

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут телекомунікаційних систем

Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних мереж

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Лариса ГЛОБА

« ____ » _____ 2020 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Інформаційно-комунікаційні
технології»
зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
на тему: «Модифікований спосіб міжмашинного зв'язку для мережі
Інтернету речей»**

Виконав:

студент VI курсу, групи ПІ-91мп

Чупілко Олексій Ігорович _____

Керівник:

Старший викладач кафедри ІТМ ІТС, к.т.н.

Суліма Світлана Валеріївна _____

Консультант з 2 та 3 розділу:

Асистент кафедри ІТМ ІТС

Курдеча Василь Васильович _____

Рецензент:

Зав. кафедри промислової електроніки

КПІ ім. Ігоря Сікорського проф., д.т.н.

Ямненко Юлія Сергіївна _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут телекомунікаційних систем
Кафедра Інформаційно-телекомунікаційних мереж

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інформаційно-комунікаційні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Лариса ГЛОБА

«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Чупілко Олексій Ігорович

1. Тема дисертації «Модифікований спосіб міжмашинного зв'язку для мережі Інтернету речей», науковий керівник дисертації старший викладач кафедри інформаційно-телекомунікаційних мереж Суліма Світлана Валеріївна, к.т.н., затверджені наказом по університету від «03» листопада 2020 р. № 3208-с
2. Термін подання студентом дисертації 10.12.2020 р.
3. Об'єкт дослідження : Міжмашинний зв'язок
4. Предмет дослідження : Модифікований спосіб міжмашинного зв'язку для мережі Інтернету речей
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
 1. Аналіз проблем енергоефективності у середовищі Інтернету речей
 2. Модифікація методу кластеризації у сенсорній мережі.
 3. Модифікація способу міжмашинного зв'язку за рахунок запропонованого методу кластеризації.
 4. Оцінка енергоефективності запропонованого рішення
6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу :
 1. Огляд алгоритмів та виявлення недоліків у середовищі Інтернету речей
 2. Модифікований метод кластеризації

3. Модифікований спосіб міжмашинного зв'язку за рахунок застосування запропонованого методу кластеризації
4. Порівняння модифікованого методу з прототипами
5. Загальні висновки

7. Орієнтовний перелік публікацій : Конференція "Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення. Застосування підрозділів, комплексів, засобів зв'язку, автоматизації та кібербезпеки в операції Об'єднаних сил" [43]

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
2,3	Асистент кафедри ІТМ ІТС Курдеча В.В		

9. Дата видачі завдання 01.09.2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Вступ	01.10. – 09.10.2020	виконано
2	Аналіз проблем енергоефективності у середовищі Інтернету речей	09.10. – 27.10.2020	виконано
3	Аналіз середовища сенсорної мережі	28.10. – 05.11.2020	виконано
4	Модифікація методу кластеризації у сенсорній мережі.	05.11. – 20.11.2020	виконано
5	Модифікація способу міжмашинного зв'язку за рахунок запропонованого методу кластеризації.	20.11. – 25.11.2020	виконано
6	Тестування та оцінка запропонованого методу	25.11. – 28.11.2020	виконано
7	Розробити стартап-проект	28.11. – 30.11.2020	виконано
8	Оформити магістерську дисертацію	01.12. – 07.12.2020	виконано

Студент

Олексій ЧУПЛІКО

Науковий керівник дисертації

Світлана СУЛІМА

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

РЕФЕРАТ

Робота містить 82 сторінок, 26 рисунків та 18 таблиць. В процесі роботи було використано 42 джерела.

Мета роботи : Підвищити енергоефективність мережі Інтернету речей за допомогою модифікації способу міжмашинного зв'язку.

Було проаналізовано проблеми та недоліки Інтернету речей, виходячи з чого було прийнято рішення поліпшення енергоефективність у мережі за допомогою методу кластеризації. За рахунок запропонованого методу кластеризації було модифіковано спосіб міжмашинного зв'язку, що дало змогу підвищити енергоефективність зв'язку мережі. Було проведено імітаційне моделювання для підтвердження ефективності запропонованого методу.

Ключові Слова : M2M, IoT, кластеризація, сенсорна мережа, модифікація

ABSTRACT

The work contains 82 pages, 26 figures and 18 table. In the process of work 42 sources were used.

Purpose: Increase the energy efficiency of the Internet by modifying the way of interconnection.

It analyzed the problems and shortcomings of the Internet of things, based on which the decision was made to improve the energy efficiency of the network using the clustering method. Due to the proposed method of clusterization, the method of inter-machine communication was modified, which enabled to increase the energy efficiency of network communication. A simulation was conducted to confirm the effectiveness of the proposed method.

Keywords: M2M, IoT, clustering, sensory network, modification

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1	8
АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ТА МОЖЛИВОСТІ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ	8
1.1. Концепція Інтернету Речей	8
1.2. Аналіз проблем енергоефективності та способи мінімізації споживання енергії у середовищі IoT	19
1.3 Кластеризація в бездротовій сенсорній мережі	25
1.4 Архітектура для мережі m2m	31
Висновки	38
РОЗДІЛ 2	40
СПОСІБ МІЖМАШИННОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА ЙОГО МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДОМ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ	40
2.1 Спосіб міжмашинного зв'язку	40
2.2 Маршрутизація бездротової мережі	46
2.3 Бездротова сенсорна мережу з урахуванням мобільності	46
2.4 Енергоефективна зважена кластеризація з урахуванням мобільності	51
Висновки	55
РОЗДІЛ 3	56
ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДУ	56
3.1 Алгоритм обчислення	56
3.2 Моделювання та аналіз результатів	57
Висновки	61
РОЗДІЛ 4	62
РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	62
4.1. Опис ідеї проекту	62
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту	63
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту	64
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	71
Висновки	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ	73

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

IOT	(Internet Of Things) – Інтернет Речей.
M2M	(Machine-to-Machine communication) – Міжмашина взаємодія.
BS	(Base Station) - Базова станція
CH	(Cluster Head) - Голова кластера
WSN	(Wireless Sensor Network) - Бездротова сенсорна мережа
QOS	(Quality of Service) - якість обслуговування
RSSI	(received signal strength indicator) - Показник рівня сигналу
ML	Мобільність вузла
MAC	(Media access control) - Управління доступом до середовища

ВСТУП

Актуальність: Інтернет речей (IoT) ставить перед підприємствами нові мережеві завдання по ряду напрямків. Це не тільки викликає потребу в нових технологіях і аналізу в реальному часі для підтримки безліч пристроїв по всьому світу, але також змушує організації приділяти більше уваги тому, як всі ці «речі» взаємодіють один з одним.

Міжмашинна комунікація (M2M) стає ключовим компонентом як IoT, так і промислового IoT (IIoT). Згідно Future Market Insights, M2M є рушійною силою всього Інтернету (IoE), який також включає підключення машини, пристрої і підключених людей.

Для того, щоб вся система тривала якомога довше, необхідна енергоефективна конструкція для комунікацій M2M. У великій системі зв'язку M2M, якщо кожен пристрій здійснює зв'язок безпосередньо з базовою станцією (BS), буде багато колізій пакетів через велику кількість одночасних запитів доступу. Доведено, що кластеризація та маршрутизація є ефективним способом зменшення споживання енергії на рівні мережі.

Об'єкт - Міжмашинний зв'язок

Предмет - Модифікований спосіб міжмашинного зв'язку для мережі Інтернету речей

Мета - Підвищити енергоефективність мережі Інтернету речей за допомогою модифікації способу міжмашинного зв'язку

Завдання:

- Проаналізувати проблеми енергоефективності та способи мінімізації споживання енергії у середовищі Інтернету речей
- Модифікувати метод кластеризації сенсорної мережі
- Модифікувати спосіб міжмашинного зв'язку в мережі Інтернету речей за рахунок застосування запропонованого методу кластеризації
- Провести оцінку енергоефективності запропонованого рішення

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ТА МОЖЛИВОСТІ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ

1.1. Концепція Інтернету Речей

Суть ідеї Інтернету Речей полягає в наступному. Припустимо, що всі предмети і пристрої, в нашому оточенні (побутові прилади, начиння, продукти, одяг, промислове обладнання, автомобілі та ін.) Оснащені мініатюрними контролерами і сенсорними (чутливими) пристроями. У такому випадку при наявності можливості організації зв'язку з цими пристроями можна не тільки знаходити ці об'єкти, їх параметри розміщення в просторі і часі, але і здійснювати управління ними, а також використовувати отриману від них інформацію в загальній «розумній планеті». В цілому, з точки зору інфокомунікацій Інтернет Речей можна символічно представити у вигляді такої формули:

$$ІВ = \text{Сенсори (датчики)} + \text{Дані} + \text{Мережі} + \text{Послуги}$$

Інтернет Речей є глобальною мережею зв'язку, в яку включені комп'ютери, датчики (сенсори) і / або виконавчі пристрої (актуатори), які зв'язуються між собою з використанням інтернет протоколу IP (Internet Protocol) або спеціальних протоколів (наприклад, стека протоколів ZigBee).

Стандартизація Інтернету Речей

Внаслідок інтенсивного розвитку мереж з комутацією пакетів, в першу чергу Інтернету на початку 2000-х років світовий телекомунікаційний співтовариство розробило концепцію нової щаблі розвитку комунікацій - мереж наступного покоління NGN (Next Generation Networks) і приступило до її реалізації. Технології побудови Next Generation Networks вже пройшли шлях розвитку від гнучких комутаторів (Softswitch) до підсистем мультимедійної зв'язку IMS (IP Multimedia Subsystem) і мереж бездротового зв'язку тривалої еволюції LTE (Long Term Evolution). В ході цього процесу вважалося, що основними користувачами мереж NGN будуть люди і отже, максимально можливе число користувачів (абонентів) в таких мережах буде

визначатися чисельністю населення нашої планети. За даними групи консалтингу Cisco IBSG в період з 2008 по 2009 роки кількість включених в Інтернет пристроїв перевищила кількість людей, а до 2022 року зросте до 50 мільярдів (рис.1.1)

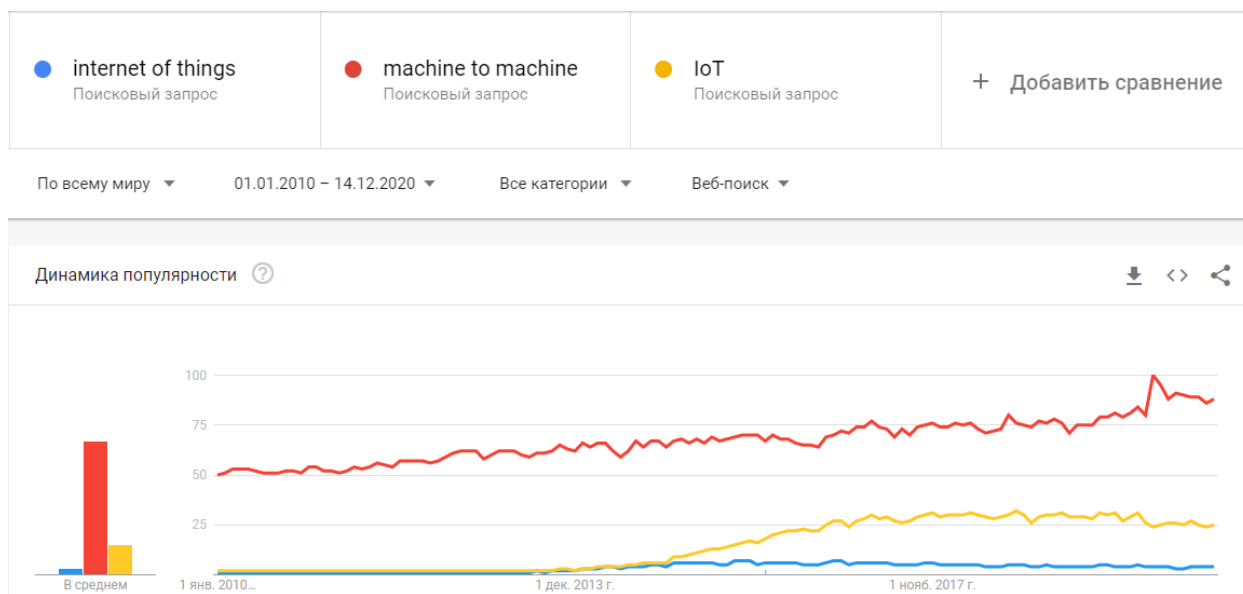


Рис.1.1 Тенденції пошуку Google з 2010 року для термінів M2M, IoT та IoT

Майбутнє Інтернету речей в різних галузях

Розвиток Інтернету речей відбувається вже давно. Після введення нових показників для епохи після ISA технології Інтернету речей успішно реорганізують підприємства і модифікують оптимальні способи їх роботи. Ці технології зачіпають практично всі існуючі галузі: охорона здоров'я, страхування, інтелектуальні будівлі, виробництво, транспорт і логістику, роздрібну торгівлю та інші.

Які зміни необхідно внести, багато в чому залежить від того, на яких пристроях ви орієнтуєтесь, який розмір вашого цільового ринку і, що найбільш важливо, від того, в якій галузі ви працюєте. Незважаючи на те, що деякі загальні поточні тенденції IoT цілком помітні у всіх галузях, не слід випускати з уваги галузеві прогнози. Будь то тенденції промислового Інтернету речей 2020 року, такі як ті, що характерні для виробництва, або ті, які відносяться до галузі охорони здоров'я або транспорту.

Тенденції Інтернету речей в охороні здоров'я

Інтернет речей дуже добре підходить для потреб охорони здоров'я. Найбільш затребувані області впровадження технологій Інтернету речей:

Віддалене спостереження за пацієнтом за допомогою переносних пристроїв, вбудовані датчики яких відстежують стан пацієнтів.

Оптимізація повсякденних операцій в лікарні за рахунок керування медичним обладнанням та спрощення обслуговування клієнтів.

Профілактика та моніторинг захворювань, який забезпечується мобільними додатками в поєднанні з пристроями на базі Інтернету речей.

Тенденції Інтернету речей у виробництві

Важка промисловість, така як виробництво, пов'язана зі складними системами і процесами управління на заводах і за їх межами. Платформи промислового Інтернету речей можуть не тільки виявити неефективність робочих процесів, але і зменшити їх. Ось основні поліпшення, які вносять платформи ІоТ для виробництва:

- обслуговування виробництва
- управління запасами
- промислова аналітика великих даних

Тенденції Інтернету речей на транспорті

Швидкість впровадження Інтернету речей в транспортно-логістичної галузі вже висока і продовжує зростати. Інвестуючи в нові технології, транспортні компанії знижують вартість доставки або транспортування і підвищують свою операційну ефективність. Останні тенденції в області Інтернету речей, які змінюють способи транспортування людей і товарів:

Прогнозна діагностика і технічне обслуговування автомобілів на основі автомобільного Інтернету речей

Повна транспортна телематика зі зв'язком між автомобілями (V2V)

Моніторинг вантажів в реальному часі

Так чи інакше, ці галузеві майбутні тенденції Інтернету речей є приватними прикладами універсальних тенденцій в додатках Інтернету

речей, які ми розглянемо нижче. Нещодавно Gartner виділила 10 основних тенденцій Інтернету речей, які слід вивчити в 2020 році. Це такі тенденції:

- Гіперавтоматизація
- Мультіопит
- демократизація експертизи
- людське збільшення
- Прозорість та простежуваності
- посилений край
- розподілена хмара
- автономні речі
- практичний блокчейн
- AI Безпека

Спираючись на цей список, ми хотіли б більш детально обговорити тенденції IoT для поліпшення людини, зростання проблем безпеки, практичний блокчейн, штучний інтелект, збільшення витрат підприємств на IoT, мережі 5G і розширені можливості край.

Можливості підключення і зростання Інтернету речей

Найважливіша тенденція IoT на 2020 рік полягає в тому, що мережі IoT підключених пристроїв, з якими взаємодіють люди, будуть розширюватися, і обсяг даних, які можна зібрати з цих мереж, також збільшиться. Ми свідомо взяли новий образ життя - весь час на зв'язку. Очевидно, це неможливо ігнорувати, і індустрія Інтернету речей йде нам назустріч.

Gartner назвав цю тенденцію «Human Augmentation». Не тільки людське з'єднання, а й універсально підключені пристрої є фактором, який може змінити наш повсякденний досвід. Таким чином, поєднання цих двох питань породжує об'єднаний розумний світ.

