language TCL (Tool Command Language)

– інтерпретована мова програмування високого рівня

TOSSIM – TinyOS Simulator

БД – база даних

БСМ – бездротова сенсорна мережа

КМ – комп'ютерна мережа

НСД – несанкціонований доступ

ОС – операційна система

СВ – сенсорний вузол

ПЗ – програмне забезпечення

ПЗМ - пропускна здатність мережі

ПК – персональний комп'ютер

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 7 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

Основним напрямком для моделюванні та вивчення проблеми продуктивності мережі була обрана концепція IoT.

У сучасному світі вже кілька років набирають популярність такі поняття як «електроніка, яка носитья», «розумний будинок», які можна об'єднати одним терміном - IoT. На сьогоднішній день, кількість підключених до мережі пристроїв становить близько 50 млрд, а, за прогнозами фахівців, до 2025 року кількість підключених до мережі пристроїв збільшиться мінімум удвічі [20]. Отже, проблема збільшення продуктивності мережі, автономності системи, надійності роботи і безпеки переданих даних як не можна актуальна на сьогоднішній день.

Метою роботи є розробка програмного рішення, спрямованого на збільшення продуктивності БСМ.

Для досягнення цієї мети були поставлені наступні задачі:

- аналіз предметної області концепції IoT, стандартів БСМ, вимог, що пред'являються до БСМ;
- аналіз програмних засобів моделювання, що дозволяють провести моделювання БСМ;
- внесення змін до протоколу моделі БСМ з метою підвищення продуктивності.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 8 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 IoT

IoT є концепцією обчислювальної мережі для фізичних об'єктів (інша назва - «речей»), котрі оснащені вбудованими технологіями властиво для взаємодії один з одним чи із зовнішнім середовищем. Тут розглядається організація таких мереж як певне явище, котре може змінити економічні та суспільні процеси, що виключає з частини дій і операцій участь людини [4].

У 2008-2009 роках відбувся перехід від так званого «Інтернету людей» до IoT (рис. 1.1), тобто кількість елементів, під'єднаних до мережі, стало більшим, ніж кількість всіх людей, які проживають на нашій планеті.



Рисунок 1.1 – Варіанти елементів концепції IoT

| | | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|-------------------------|---------------------------|------|---------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Пасічняк Б.І. | | | | Лім. | Арк. | Аркушів |
| Керівник. | | Баран І.О. | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затверд. | | | | | | | | |
| | | | | | | ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-44 | | |

Термін IoT вперше був запропонований співробітником Массачусетського технологічного інституту Кевіном Ештоном в 1999 р. В цьому ж році з'явився Центр автоматичної ідентифікації (Auto-ID Center), основним напрямком якого стала радіочастотна ідентифікація RFID і сенсорні технології, завдяки чому ця концепція змогла набути широкого поширення [4].

Наступні пристрої з нашого повсякденного середовища можна привести як приклад пристроїв, потенційних для впровадження в світ IoT:

- побутова техніка, в тому числі будильники, цифрові камери, домашні аудіо- та акустичні системи;
- кухонна техніка і побутові прилади, в т.ч. холодильники, кавоварки, сушарки, різні світильники, кондиціонери, термостати і посудомийні машини;
- пожежно-охоронні системи управління, такі як детектори диму, пожежні насоси, системи моніторингу для догляду за літніми людьми, камери з давачами руху, домашні охоронні системи, сейфи;
- музичні інструменти;
- роботи;
- товари для фітнесу і здоров'я: пристрої, що стежать за фазами сну, крокоміри, датчики ваги, кров'яного тиску та інших параметрів [20].

Цю концепцію, як правило, пов'язують з розвитком БСМ.

В даний час знаходиться на підйомі розвиток технології БСМ (рис. 1.2).

БСМ – це розподілена мережа, що самоорганізується, стійка до виходу з ладу окремих елементів і здатна обмінюватися інформацією по бездротовому з'єднанню [3].

Кожен елемент такої мережі володіє автономним джерелом живлення, також передавачем / приймачем та мікрокомп'ютером. Зона охоплення становить від кількох метрів до декількох кілометрів, в залежності від антени і типу модуля, також через можливість передачі повідомлень від одного елемента до іншого. Зв'язок між будь-якими двома кінцевими точками може здійснюватися через ретранслятор (в тих випадках, коли радіус охоплення цих пристроїв не допускає їх взаємного виявлення).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

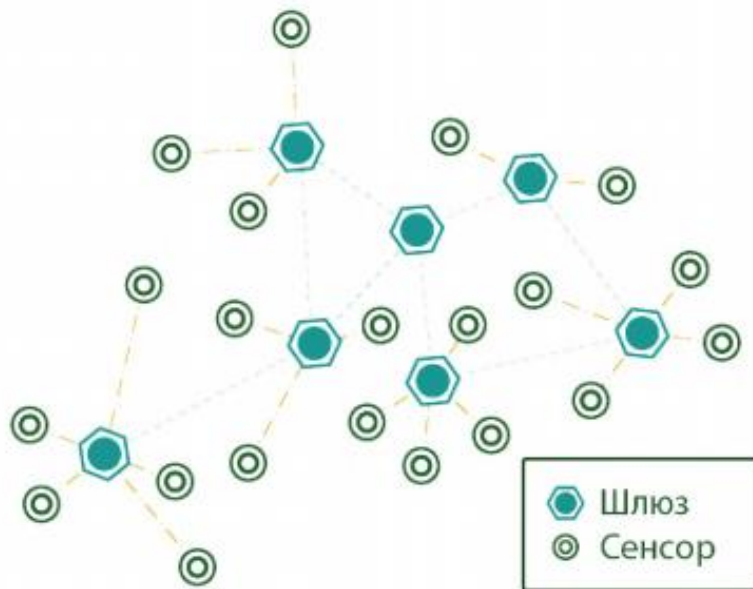


Рисунок 1.2 – БСМ

Отже, пристрої з невеликим радіусом можуть взаємодіяти один з одним з використанням ретрансляторів. Як правило, БСМ використовується для збору даних з пристроїв, оснащених датчиками температури, освітлення, вологості, тобто, мають відношення до моніторингу. Наприклад, мініатюрні датчики можуть бути використані в медицині для моніторингу стану пацієнта. Пристрій, який пацієнт носить з собою, може контролювати роботу життєво важливих органів, у випадку небезпеки, повідомити лікаря про проблему [3,6].

Невеликий розмір пристроїв дозволяє провести не тільки поверхневий огляд пацієнта, а й досліджувати внутрішні органи. Так, наприклад, під час гастроскопії в державних лікарнях і клініках використовують спеціальні апарати з гастроскопічною трубкою, яку не всі пацієнти можуть проковтнути. Сьогодні на ринку для проведення таких досліджень вже існують спеціалізовані пристрої в формі таблеток (рис. 1.3). Ці пристрої мають запас автономного живлення, достатній для безперервної роботи впродовж 24 годин, в тому числі, відправки показів іншого пристрою, який пацієнт упродовж цього часу носить з собою. Після цього у лікаря буде можливість проаналізувати результат і поставити діагноз [3].



Рисунок 1.3 – Гастроскопічна капсула

Сенсори можуть використовуватися для контролю за автоматичним ввімкненням світла, коли людина входить в кімнату, для управління будь-якими пристроями системи «розумний будинок» (рис. 1.4) (включення кондиціонера, обігріву підлоги ін.) [6].

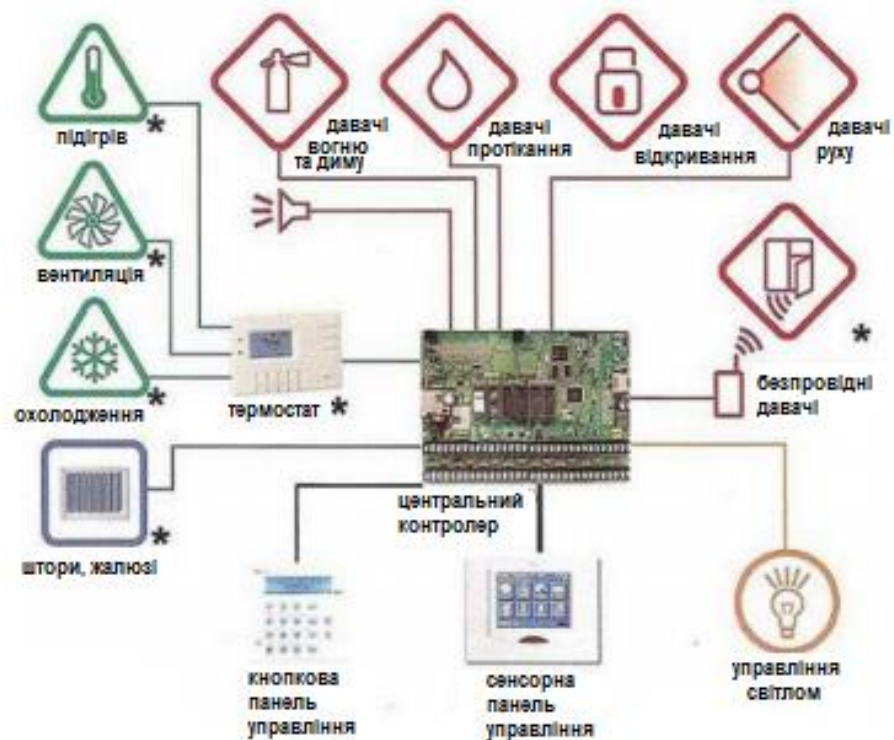


Рисунок 1.4 – Типова схема системи «розумний будинок»

Іноді необхідно контролювати рухливість або пошкодження будь-яких об'єктів, де проблематично прокласти кабель. Для цього, знову-таки, вигідніше використовувати сенсорні мережі, оскільки давачі оснащені автономними блоками живлення є бездротовими.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 12 |

Крім того, технологія бездротового зв'язку у сенсорній мережі може бути використана для передачі аудіо даних - в системі внутрішнього домофонного зв'язку, в мультимедійній системі з низьким енергоспоживанням [3,6].

Основна проблема концепції IoT сьогодні - це відсутність стандартів в цій галузі, що призводить до утруднення інтеграції існуючих на ринку рішень і перешкоджає появі нових.

На додачу до питань про стандарти, є й інші потенційні перешкоди на шляху до IoT. Серед них - розміри створюваної інфраструктури, і необхідні для збору інформації та аналізу пристроїв категорії IoT сервера збереження та обробки даних. Є також деякі політичні та законодавчі обмеження, нормативні акти, які призводять до уповільнення розвитку концепції, в тому числі підвищеної уваги до контролю конфіденційності персональних даних [4, 20].

1.2 Продуктивність мережі

Її можна виміряти, використовуючи кілька показників, ПЗМ буде одним з таких показників. Вона відображає кількість інформації, яка може бути передана в мережі за певну часову одиницю [2].

Як одиниці для вимірювання використовуються, як правило, пакети (кадри) чи біти. Отже, ПЗМ визначається в бітах за секунду або ж в пакетах за секунду.

Виконання вимірювання ПЗМ в бітах за секунду дозволяє точнішу оцінку для швидкості передачі інформації, на відміну від застосування пакетів.

У всіх протоколах присутній заголовок, котрий містить службову інформацію, а також поле даних, де наявна користувацька інформація. Зокрема, в мінімальному кадрі для стандартного протоколу Ethernet поле даних має розмір 46 байтів, а решту з 64 байт відіграють роль службової інформації. При вимірі ПЗМ в пакетах за секунду, відсутня можливість

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 13 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

відділити службову інформацію від користувацької, в той час як при побітовому вимірюванні це є можливим [1].

Для тестування ПЗМ на прикладному рівні простіше провести

Досить заміряти час передачі файлу визначеного розміру між клієнтом та сервером і поділити розмір на витрачений час. Для того, щоб виміряти загальну ПЗМ мережі необхідно використовувати спеціалізовані інструменти, зокрема аналізатори протоколів або RMON- і SNMP-агенти, які входять до складу ОС, різне комунікаційне обладнання або спеціальні мережеві адаптери [1].