Рушійною силою вдосконалення мереж Інтернету речей в галузях, що просувають сенсорні технології, є дані. Чим більше даних організація або бізнес отримує від підключених пристроїв користувачів, тим більше у них

шансів надати своїм клієнтам персоналізований досвід, задовольнити їх потреби і спрогнозувати свою поведінку.

Таким чином, потреба в інформації створює основу для споживчих тенденцій в області Інтернету речей. Додатки Інтернету речей зараз тестуються у все більшій кількості вертикалей. Роблячи таким чином, організації прагнуть підвищити зручність роботи користувачів і якість послуг, що надаються. Точно так же технології зв'язку розвиваються в надлишку, і кожен бізнес може використовувати ті, які найкраще задовольняють вимогам до функціональності.

В результаті, чим більше підключених пристроїв, тим більше даних про споживачів збирається. Це покладає на підприємців відповідальність за створення і дотримання політик безпеки.

Тенденції в області безпеки Інтернету речей: актуальні питання безпеки

Клубок підключень обов'язково вирішить деякі проблеми мережевої безпеки в майбутньому Інтернету речей. Деякі рішення для підключення, такі як Wi-Fi, недостатньо надійні. Крім того, мережі, в яких працюють ці пристрої, дуже уразливі через їх фрагментованості. Ця проблема стає все більш актуальною в 2019 році і, таким чином, являє собою ще одну тенденцію Інтернету речей, яку необхідно вирішити.

По-перше, такі правила, як GDPR, можуть сприяти усуненню недоліків безпеки в пристроях IoT і змушувати окремих користувачів або організації (наприклад, охорону здоров'я, освіту, державні установи або підприємства) відстежувати всі пристрої для реагування на порушення безпеки. ефективно. По-друге, такі речі, як системи управління мобільними пристроями і системи контролю доступу до мережі, ймовірно, стануть більш популярними як засобу зниження ризиків витоку даних. Зокрема, вони дозволяють користувачам відстежувати кількість пристроїв, підключених до їх мережі, хто їх власники, які дані йдуть із системи і т.д (рис 1.2)



Рис 1.2 Тенденції в області безпеки Інтернету речей

Напрямки практичного застосування Інтернету Речей

На основі Інтернету Речей, можливо, реалізувати різні «розумні» додатки у всіляких сферах діяльності і галузях життя людини (рис. 1.2):



Рис. 1.2 Сфери реалізації Інтернету Речей

- «Розумна планета» - людина завжди зможе своєчасно реагувати на багато екологічних проблем (наприклад: упущення в плануванні господарств, забруднення) і, отже, більш раціонально розпоряджатися невідновлюваних ресурсами.

- «Розумне місто» - міська інфраструктура і муніципальні послуги, (освіта, охорона здоров'я, житлово-комунальне господарство (ЖКГ), громадська безпека) будуть краще взаємопов'язані і ефективні.

- «Розумний будинок» - система, здатна розпізнавати різні ситуації, що відбуваються в будинку, і реагувати на них відповідним чином, що забезпечить безпеку і комфорт мешканців, а також буде сприяти кращому збереженню ресурсів.

- «Розумна енергетика» - забезпечення надійної і якісної передачі електрики від джерела до споживача в потрібний час і в необхідній кількості.

- «Розумний транспорт» - збільшення швидкості переміщення пасажирів з однієї точки простору в іншу, а так само підвищення їх безпеки.

- «Розумна медицина» - можливість для лікарів і пацієнтів отримати віддалений доступ до дорогого медичного обладнання або до електронної історії хвороби в будь-якому місці, реалізація системи віддаленого моніторингу здоров'я, автоматизована видача препаратів хворим і багато іншого.

Оптимізація мережі та IoT

Оптимізація мережі IoT стає все більш актуальною в зв'язку з очікуваним величезним збільшенням трафіку, пов'язаного з Інтернетом речей, в найближчі роки, оскільки мільярди пристроїв IoT підключені до глобальних мереж

У цьому сценарії очевидно, що операторам необхідно оптимізувати мережі IoT, щоб мінімізувати вплив трафіку, пов'язаного з IoT, на інші послуги, що пропонуються через мобільні мережі. Оптимізація мережі IoT також є ключем до забезпечення максимального використання мережевих ресурсів в інших типах мереж.

Однак трафік, пов'язаний з IoT, є лише частиною проблеми для операторів, оскільки кількість задіяних пристроїв приведе до значного збільшення обсягу трафіку, не пов'язаного з додатками.

Згідно з недавнім офіційним документом, опублікованим компанією Aeris, постачальником послуг M2M-комунікацій і Інтернету речей, управління мережами для надання послуг Інтернету речей не схоже на управління традиційними стільниковими мережами через різного профілю

трафіку Інтернету речей. Пристрої IoT передаються з великою регулярністю, чого не можна сказати про смартфонах. Ця регулярність дозволяє постачальникам послуг Інтернету речей відстежувати шаблони і визначати, чи правильно працює пристрій. Ось чому організації зосереджуються на оптимізації мереж IoT, оскільки ці послуги стають більш зрілими.

Aeris також виявив, що для впровадження оптимізації мережі IoT є комерційні причини. «Якщо ви розглядаєте додатки IoT, у вас може бути низька пропускна здатність і обсяг даних з самого додатка, але присутність пристрою може генерувати більше повідомлень рівня управління, ніж організація може підтримувати. Наприклад, з додатком може знадобитися відправляти всього кілька мегабайт даних на пристрій в місяць, але обмін повідомленнями рівня управління може мати значно більший обсяг, ніж трафік самого додатка. Цей трафік, що не орієнтований на додатки, створює значне навантаження на мережу », - йдеться в офіційному документі. За словами Aeris, спосіб вирішення проблеми - вказати обладнання, яке було розроблено для обмеження трафіку площині управління для пристроїв IoT.

Aeris також підкреслив, наскільки важлива для постачальників послуг Інтернету речей підготовка до гнучкої масштабованості. «Ніхто не знає, в який саме момент буде запущено окремий додаток Інтернету речей, і ніхто не може передбачити, які типи додатків Інтернету речей будуть лідирувати на ринку. Отже, провайдери послуг повинні мати можливість розширюватися за запитом з відносно низької бази », - додано в офіційному документі.

За словами Aeris, організації повинні бути готові справлятися не тільки із середнім навантаженням, але і з піковими значеннями, оскільки багато пристроїв Інтернету речей налаштовані на зв'язок точно на годину, що створює сплеск трафіку.

На закінчення, оптимізація мережі IoT пропонує організаціям ряд переваг, включаючи економію витрат, підвищення операційної ефективності, а також більш швидке масштабування або розгортання послуг.

Алгоритми на основі оптимізації рою частинок (PSO)

PSO є обчислювальним методом, який оптимізує дану проблему шляхом підвищення ітеративного рішення кандидата щодо даної якості. PSO виникла на основі поведінки тварин, птахів тощо та їх шкільного характеру. Завдяки унікальній структурі, виставлений ними, надається необхідна інформація про те, що інтелект не зосереджується на індивідах, швидше він розподіляється між багатьма індивідуумами групи. PSO отримала широку популярність в останні роки, і за цією методикою було опубліковано багато наукових статей, пов'язаних з різними методами оптимізації. Наприклад, в [1], автори запропонували імунний ортогональний навчальний алгоритм PSO, який забезпечує швидке відновлення маршруту від провалу шляху через рухливість вузла раковини, а також забезпечує альтернативний шлях для ефективного ремонту шляху за допомогою ортогональної стратегії навчання. Результат підтверджує, що алгоритм зменшує накладні витрати на зв'язок і збільшує час життя мережі. Автори [2] використовували PSO для оцінки різного рівня потужності передачі, необхідної для кожного вузла, без внесення відключених ділянок в датчик кластера. Підсумкові результати показують, що за допомогою PSO, метод заощадив більше енергії датчиків у порівнянні зі звичайними вузлами розгортання з єдиною потужністю передачі. Енергоефективність є найважливішим питанням в кластерних мережах на основі кластерів, де процес вибору кластерних головок (КГ) помітно впливає на продуктивність мережі.

Генетичні алгоритми (GA)

GA намагається привласнити конкурентне рішення задачі відповідним значенням за допомогою природної еволюційної діяльності, а також, використовуючи виживання найбільш пристосованого принципу. GA можна використовувати як для обмежених, так і для незміщених задач оптимізації. В [3], пропонується оптимальний алгоритм маршрутизації алгоритму кластеризації k-mean і GA. Використовуючи алгоритм кластеризації k-mean, можна досягти найкращої кластерної голови і кластера, і за допомогою GA

можна вибрати оптимальний шлях. GA спирається на енергетичну цінність голови кластера і довжину шляху, тому результуючий шлях, отриманий GA, матиме більшу надійність, більш високу швидкість і тривалість життя. В роботі [4] автори запропонували метод оптимізації кластеризації на основі GA для обмежених мереж обліку стандартів IETF CoRE для передачі даних і інтерфейсів CoRE. За допомогою CoRE Interfaces споживання енергії може бути зменшено, оскільки в процесі комунікації використовується менше повідомлень керування.

Евристичні алгоритми

Евристичний алгоритм використовується для пошуку рішення з багатьох можливостей і забезпечує порівняно близьке вирішення складної проблеми більш простим і швидким способом. Є багато літератур, доступних для оптимізації мережі на основі евристичних алгоритмів. Наприклад, в [5], автори запропонували протокол маршрутизації RPL як Robust Shortest Path Tree (RSPT), який підвищує стійкість в маршрутизації мережі, враховуючи наявність невизначеності в якості каналу і адреси вартості окремої дуги, яка визначається можливими значеннями замість однієї проблеми, вони розширили алгоритм евристичного сценарію (SBA). Автори [6], використовували технологію LTE, щоб забезпечити покриття для різних пристроїв IoT і зробити цю технологію обмеженням ресурсів і полегшити ефективне спілкування, запропонували механізм LTE Random Access Channel (RACH). Цей механізм дозволяє пристроям отримувати доступ до каналів і зменшувати потужність передачі, автори запропонували алгоритм відстроченої потужності (DPRA), який є евристичним підходом.

Еволюційні алгоритми (EA)

EA використовує популяційний підхід до мета-евристичного алгоритму та надає приблизне рішення практично всіх видів проблем, оскільки при формулюванні проблеми це не робить припущення. Деякі з робіт, що базуються на EA [7], де автори запропонували алгоритм оптимального забезпечення енергозберігаючого протоколу (OSEAP) та поліпшеної

оптимізації завантаження бактерій (IBFO) для безпечної передачі даних та економії енергії при виборі кластера для передачі даних між джерелом і пунктом призначення. Цей метод перевершує продуктивність, енергію і затримку порівняно з попередніми методами.

Основні параметри мережі підтримуються різними типами алгоритмів

Порівняння вищевказаних типів алгоритмів з різними параметрами мережі, щоб забезпечити різні параметри мережі, що підтримуються цими типами алгоритмів.

1. Балансування навантаження: балансування навантаження в мережі під час маршрутизації даних відіграє важливу роль для максимізації терміну служби мережі. Розрахунок множини метрик при маршрутизації допоможе в забезпеченні надійної комунікації даних з меншою ймовірністю відмови вузлів у мережі.

2. Максимізація терміну служби мережі: параметр вирівнювання навантаження і керування відмовами вузлів разом з енергоефективною маршрутизацією допомагають в максимізації терміну служби мережі. Оскільки термін служби батареї або енергія вузлів обмежена, механізм повинен обмежувати або збалансувати різні параметри мережі, щоб максимізувати термін служби мережі. Більшість алгоритму допомагає в максимальній життєздатності мережі.

3. Керування помилками: помилка зв'язку відбувається внаслідок відмови вузлів у мережі, призводить до погіршення сигналу і зменшує термін служби мережі. Звідси механізм повинен звести до мінімуму невдачі зв'язку для забезпечення надійного зв'язку.

4. Якість посилення: Цей параметр забезпечує зв'язок QoS. У випадку багатопроменевого тракту, шлях перевіряється, і дані передаються в ефективний шлях для зменшення повторних передач корисного навантаження і прогнозованих затримок. Цей параметр частково допомагає в

максимізації терміну служби мережі, оскільки вона зменшує повторну передачу пакетів.

5. Енергоефективність: Алгоритми повинні забезпечити механізм енергозбереження для мінімізації споживання енергії вузлами, що є важливою частиною IoT. Енергозбереження можна розглядати в різних аспектах, таких як маршрутизація, скорочення робочого циклу, контроль перевантаження та багато інших. Більшість алгоритму надає стратегію енергозбереження для максимального терміну служби мережі.

6. Гетерогенність: IoT являє собою комбінацію різних типів пристроїв і послуг, дані з цих пристроїв мають гетерогенну форму. Неоднорідність розглядається у відповідності з багатьма факторами, такими як різні виробники, різні типи програмного забезпечення та програмного забезпечення, різні протоколи тощо. Алгоритм повинен підтримувати гетерогенні середовища і допомагати в взаємодії між різними протоколами. Але більшість алгоритму не підтримує неоднорідність.

1.2. Аналіз проблем енергоефективності та способи мінімізації споживання енергії у середовищі IoT

Інтернет речей - це нова парадигма. Вона поєднує такі технології, як повсюдне обчислювальне обладнання, всеохоплюючі обчислення, інтернет-протокол, технології зондування та комунікаційні технології і т.д. і контроль над нашим життям. Оскільки мільйони пристроїв підключені до Інтернету, а пристрої обмежені енергією, енергія є важливим фактором IoT. Щоб збільшити час роботи датчика, необхідно зберегти енергію на різних рівнях.

Енергоефективність у середовищі IoT

Термін «Енергоефективність» охоплює різні аспекти системи IoT. Найбільш поширеними є такі аспекти:

- Енергія на коректно прийнятий біт: скільки витрачається на транспортування одного біта інформації від джерела до місця призначення.
- Енергія за кожною зареєстрованою подією: це енергія, витрачена на звітування про одну подію.

- Компромiс iз затримкою / енергiєю: поняття невідкладних подiй та швидкiсть повiдомлення про такi подiї.
- Мережевий термiн служби: час, в який вiн здатний виконати своє завдання

Вузол датчика використовує свою енергiю для виконання таких функцiй, як придбання, зв'язок i обробка даних. Придбання залежить вiд типу монiторингу. Комунакацiя споживає бiльше енергiї, нiж iнше завдання. Вiн охоплює з точки зору емiсiї та прийому. Обробка даних є технiкою, в якiй промiжний вузол обраний для консолiдацiї потокiв даних датчикiв вiд вихiдних вузлiв до вузла раковини.

Питання в енергозбереженнi

Питання енергоефективностi в IoT можна пiдсумувати наступним чином:

1. Прослуховування в режимi очiкування : Вузол в активному режимi є основним джерелом споживання енергiї. Важливо зменшити витрачені енергоресурси. Вона не повинна перебувати в активному станi. Очiкувана готовнiсть передавати данi, не приймаючи або передаючи пакети, називається простоюванням. Iснують рiзні пiдходи до скорочення загального активного часу. Вузли датчика сну повертаються до активного режиму через певний промiжок часу або пiсля обробки сигналу пробудження.

2. Зiткнення : Зiткнення вiдбувається, якщо вузли отримують декiлька пакетiв даних одночасно. Завдяки цьому отриманi данi марнi. Процес передачi повинен повторюватися, поки енергiя розсiюється. Зiткнення також збiльшує затримку. Цi операцiї могли б споживати досить багато енергiї.

3. Надмiрна поверхня : Вузли датчикiв високої щiльностi призводять до перешкод для сусiднiх вузлiв пiд час передачi даних. Це називається через слух. Вузли в межах досяжностi мають цю особливу проблему. Це призводить до спалювання енергоресурсiв за рахунок отримання та обробки непотрiбної iнформацiї.

4. Зменшення витрат протоколу : Інформація про заголовок протоколу виснажує енергетичні ресурси. Методи зменшення накладних витрат протоколу - це адаптивні періоди передачі, підходи перехресного шару та оптимізовані затоплення.