ПЗМ також може вимірюватися через дві будь-які двома чи вузли мережі. В цьому випадку, отримане значення ПЗМ буде змінюватися в відповідно до того, між якими вузлами будуть проводитися вимірювання при однакових мережевих умовах. Так як в мережі зазвичай одночасно знаходиться велика кількість ПК і серверів, тому повну характеристику ПЗМ мережі дасть набір ПЗМ, заміряних для різних комбінацій взаємодіючих між собою ПК - це так звані матриці трафіку вузлів мережі. Також існують спеціалізовані програмні засоби вимірювання, котрі можуть побудувати таку матрицю для кожної точки мережі [16].

Оскільки дані в КМ при проходженні шляху до точки призначення, як правило, мають декілька транзитних етапів, тоді як критерій ефективності варто брати пропускну здатність стосовно кожного окремого вузла мережі - деякого визначеного сегменту чи каналу, або і пристрою [16].

Властиво знання загальної ПЗМ між двома точками комп'ютерної мережі не в змозі надати всієї інформації щодо можливих методів її підвищення через те, що із показників неможливо зрозуміти, власне котра з проміжних стадій обробки пакетів максимально заважає роботі мережі. Таким чином, дані щодо пропускну здатності окремих вузлів мережі будуть корисними для прийняття рішень щодо її можливої оптимізації [16].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 14 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.3 Надійність мережі

Важливо мати уявлення про кілька аспектів, які власне і визначають поняття надійності. Зокрема для технічних пристроїв, показниками надійності є такі: інтенсивність відмов, середній час напрацювання на відмову, імовірність відмови. Проте, ці показники корисні лише для оцінки надійності, як правило, простих елементів та пристроїв, що перебувають у одному із двох станів одночасно - працездатному і непрацездатному. Реальні складні системи, які складаються з безлічі пристроїв і елементів, на додачу до згаданих станів мають додаткові проміжні стани, що не враховуються цими характеристиками. Тому для коректної оцінки надійності реальних складних систем використовується інший набір атрибутів [16].

В їх числі є коефіцієнт готовності або, власне, готовність - показує частку визначеного часу, упродовж якого може початися використання система. Ця характеристика може покращитися через введення до складу системи надлишковості: деякі ключові елементи дублюються в декількох екземплярах, з тією метою, щоб при виході з ладу одного них, інші зможуть забезпечити якісну роботу всієї системи [2].

Високонадійна система повинна, принаймні, мати високий ступінь готовності, але цього недостатньо. Також потрібен захист даних від спотворень та їх коректне збереження. Крім того, повинна бути наявною узгодженість (несуперечливість) даних [2].

Так як КМ заснована на механізмі передачі пакетів інформації власне між кінцевими точками, тому імовірність доставки вузла призначення пакетів без спотворень є однією з характерних властивостей надійності. Також поряд з цим показником можуть бути використані і інші характеристики: ймовірність втрати пакетів (без відносно до її причини – через відсутність шляху до власне працездатного призначення, через різну контрольну суму, через переповненість буфера маршрутизатора і т.д.), можливість спотворення

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 15 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

окремих бітів даних, коефіцієнт, який визначається відношенням пакетів, які доставлені, до втрачених [2].

Іншою характеристикою загальної надійності мережі є відмовостійкість. В даному випадку, це здатність системи приховувати відмови окремих елементів від користувача. Наприклад, в разі, коли копія таблиці БД є одночасно збереженою на кількох серверах, користувач може не помітити реальну відмову одного з них. Так у відмовостійкої системи поломка одного з її елементів може привести до несуттєвого зниження якості роботи системи (деградації), але в жодному разі не призведе до повної її зупинки. Так, якщо один з файлових серверів вийде з ладу, збільшиться тільки справжній час доступу до БД завдяки зменшенню ступеня розпаралелювання виконуваних запитів, проте в загальному система буде здатна коректно працювати [2].

Ще однією ознакою загальної надійності мережі є її безпека. Фактично, це здатність самої системи захистити від НСД дані. Це набагато складніше зробити у розподіленій системі, ніж у централізованій. Мережеві повідомлення передаються, зазвичай, по лініях зв'язку, які часто проходять через спільний простір, в якому можуть бути обладнані засоби для проведення прослуховування ліній. Залишені без нагляду ПК також можуть стати слабким місцем. Крім цього, завжди існує ймовірна небезпека виконання злону захисту від неавторизованих користувачів в випадках, коли КМ має доступ до глобальних мереж загального користування [2].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 16 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1 Огляд існуючих технологій

Для передачі даних по бездротових мережах для побудови IoT надзвичайно важливі наступні властивості: ефективність при низьких швидкостях роботи, відмовостійкість, адаптивність мережі, можливість самоорганізації.

Таким чином, варто приділити основну увагу технологіям ZigBee, AMT +, Bluetooth LE і IEEE 802.11 ah.

2.1.1 ZigBee (802.15.4)

Протокол ZigBee є набором мережевих протоколів верхнього рівня, котрі регламентуються стандартом IEEE 802.15.4.

Варто згадати, що основною особливістю технології ZigBee є те, що при малому енергоспоживанні вона здатна підтримувати не тільки стандартні прості топології мережі, зокрема «точка-точка», «дерево» і «зірка», але і специфічну порожнисту топологію - mesh, яка самоорганізується і самовідновлюється з ретрансляцією і маршрутизацією повідомлень. Також на додачу технологія ZigBee дозволяє вибрати алгоритм маршрутизації, в залежності від вимог додатку і стану мережі, механізм стандартизації додатків – профілі додатків, бібліотека стандартних кластерів, кінцеві точки, прив'язки, гнучкий механізм безпеки. ZigBee забезпечує простоту розгортання, обслуговування і модернізації.

Назва технології нав'язана поведінкою бджіл, після повернення їх до вулика [6, 21].

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|-------------------------|---------------------------|-------------|---------------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Пасічняк Б.І. | | | | <i>Лім.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркуші</i> |
| <i>Керівник.</i> | | Баран І.О. | | | | | | |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | | |
| | | | | | | ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-44 | | |

2.1.2 Bluetooth LE

Ця технологія була прийнята спеціальною групою користувачів Bluetooth в 2007 р і спочатку отримала назву Bluetooth Ultra-Low-Power, а потім Bluetooth Low Energy (Bluetooth з низьким енергоспоживанням). Мета розробки даної технології полягала в тому, щоб забезпечити пристроям з обмеженим ресурсом живлення постійне підключення до інтернету Як правило, давачі Bluetooth LE працюють упродовж багатьох років без необхідності заміни батарей. Зазвичай вони використовують плоскі круглі батареї, наприклад, популярні CR2032.

Мережа Bluetooth LE відома також як Bluetooth v4.0 і є частиною загальнодоступною специфікації Bluetooth. Пристрої Bluetooth v4.0 не завжди можуть підтримувати інші версії Bluetooth. Однак більшість чіпсетів Bluetooth від провідних виробників підтримують функціональність як Bluetooth, так і Bluetooth LE [6].

2.1.3 ANT +

Це фірмова безпроводна технологія з низьким споживанням, яка працює в діапазоні 2,4 ГГц. Вона була створена у 2004р. компанією Dynastream.

Головним призначенням цієї технології є встановлення зв'язку між давачами. Технологія ANT + використовує протокол ANT і забезпечує функціональну сумісність пристроїв в керованій мережі, що дозволяє об'єднувати всі пристрої ANT + в мережі. Подібно Bluetooth LE пристрої ANT можуть працювати від плоскої круглої батарейки CR2032 роками.

Пристрої ANT не підлягають випробуванням на функціональну сумісність, які проводяться для інших стандартних технологій [6].

2.1.4 IEEE 802.11ah

Це специфікація одного з набору стандартів зв'язку через бездротову локальну мережеву зону з діапазонами частот 0,9, 2,4, 3,6 і 5 ГГц, що дасть їм можливість інтегруватися в існуючу екосистему Wi-Fi.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 18 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Сигнали бездротових мереж IEEE 802.11ah, що передаються в діапазоні 900 МГц, легко проникають через стіни, але не володіють високою пропускною здатністю - швидкість передачі даних при цьому може складати від 100 кбіт / с до 40 Мбіт / с. Технологія подібного роду обіцяє бути корисною для численних давачів і зондів, що розміщуються в житлових будинках і комерційних будівлях. Стандарт 802.11ah може розглядатися як конкурент протоколів IoT Bluetooth LE та ZigBee. Використовувані у промисловості безпроводні пристрої IEEE 802.15.4 можуть працювати від батареї протягом тривалого часу, проте дальність і доступні швидкості передачі даних дуже низькі. Крім того, оскільки швидкості IEEE 802.15.4 недостатні для передачі відеопотоків, IEEE 802.11ah також може бути використаний в цих сценаріях для передачі зображення з камер спостереження [7].

2.2 Обґрунтування вибору технології

Для кращого розуміння зведемо основні характеристики розглянутих технологій (ZigBee, ANT +, Bluetooth LE, IEEE 802.11ah) в таблицю 1.1. У ній відображені параметри пропускної здатності (Кбіт / с), часу очікування (мс), пікового струму споживання (мА), частоти (ГГц) і дальності дії (м).

Таблиця 2.1 – Основні характеристики

| | Пропускна здатність | Час очікування | Піковий струм спожив | Частота | Дальність дії |
|---------------|---------------------|----------------|----------------------|-------------|---------------|
| ZigBee | 20 - 250 | 10 | 30 | 0,868 - 2,4 | 70 |
| ANT + | 20 | 1,5 | 60 | 2,4 | 30 |
| Bluetooth LE | 305 | 2,5 | 12,5 | 2,4 | 100 |
| IEEE 802.11ah | 100 - 40000 | 1,5 | 116 | 0,9 | 100 - 1000 |

Побудуємо на основі таблиці порівняльні діаграми (рисунки 2.1 - 2.4), які наглядно відображають рішення, які є лідерами в тій чи іншій порівняльній характеристиці.

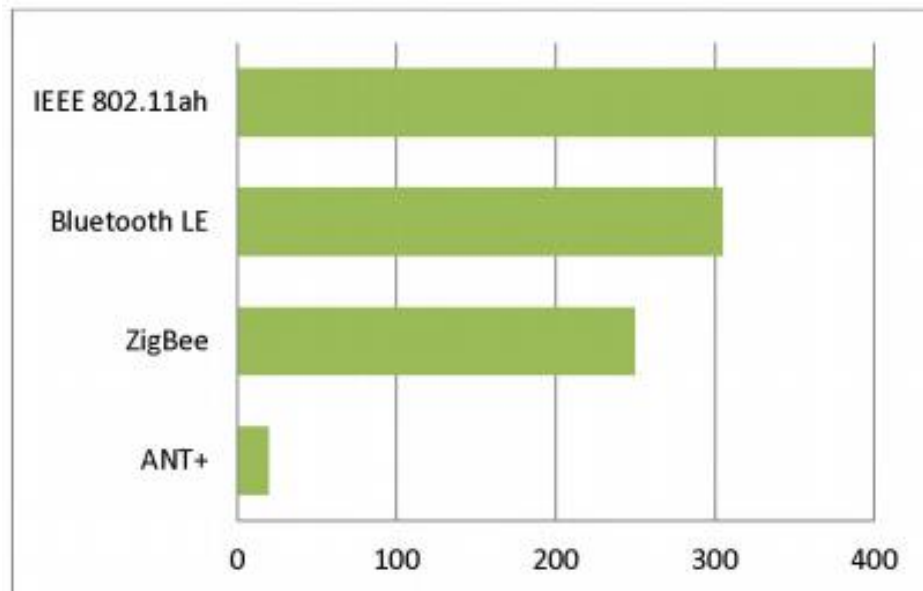


Рисунок 2.1 – Пропускна здатність, Кбіт / с

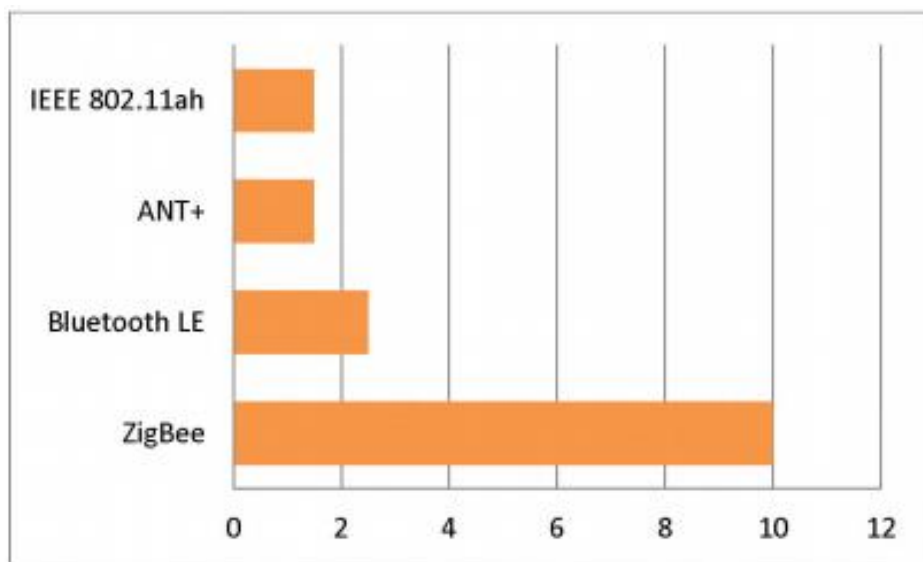


Рисунок 2.2 – Час очікування, мс

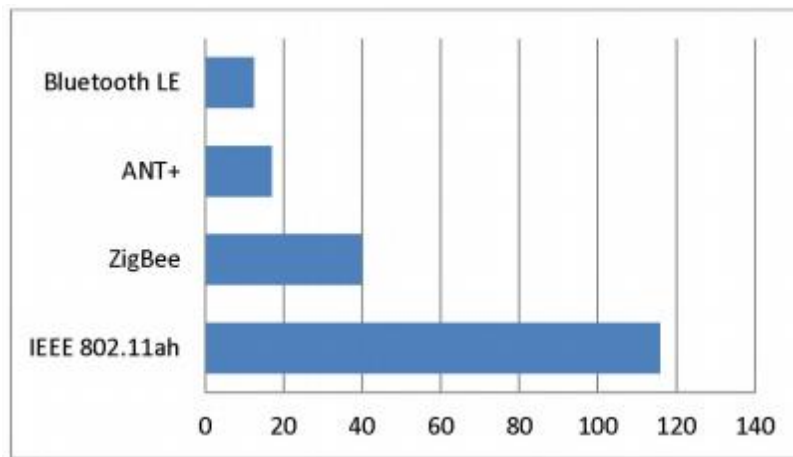


Рисунок 2.3 – Піковий струм споживання, мА

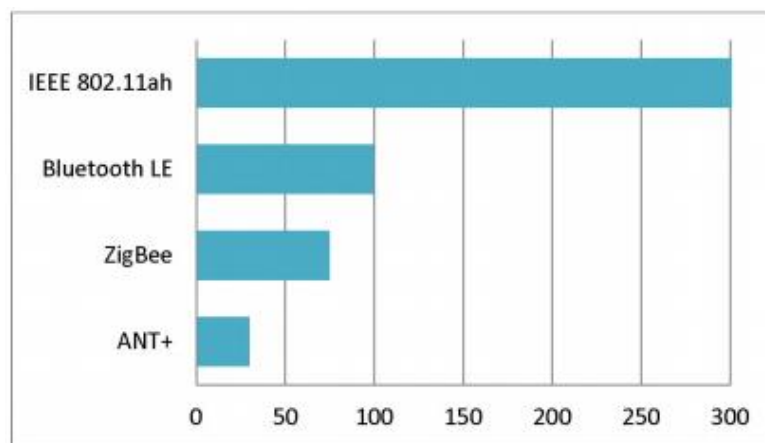


Рисунок 2.4 – Дальність дії, м

Як видно з діаграм, технологія ANT + поступається конкурентам за параметрами дальності і пропускної здатності, маючи досить невеликі переваги в часі готовності і піковому струмі споживання. Технологія IEEE 802.11ah обіцяє надати вкрай високі (на тлі конкурентів) показники дальності і пропускної здатності, але, в той же час, є найбільш енерговитратною.

Можна бачити, що технології Bluetooth LE та 802.15.4 (ZigBee) за своїми характеристикам досить близькі за значенням, і є найбільш привабливими технологіями серед розглянутих. Проте, відповідним форматом для здійснення зв'язку в БСМ є стандарт 802.15.4 (ZigBee), так як він є відкритим, на відміну від закритою технології Bluetooth LE і володіє значною перевагою у вигляді низької вартості апаратури для реалізації.

2.3 Опис стандарту 802.15.4

Стандарт 802.15.4 служить для організації двох нижніх рівнів еталонної моделі OSI в БСМ - фізичний (PHY) і каналний (MAC). Ці шари забезпечують послуги на більш високих рівнях (рис 2.5). Інтерфейси між шарами використовуються для визначення логічних з'єднань. Фізичний рівень забезпечує дві послуги: фізичне обслуговування управління і фізичне обслуговування даних. Задачі фізичного рівня - вмикання / вимикання радіоприймача, визначення рівня енергії, вибір каналу, прийому і отримання пакетів через фізичне середовище. Канальний рівень надає такі послуги: обслуговування управління і обслуговування даних на каналному рівні. Завдання - доступ до каналу, сигнальне управління, твердження / підтвердження доставки пакетів, роз'єднання (дисасоціація) і з'єднання (асоціація) з пристроями, забезпечення механізму безпеки.

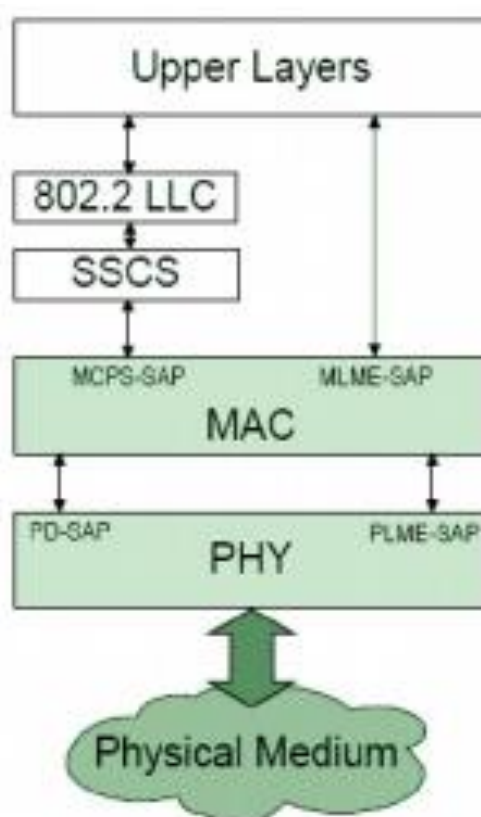


Рисунок 2.5 – Архітектура рівнів

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 22 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Стандарт визначає протокол і взаємодія пристроїв в наступних неліцензованих радіодіапазонах:

- 868,0 - 868,6 МГц (Європа, 1 канал);
- 902 - 928 МГц (Північна Америка, 10 каналів);
- 2450 МГц (решта світу, 16 каналів).

Швидкість передачі даних при цьому становить від 20 Кбіт / с (868 МГц) до 250 Кбіт / с (2450 МГц).

Всі пристрої стандарту можуть бути класифіковані з точки зору функціональності і призначення [22].

За функціональною ознакою можна виділити наступні типи пристроїв: повнофункціональний (FFD) і напівфункціональний (RFD).

Повнофункціональний пристрій може з'єднатися з будь-яким іншим, задіяним в мережі, а напівфункціональний - тільки з FFD.

Виділяють три види ZigBee- пристроїв за призначенням:

– ZC або ZigBee -координатор – за визначенням є найбільш відповідальним пристроєм, котрий генерує шляхи дерева мережі і взаємодіє з іншими мережами. Таким чином в будь-якій мережі існує один ZC, який управляє мережею - присвоює ідентифікатор PAN, вибирає частоту, роздає короткі адреси.

– ZR або ZigBee – маршрутизатор - властиво може бути проміжним маршрутизатором, здійснюючи передачу даних з інших пристроїв. Крім цього, може запускати функцію додатку.

– ZED або кінцевий ZigBee -пристрій – виконує функції взаємодії з батьківським вузлом (відповідно з маршрутизатором або координатором), проте не має змоги виконувати передачу даних з інших пристроїв. Такий ZED потребує мінімальний обсяг пам'яті, отже, у виробництві, він може бути дешевше, ніж ZC або ZR [22].

Виділяють наступні топології мережі: «зірка» та «точка-точка» (мережа рівноправних вузлів).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 23 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Обмін даними в топології «зірка» між пристроями відбувається через центральний головний контролер, названий PAN-координатором. Він є в мережі первинним пристроєм і може отримувати живлення зі стаціонарного джерела.

У топології рівноправних вузлів («точка-точка») також присутній PAN-координатор, проте, будь-який пристрій, на відміну від «зірки», може з'єднатися з іншим пристроєм, поки вони знаходяться в межах один одного.

Таким чином, в топології рівноправних вузлів можуть утворюватися складні мережеві форми, наприклад, петлі або кластерне дерево (рис. 2.6) або петля.

В такому випадку, RFD пристрої підключаються до деревовидної системи в кінці гілок як листовий пристрій [14].

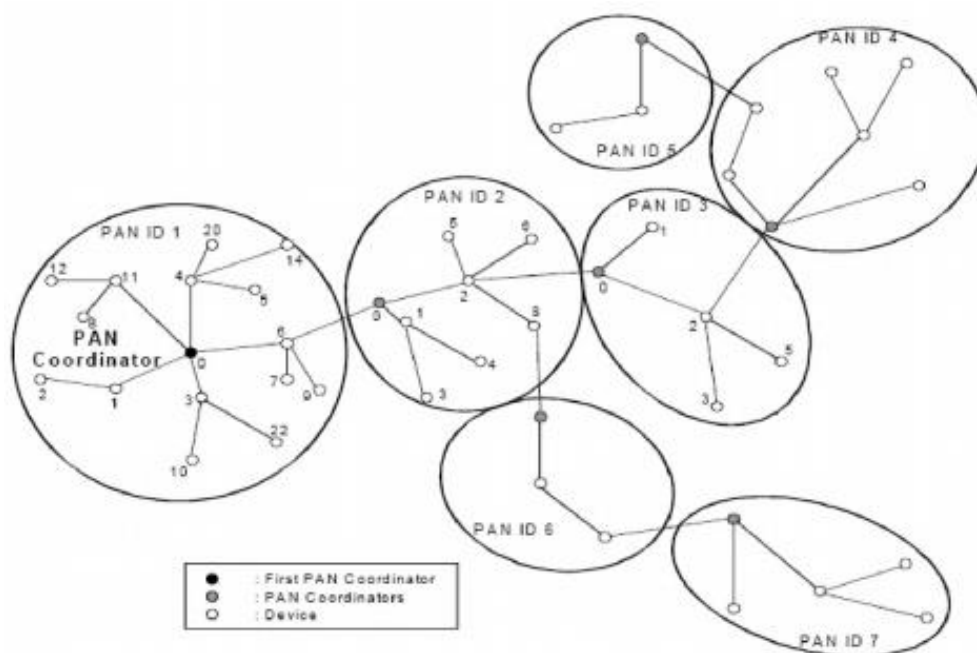


Рисунок 2.6 – Кластерна топологія

Всі пристрої повинні мати підтримку унікальної 64-бітної адреси. Ця адреса береться для адресації в межах мережі. Для того щоб зменшити мережевий трафік, передбачено використання призначених координатором мережі 16-бітних адрес.