5. Коливання трафіку : Трафік може призвести до перевантажень або високих затримок. Якщо мережа працює на максимальну потужність, перевантаження підвищується до надзвичайно високого рівня

Шляхи енергозбереження

1 Управління діяльністю вузлів: У діяльності вузлів є дві частини, а саме: планування сну та діяльність вузла на вимогу. Планування сну - це спосіб встановити вузол у сплячий режим і визначити час пробудження. Це заощаджує енергію в просторі. Тут визначаються певні періоди, в яких окремий вузол знаходиться в сплячому режимі. Дія вузла на вимогу не запланована, але вузол за замовчуванням знаходиться в активному стані з простою функціональністю. Якщо передається сигнал пробудження, сусідні вузли в межах області перемикаються в активний режим. Після активації відбувається передача даних. Оскільки не потрібно декодувати сигнал пуску, всі навколишні вузли вмикаються і для них не потрібно. Пристрої розгортаються і утворюються кластери. Запропоновано також схему [8] ,планування діяльності для визначення покриття. Це робиться в раундах. У кожному раунді вузол вибирає випадковий тайм-аут і прислухається до повідомлень від сусідів до його закінчення. Повідомлення містять рішення бути активним чи ні. Для передачі такого типу повідомлень потрібна невелика кількість енергії. Зменшивши споживання енергії на рівні вузлів, можна підвищити енергоефективність.

2. Процес агрегування та передачі даних: Вартість передачі даних вище, ніж обробка даних. Це корисно для агрегування даних у межах кластерів. Кластери можуть зменшити обсяг даних, оскільки головні кластери відповідають за моніторинг і обробку запитів. Це полегшує кілька ефектів розсіювання енергії. У цьому процесі дані, які надходять з різних

джерел, об'єднуються в один пакет даних. Це допомагає зменшити надмірність і мінімізувати кількість передач. Бездротова передача даних використовує велику частину загальної енергії. Включення управління потужністю в процес передачі може призвести до більшої економії енергії [9]. У застосуваннях короткого діапазону потужність передачі, яка безпосередньо пов'язана зі швидкістю передачі даних, і схема потужності, повинні бути ретельно збалансовані для досягнення високої енергетичної ефективності. Для досягнення енергоефективності при передачі використовуються алгоритми оптимізації.

3. Протокол MAC: Енергія дуже важлива для обробки пристроїв IoT. Кращий дизайн протоколу MAC є одним із способів ефективного використання енергії. Важливим атрибутом протоколу MAC є енергоефективність. Протокол MAC розглядається як допоміжний рівень шару каналу передачі даних. Він визначає правила передачі кадру. Якщо є багато вузлів, протокол MAC координує доступ до каналу. Популярний стандарт MAC, описаний Інститутом інженерів електротехніки та електроніки (IEEE) у 2003 році, а потім переглянуто у 2006 році. IEEE 802.15.4 визначає два режими роботи, тобто не-режим увімкнення радіомаяка і режим включення радіомаяка. Перший завжди пробуджується, щоб отримати кадр. Останній описує супер-кадри, де вузли прокидаються тільки протягом невеликої частини суперкадра. Це призводить до збільшення споживання енергії та пропускну здатності. Основна ідея протоколу робочого циклу полягає в тому, щоб зменшити непотрібну діяльність, помістивши вузол у сплячий стан. Це представлено як періодична схема пробудження. Вузол періодично прокидається для передачі або прийому пакетів. Якщо активності немає, вузол повертається до стану сну. Тривалість циклу вимірюється як відношення довжини періоду прослуховування до тривалості періоду пробудження.

4. Управління безпекою: Енергія є важливим фактором для розгляду заходів безпеки для вузлів. Але системи безпеки не призначені для пристроїв,

обмежених ресурсами. Одна з проблем полягає в тому, щоб зробити алгоритми шифрування швидше і менш енергоємними. Існуючі методи підтримуються для потужного обладнання. Важливо обмежити споживання енергії та тим самим продовжити термін служби батареї. Заходи безпеки значно впливають на його споживання енергії для виконання функцій шифрування та дешифрування. Вимоги безпеки стосуються кожного шару IoT. У перцептивному шарі аутентифікація необхідна для запобігання незаконному доступу до вузла. Потім, для захисту конфіденційності інформації, необхідно шифрувати дані. Якщо біль сильні заходи безпеки, то він споживає більше ресурсів. У мережевому шарі важко застосувати існуючі механізми безпеки зв'язку, які споживають більше енергії. Конфіденційність і цілісність є важливими в цьому шарі. Існує два аспекти в прикладному рівні, тобто аутентифікацію і узгодження ключа в гетерогенній мережі. Системи не призначені для пристроїв, обмежених ресурсами. Тому в цьому шарі необхідно реалізувати легкі криптографічні алгоритми.

5. Управління топологією: Роль управління топологією полягає в зниженні споживання енергії вузла. Це спосіб продовжити термін служби мережі. Типи є такими:

- Керування топологією на основі графіків Це робиться локально, якщо є інформація про відстані між датчиками та їх відносне розташування. Кілька графіків виходять з різними властивостями.
- Графік відносної сусідства Це прямий графік, який з'єднує дві точки. Триангуляція точки є максимальним з непересічних відрізків ліній з вершинами точки.
- Локалізоване мінімальне остовне дерево Обчислює топологію зменшення потужності шляхом побудови мінімального остовного дерева по мережі повністю розподіленим чином. Такий підхід є менш енергоємним, ніж вихідна мережа.

6. Маршрутизація - це акт передачі інформації через мережу від джерела до місця призначення. Це відбувається в мережевому шарі.

Маршрутизація приймає рішення, які маршрути використовувати. Маршрутизація може бути розділена на плоску маршрутизацію, ієрархічну маршрутизацію і маршрутизацію на основі місцезнаходження. Всі вузли мають рівну роль або функціональність в плоскій маршрутизації. У ієрархічній маршрутизації вузли будуть відтворювати різні ролі в мережі. Позиції вузлів використовуються для маршрутизації даних у маршрутизації на основі місцезнаходження. Ці протоколи також можна класифікувати на основі багатоканальної, заснованої на запитах, переговорів, маршрутизації на основі QoS і когерентної.

Характеристика протоколів маршрутизації може бути розділена на три основні категорії, такі як проактивні, реактивні та гібридні протоколи. Проактивні протоколи активно збирають інформацію про маршрутизацію, намагаючись завжди мати огляд топології всієї мережі. Реактивний протокол шукає маршрути за запитом. Тільки коли починається передача, спрацьовує процес виявлення маршруту. Гібрид - це комбінація обох. Пакетна переадресація може бути або за допомогою хопу, або через маршрутизацію джерела. З першим, кожен маршрутизатор зберігає невелику частину кожного маршруту. В останньому випадку весь шлях маршруту використовується для передачі даних. Це має переваги ефективності пам'яті. Він збільшує розмір заголовка та обсяги трафіку. Протокол з використанням багатопроменевої маршрутизації шукає альтернативні шляхи до кожного місця призначення. За допомогою ймовірнісної маршрутизації рішення про маршрутизацію обчислюються на основі ймовірнісних значень. Енергоефективність може бути введена в існуючі протоколи за допомогою відповідних метрик. Найбільш поширеною метрикою є Hop Count. Вибрано маршрут, який використовує найменшу кількість переходів. Метрика, яка приймає енергетичний рівень на рівні вузла або мережі, може впливати на рішення маршрутизації протоколу таким чином, що зберігає енергетичні ресурси.

1.3 Кластеризація в бездротовій сенсорній мережі

Внаслідок обмеженості ресурсів у WSN, прямий зв'язок вузла датчика з BS або багатозонним зв'язком сенсорних вузлів у бік BS не є практичним, оскільки споживання енергії є високим, що призводить до раннього закінчення дії датчиків, як показано на рис.1.3. Прямий зв'язок або одноярусний зв'язок неможливий для великомасштабної мережі, оскільки WSN не може підтримувати зв'язок на великих відстанях. Пряме спілкування має свої недоліки, такі як високе споживання енергії, дублювання даних (вузли датчиків, які були близькі один до одного, передача даних з дуже малими варіаціями), і найдалші вузли швидко гинуть. Для подолання цих проблем використовується дворівнева комунікація за допомогою ієрархічного підходу, де вузли групуються в кластери. Вузол лідера, який також називається головою кластера (CH), відповідає за агрегацію даних і потім пересилання його на BS.

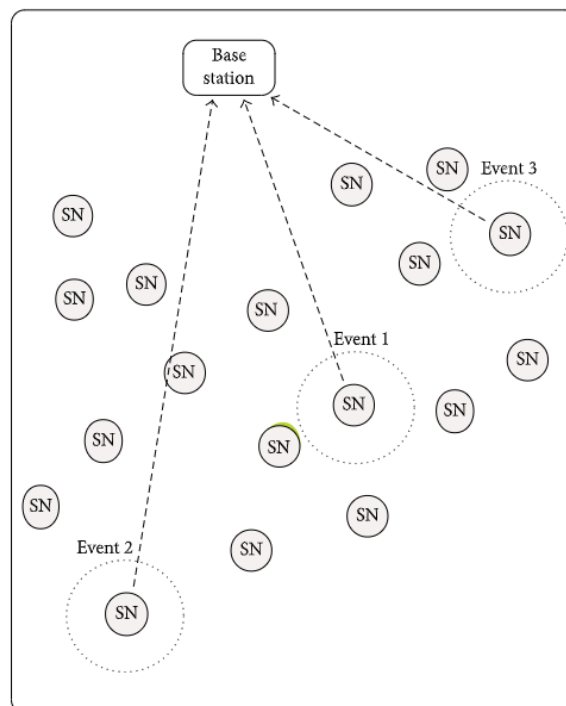


Рис.1.3 Пряме спілкування.

Ієрархічна мережна структура часто робить дворівневу ієрархію, в якій голови кластера розміщуються на верхньому рівні, а нижній - для вузлів-

членів. Вузли нижнього рівня періодично надсилають дані у відповідні СН. Потім голова кластера об'єднує ці дані та пересилає їх до BS. Вузол СН витрачає більше енергії, ніж вузли-члени, як і весь час СН-вузол передає дані на великі відстані. Більш того, після певних раундів вибраний СН може бути нездатним виконати або загинути внаслідок високого енергоспоживання. Для забезпечення балансування навантаження між вузлами датчиків роль СН періодично змінюється, щоб збалансувати споживання енергії. Зв'язок всередині кластера є однохопним (intracluster), а між кластерами є мультисхоп (intercluster), як показано на рис.1.4.

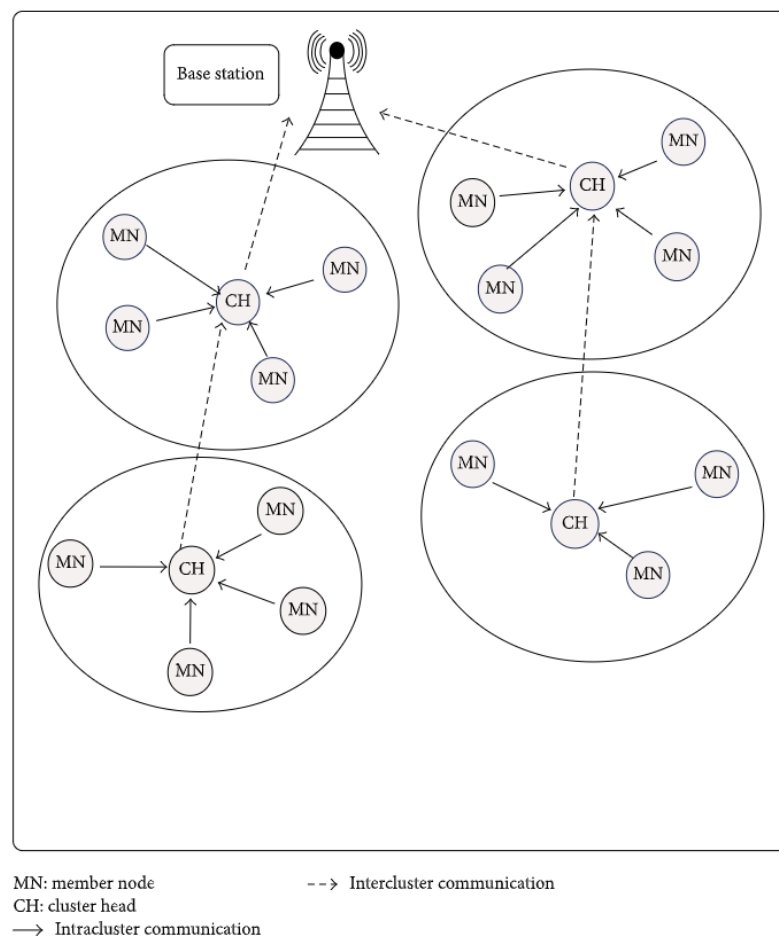


Рис 1.4 Кластерна комунікація.

Параметри кластеризації

Параметри кластеризації, які можуть безпосередньо або опосередковано впливати на процес створення кластера, розглядаються нижче.

- Кількість кластерів. У більшості існуючих підходів вибір голови кластера та утворення кластерів призводять до різного числа кластерів, де кількість кластерів є попередньо визначеною. Це ключовий параметр, що стосується ефективності алгоритму кластеризації, яка залежить від розміру мережі.
- Формування кластерів. Підхід формування кластера може бути централізованим, де рішення формування кластера обробляється БС, а в розподіленому підході - без будь-якої координації. У літературі також використовуються гібридні підходи, де використовуються переваги обох підходів.
- Внутрішньо-кластерні комунікації. Це означає зв'язок сенсорних вузлів з обраним ним СН в кластері. У більшості підходів сенсорні вузли безпосередньо (one-hop) зв'язуються з СН, оскільки це залежить від відстані між вузлом і СН. У широкомасштабній мережі також може бути прийнята багатозонна комунікація для внутрішньо-кластерного зв'язку
- Мобільність. У статичній мережі датчикові вузли і головки кластера є статичними результатами в стабільних кластерах. Крім того, статичне положення вузлів призводить до полегшеного управління мережею. Кластер і СН розвиваються відносно часу, якщо вузли змінюють своє положення, що вимагає постійного обслуговування.
- Типи вузлів. У існуючих запропонованих підходах деякі з них використовували гетерогенні вузли, а деякі використовували однорідні вузли в мережі. У гетерогенному середовищі, як правило, СН мають високі комунікаційні та обчислювальні ресурси, ніж звичайні вузли. Хоча в однорідній мережі всі вузли мають однакові можливості, і деякі з них призначені як СН через ефективні методики.
- Вибір голови кластера. Загальна продуктивність мережі також залежить від вибору голови кластера. У деяких запропонованих методах голова кластера є попередньо визначеною (як правило, в неоднорідних середовищах). У більшості випадків вибір СН ґрунтується на різних

параметрах (відстань від вузлів і центру, енергетичний рівень тощо) або використовується ймовірнісний підхід або це здійснюється за допомогою будь-якої випадкової техніки.

- Багаторівнева ієрархія кластерів. У літературі декілька методів використовували концепцію багаторівневого кластера для досягнення навіть поліпшеного споживання та розподілу енергії. Вузол датчика зв'язується з СН у відповідних кластерах рівня 1, які додатково зв'язуються з кластерами рівня 2. У цьому підході міжкластерне спілкування має велике значення, особливо для великомасштабних мереж.

- Складність алгоритму. Іншим важливим параметром кластеризації є складність алгоритму; Метою останніх алгоритмів є швидке формування кластерів і вибір СН. У більшості методів тимчасова складність або збіжність зберігаються постійними, тоді як в деяких вона залежить від ряду вузлів датчиків в мережі.

Критерії вибору СН :

- Початкова енергія: це важливий параметр для вибору СН. Коли починається будь-який алгоритм, він зазвичай розглядає початкову енергію.

- Залишкова енергія: Після завершення деяких раундів вибір голови кластера повинен базуватися на енергії, що залишилася в датчиках.

- Середня енергія мережі: середня енергія використовується в якості опорної енергії для кожного вузла. Це ідеальна енергія, яку кожен вузол повинен володіти в поточному раунді, щоб підтримувати мережу в живих.

Ієрархічні підходи на основі кластерів

Підходи кластеризації використовуються для спрощення управління вузлами, для зменшення споживання енергії, для досягнення масштабованості, а також для поліпшення балансування навантаження та надійності та агрегації даних. Вузли згруповані для формування кластерів. Вузол, відомий як голова кластера (СН), відповідає за збір даних з вузлів-членів (MN), агрегує його, а потім пересилає до BS безпосередньо або через деякий проміжний СН, як показано на малюнку 1.4. Замість того, щоб

посилати дані з усіх вузлів датчика в кластері, СН посилає тільки агреговані дані, які в свою чергу мінімізують кількість пакетів, що передаються в мережі, і мінімізують споживання енергії. Дані, отримані від СН-вузла, далі обробляються на базовій станції, де кінцеві користувачі отримують доступ до неї. Позиція BS може бути в межах поля або може бути розміщена за межами області мережі. Зазвичай BS розміщується зовні і на відстані від сенсорних вузлів. Дані, отримані датчиком, передаються через шлюз (СН) до BS. Багаторівнева ієрархія кластерів може мати більше однієї BS в мережі (якщо це необхідно). У літературі робилися різні спроби поліпшити енергоефективність за допомогою різних методів кластеризації, вирішуючи проблеми ефективного утворення кластерів, рівномірного розподілу навантаження, вибору та повторного вибору СН, і кластерного реформування;

Модель мережі

- Всі вузли стаціонарні після розгортання в полі і мають інформацію про місцезнаходження.
- Єдина базова станція знаходиться поза полем.
- Вузли вважаються загиблими лише тоді, коли їхня енергія вичерпана.
- Всі вузли датчиків є однорідними.