Стандарт визначає чотири типи пакетів:

- сигнальний, призначений для передачі маяків координатором;
- даних, призначений для пересилання даних;
- підтвердження, що дані прийняті успішно;
- командний, призначений для керування об'єкта МАС.

Стандарт 802.15.4 передбачає захист даних з використанням симетричних ключів шифрування. Криптографічний механізм поєднує в собі:

- конфіденційність даних (передана інформації відома тільки тому, кому дана інформація призначена);
- справжність даних (захист від змін в процесі передачі);
- дублювання даних (повторна передача) [14].

2.4. Середовища моделювання БСМ

2.4.1 NS-2

Це середовище імітаційного моделювання перервних подій і станів, націлене на створення провідних і безпроводних мереж. Середовище моделювання написана на C++ і TCL. Для побудови симуляційних схем застосовується TOCL (Object TCL). Середовище є у вільним ПЗ та може бути завантаженим з офіційного сайту для використання для навчальних потреб.

Вікно роботи з NS-2 наведено на рис. 2.7.

Має підтримку значної кількості протоколів, типів та компонентів сенсорної мережі, а також різних моделей передачі даних. Варто відмітити, що для моделювання так званих ad-hoc мереж є підтримка протоколів AODV, DSDV, DSR та TORA, але дані протоколи вимагають несуттєвої доробки для роботи з мобільними вузлами [10].

У цьому ПЗ є модель для реалізації стандарту IEEE 802.15.4.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 25 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

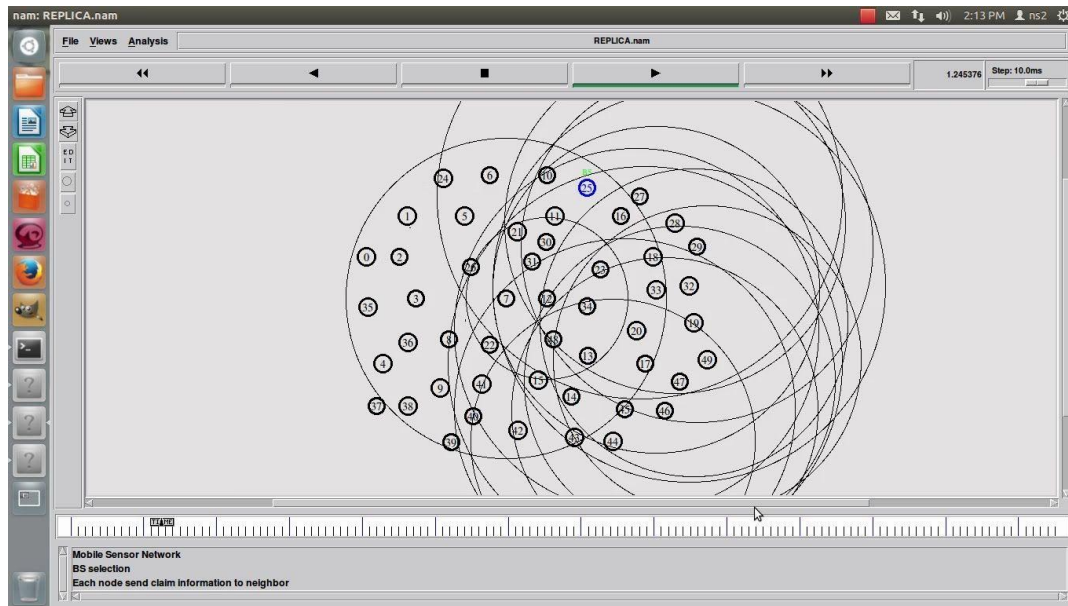


Рисунок 2.7 – Інтерфейс вікна NS-2

Довідкової документації стосовно особливостей симулятора не так і багато, також достатньо мало літератури для навчальних потреб. Як варіант, можна звертатися до переліку запитань, які часто задають, та проводити аналіз вихідного коду моделі, яка побудована.

2.4.2 Симулятор Сооґа

Варіант симулятора мережі для особливої ОС Contiki, який був навмисно створений для БСМ. Він надає змогу перевірити розроблювану мережа перед її реальною реалізацією.

Власне Contiki є спеціалізованою ОС для всіх пристроїв з низькими енергозатратами, наприклад СВ і т.п. Файли бібліотек цієї ОС проходять процес завантаження і компіляції симулятором, вподальшому при допомозі спеціальних функцій здійснюється необхідний контроль і аналіз стану мережі. Сооґа, навіть при тому, що він був розроблений для БСМ, володіє підтримкою стеку протоколів TCP/IP. На рисунку 2.8 наведений інтерфейс вікна Сооґа [11].

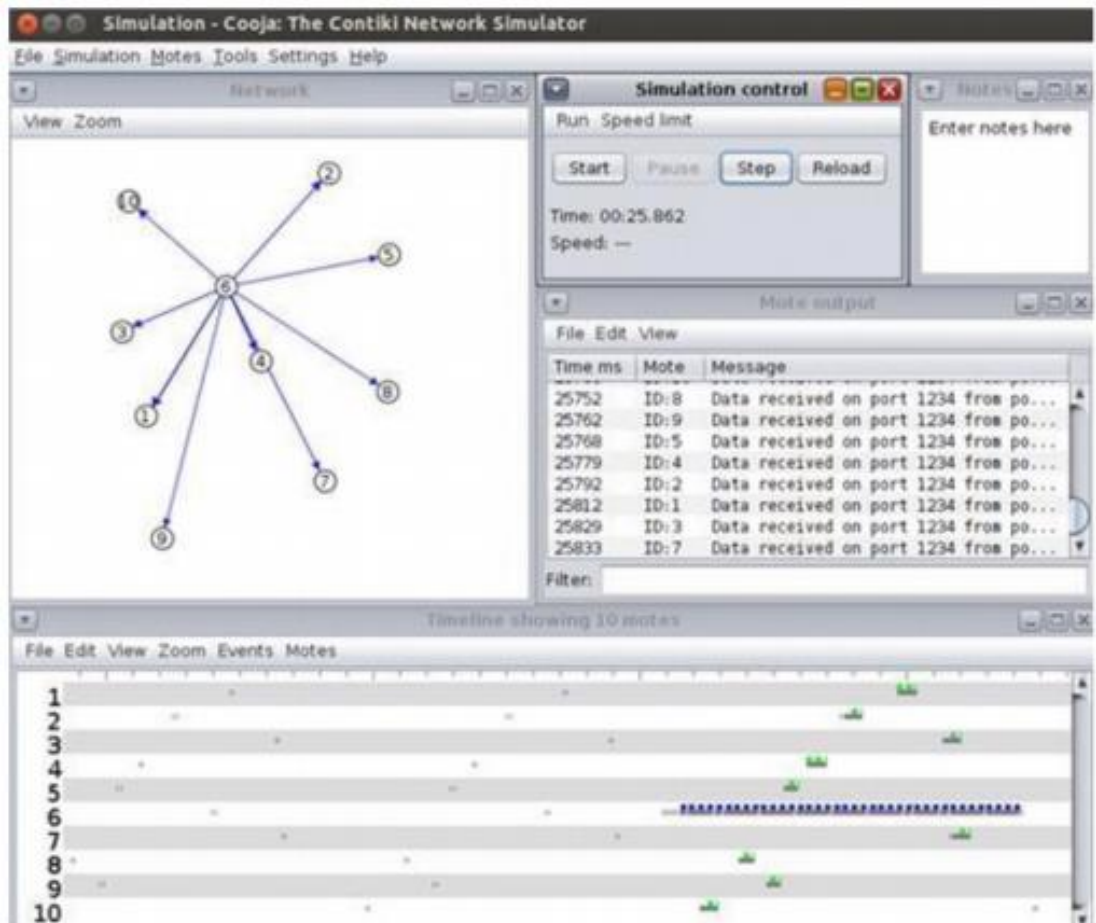


Рисунок 2.8 – Інтерфейс вікна Сооґа

Для побудови моделей застосовується мова об'єктного програмування Java, але є можливість використання мови C для роботи з мережевими пристроями.

Сооґа може функційно розширятися, для цього наявна можливість використання плагінів та інтерфейсів на додачу. Інтерфейс призначений для опису властивостей СВ, а різні плагіни сприяють створенню симуляції. Цей симулятор володіє підтримкою проведення моделювання декількох таких мереж одночасно.

Додатковою перевагою Сооґа є можливість проведення моделювання на трьох різноманітних рівнях одночасно. Маються на увазі рівні мережевий, ОС та інструкцій машинного коду.

Початково Сооґа написаний для ОС Linux та Windows, проте вподальшому було розроблено ПЗ і для MacOS [11].

2.4.3 Симулятор TOSSIM

Є БСМ-симулятором ОС TinyOS, яка була спеціально створена для мереж сенсорів. Проте TinyOS не може вважатися ОС в звичному нам розумінні цього визначення. Фактично це програмна складова для вбудованих систем та масив компонентів, за допомогою яких можна будувати імітаційні моделі під визначеним додатком, зокрема TOSSIM. Цей симулятор дозволяє проводити моделювання мережі в тисячі вузлів. Після проведення їх аналізу можна передбачити, з високою ймовірністю, поведінку реальної мережі. Проводячи моделювання мережі з наявністю можливих завод та помилок, TOSSIM будує просту, але надзвичайно якісну з точки зору ефективності модель різних взаємодій СВ в реальній мережі. Вікно для роботи з TOSSIM наведено на рис. 2.9.

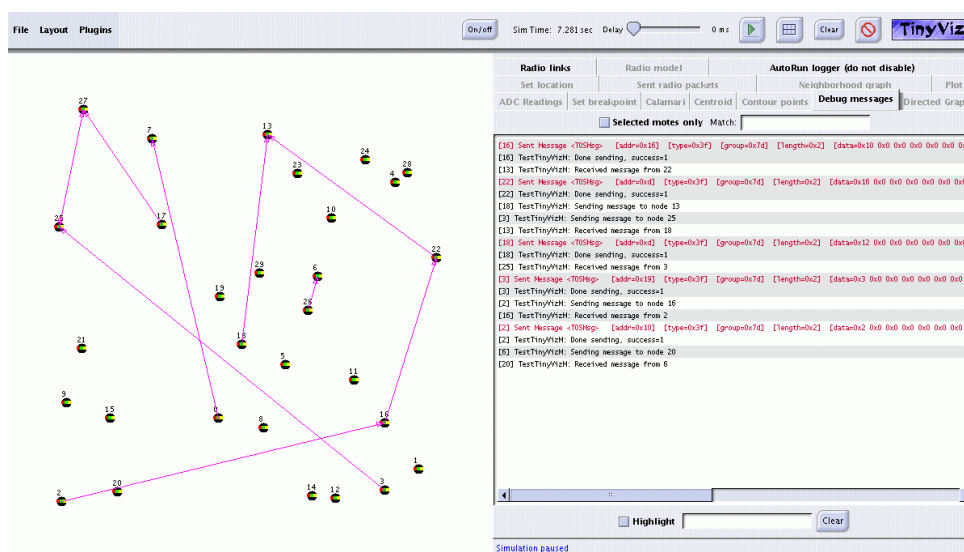


Рисунок 2.9 – Вікно емулятора TOSSIM

Компілюючи додатки TinyOS в своє середовище моделювання, TOSSIM може створювати мережі масштабом в тисячі вузлів. Виконуючи опис малопотужної моделі пристроїв системи TinyOS, цей симулятор дозволяє коректно моделювати поведінки СВ з великою ймовірністю, здійснювати опис характеристики вузлів і проводити численні експерименти. Для зручності використання TOSSIM володіє підтримкою користувацького графічного

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 28 |

інтерфейсу з метою забезпечення детальної візуалізації і дій поточної імітаційної моделі [12].

Загальними характеристиками середовища є:

- масштабованість – забезпечує підтримку такої моделі реальної мережі, котра містить велику кількість СВ з різноманітною поточною конфігурацією. Варто зауважити, що максимальна з усіх побудованих мереж для TinyOS містила в своєму складі близько 850 СВ;

- достовірність - дозволяє описувати різноманітні взаємозв'язки вузлів, котрі можуть бути в справжній мережі;

- зв'язність – дозволяє пов'язувати запропонований алгоритм створення симуляції з його графічним поданням, що надає змогу розробникам тестити код програми, котрий потребує компіляції на реальному пристрої, а на додачу здійснювати візуалізацію мережі.

В загальному до складу архітектури TOSSIM входять такі елементи:

- підтримка вбудовування компонентних складових TinyOS в структуру симулятора;

- перервний потік подій;

- масив програмних складових для заміни відповідних апаратних компонентів реальних об'єктів;

- спеціалізовані засоби зв'язку, котрі забезпечують взаємозв'язок зовнішніх програм з емулятором середовища TOSSIM [12].

2.4.4 OMNet++

Є засобом для проведення моделювання з використанням перервних подій. Дану програму можна використати для симуляції як дротових, так і бездротових систем комунікації, різноманітних протоколів та, навіть, мереж масового обслуговування.

Середовище оперує засобами мови C++ для проведення побудови імітаційних моделей. Такі моделі разом з NED складаються у великі частини і є великими системами (рис. 2.10). OMNet++ володіє набором графічних

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

інструментів для побудови моделей і проведення оцінки в «реалі» отриманих результатів.

Програмні моделі створюються з компонентів багаторазового використання – модулів. Якісно прописані модулі насправді можна використовувати багатократно та виконувати їх об'єднання за блоковим принципом.

Окремі модулі можна поєднувати між собою при допомозі портів, та об'єднувати в складені модулі із застосуванням мови NED. Обмежень на кількість введених модулів немає [9,18].

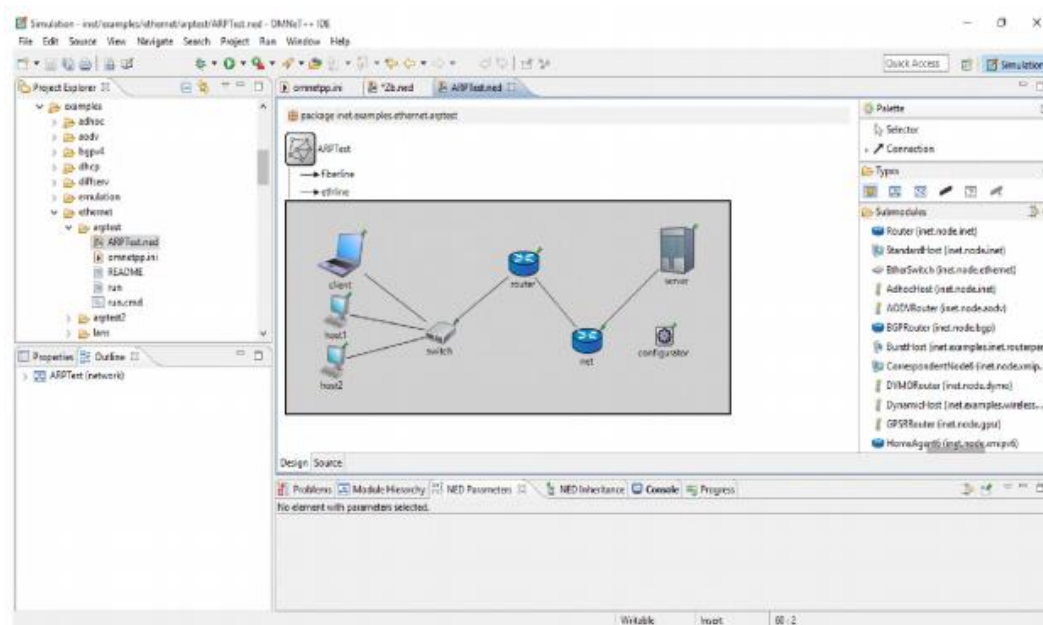


Рисунок 2.10 – Графічний NED редактор

Окремі модулі перебувають у постійному зв'язку при допомозі повідомлень, котрі передаються та містять будь-які за структурою дані. Власне модулі можуть виконувати передачу повідомлень по визначених портах і з'єднаннях напряму до сервера, а також безпосередньо між собою. Властиво останнє є дуже корисним для симуляції БСМ.

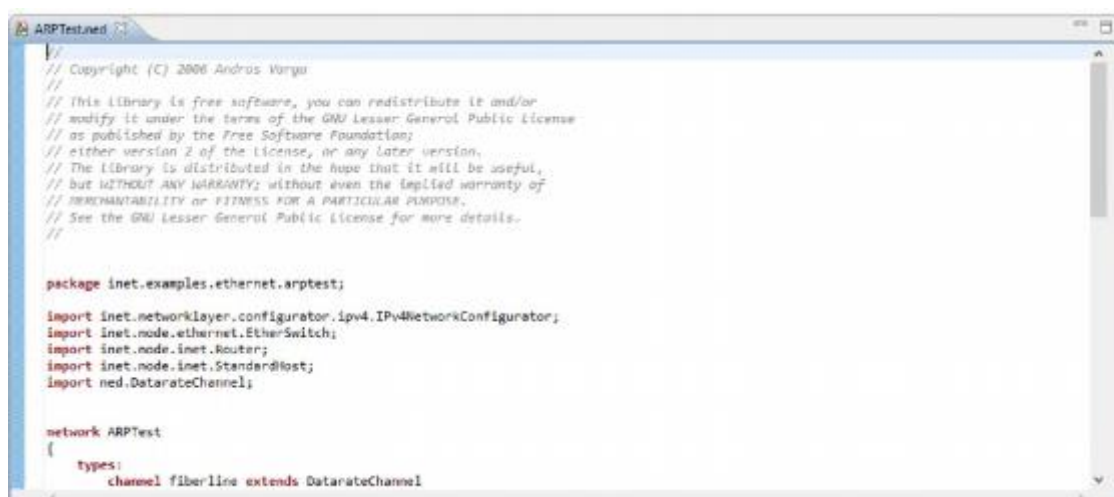
Процес може відбуватися в різних користувацьких інтерфейсах. Наявність графічно- анімованого інтерфейсу необхідна для проведення

демонстрації та налагодження мережі, у той же час, як командний рядок необхідний для внесення поточних змін.

Стандартними компонентами OMNet++ є:

- коренева бібліотека для проведення симуляції;
- середовище розробки на основі Eclipse- платформи;
- графічний інтерфейс поточного моделювання;
- програмний редактор коду для мови NED (рис. 2.11);
- користувацький інтерфейс командного рядка для проведення симуляції;
- програмна документація та приклади застосування.

OMNeT++ працює на найпоширеніших ОС: Linux, MacOS/X, Windows [9,18].



```
// Copyright (C) 2006 Andros Varga
// This library is free software, you can redistribute it and/or
// modify it under the terms of the GNU Lesser General Public License
// as published by the Free Software Foundation;
// either version 2 of the license, or any later version.
// The library is distributed in the hope that it will be useful,
// but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
// MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.
// See the GNU Lesser General Public License for more details.
//

package inet.examples.ethernet.arptest;

import inet.networklayer.configurator.ipv4.IPv4NetworkConfigurator;
import inet.mode.ethernet.EtherSwitch;
import inet.mode.inet.Router;
import inet.mode.inet.StanderHost;
import ned.DatarateChannel;

network ARPTest
{
    types:
        channel fiberline extends DatarateChannel
}
```

Рисунок 2.11 – Інтерфейс редактор коду NED

Підсумовуючи наведену вище інформацію, можна зробити висновки, що відповідним форматом для здійснення зв'язку в БСМ є стандарт 802.15.4 (ZigBee), так як реалізація мережі вимагає дуже мале енергоспоживання (батареї можуть працювати до декількох років), передача даних здійснюється на середніх швидкостях. Також, важливою є і низька вартість апаратури для реалізації. Стандарт використовує функціональні можливості, описані в Стандарті IEEE 802.15.4 [14].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 31 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Програма моделювання OMNeT ++ володіє достатньо простим для роботи інтерфейсом, також вона є безкоштовною для застосування для навчальних потреб. В цій програмі забезпечено реалізацію основних мережевих функцій стандарту ZigBee. Отже вона повністю влаштовує для проведення симуляції та дослідження БСМ.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 32 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Процес моделювання мережі з використанням стандартного протоколу

Конфігураційний файл стартує зі стандартного розділу [General]. Тут задаються необхідні атрибути для будь-яких типів сценаріїв.

Зокрема перед проведенням симуляції потрібно встановити такі параметри досліджуваної мережі:

- кількість станцій (numNodes);
- час симуляції (sim-time-limit);
- налаштування протоколу канального рівня.

Прийmemo, що моделювання мережі буде здійснюватися для 10 пристроїв, тобто numNodes = 10, упродовж 1 години, таким чином sim-time-limit = 60 min. Також визначимо, що протоколом канального рівня для всіх пристроїв буде IEEE 802.15.4.

Для створення БСМ застосовувалися MiXiM інструменти [17]. MiXiM в OMNet++ - це спеціалізоване середовище симуляції, створене для моделювання БСМ стандарту 802.15.4.

Вікно параметрів конфігурації створюваної моделі в графічному режимі представлено рис. 3.1.

| | | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|-------------------------|---------------------------|------|---------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | | | |
| | | | | | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | Лім. | Арк. | Аркушів |
| Розроб. | | Пасічняк Б.І. | | | | | | |
| Керівник. | | Баран І.О. | | | | | | |
| Реценз. | | | | | | | | |
| Н. Контр. | | | | | | | | |
| Затверд. | | | | | | | | |
| | | | | | | ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-44 | | |

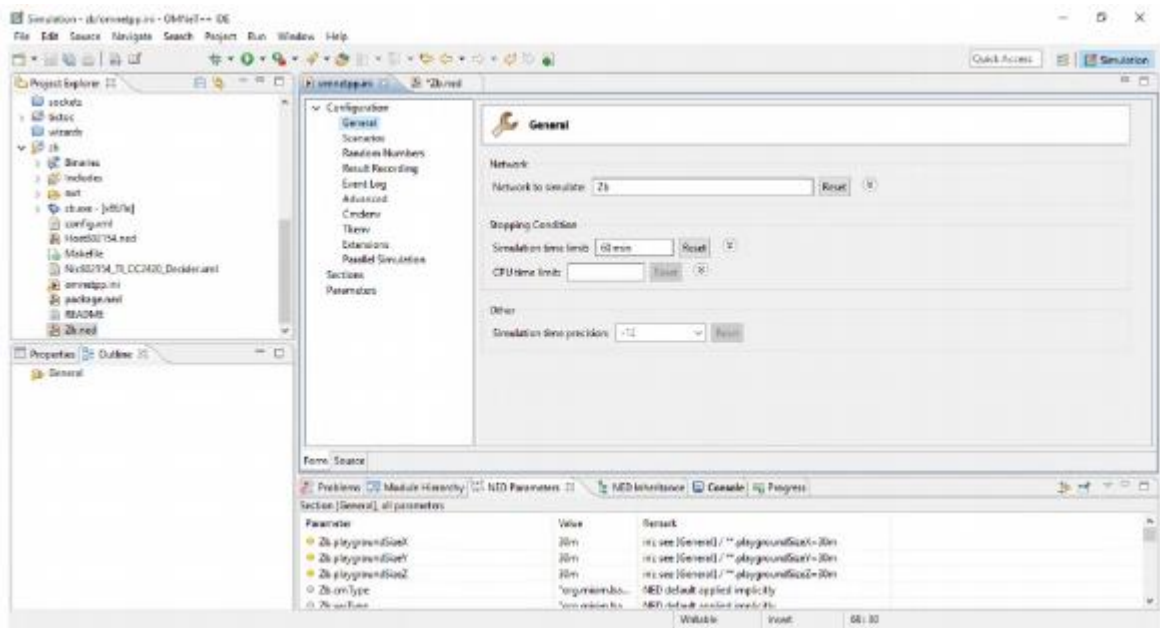


Рисунок 3.1 – Параметри конфігурації створюваної моделі

Конфігурація створюваної моделі в текстовому форматі описана в файлі omnetpp.ini.

```
[General]
cmdenv-express-mode = true
network = Zb

#####
# Simulation parameters #
#####

sim-time-limit = 60 min
**.*.coreDebug = false
**.*.playgroundSizeX = 30m
**.*.playgroundSizeY = 30m
**.*.playgroundSizeZ = 30m
**.*.numNodes = 10
**.*.battery.capacity = 10 mAh
**.*.battery.nominal = 10 mAh
**.*.battery.numDevices = 1
```

Рисунок 3.2 – Лістинг створення конфігурації моделі

Для графічного режиму топологія мережі показана на рис. 3.3.