Енергетична модель

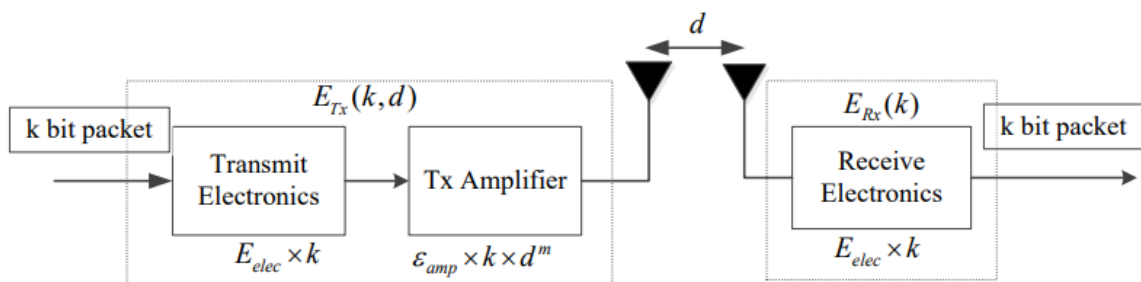


Рис.1.5 Модель радіо енергії

Зазвичай, для обчислення споживання енергії в процесі передачі даних маршрутизації використовують режим каналу ослаблення вільного простору і модель каналу багатопроменевого затухання. Протокол вибирає режим

каналу на основі відстані між передавачами та приймачами. Якщо відстань між вузлами менше порогового значення d_0 , модель каналу ослаблення вільного простору є належною, інакше багатопроренева модель затухання каналу. Тому для передачі k -бітових даних відстань d , споживання енергії є

$$E_{Tx}(k, d) = E_{elec} \times k + \epsilon_{amp} \times k \times d^m$$

при цьому споживання енергії для отримання k бітових даних

$$E_{Rx}(k) = E_{elec} \times k$$

де, E_{elec} є енергія електроніки, ϵ_{amp} - час збільшення підсилювача.

Витрата підсилювача і відстані d^m - знаходиться в масштабі. Якщо відстань передачі коротка, $d < d_0$ та $m=2$, інакше $d \geq d_0$ та $m=4$. Отже, споживання енергії при відправці k бітових даних

$$E_{Tx}(k, d) = \begin{cases} E_{elec} \times k + \epsilon_{amp} \times k \times d^2, & d < d_0 \\ E_{elec} \times k + \epsilon_{amp} \times k \times d^4, & d \geq d_0 \end{cases} \quad (1.1)$$

Кластерна організація для сенсорних мереж

LEACH (Ієрархія адаптивної кластеризації з низькою енергією) є першою спробою до протоколів маршрутизації на основі кластерів. На етапі налаштування протоколу LEACH головні кластери вибираються за допомогою динамічного, розподіленого та рандомізованого алгоритму.

Об'єднаємо дві фази в одну фазу з п'ятьма кроками:

На першому етапі СН передає інші датчики, його ідентифікатор і рекламне повідомлення, після чого на другому етапі кожен датчик посилає свій ідентифікатор, СН ID і повідомлення запиту на приєднання до бажаного СН. Коли СН отримав всі запити, він транслює свій ідентифікатор і графік

часових інтервалів для датчиків, який включає кожного члена з його часовим слотом (крок три). Після цього кожен датчик посилає свій ідентифікатор, ідентифікатор СН і звіт зчитування на свій СН (крок чотири). Нарешті, кожен СН посилає свій ідентифікатор BS ID і агрегований звіт своїх членів BS.

Передача інформації між датчиками, а також між датчиками і BS, здійснюється за допомогою протоколу CSMA MAC. З іншого боку, вони зв'язуються за допомогою кодів CDMA для зменшення перешкод, які можуть виникнути в результаті зв'язку сусідніх вузлів

1.4 Архітектура для мережі m2m

Вимоги до проектування мережі для програм M2M та IoT значно відрізняються від комунікацій H2H та M2H через характер послуг. Вимоги до даних і комунікацій систем H2H і H2M в основному переважають високу швидкість передачі даних і низьку затримку. Ці мережі також повинні підтримувати асиметрію швидкості передачі даних з більш високим обсягом даних на низхідній лінії зв'язку для програм, таких як завантаження файлів і потокове відео. Рисунок 1.5 показує функціональну архітектуру мережі зв'язку M2M на основі стандарту ETSI [10,11]. Архітектура розділена на два області; пристрою та шлюзу, а також мережі. Домен пристрою та шлюзу складається з пристроїв M2M, мереж, додатків і шлюзу M2M. Мережевий домен в основному складається з мереж доступу та основних мереж, функцій управління M2M і різних додатків M2M. Домен пристрою та шлюзу може підтримувати два типи пристроїв M2M, де вдосконалені пристрої можуть мати пряме підключення до серверів додатків через мережу доступу, тоді як інші пристрої з меншими можливостями можуть підключатися до мережевого домену лише через шлюз M2M через мережу, як показано на малюнку. Пристрої M2M також можуть бути підключені до домену мережі через кілька шлюзів M2M через різні мережі доступу. Елементи мережі в домені пристрою та шлюзу повинні обслуговувати трафік M2M безпосередньо з вузлів-джерел, які розподілені по широкій області. Ці пристрої будуть генерувати короткі пакети даних і мати низькі вимоги до

енергоспоживання. З іншого боку, в мережевому домені з'єднання даних в основному обслуговуються шлюзами і вдосконаленими пристроями M2M, де пачки даних зазвичай більше, з меншими обмеженнями на споживання енергії. Можливість підключення в цій області може підтримуватися стандартними стандартами стільникового зв'язку, а також стандартами високої швидкості передачі даних на малих дистанціях. Щоб підтримувати вимоги до комунікації M2M через стільникову мережу, необхідно розробити нові методи розподілу радіоресурсів, щоб можна було ефективно обслуговувати короткі та нечасті пачки даних [12,13].

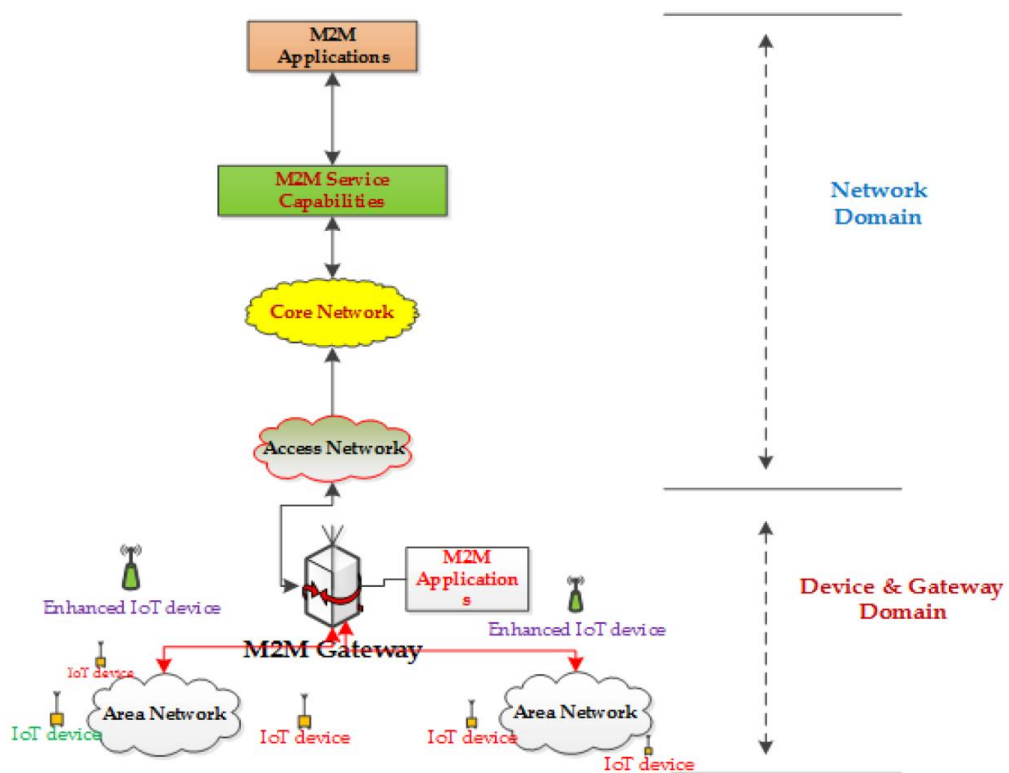


Рис.1.5 Функціональна архітектура мережі M2M на основі специфікації ETSI.

Використовуючи стандарти бездротових мереж малого радіусу. Мережі M2M безпосередньо обслуговуватимуть кінцеві пристрої, які поширюються по географічній території. Для того, щоб збирати дані з розподілених пристроїв, необхідно забезпечити безшовну зв'язок від пристроїв до серверів даних. Пряме підключення від пристроїв передачі даних до серверів даних неможливе через високу щільність вузлів і вимоги до потужності передачі. Корисно буде передавати дані з пристроїв через локальні шлюзи на сервер за

допомогою декількох хоп-ліній. Оскільки кінцеві пристрої генеруватимуть нечасті пакки даних, необхідно вибрати відповідні топології мережі та протоколи MAC, щоб забезпечити безшовну зв'язок з максимальною ефективністю передачі при мінімальних витратах.

Архітектура мереж бездротових датчиків з низьким енергоспоживанням вважається найбільш підходящою для мереж M2M завдяки своїм низьким витратам і потребам енергії. Бездротові сенсорні мережі зазвичай використовують одну з декількох мережевих топологій для передачі даних. Основними використовуваними топологіями мережі є: зірка, одноранговий вузол, дерево і сітка [14]. Зоряна топологія є найпоширенішою топологією для сенсорних мереж малого розміру, тоді як архітектури мережевих і сітчастих мереж розширюють діапазон зв'язку. Топологія зірки використовує координатора для обміну даними між підключеними вузлами; в бездротових сенсорних мережах топологія зірок також називається топологією кластера, де координатор стає головою кластера. Діапазон передачі кластерної топології можна розширити за допомогою топології дерева кластерів. У топології дерева кластерів множинні кластери зв'язуються один з одним або через голови кластера або маршрутизатори, як показано на рис. 1.6

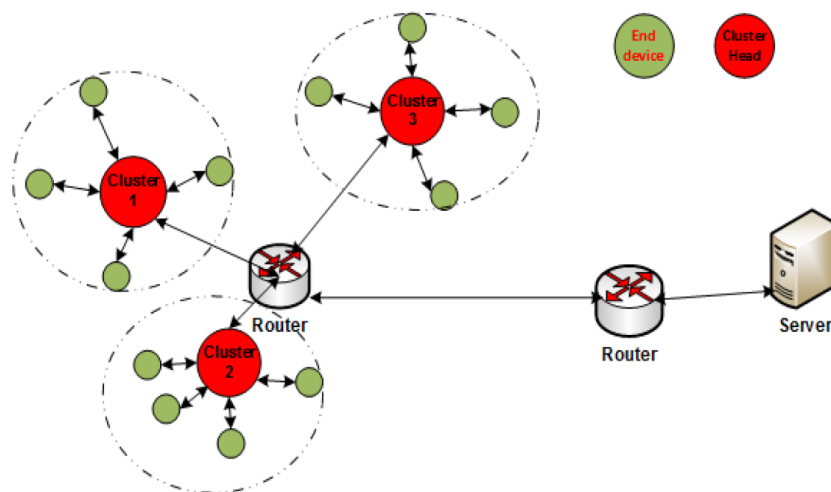


Рис.1.6 Мережева архітектура кластерного дерева. Робота в мережі, що показує обмін даними між сервером і кінцевими пристроями.

Протокол контролю доступу до середовища є ще однією важливою проблемою для проектів M2M [15]. Мережеву мережу M2M можна розглядати як локальну та / або персональну мережу, де використовується один з трьох різних класів протоколів MAC. Такими протоколами є: запланований доступ, довільний доступ і опитування [14]. Протоколи планового доступу та опитування, як правило, вимагають більшої підтримки сигналізації керування в порівнянні з протоколами довільного доступу і, як правило, не підходять для мережевих мереж малої потужності. Високі рівні сигналізації збільшують споживання енергії та обчислювальні складності. З іншого боку, протоколи довільного доступу зазвичай мають нижчі вимоги до сигналізації за рахунок деградації QoS, особливо при високій навантаженні на трафік.

Технологія бездротового зв'язку

З безліччю стандартів комунікації з високою швидкістю передачі даних, які не підходять для спілкування з датчиками та виконавцями, дизайнер системи шукає в основному стандарт для ефективної роботи з низькими енерговитратами та низькою затримкою. Хоча він був спочатку побудований як альтернатива Bluetooth через неефективність роботи в певних додатках, ZigBee найкраще підходить для пристроїв IoT, включаючи промислову автоматизацію, вбудовані системи, домашню автоматизацію тощо.

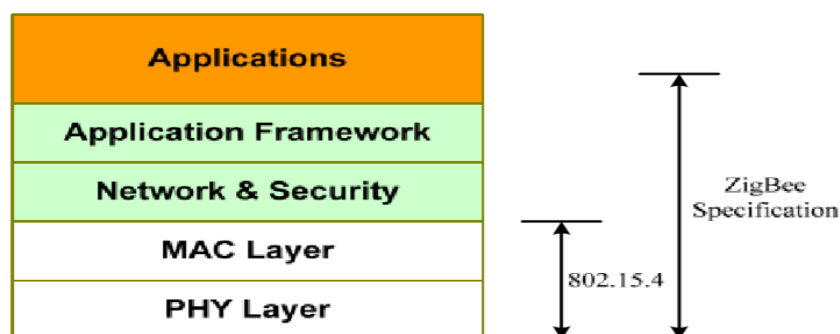


Рис.1.7 Стэк протоколу ZigBee / IEEE 802.15.4

Архітектура ZigBee (рис.1.7) базується на наступних блоках. Верхній рівень - це прикладний рівень з вузлами для приєднання кінцевого пристрою, а нижній - це рівень даних / зв'язок, що утворюють міст між верхнім і нижнім шарами, є мережевий шар для виконання функції. Ця ціла модель відома як стек, оскільки всі шари утворюють стек.

Зв'язок в мережі

В основі мережі ZigBee лежить Mesh-мережі (mesh-топологія). У такій мережі, кожен пристрій може зв'язуватися з будь-яким іншим пристроєм як безпосередньо, так і через проміжні вузли мережі. Mesh-мережі пропонує альтернативні варіанти вибору маршруту між вузлами. Повідомлення надходять від вузла до вузла, поки не досягнуть кінцевого одержувача. Можливі різні шляхи проходження повідомлень, що підвищує доступність мережі в разі виходу з ладу того чи іншого ланки.

Зв'язок в мережі ZigBee здійснюється за допомогою передачі пакетів даних між підключеними до мережі пристроями, які бувають трьох видів:

1. координатор (ZC);
2. маршрутизатор (ZR);
3. кінцеве пристрій (ZED).

Координатор ідентифікує мережу і управляє її процесами: задає і зберігає ключі безпеки пристроїв, встановлює політику безпеки своєї мережі і з'єднується з іншими мережами. Координатор в кожній мережі ZigBee може бути тільки один.

Маршрутизатор - це пристрій, що займається динамічною передачею пакетів даних по мережі. Його можна підключати до інших маршрутизаторів або координатору в мережі, а до нього інші маршрутизатори або дочірні пристрою. Маршрутизатор мають стаціонарне харчування і можуть обслуговувати до 32 дочірніх кінцевих пристроїв одночасно, включаючи "сплячі".

Кінцеве пристрій - елемент системи, що працює від автономного джерела живлення і виконує призначену функцію за допомогою датчиків або

виконавчих механізмів. Кінцеве пристрій підключається до маршрутизатора або координатору і не має дочірніх пристроїв, може відправляти і приймати пакети даних, але виключно через маршрутизатор або координатор. З іншими кінцевими пристроями здійснювати обмін інформацією безпосередньо не може, через що більшу частину часу проводить в "сплячому" стані для економії заряду.