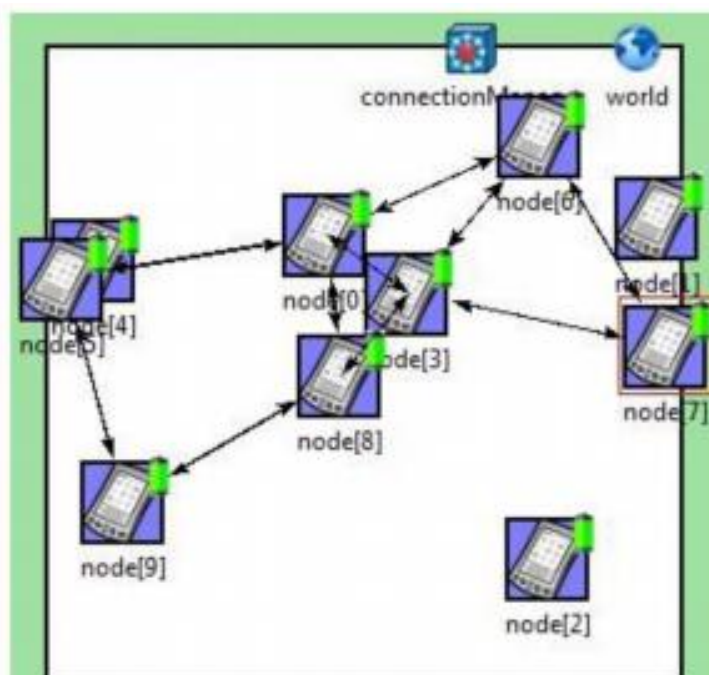


Рисунок 3.3 – Топологія мережі

3.2 Процес моделювання мережі з використанням оптимізованого протоколу

Прийmemo, що така симуляція також буде також виконуватися з аналогічними параметрами, тобто numNodes = 10, sim-time-limit = 60 min, протоколом IEEE 802.15.4.

Для оптимізації роботи моделі мережі в якості додаткових параметрів, вкажемо параметри MAC (рис. 3.4.)

```

**node[*].nic.mac.queueLength = 5
**node[*].nic.mac.headerLength = 24bit
**node[*].nic.mac.bitrate = 15360bps
**node[*].nic.mac.txPower = 100mW
**node[*].nic.mac.stats = true
**node[*].nic.mac.trace = true
**node[*].nic.mac.aTurnaroundTime = 0s
**node[*].nic.mac.rxSetupTime = 0s
**node[*].nic.mac.backoffMethod = "linear"
**node[*].nic.mac.macMaxCSMABackoffs = 14
**node[*].nic.mac.contentionWindow = 20
**node[*].nic.mac.aUnitBackoffPeriod = 0.04s
**node[*].nic.mac.useMACAcks = true
**node[*].nic.mac.macMaxFrameRetries = 0
**node[*].nic.mac.macAckWaitDuration = 0.1s
**node[*].nic.mac.sifs = 0.1s
**node[*].nic.mac.macMinBE = 0
**node[*].nic.mac.macMaxBE = 0

```

Рисунок 3.4 – Лістинг створення конфігурації моделі з MAC-параметрами

Для графічного режиму топологія мережі наведена на рис. 3.5.

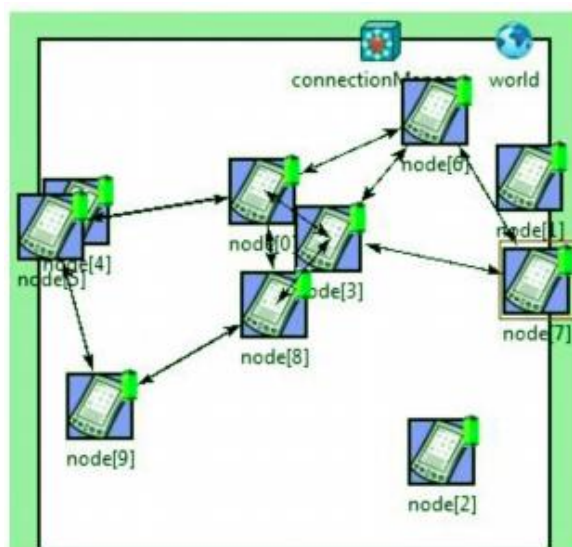


Рисунок 3.5 – Топологія мережі

3.3 Аналіз результатів моделювання

Змоделювавши мережу, необхідно перейти до аналізу працездатності мережі. Виконаємо дослідження, наприклад, тривалості затримок у СВ до і після оптимізації (таблиці 3.1 і 3.2 відповідно).

Всі затримки в реальній мережі ZigBee перебувають у залежності від типу її топології та можуть значно змінюватися відповідно до поточного рівня завад і трафіку у мережі.

У OMNeT++ при проведенні аналізу отриманих числових даних, вказуються найменші та найбільші затримки в СВ.

Таблиця 3.1 – Затримка вузлах (latency) до оптимізації

| Найбільші затримки, с | | Найменші затримки, с | |
|-----------------------|------|----------------------|------|
| node=0 | 3,86 | node=0 | 0,28 |
| node=1 | 0 | node=1 | 0 |
| node=2 | 0 | node=2 | 0 |
| node=3 | 5,85 | node=3 | 0,24 |
| node=4 | 0 | node=4 | 0 |
| node=5 | 4,61 | node=5 | 0,04 |
| node=6 | 6,18 | node=6 | 0,24 |
| node=7 | 6,18 | node=7 | 0,28 |
| node=8 | 3,97 | node=8 | 0,04 |
| node=9 | 5,57 | node=9 | 0,41 |

Таблиця 3.2 – Затримка вузлах (latency) після оптимізації

| Найбільші затримки, с | | Найменші затримки, с | |
|-----------------------|------|----------------------|------|
| node=0 | 0 | node=0 | 0 |
| node=1 | 1,06 | node=1 | 0,12 |
| node=2 | 1,44 | node=2 | 0,13 |
| node=3 | 2,87 | node=3 | 0,48 |
| node=4 | 0 | node=4 | 0 |
| node=5 | 2,39 | node=5 | 0,13 |
| node=6 | 1,06 | node=6 | 0,12 |
| node=7 | 1,54 | node=7 | 1,54 |
| node=8 | 0,76 | node=8 | 0,13 |
| node=9 | 1,22 | node=9 | 0,13 |

Графічне відображення отриманих числових даних до і після оптимізації при допомозі засобів OMNeT++ наведено на рис. 3.6 – 3.9.

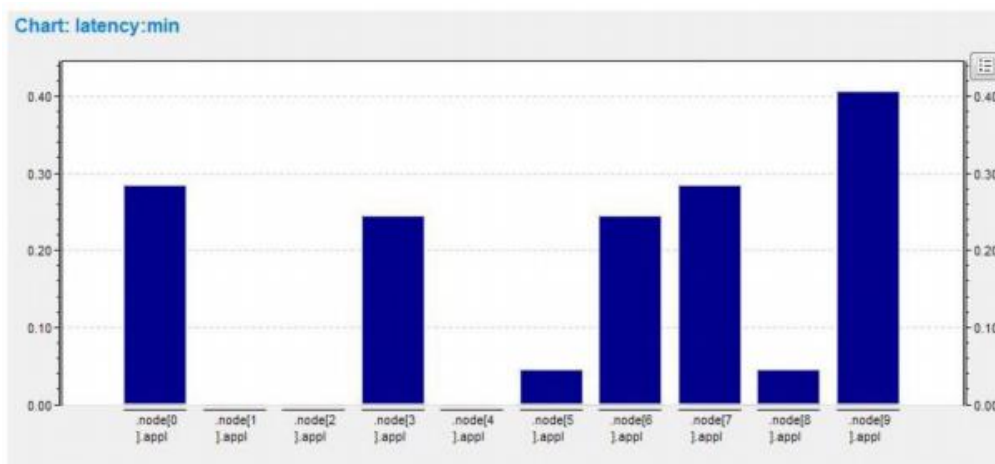


Рисунок 3.6 – Найменші затримки до оптимізації

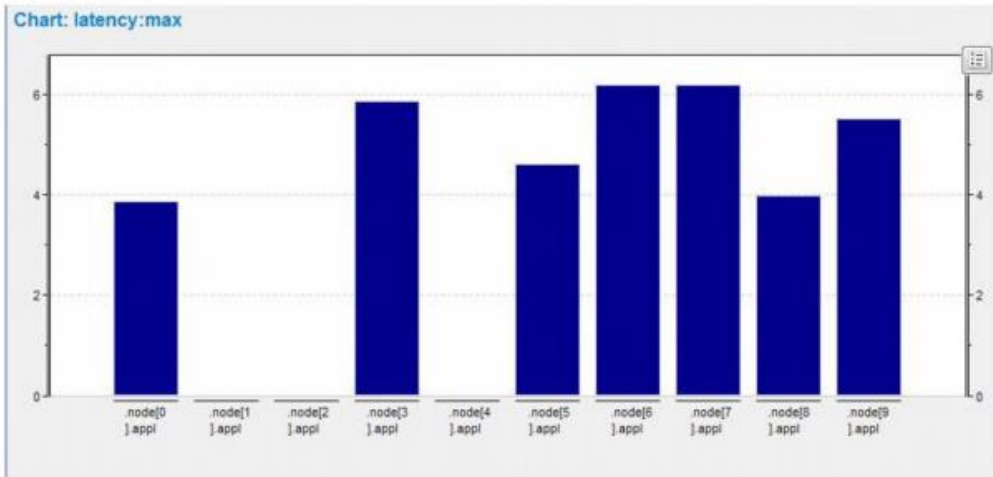


Рисунок 3.7 – Найбільші затримки до оптимізації

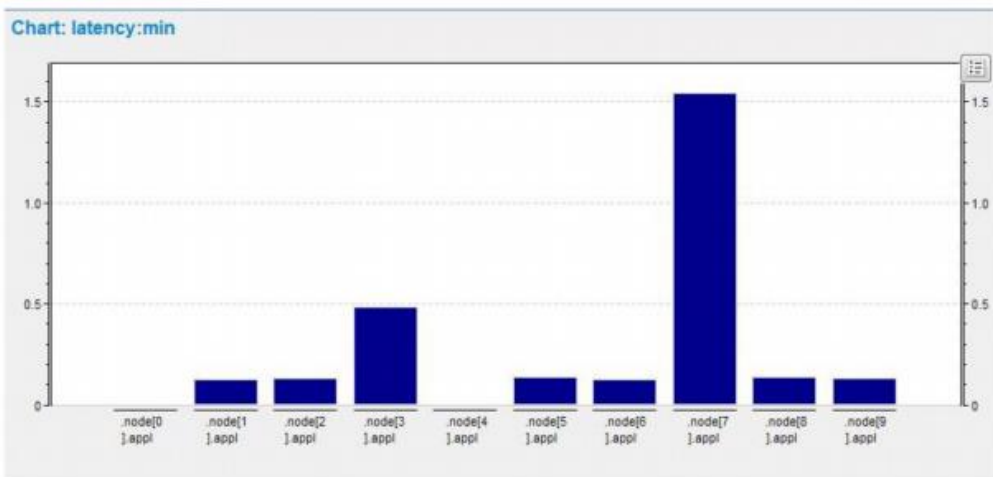


Рисунок 3.8 – Найменші затримки після оптимізації

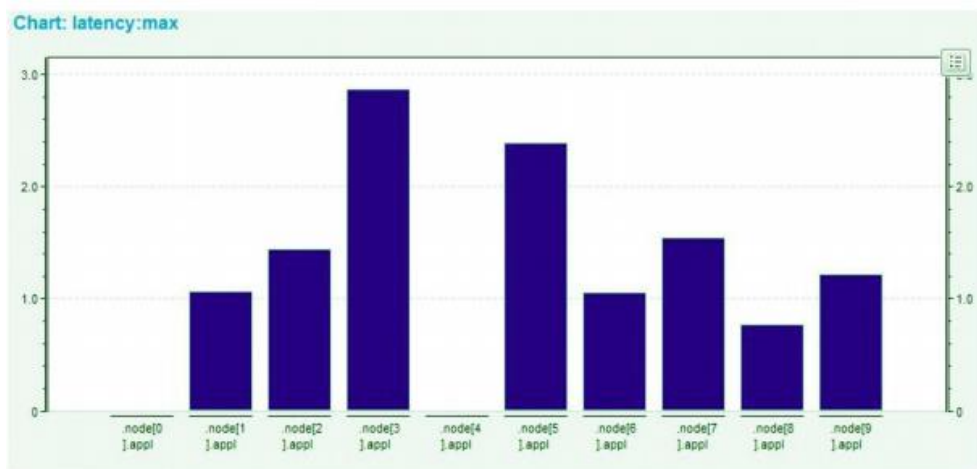


Рисунок 3.9 – Найбільші затримки після оптимізації

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Здійснено моделювання роботи мережі до і після оптимізації. Для зручності порівняння, давачі перебувають у приміщенні з такими самими технологічними розмірами. Також виконані налаштування для давачів сенсорної мережі. IEEE 802.15.4 застосовано як протокол каналного рівня. Симуляція виконувалася для 10 вузлів упродовж 1 год.

Під час проведення аналізу затримок з'ясовано те, що затримки в давачах після проведення оптимізації значно менше, але їх показники менш стабільні. Отримані OMNeT++ дані перебувають у відповідності із характеристиками вузла в реальній БСМ.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 40 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Навчання працюючих і інструктажі з охорони праці

Однією із складових ефективної роботи з профілактики виробничого травматизму є належна підготовка, навчання та підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці. Загальний порядок проведення навчання з питань охорони праці встановлений Законом України «Про охорону праці» (ст. 18. «Навчання з питань охорони праці»). Виконання вимог Закону України «Про охорону праці» в частині проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці здійснюється відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Держкомітету України з нагляду за охороною праці 26 січня 2005 р. № 15 (далі — Типове положення). Нагляд за дотриманням вимог Типового положення здійснюють органи державного нагляду за охороною праці, а координацію та методичний супровід — Головний навчально-методичний центр та навчальні підрозділи експертно-технічних центрів Держгірпромнагляду.

Вивчення охорони праці при підготовці, перепідготовці та підвищенні кваліфікації працівників, які залучаються до виконання робіт з підвищеною небезпекою, на підприємстві регламентується п. 2.3 Типового положення. На підприємствах згідно з п. 1.1 Додатку 3 Типового положення навчання та перевірку знань з питань охорони праці повинні проходити керівники, заступники керівників, головні спеціалісти, керівники основних виробничих та технічних служб, безпосередньо пов'язані з організацією безпечного ведення робіт. Крім цього, згідно з п. 5 Додатку 3, навчання та перевірку знань з питань

| | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------|---------------------------|----------------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розроб.</i> | | Пасічняк Б.І. | | | | <i>Лім.</i> | <i>Арк.</i> |
| <i>Керівник.</i> | | Баран І.О. | | | | | <i>Аркушів</i> |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | | | | | | |
| | | | | | | ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-44 | |

охорони праці мають проходити керівники, спеціалісти служб охорони праці, члени комісій з перевірки знань з питань охорони праці, особи, відповідальні за технічний стан і безпечну експлуатацію об'єктів підвищеної небезпеки підприємств. Типове положення встановлює порядок та місце проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці посадових осіб (п. 5.2 та п. 5.3). Посадові особи, перелік яких наведено в п. 5.2, проходять навчання у Головному навчально-методичному центрі Держнаглядохоронпраці. Перевірка знань цієї категорії посадових осіб проводиться комісією, створеною наказом Держгірпромнагляду.

Організацію навчання та перевірки знань з питань охорони праці працівників на підприємстві здійснюють працівники служби кадрів або інші спеціалісти, яким роботодавець доручив організацію цієї роботи. Навчання та перевірка знань з питань охорони праці працівників (виконавців і посадових осіб), які не залучаються до виконання робіт підвищеної небезпеки, проводиться не рідше ніж один раз на три роки. Посадові особи та працівники, які виконують роботи підвищеної небезпеки, проходять спеціальне навчання та перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з охорони праці не рідше одного разу на рік. Посадові особи малих підприємств (п. 5.4), які не мають можливості створити власні комісії з перевірки знань з питань охорони праці та провести навчання з питань охорони праці, проходять навчання та перевірку знань в навчальних закладах, які мають відповідний дозвіл.

Спеціальне навчання з питань охорони праці може проводитись безпосередньо на підприємстві або навчальним закладом, який має відповідний дозвіл. При проведенні такого навчання на підприємстві навчальні плани та програми розробляються з урахуванням конкретних видів робіт, виробничих умов і функціональних обов'язків працівників і затверджуються наказом керівника підприємства.

Періодичність інструктажів, навчання та перевірки знань з питань охорони праці залежить від видів виконуваних робіт та встановлюється Типовим положенням. Перевірка знань з питань охорони праці після

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 42 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

проведення спеціального навчання проводиться комісією підприємства. Якщо на підприємстві неможливо створити комісію з перевірки знань з питань охорони праці (п. 4.4 Типового положення), перевірка знань проводиться комісією спорідненого підприємства або Теруправління Держгірпромнагляду.

Всі працівники та посадові особи підприємства, включаючи посадових осіб, відповідальних за виконання робіт підвищеної небезпеки (крім зазначених в п. 5.2 та п. 5.3 Типового положення), проходять навчання та перевірку знань з питань охорони праці на підприємстві. Типове положення не зобов'язує, але й не забороняє проводити навчання всіх виконавців та посадових осіб (особливо тих, що виконують роботи підвищеної небезпеки) в навчальних закладах. У нашій країні є багато підприємств, де таке навчання проводиться, і це має позитивні наслідки. Ті витрати, які при цьому несуть підприємства, перекриваються створенням більш безпечних умов праці і в результаті збереженням життя та здоров'я працівників.

Також в навчальних закладах проходять навчання та перевірку знань із загальних питань охорони праці всі посадові особи та фахівці, які проводять інструктажі або навчання підлеглих працівників з питань охорони праці, виконують роботи з проектування об'єктів, а також інші працівники, незалежно від того, передбачено таке навчання Типовим положенням чи ні.

4.2 Санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці

На робочих місцях працівників, які відповідальні за експлуатацію сервісу управління механізмом авторських прав на мультимедійні файли, необхідно забезпечити дотримання вимог, затверджених Наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 за № 207 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Приміщення для роботи з ЕОМ мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщеннях на робочих місцях мають забезпечуватись оптимальні значення

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та рухливості повітря відповідно до норм та правил, а також ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», затверджених наказом Мінрегіону від 25.01.2013 р. № 24. Відповідно до санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 в офісних приміщеннях, обладнаних ЕОМ, температура повітря повинна становити 22-25°C, відносна вологість повітря – 40-60 %, швидкість руху повітря – не більше 0,1 м/с [23].

Приміщення, призначені для роботи з ЕОМ, повинні мати природне освітлення. У виробничих приміщеннях, обладнаних ЕОМ, необхідно створити належне освітлення. При експлуатації сервісу управління механізмом авторських прав на мультимедійні файли, важливим, з точки зору охорони праці, є забезпечення достатньої величини природного та штучного освітлення, які визначені у НПАОП 0.00-7.15-18 [24]. Природне світло повинно бути бічним, зорієнтованим, як правило, на північ чи північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості не нижче 1,5%. При виробничій потребі дозволяється експлуатувати ЕОМ у приміщеннях без природного освітлення за узгодженням з органами Держпромгірнагляду та органами й установами санітарно-епідеміологічної служби. Вікна приміщень повинні мати регульовальні пристрої для відчинення, а також жалюзі, штори тощо. Штучне освітлення приміщення з робочими місцями, обладнаними відеотерміналами ЕОМ загального та персонального користування, має бути всеосяжним і рівномірним. У випадку, коли переважають роботи з документами, допускається комбіноване освітлення (додатково до загального освітлення встановлюється світильники місцевого освітлення). Світильники розміщуються збоку від робочих місць (переважно ліворуч), або локально над робочим місцем (при розташуванні відеотерміналів ЕОМ за периметром приміщення). Як джерело світла при штучному освітленні застосовуються, як правило, люмінесцентні лампи. У світильниках місцевого освітлення допускається застосування ламп розжарювання. Рівень освітленості на робочому місці має становити 300-500 лк. При використанні комбінованого освітлення не

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 44 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

допускається відблисків на поверхні екрана та збільшення освітлення екрана вище 300 лк.

Орієнтація вікон повинна бути на північ або північний схід, вікна повинні мати жалюзі, які можна регулювати, або штори; не дозволяється розміщувати кабінети обчислювальної техніки у підвальних приміщеннях будинків; кабінети, обладнані комп'ютерною технікою, в навчальних закладах повинні розміщуватись в окремих приміщеннях з природним освітленням та організованим обміном повітря; стіни, стеля і підлога та обладнання кабінетів комп'ютерної техніки повинні мати покриття із матеріалів з матовою фактурою з коефіцієнтом відбиття у %: стін — 40- 50, стелі — 70 - 80, підлоги — 20-30, предметів обладнання — 40-60 (робочого столу — 40-50, корпуса дисплею та клавіатури — 30-50, стелажів — 40-60); поверхня підлоги повинна мати антистатичне покриття та бути зручною для вологого прибирання; забороняється використовувати для оздоблення інтер'єру приміщень комп'ютерних кабінетів полімерні матеріали (дерев'яно-стружкові плити, шпалери, що придатні для миття, плівкові та рулонні синтетичні матеріали, шаровий паперовий пластик та ін.), що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини, які перевищують гранично допустимі концентрації; вміст шкідливих хімічних речовин в повітрі дошкільних та учбових приміщень з комп'ютерною технікою не повинен перевищувати середньодобові концентрації [23].

Організація робочого місця фахівця із експлуатації сервісу повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним вимогам ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги». Відстань від екрана до ока фахівців, які працюють за комп'ютером визначається згідно з вимогами ДСанПіН 3.3.2.007-98. Рівень шуму не повинний перевищувати: на місцях, де працюють програмісти та оператори ЕОМ, 55 дБА, у лабораторіях, де складаються алгоритми та ведеться робота з документацією – 60 дБА, у машинному залі – 65 дБА, у приміщеннях, де розміщені гучні агрегати обчислювальних машин – 75 дБА.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 45 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВКИ

Був проведений аналіз предметної області концепції IoT, стандартів БСМ, вимог, що пред'являються до БСМ. Також був проведений аналіз існуючих рішень організації БСМ.

БСМ є найбільш оптимальним рішенням для моніторингу і контролю виробничих приміщень, завдяки легкості монтажу, відсутності проводів і недорогій апаратній частині. Мініатюрність розмірів вузлів мережі забезпечує низькі показники енергоспоживання, такі вузли можуть перебувати в робочому стані навіть кілька років без потреби у заміні джерел живлення.

БСМ використовують стандарт 802.15.4 (ZigBee), який був обраний на основі проведеного порівняння ключових особливостей існуючих рішень організації БСМ.