Топології мережі ZigBee

ZigBee підтримує три типи мережевих топологій, які мають зіркову топологію, топологію дерева і mesh-топологія.

Топологія зірок - це місце, де координатор оточений групою кінцевих пристроїв або маршрутизаторів. Ця топологія проста, але має ряд недоліків. У момент, коли координатор припинить роботу, вся мережа не функціонує, оскільки весь трафік повинен проходити через центр зірки. З тієї ж причини координатор легко стане вузьким місцем для руху. (рис.1.8)

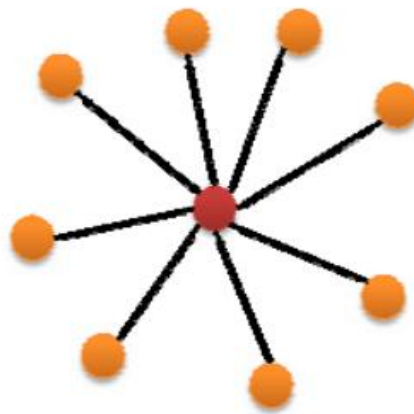


Рис 1.8 Топологія зірок

Топологія дерева - координатор ініціалізує мережу і є коренем дерева. Координатор може мати маршрутизатори або кінцеві пристрої, підключені до нього і для кожного маршрутизатора; є можливість підключення більшої кількості дочірніх вузлів до кожного маршрутизатора. Оскільки повідомлення може приймати тільки один шлях, то цей тип топології не є найнадійнішою топологією. (рис.1.9)

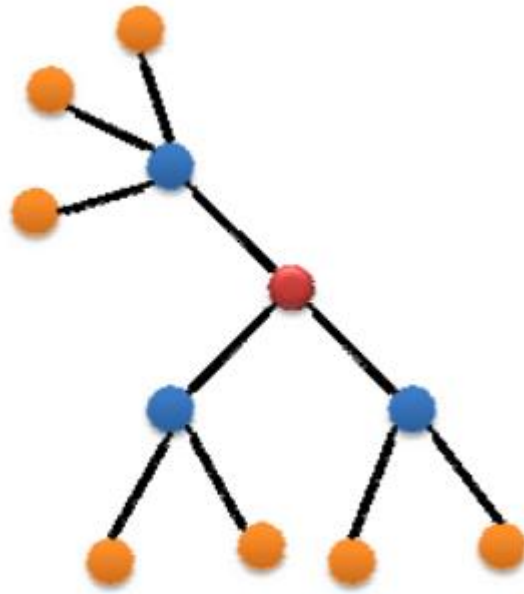


Рис. 1.9 Топологія дерева

Топологія mesh - у такій мережі, кожен пристрій може зв'язуватися з будь-яким іншим пристроєм як безпосередньо, так і через проміжні вузли мережі. Mesh-мережі пропонує альтернативні варіанти вибору маршруту між вузлами. Повідомлення надходять від вузла до вузла, поки не досягнуть кінцевого одержувача. Можливі різні шляхи проходження повідомлень, що підвищує доступність мережі в разі виходу з ладу того чи іншого ланки(рис.1.10)

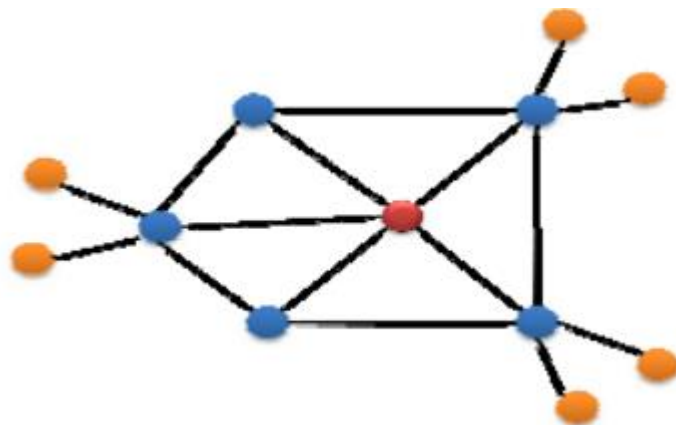


Рис.1.10 Топологія Mesh

- зв'язок в мережі IEEE 802.15.4 / Zigbee здійснюється шляхом послідовної ретрансляції пакетів від вузла джерела до вузла адресата;
- мережі IEEE 802.15.4 / Zigbee передбачено кілька альтернативних алгоритмів маршрутизації, вибір яких відбувається автоматично.

Передача даних в ZigBee

Трансляція: У простих словах Трансляція означає інформацію / програму, що передається по радіо чи телебаченню. Іншими словами, трансляції передаються багатьом або всім пристроям мережі. Трансляції з протоколом ZigBee розповсюджуються по всій мережі таким чином, що всі вузли отримують передачу. Для цього координатор і всі маршрутизатори, які приймають широкомовну передачу, будуть повторно передавати пакет тричі

Передача одноадресних передач: передачі одноадресних передач в ZigBee передають дані від одного джерела до іншого пристрою призначення. Пристрій призначення може бути безпосереднім сусідом пристрою-джерела, або він може мати кілька стрибків між ними.

Кожен мережевий вузол ZigBee - це не тільки сам об'єкт, який може бути відстежено безпосередньо за допомогою збору та моніторингу даних, він може автоматично передавати з інших мережевих вузлів передачу даних, на додаток до кожного мережевого вузла ZigBee (FFD) також в межах їх охоплення. всередині мережі інформація з декількома транзитними сполуками не виконує завдання ізоляції бездротового з'єднання дочірнього вузла (RFD). Кожен мережевий вузол ZigBee (FFD і RFD) може підтримувати до 31 датчика і контрольованих пристроїв, кожен датчик і керовані пристрої можуть взаємодіяти з 8 різними способами захоплення і передачі цифрових і аналогових сигналів.

Висновки

1. Інтернет Речей є новою технологією, яка ще має багато недоліків. Були проаналізовані алгоритми та виявлено такі недоліки як: енергоефективність, безпека, термін служби мережі та багато інших проблем

2. Одним зі способів поліпшення енергоефективності є кластеризація. Існує багато методів кластеризації, які використовують різні критерії формування кластеру та роботи мережі в цілому, що допомагає підвищити рівень енергоефективності.

3. Проаналізувавши основні недоліки та проблеми енергоефективності, було запропоновано рішення, щодо підвищення рівня енергоефективності методом кластеризації.

РОЗДІЛ 2

СПОСІБ МІЖМАШИННОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА ЙОГО МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДОМ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ

2.1 Спосіб міжмашинного зв'язку

На рис. 2.1 представлена спрощена логічна схема, яка ілюструє способи передачі даних при між машинному зв'язку.

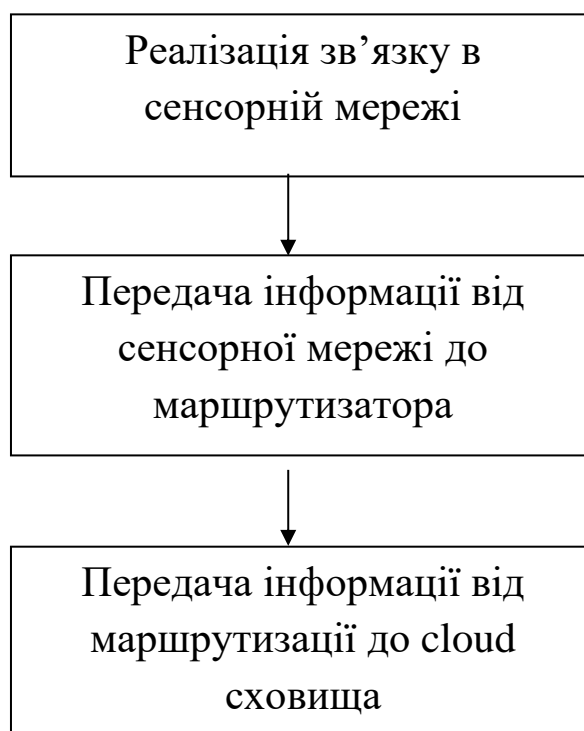


Рис. 2.1 Спосіб міжмашинного зв'язку

У порівнянні з традиційною мережею, бездротова сенсорна мережа є своєрідною самоорганізацією бездротових мереж з даними для центру. Є деякі характеристики, такі як швидка тимчасова мережа, динамічно змінюється топологія мережі, висока живучість і відсутність мережевої інфраструктури. З бездротовою технологією сенсорної мережі застосовується все ширше, бездротові технології зв'язку висувають більш високі вимоги. Технологія ZigBee є своєрідною двосторонньою технологією зв'язку з короткою відстанню, низькою складністю, низьким енергоспоживанням,

низькою швидкістю передачі даних, низькою вартістю, в основному підходить для автоматичного управління і дистанційного управління.

Коли велика кількість сенсорних вузлів розгорнуто у великій області для спільного моніторингу фізичного середовища, об'єднання в мережу цих сенсорних вузлів однаково важливо. Сенсорний вузол в WSN не тільки зв'язується з іншими сенсорними вузлами, але також і з базовою станцією, використовуючи бездротовий зв'язок.

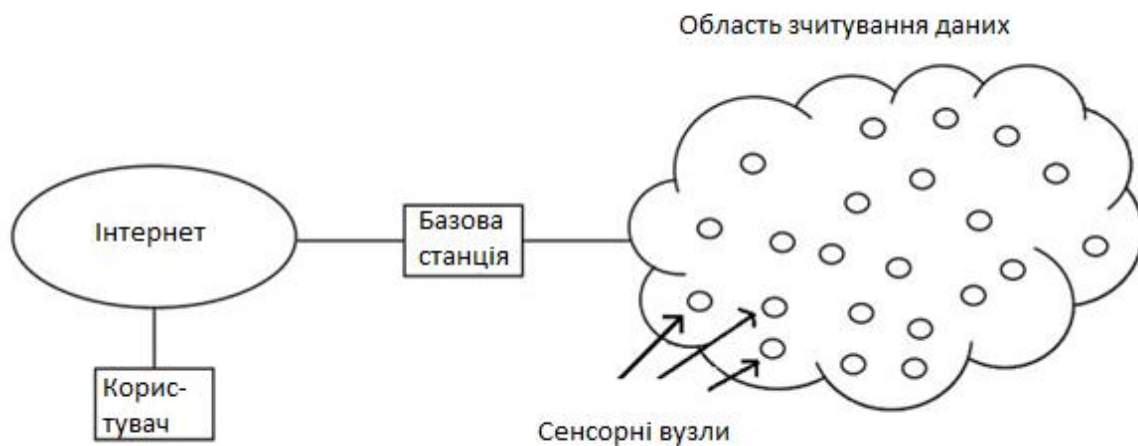


Рис.2.2 Бездротова сенсорна мережа

Базова станція відправляє команди на сенсорні вузли, а сенсорні вузли виконують завдання, взаємодіючи один з одним. Після збору необхідних даних сенсорні вузли відправляють дані розмістити на базі. Базова станція також діє як шлюз для інших мереж через Інтернет. Після прийому даних від вузлів датчиків базова станція виконує просту обробку даних і відправляє оновлену інформацію користувачеві через Інтернет (рис.2.2).

На основі структури мережі протоколи маршрутизації WSN широко розподілені на три класи: протоколи плоскої маршрутизації, ієрархічної маршрутизації та протоколи маршрутизації на основі розташування

Передача даних у сенсорній мережі

Будується на передачі даних через координатор, який отримує інформацію від кінцевого мережевого пристрою.

Великий вплив на процес обміну даними надає допомогу, або її відсутність, такого механізму, як передача маяків (beacon). Мережі PAN з підтримкою маячків зазвичай застосовуються там, де потрібна синхронізація, або там, де від мережевих пристроїв потрібна мала затримка, це наприклад периферія РС. Якщо дана мережа не має великої потреби в синхронізації, або затримка доставки повідомлень - не дуже важлива складова, то дана мережа може не використовувати кадри-маяки при обміні повідомленнями.

Розглянемо принцип обміну повідомленнями. Коли кінцеве мережеве пристрій хоче спробувати передати дані координатору в мережу, яка підтримує передачу кадрів-маяків, то першим ділом мережеве пристрій намагається детектувати кадр-маячок (beacon). Якщо маяк виявлений, то кінцевий вузол починає передавати сформований інформаційний кадр координатору. У свою чергу координатор має можливість передати квитанцію, яка буде говорити про успішну доставку кадру. Дана послідовність дій відображена на рис. 2.3



Рис.2.3 Передача даних координатору в PAN з використанням міток

Якщо кінцевий пристрій має необхідність передати дані в мережу без підтримки маячків, то воно просто посилає дані координатору. Координатор, якщо потрібно, може підтвердити доставку даних квитанцією. Дана послідовність операцій відображена на малюнку рис 2.4



Рис.2.4 Комунікації з координатором в PAN без міток

Якщо кожен вузол датчика підключений до базової станції, він відомий як архітектура мережі з одним переходом (або односкачкова архітектура). Хоча передача на великі відстані можлива, споживання енергії для зв'язку буде значно вище, ніж для збору і обчислення даних.

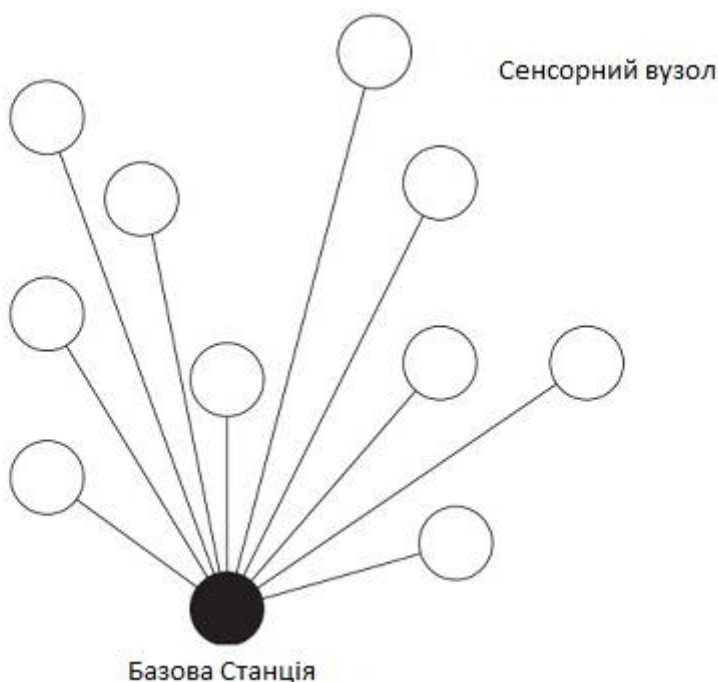


Рис. 2.5 Односкачкова архітектура

Отже, багатоскачкова мережева архітектура(рис.2.6) зазвичай використовується в серйозних додатках. Замість однієї єдиної лінії зв'язку між вузлом датчика і базовою станцією дані передаються через один або кілька проміжних вузлів.

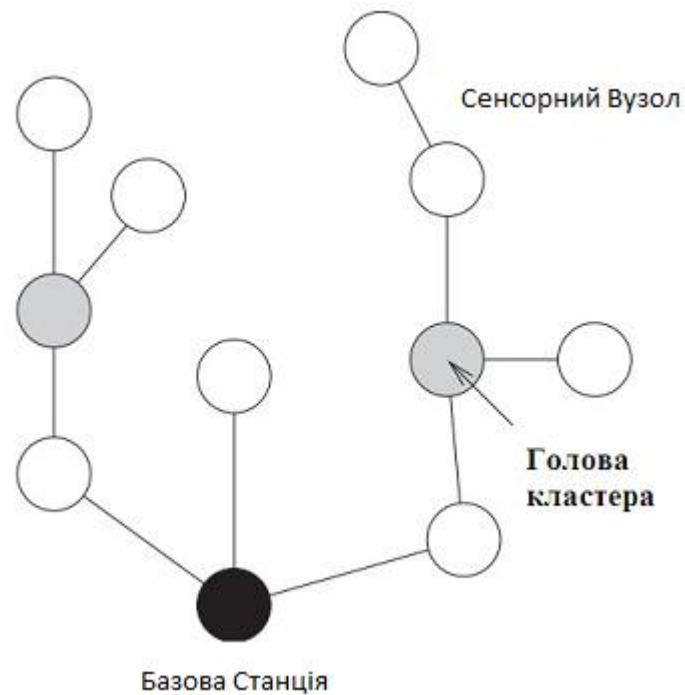


Рис. 2.6 Багатоскачкова мережева

Це може бути реалізовано двома способами. Архітектура плоскою мережі і архітектура ієрархічної мережі. У плоскій архітектурі базова станція відправляє команди всім сенсорним вузлів, але сенсорний вузол з збігається запитом відповість, використовуючи свої рівноправні вузли через багатоскачковий шлях.

Топологія дерева

Взявши за основу ієрархічну мережу, в якій зверху знаходиться один кореневий вузол, і цей вузол підключений до багатьох вузлів на наступному рівні, і це триває далі. Потужність обробки і енергоспоживання є найвищими в кореновому вузлі і продовжують зменшуватися в міру зниження ієрархічного порядку(рис 2.7)

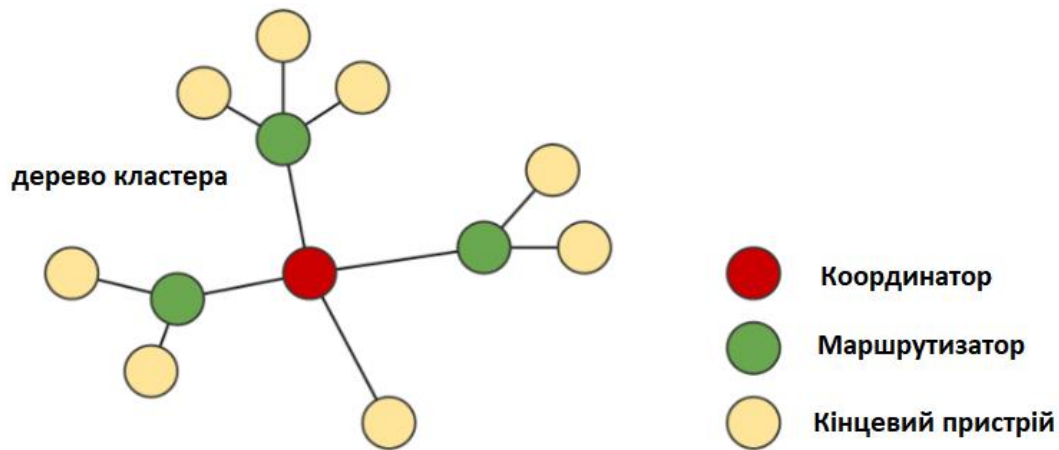


Рис 2.7 Топологія дерева

Маршрутизація в бездротових сенсорних мережах

Класифікація протоколів маршрутизації представлена на рис.2.8

Коли діапазон передачі даних всіх сенсорних вузлів досить великий, і сенсорні вузли можуть передавати свої дані безпосередньо до базової станції, вони можуть сформувати зоряну топологію.

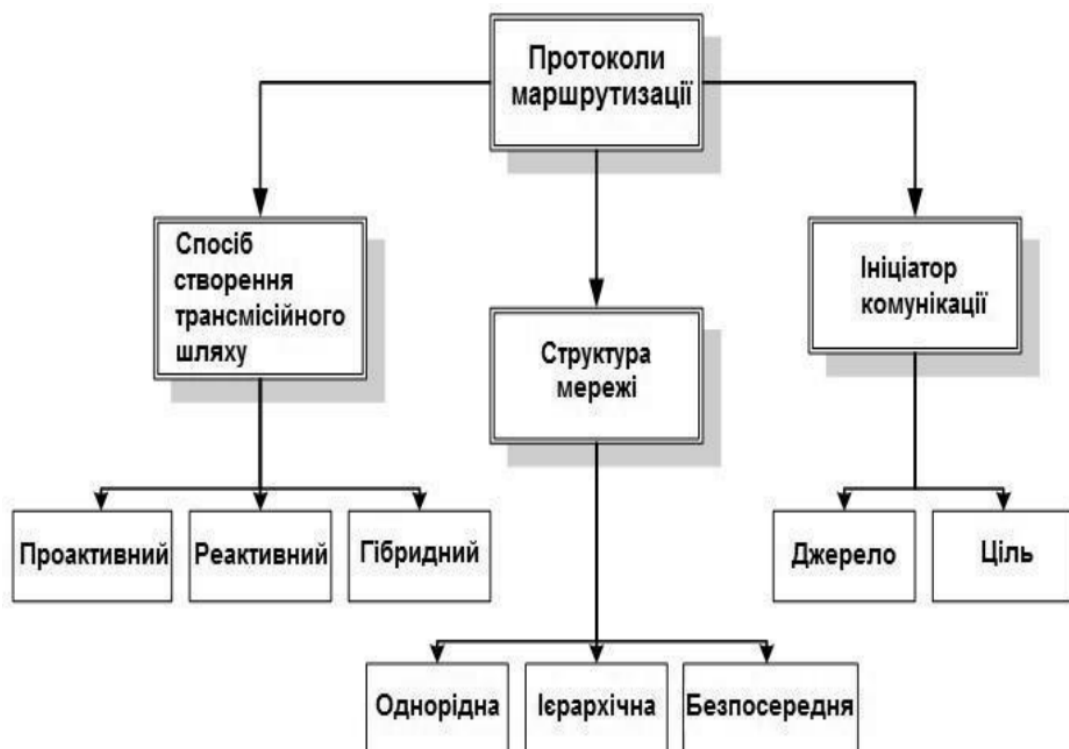


Рис.2.8 Класифікація протоколів маршрутизації в сенсорних мережах

Кластеризація є невід'ємною частиною ієрархічних протоколів маршрутизації. У процесі досліджень по кластеризації БСС було розроблено кілька механізмів кластеризації, таких як LEACH, PEGASIS, TEEN і APTEEN. Як правило, ці механізми кластеризації засновані на виборі головного вузла кластера. Тому, найбільш поширеними для кластерних БСС є завдання по розробці алгоритмів вибору головних вузлів кластера.

2.2 Маршрутизація бездротової мережі

Протокол зваженої кластеризації [38], запропонований Chaterjee et al. ґрунтується на кількості сусідів вузлів і враховує переміщення вузлів. Вибір каналу СН ґрунтується на ступеня вузла (кількості сусідів), енергії передачі і прийому і залишкової енергії. Щоб гарантувати, що СН не знаходиться в умовах перевантаження або високого споживання енергії, існує порогове число, яке показує максимальну кількість членів кластера. Іншими словами, розмір кластера обмежений. Той факт, що процес обрання СН не відбувається періодично, викликає скорочення розрахунків. Вузли будуть обрані як СН в залежності від їх ваги:

$$W_v = W_1 \times \Delta v + W_2 \times D v + W_3 \times M v + W_4 \times \Pi v$$

Де, v - ідентифікатор вузла, Δv - виходить вирахуванням порога з числа сусідів, $D v$ - є підсумовуванням відстаней v вузла від усіх його сусідів.

Pv - являє собою спожиту енергію і Mv вказує на рухливість.

Вузол з мінімальною вагою обирається як СН. Після цього цей процес повторюється, поки кожен вузол не знайде кластер або не стане СН.

2.3 Бездротова сенсорна мережа з урахуванням мобільності

Мережа бездротових датчиків (WSN) складається з різних приладів та датчиків, які використовуються для відображення фізичних умов, як зазначено в конкретному додатку. У цій системі кожен концентратор або

датчик мають перемикачі та входи для створення структури WSN. Використовуючи структуру, ключовий найдальший діапазон будь-якого відмітного центру - це зберегти меншу центральність. Для величезного обсягу енергії дзвонить підсистема Радіо. Тож у нього є координаційні центри для обміну визначеностями шляхом стратегій для радіосистеми саме тоді, коли ми цього потребуємо. Цей датчик відповідно, привід керується випадком, що залежить від моделі збору та відправлення даних, і він вимагає обчислення, коли дані повинні надсилатися при побудові розпізнаного випадку, і цей розрахунок складається у хаб. Датчики повинні виснажувати базову потужність, що має вирішальне значення [27]. Прямо багатоденні нові віддалені слухавки для віддалених виробів потрапляють у ринкову зону, яка зменшується, принаймні вгорі, істотно менше споживає енергії і скромніше отримує довжину дроту. Пізніше нові сенсорні пристрої створені з надзвичайним обмеженням потужності, і вони можуть живитися від акумулятора від вібрації та піднесених тіл. Вузол датчика відповідає за перевірку фізичного стану та попередження щодо незаконних вправ голові [28]. Він використовував розрізнявальний розрахунок, який використовується для сприйняття засідки в системі. У системному полі різні датчики розсіяні, кожен концентратор датчика має регулятор батареї, який раніше розпізнавав удари. Датчик концентратора відповідає за перегляд фізичного стану та передає попередження про незаконні вправи директору [28]. Він використовував ідентифікаційний розрахунок, який використовується для розпізнавання засідки в системі. У системному полі різні датчики розсіяні, кожен концентратор датчика має елемент керування батареєю, який раніше розпізнавав атаки.

Існують різноманітні рівні, від яких залежить життєздатний розвиток, наприклад, конвенція про контроль доступу середнього рівня (MAC), керівний рівень тощо. Справжня життєва сила поглинається під час процедури виявлення та передачі інформації до вузлу раковини в мережі, і це призначення має місце з рульовим шаром. Отже, щоб обмежити

використання життєвої сили в WSN, спочатку влаштовуються різні режисерські стратегії. Незабаром пізніше конвенції про керування, засновані на групуванні, ознайомили з попитом на ефективне покращення потужності та тривалість життя мережі. Фільтр [29], PEGASIS [31] та TEEN [30] - це звичайні домовленості, що базуються на групуванні, і ці конвенції досліджували не одну роботу. Незважаючи на це, подібні домовленості про руйнівне керування до тих пір, поки не стикаються з великою кількістю проблем, пов'язаних з груповим курсом дій, гарантією голови групи та передачею інформації.

Ряди рішень для поліпшення маршрутизації на основі кластеризації

Починаючи з останніх двох десятиліть, було запропоновано ряд рішень маршрутизації на основі кластеризації, щоб обмежити використання енергії та покращити виконання маршрутизації для WSN. Однак основні проблеми для таких протоколів маршрутизації пов'язані з ефективним вибором СН, формуванням кластерів та енергоефективним агрегуванням даних.

Перший протокол кластеризації розроблений у [29]. Основний протокол маршрутизації, який залежить від групування, називається Використовуючи розташування сусіднього кластера вузлів, основною сутністю пізнання є обмеження дискусій у всьому світі. Ефективність пропускної здатності дуже низька, використовуючи протокол LEACH.

Для впорядкування LEACH, протокол маршрутизації на основі кластера TEEN, представлений у [30]. Високому досліднику було запропоновано розробити конвенцію режисерського рівня з ймовірністю відповісти після висновку про торгівлю всередині визнаного, як правило, для розгляду. У підлітковому віці, хоча середній має реалістичні ситуації, є перевірка складних і делікатних меж. Концентратори передають перший раз, тоді як сприйманий заряд досягає свого клопіткого краю. що відбуваються в часі передачі зростання, саме тоді, коли визнана витрата є більш помітною, ніж жорсткий край, і сьогоднішні витрати на виділений сегмент, незвичайні

від делікатного краю, за методологіями для цілого масивного, ніж до подібного, до гладкого краю.

У роботі [31] Конвенція SEP про поєднання пропонується для WSN До конвенції SEP, конвенції про рульове керування визнавали, що більшість концентраторів обладнані такими самими величезними розмірами. З остаточною метою зайняти цілком гідну позицію неоднорідності центрів, SEP зображує два рівні життєвості. В контексті цих рівнів централізації, концентратори запитуються у два типи, тобто стандартні та прогресивні. Питання цієї конвенції полягає в тому, що центри постійно надсилають сприйняті дані малозвісно, чи лежать вони приблизно на коротшому відрізку від. Таким чином, додаткова імперативність поглинається, що спричиняє усадку протягом життя системи. У роботі [32] запропонована Конвенція про керівництво DEEC для гетерогенних НМС. У цій конвенції концентратори оснащені різними рівнями імперативності на початку дії системи. Вибір СН залежить від ступеня решти важливості внутрішньої точки до типової імперативності системи. Центри з вищою імперативністю затримки мають більше можливостей бути СН для експрес-туру. З огляду на все, обмеження цієї конвенції полягає в тому, що грона, оточені через не обов'язкове підтвердження СН, мають різні розміри.

Розглянуті вище методології згрупування зіткнулися з особливими проблемами; відповідно, починаючи з пізнього часу, відображаються деякі перероблені стратегії групування. Механізм кластеризації з урахуванням зв'язків (LCM), запропонований для WSN в [33]. Метою LCM є створення надійного маршруту з розумним навантаженням. Для того, щоб зробити все, що розглядається, СН вибираються на основі стану концентратора та стану підключення. Там, де умова підключення натякає, це якість та статус концентратора до додаткової необхідності. Цей прилад вибирає метрику зв'язку, яка називається передбаченою перевіркою передачі. Залежно від потреби, гарантія СН залежить від потреби, а претенденти, які мають найбільшу потребу, вибираються як СН. Респектабельність консолідації LCM

є неоднаковою мірою та неідеальною кількістю СН. У [34] запропонований розрахунок групування, в якому показана структура шестикутного секторування щодо приналежності хабів. Ця стратегія секторування забезпечує рівномірне навантаження на ТГ по всьому системному полю. Перевагою цієї конвенції був шлях, по якому концентратори асоціюються із СН. Концентратори будь-якої частини можуть асоціюватися з будь-якою з СН (без його поділу), у світлі найменшого розділу. Розмірковуючи про виняткову суттєвість та ступінь середньої точки, стан ваги використовувався для підтвердження СН.

У роботі [36] запропонована гнучка процедура згуртування для WSN. Ця техніка знала про капітальний ремонт часу життя системи, періоду безстрашності, пропускної здатності тощо WSN. Ця методологія контролювала підтвердження СН, тому гарантується рівномірне навантаження на СН. Основні відкладені результати цієї методики гарантували досягнення загальної продуктивності продуктивності, коли блукали із звичних систем групування.

У [37] пропонується ще одна конвенція щодо продуктивного режисування суттєвості для гетерогенних мереж бездротової мережі, щоб забезпечити вразливу швидкість торгівлі, голодну, фундаментальну для часу та пильну QoS програму. Вони зосередилися на структурі конвенції QoSwatchful та гетерогенно згрупованого керування (QHCR), яка координує сутність системи, а також надає підходи до постійних та відкладених делікатних програм.

Протоколи кластеризації, структуровані в роботах [33] - [37], переважно стосуються мережі стаціонарних вузлів датчиків. Використання таких протоколів у багатофункціональних сенсорних мережах призведе до необґрунтованого використання життєвої сили. Таким чином, кластеризація також повинна виконуватися залежно від мобільності

Розраховане зважене кластеризаційне обчислення (WCA) [38] та мережеве, енергетичне та портативне управління спонукало кластерне

обчислення (SEMCA) [39] докласти зусиль до протоколів кластеризації на основі мобільності. План групової адаптації до мобільності (GMAC) [40] - інший протокол кластеризації для портативних мереж WSN, що використовує групову мобільність.

У роботі [42] нещодавній зважений алгоритм кластеризації запропонував використання мобільності вузлів для мобільних WSN. Цей підхід був розроблений для вибору більш стабільного СН шляхом відбору вузла з мінімальною швидкістю рухливості, максимальною щільністю та параметрами залишкової енергії. Ваги обчислюються у вибраних СН. Однак через мобільність продуктивність агрегування даних може погіршуватися, оскільки мобільність призводить до частих розривів шляху. Таким чином, у цій роботі ми продовжуємо цю роботу, модифікуючи процес формування маршруту та передачі даних за допомогою параметра мобільності.

2.4 Енергоефективна зважена кластеризація з урахуванням мобільності

Використовуємо параметри мобільності вузла, відстані та залишкової енергії у двох фазах запропонованого протоколу маршрутизації, таких як кластеризація та передача даних. Вагові коефіцієнти обчислюються для кожного вузла датчика з використанням трьох параметрів, а потім використовуються процес кластеризації, а також передача даних з метою вибору стабільної СН та формування стабільного маршруту. По-перше, вага кожного вузла обчислюється і використовується в процесі вибору СН, як показано на рис 2.9. Далі, щоб покращити ефективність такого методу кластеризації на основі ваги, ми вдосконалюємо процес вибору шляху для вирішення проблеми маршрутизації з кількома стрибками, вибравши найкоротший, стабільний, що більше, енергопродуктивний шлях для обмеження використання енергії та покращення пропускну здатності, як показано на малюнку рис 2.10. Ми використовували параметри мобільності

та енергії під час вибору шляху, щоб мати більш надійні та стабільні маршрути для агрегування та передачі даних .