Крім цього, було обрано середовище імітаційного моделювання БСМ OMNet++. З його допомогою була створена сенсорна мережа до і після використання процесу оптимізації. Для давачів була проведена порівняльна характеристика за таким параметром, як затримка. При аналізі затримок було виявлено, що затримки в давачах після оптимізації мережі значно менша.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 46 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов. Санкт-Петербург : Питер, 2018, 944с.
2. Нанс Б. Компьютерные сети от А до Я. Москва : БИНОМ, 2016. 400 с.
3. Гайкович Г.Ф. Обзор беспроводных технологий для современных мобильных устройств связи // *Электронные компоненты*. 2017. №1. С. 65-69.
4. Эштон К. That Internet of Things. URL: <http://www.rfidjournal.com/articles/pdf?4986> (дата звернення: 28.05.2021).
5. Рошан П. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. Руководство CISCO. Москва : Вильямс, 2014. 304 с.
6. Беспроводные технологии с низким энергопотреблением. *Время электроники*. URL: <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2187/doc/58627> (дата звернення: 24.04.2021).
7. Wi-Fi HaLow (IEEE 802.11ah) — дальнобойное беспроводное подключение с низким энергопотреблением для интернета вещей. URL: <https://www.ixbt.com/news/2016/01/05/wi-fi-halow-ieee-802-11ah.html> (дата звернення: 24.04.2021).
8. Беспроводные сети ZigBee и IEEE 802.15.4. *Телекоммуникационные технологии*. URL: <http://www.book.itep.ru/4/41/zigbee.htm> (дата звернення: 24.04.2021).
9. Официальный сайт системы моделирования OMNeT++. URL: <http://www.omnetpp.org> (дата звернення: 24.04.2021).
10. Официальный сайт системы моделирования NS-2. URL: <http://www.isi.edu/nsnam/ns> (дата звернення: 22.04.2021).
11. Официальный сайт симулятора Cooja. URL: <http://www.contiki-os.org/start.html> (дата звернення: 22.04.2021).
12. Официальный сайт симулятора TOSSIM. URL: <http://www.tinyosstanford.edu/tinyos-wiki/index.php/TOSSIM> (дата звернення: 24.04.2021).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 47 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

13. An introduction to IEEE STD 802.15.4. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1655947> (дата звернення: 29.04.2021).

14. IEEE 802.15.4-2020 - IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks. URL: [http://www. https://standards.ieee.org/standard/802_15_4-2020.html](http://www.https://standards.ieee.org/standard/802_15_4-2020.html) (дата звернення: 27.04.2021).

15. Kranenburg R. The Internet of Things: A critique of ambient technology and the all-seeing network of RFID. Pijnacker: Telstar Media, 2008. 62 p.

16. Максимов Н. В. Компьютерные сети: учебное пособие. Москва : Форум, 2013. 336 с.

17. Mixim project. URL: <https://mixim.sourceforge.net> (дата звернення: 20.04.2021).

18. Официальная документация системы моделирования OMMeT++. URL: <https://www.omnetpp.org/documentation> (дата звернення: 20.04.2021).

19. Одом У. Компьютерные сети. Первый шаг. Санкт-Петербург: Вильямс, 2016. 432 с.

20. Интернет вещей приближается: Хабрахабр. URL: <https://habrahabr.ru/company/madrobots/blog/236115> (дата звернення: 20.05.2021).

21. Сети ZigBee. Зачем и почему: Хабрахабр. URL: <https://habrahabr.ru/post/155037> (дата звернення: 20.05.2021).

22. Що таке Zigbee? - ідеї розумного будинку. URL: <https://romsat.ua/company/news/ideya-rozumnogo-budinku-zigbee/> (дата звернення: 20.05.2021).

23. Козлов С.С. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах для підготовки студентів факультету електроніки за освітньо-кваліфікаційним рівнем “Спеціаліст” та ”Магістр”. "Вимоги безпеки під час експлуатації обчислювальної техніки" / К.:НТУУ ”КПІ”, 2015, - 30 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 48 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

24. Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18> (дата звернення: 01.06.2021).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | КС КРБ 123.177.00.00 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 49 |

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

“Затверджую”

Завідувач кафедри КС

_____ Осухівська Г.М.

“ ___ ” _____ 2021 р

ВИСОКОПРОДУКТИВНА БЕЗДРОТОВА СЕНСОРНА МЕРЕЖА

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 9 листках

Вид робіт:

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ к.т.н., доц. Баран І.О.

« ___ » _____ 2021 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІс-44

_____ Пасічняк Б.І.

« ___ » _____ 2021 р.

Тернопіль 2021

1. Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Високопродуктивна бездротова сенсорна мережа».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.177.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІс-44, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Пасічник Богдан Ігорович.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№ 4/7-97 від 10.02.2021 р.)

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 10.02.2021 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 26.06.2021 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ІСО, ГОСТ, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи.

Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи на 90% , наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення розробки

2.1 Призначення розробки

Високопродуктивна бездротова сенсорна мережа (БСМ) є найбільш оптимальним рішенням для моніторингу і контролю виробничих приміщень, завдяки легкості монтажу, відсутності проводів і недорогій апаратній частині. Мініатюрність розмірів вузлів мережі забезпечує низькі показники енергоспоживання, такі вузли можуть перебувати в робочому стані навіть кілька років без потреби у заміні джерел живлення.

2.2 Мета створення системи

Основна мета - розробка програмного рішення, спрямованого на збільшення продуктивності бездротових сенсорних мереж.

Для того, щоб досягти поставленої мети роботи, необхідно розв'язати наступні задачі:

- провести аналіз предметної області концепції IoT, стандартів БСМ, вимог, що пред'являються до БСМ;
- проаналізувати програмні засоби моделювання, що дозволяють провести моделювання БСМ;
- внести змін до протоколу моделі БСМ з метою підвищення продуктивності;
- здійснити моделювання мережі з використанням стандартного та оптимізованого протоколів;
- виконати тестування розробленої БСМ.

2.3 Характеристика об'єкту

2.3.1 Основні задачі та функції об'єкту

Існує проблема збільшення продуктивності мережі, автономності системи, надійності роботи і безпеки переданих даних. БСМ – це розподілена мережа, що самоорганізується, стійка до виходу з ладу окремих елементів і здатна обмінюватися інформацією по бездротовому з'єднанню. Кожен елемент такої мережі володіє автономним джерелом живлення, також передавачем / приймачем та мікрокомп'ютером. Зона охоплення становить від кількох метрів до декількох кілометрів, в залежності від антени і типу модуля, також через можливість передачі повідомлень від одного елемента до іншого. Зв'язок між будь-якими двома кінцевими точками може здійснюватися через ретранслятор (в тих випадках, коли радіус охоплення цих пристроїв не допускає їх взаємного виявлення). БСМ

використовується для збору даних з пристроїв, оснащених датчиками температури, освітлення, вологості, тобто, мають відношення до моніторингу.

Іноді необхідно контролювати рухливість або пошкодження будь-яких об'єктів, де проблематично прокласти кабель. Для цього, знову-таки, вигідніше використовувати сенсорні мережі, оскільки датчики оснащені автономними блоками живлення є бездротовими. Крім того, технологія бездротового зв'язку у сенсорній мережі може бути використана для передачі аудіо даних - в системі внутрішнього домофонного зв'язку, в мультимедійній системі з низьким енергоспоживанням.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

БСМ повинна забезпечувати доступ до інформації в межах окремого структурного підрозділу та підприємства в цілому. Доступ до ресурсів повинен бути авторизованим, захищеним та безперебійним. Кожен користувач системи, в залежності від типу прав, повинен мати доступ до глобальної мережі Internet. Середовище передачі даних має забезпечувати швидкість 100 Мб/с.

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Структура системи включає в себе:

- структуру об'єднання IoT пристроїв;
- структуру засобів та зв'язків при організації доступу до Internet;
- організацію суміжного зв'язку між структурними елементами.

В загальному випадку, логічна структура мережі повинна відображати логічний зв'язок взаємодії пристроїв та схему організації доступу до мережі Internet.

Функціональні вимоги:

- надійність всіх вузлів комп'ютерної мережі;
- швидкість передачі даних 100 Мб/с;
- безперебійний обмін даними протягом встановленого терміну часу;
- захищеність від неавторизованого доступу (фізичного, логічного);
- зручність монтажу та модернізації;
- часова ефективність в межах 2 с.;
- масштабованість.

3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Зв'язок між компонентами локальної комп'ютерної мережі базується на використанні кабельних систем та безпроводного середовища передачі даних. Налаштування параметрів мережі здійснюється на рівні операційних систем та програмного забезпечення активного комутаційного обладнання. Засобами зв'язку між комп'ютерами виступають мережеві плати та комутатори.

3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Режими функціонування системи бувають двох видів: в межах норми та аварійні. Вимоги до режимів функціонування в межах норми, передбачають безперебійну роботу всіх вузлів та компонентів локальної мережі з максимальною ефективністю. Вимоги щодо режимів аварійного функціонування включають в себе часткову втрату швидкодії, або перехід на резервне функціонування.

3.1.4 Перспективи розвитку, модернізація системи

Передбачаються перспективи розвитку системи, що включають перехід на інше середовище передачі даних та масштабованість.

3.1.5 Вимоги до надійності системи

Система повинна бути захищена від фізичних чи механічних пошкоджень на рівні апаратного забезпечення, шляхом обмеження доступу до коробів (кабельних), комутаційних розеток, комутаторів, комутаційних шаф і т.д.

Розподілена комп'ютерна мережа повинна бути захищена і на рівні програмного забезпечення.

Надійність системи повинна забезпечувати і відновлюваність функціонування у випадку збою апаратного чи програмного забезпечення.

3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Вимоги до функцій та задач, які виконує система, передбачають:

- кероване управління інформаційними ресурсами;
- організацію доступу до мережі Internet;
- забезпечення авторизованого доступу на програмному рівні до мережі;
- забезпечення контролю над мережею;
- забезпечення швидкодії 100 Мб/с всередині локальної комп'ютерної мережі та вхідного інтернет-трафіку – 40 Мб/с;
- відповідність стандартам побудови комп'ютерних мереж.

3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Вимоги до серверів:

- процесор - тактова частота не менше 4,6 ГГц;
- об'єм оперативної пам'яті - не менше 4096 Мб;
- об'єм жорсткого диску - не менше 700 Гб.

Вимоги до робочих станцій:

- процесор - тактова частота не менше 3,0 ГГц;
- об'єм оперативної пам'яті - не менше 2048 Мб;
- об'єм жорсткого диску - не менше 500 Гб.

Мережеве обладнання:

- комутатори – 8 шт.;
- маршрутизатори – 2 шт.

3.1.8 Вимоги до програмного забезпечення

Програмне забезпечення - середовище імітаційного моделювання OMNet++.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
 - 1 Варіанти елементів концепції IoT_БСМ.
 - 2 Основні характеристики технологій.
 - 3 Середовища моделювання БСМ.
 - 4 Параметри конфігурації створюваної моделі.
 - 5 Топологія мережі з використанням протоколів.

*Примітка: У комплект документації можуть вноситися міни та доповнення в процесі розробки.

5 Техніко-економічні показники

Собівартість комп'ютерної мережі повинна становити не більше 100000 грн.

Термін експлуатації комп'ютерної мережі повинен бути не менше 150 тис. год.

*Примітка: собівартість мережі може змінюватись під час розрахунку в процесі розробки.

6 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

| № етапу | Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи | Термін виконання |
|---------|---|------------------|
| 1 | Розробка та затвердження технічного завдання | 10.02 – 14.02 |
| 2 | Аналіз технічного завдання | 15.02 – 28.02 |
| 3 | Побудова фізичної структури мережі | 01.03 – 15.03 |
| 4 | Вибір активного та пасивного обладнання | 17.03 – 09.04 |
| 5 | Побудова логічної структури мережі | 10.04 – 07.05 |
| 6 | Розроблення програмного коду | 08.05 – 18.05 |
| 7 | Безпека життєдіяльності, основи охорони праці | 19.05 – 28.05 |
| 8 | Оформлення кваліфікаційної роботи | 28.56 – 14.06 |
| 9 | Попередній кваліфікаційної роботи | 15.06 – 18.06 |
| 10 | Захист кваліфікаційної роботи | 26.06 |

7 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.