Як спостерігається на рис 2.9, після початкового розгортання WSN заплановано процес кластеризації, в якому першим кроком є обчислення рівня мобільності кожного вузла датчика (ML). Вузол з ML більше 6 м / с буде розглядатися як зловмисний вузол і, отже, доданий до списку зловмисників. Усі інші вузли вважатимуть їх законними та надалі використовуватися в процесі відбору СН. Вузол, який має більший RSSI (Отриманий індикатор потужності сигналу), ніж порогове значення, вибирається для наступної обробки вибору СН, інакше додається до шкідливого списку. Середня кількість кластерів, обчислена на кожному раунді, і, як вказано на ній, кожен доступний датчик вузлів ваги, обчислений з використанням параметра відстані та залишкової енергії. Ступінь із найбільшою вагою обраний як СН. Процес повторюється, поки не буде обрана всі СН. Список шкідливих та законних вузлів змінюється протягом кожного інтервалу кластеризації.

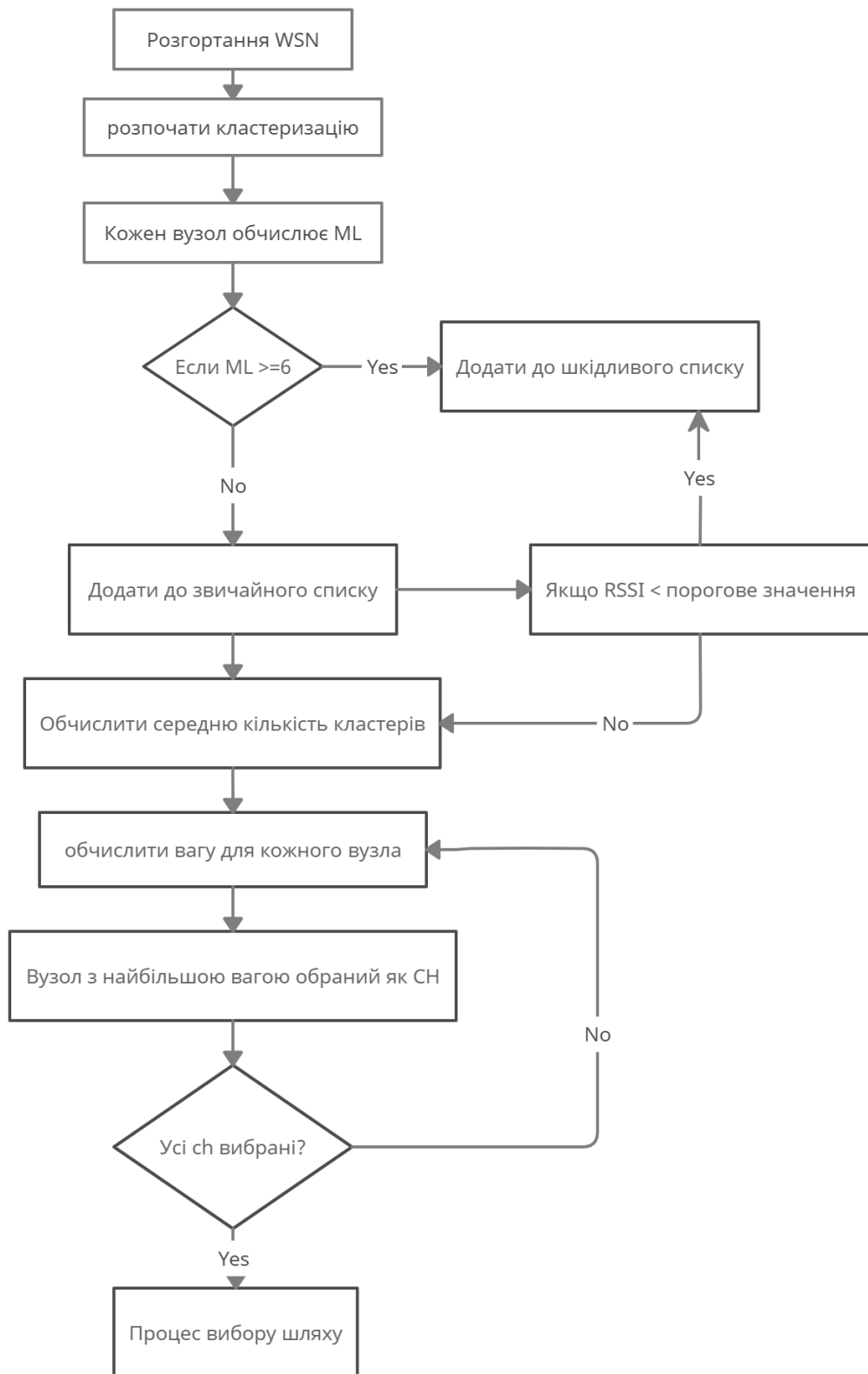


Рис 2.9 Модель вибору СН

Подібним чином, після формування кластера, коли збираються дані будь-якого вузла датчика, процес формування шляху ініціюється, в якому RREQ транслюється серед найближчих вузлів. Відповідно до отриманого RREP, вага обчислюється так само, як це обговорювалося в алгоритмі. Але в цьому випадку ми використовували два параметри рухливості та залишкової енергії прийнятого RREP вузла, як показано в рівнянні. (1.3).

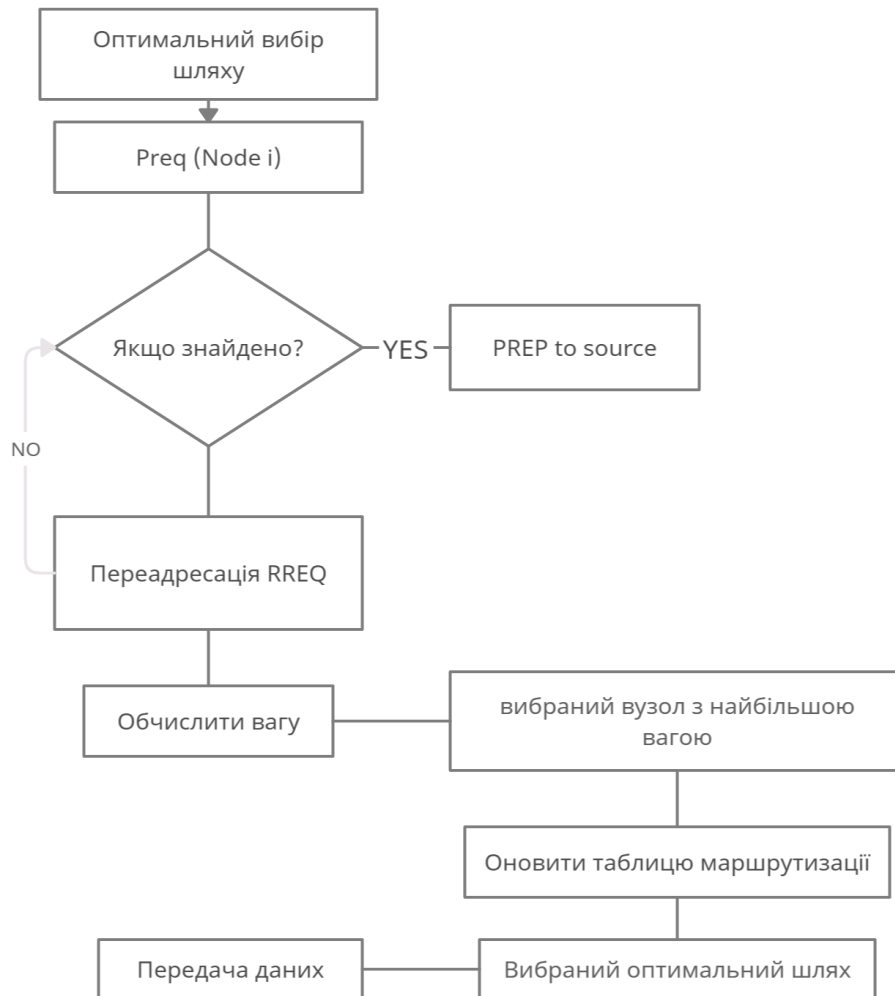


Рис 2.10 Фаза вибору зваженого шляху

$$WT(j) = \alpha_1 \cdot E(j) + \alpha_2 \cdot S(j) \quad (1.3)$$

Де $WT(j)$ - вага, обчислена для j (го) вузла RREP, $E(j)$ - поточна енергія, що залишається j -го RREP, отриманого вузла, $S(j)$ швидкість j (th) RREP, отриманого вузла. Вага швидкості обчислюється як :

$S(j) = 10 \cdot \text{speed}(j)$

У нашому експерименті ми припускаємо, що максимальна швидкість рухливості становить 6 м / год, таким чином, щоб нормалізувати обчислення ваги на основі швидкості, ми використовували значення 10. Після обчислення ваги всіх отриманих вузлів RREP вузол з найбільшою вагою був обраний наступним стрибком при передачі даних. Роблячи це, він може досягти як тривалого терміну служби мережі, так і стабільних маршрутів передачі даних.

Висновки

1. Модифіковано метод міжмашинного зв'язку за рахунок запропонованого методу кластеризації.
2. Грунтуючись на алгоритмі зваженої кластеризації, модифіковано метод кластеризації за рахунок зміни головного вузла кластера та маршрутизації.

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДУ

3.1 Алгоритм обчислення

Алгоритм (таблиця 3.1) показує процес, описаний у розділі вище. Як показано в алгоритмі, обчислення ваги проводиться за допомогою $E(j)$, а $D(j)$ - це не що інше, як залишкова енергія та відстань вузла датчика струму j .

Таблиця 3.1

Вхідні дані:

n : кількість вузлів датчика

γ : 6 m/h (поріг мобільності)

T_0 : Поріг RSSI

$L []$:законні вузли

$M []$:шкідливі вузли

$W []$:обчислені ваги

$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 1$: вага

1. FOR $i = 1:n$

2. $\varepsilon = \text{speed}(i)$;

3. IF ($\varepsilon > \gamma$)

4. $M \rightarrow i$

5. ELSE

6. $L \rightarrow i$

7. END IF

8. END FOR
9. порівняння RSSI с пороговим значенням
10. обчислення середньої кількості кластерів
11. Обчисліть ваги для кожного вузла з набору L
12. FOR j = 1: length (L)
13. $A = a1.N + a2.E(j) + a3.D(j)$
14. $W[j] = A$
15. END FOR
16. Кожен j передає свою вагу сусіднім вузлам
17. Вибирається СН, вага якого є найвищою серед ваги інших вузлів датчиків у поточному діапазоні зв'язку.
18. Якщо два вузли датчика з однаковою вагою, то вузол з найбільшою залишковою енергією обраний як СН
19. Вибрана СН передає свій поточний стан іншим вузлам
20. процес повторюється, поки не буде обрано всі СН
21. Шкідливі вузли приєднуються до близької СН.

3.2 Моделювання та аналіз результатів

Запропонований протокол моделюється за допомогою інструменту NS2. У таблиці 1 наведено перелік параметрів моделювання, що використовуються для проектування мереж з різною кількістю концентраторів датчиків. Запропонований протокол порівнюється з WCA [38] та FRWCA [42]. Ці протоколи маршрутизації порівнюються за допомогою чотирьох показників продуктивності, таких як середня пропускна

здатність, середня споживання енергії, залишкова енергія та термін служби мережі.

Таблиця 3.2

Параметри при моделюванні протоколів

Назва параметра	Значення
Кількість вузлів датчика (n)	50-100
Час моделювання	80 секунд
Область мережі	100x100
MAC	802.11
Мобільність	0-6 m/h
Параметр каналу в моделі вільного простору	10pJ/bit/m ²
Початкова енергія	0.5nj/bit

Відповідно до згаданих параметрів, результати вимірюються та порівнюються між трьома дослідженими протоколами маршрутизації. Рисунок 3.1 демонструє середню продуктивність. Запропонований протокол показує покращену продуктивність в порівнянні з існуючими методами, оскільки ми зосередилися на виборі більш ефективного та стабільного маршруту для передачі даних

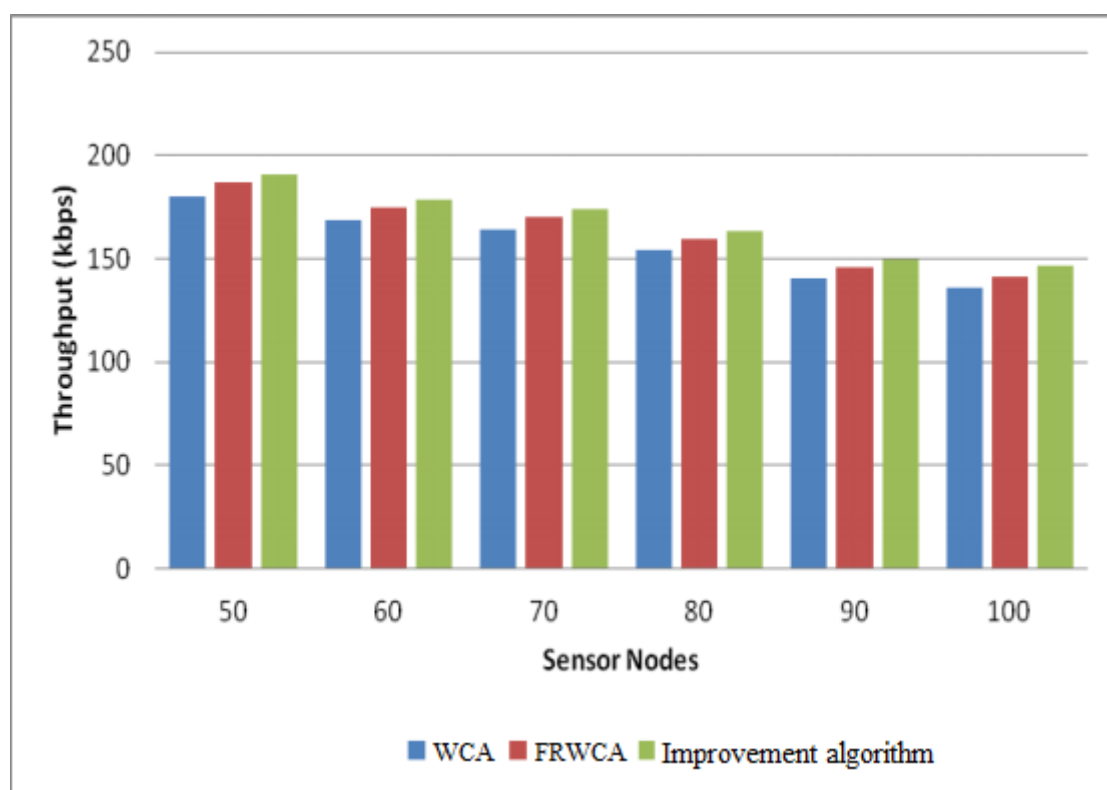


Рис 3.1 Середня пропускна здатність

Основною метою пропонованого протоколу маршрутизації є досягнення обміну між енергоефективністю та ефективністю QoS. На рис 3.2, 3.3 та 3.4 показано енергоефективність запропонованого протоколу. Всі три параметри (споживана енергія, залишкова енергія та термін служби мережі) використовуються для заявлення енергоефективності. Продуктивність покращується в порівнянні з FRWCA, як пропонується протокол, орієнтований на отримання як стабільного СН, так і стабільного шляху.

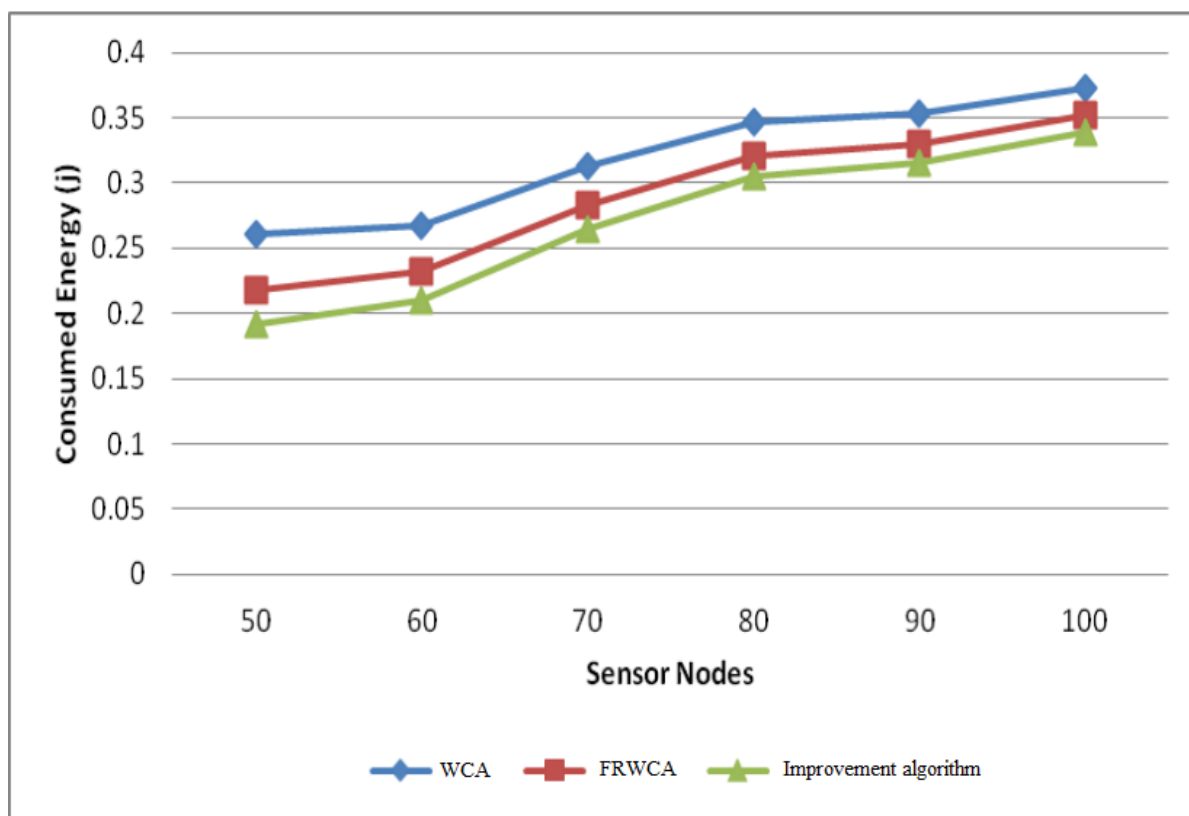


Рис.3.2 Середнє споживання енергії

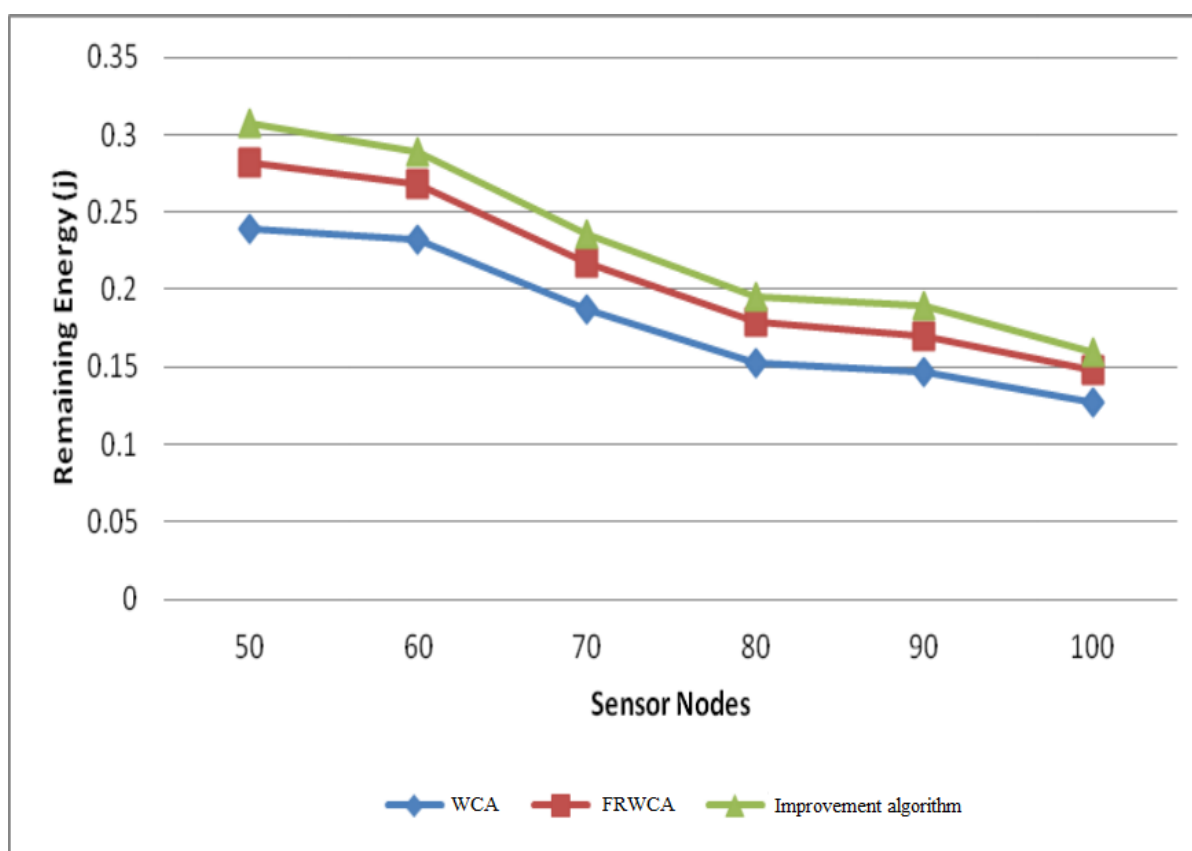


Рис 3.3 Залишкова енергія

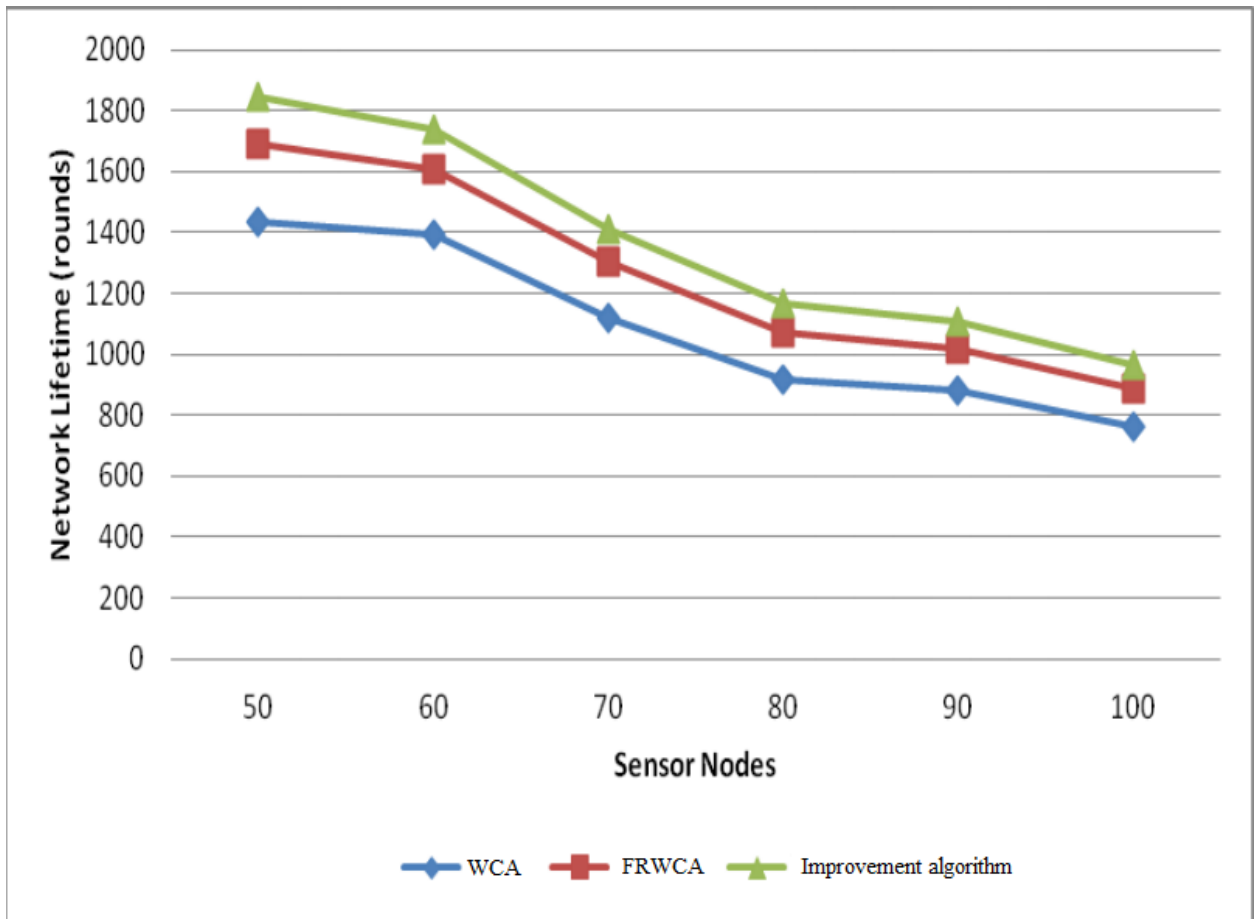


Рис 3.4 Термін служби мережі

Висновки

Для мобільних бездротових мереж на основі сенсорів енергоефективність є дуже складним завданням. У цьому дослідженні ми вивчили, що існує кілька рішень на основі енергоефективності для стаціонарних мереж WSN, однак мобільні вузли датчиків призводять до частих відключень і, отже, споживають енергію швидше, ніж стаціонарні мережі. Запропонований протокол, оцінений з існуючими зваженими протоколами, і показує, що запропонований метод досяг значного покращення ніж його попередники

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту «Модифікований спосіб міжмашинного зв'язку для мережі Інтернету речей».

Головною причиною, по якій стартапи повсюдно реалізуються і в подальшому успішно існують і розвиваються, є повільність і неповороткість великих компаній, що успішно використовують уже наявні продукти, замість того, щоб створювати і розробляти нові. Тобто головною перевагою стартапів вважається мобільність при втіленні нових ідей, що дозволяє скласти конкуренцію великим компаніям.

4.1. Опис ідеї проекту

Ідея проекту полягає у використанні нового протоколу кластеризації у WSN, яка поліпшує енергоефективність мережі

У таблиці 4.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Використання нового протоколу маршрутизації яка поліпшує енергоефективність мережі WSN	Медична сфера	підвищення терміну служби мережі
	Моніторинг навколишнього середовища	Запропонований метод покращує показники споживання енергії та залишкової енергії

Пропонується вдосконалений алгоритм кластерної маршрутизації для бездротових сенсорних мереж. Загальною метою пропонованого протоколу є використання параметрів мобільності вузла, відстані і залишкової енергії на двох етапах пропонованого протоколу маршрутизації, таких як кластеризація і передача даних. Вага обчислюється для кожного сенсорного вузла з використанням трьох параметрів, а потім використовуються процес кластеризації, а також передача даних з метою вибору стійкого каналу і формування стабільного маршруту

Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку;
- проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають
 - а) гірші значення (W, слабкі);
 - б) аналогічні (N, нейтральні) значення;
 - в) кращі значення (S, сильні) (табл. 5.2).

Таблиця 4.2.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№	Характеристики проекту	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W	N	S
		Мій проект	“LEACH”	“WCA”			
1.	Середня пропускна здатність	Краща	Низька	Середня			+
2.	Середнє споживання енергії	Низьке	Високе	Середнє			+
3.	Термін служби мережі	Висока	Низька	Середня		+	
4.	Якість	Середня	Середня	Середня		+	

Результати моделювання підтверджують, що запропонований метод краще и більш енергоефективний ніж протоколи конкуренти.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Модифікація міжмашинного зв'язку для мережі інтернету речей	Статистика	Наявна	Доступна
		Експериментальні дослідження	Наявна	Доступна
		Тестування	Наявна	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: наявна та доступна на ринку				

В роботі було представлено варіант технічної реалізації проекту. Для повноцінного запуску продукт потребує доопрацювань, але вся технічна база наявна на ринку і проект можливий для реалізації.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Для впровадження проекту, необхідно провести аналіз ринкових можливостей, тобто аналіз ризиків та загроз для впровадження проекту на ринок.

Це дозволяє оцінити актуальність нашого проекту.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4.

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	7000 грн
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростаюча
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Наявність сертифікацій
5	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	18%

Рентабельність - це показник економічної ефективності використання ресурсів або інвестицій. Він показує вдалося чи не вдалося повернути

вкладення і на скільки. Судячи с даних таблиці ринок є привабливим для входження.

Було проаналізовано багато джерел, які свідчать, що ІОТ, як і між машинний зв'язок, в яких входить реалізація зв'язку у сенсорній мережі, щороку зростає и має дуже позитивну тенденцію на розвиток

Цільова аудиторія проекту — компанії які використовують бездротові сенсорні мережі в будь якій сфері та будь якому вигляді, це дуже обширний ринок і його тенденція зростає щороку. Можно навіть сказати, що аудиторія – це будь які компанії або люди які реалізують міжмашинний зв'язок в цілому.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів:

Таблиця 4.5.

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Енергоефективність	Моніторинг навколишнього середовища	Вартість проекту.	Покращення пропускної здатності та залишкової енергії
2	Термін мережі та споживання енергії	Медичная сфера	Вартість проекту.	Збільшений період життя мережі

У зв'язку з тим, що аудиторія та сфера в цілому обширна, тенденції дуже часто и швидко змінюються і потрібно швидко адаптуватися під них, потенційні клієнти також це розуміють, та намагаються впроваджувати у проекти нові та актуальні методи.

При застосуванні даної технології існують певні загрози. (таблиця 4.6).

Таблиця 4.6.
Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Попиту	Вдосконалення може виявитися не настільки потрібним.	Перерахунок вартостей для підтвердження ефективності
2.	Економічна	Зростання інфляції	Пошук можливостей для дешевшого тестування
3.	Конкуренція	Можливо буде розроблений більш енергоефективний алгоритм	Збільшення перевірок та гарних відгуків
4.	Науково-технічна	Швидкий розвиток науки	Моніторинг наукових новин та пошук нових шляхів вдосконалення проекту

Ризики існують, тож потрібно мати міцний фундамент у вигляді документів, сертифікатів, які підтверджують усі можливі наміри, результати тестувань та виділення основних переваг цього протоколу для більшої ефективності бездротових сенсорних мереж.

Аналіз підтвержує, що наш проект все ще потребує значних зусиль для того, щоб увійти у ринок, зафіксуватися та пропонувати свої можливості своїм клієнтам. І це як раз той випадок, коли вартість впливає на прийняття рішення.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 4.9.

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Протоколи LEACH, WCA	Можливі нові протоколи	Ціноутворення	Задачі	Неякісні замінники
Висновки	Немає високої конкуренції, оскільки розроблений протокол перевершує вже існуючий і ці протоколи є еталоном з яких модифікують протоколи і надалі, навіть на сьогоднішній день.	Нові протоколи потенційно можуть мати перевагу над розробленим нами.	Впливають на ціноутворення	Клієнти диктують основні умови на ринку	Можуть негативно вплинути на авторитет продукту

На основі проведеного аналізу можна сформулювати перелік основних факторів, які свідчать про високу конкурентоспроможність проекту (табл. 4.10).

Таблиця 4.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Ціна інтеграція впливає на прийняття рішення. А наша ціна вигідніше, ніж у аналогів.
2	Актуальність	Вдосконалений метод, який підтверджується результатом
3	Попит	Активна тенденція та розвиток ринку свідчить, що попит є
4	Гнучкість	Є можливість подальшої модифікації та реалізації для будь-яких завдань пов'язаних з поліпшенням енергоефективності
5	Інноваційність	Робить українську науку на рівні з іншими країнами.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та

слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 4.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 4.11). Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 4.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівняння з проектом						
			- 3	- 2	- 1	0	+1	+2	+3
1	Ціна	18		+					
2	Актуальність	17					+		
3	Попит	20						+	
4	Гнучкість	17			+				
5	Іноваційність	18						+	

З таблиць 4.10 та 4.11 що фактори конкурентоспроможності дозволять вийти на ринок, але успіху можна буде досягти лише за рахунок якісної реалізації та продуманої маркетингової політики.

Таблиця 4.12. SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Інноваційність; 2. Вартість. 3. Гнучкість 	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Відсутність довіри; 2) Велика конкуренція 3) Велика витрата ресурсів до самих продажів на рекламу
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Збільшення продаж; 2. Отримання державних замовлень на отримання послуг; 3. Розширення ринку за рахунок іноземних замовників; 4. Отримання тендерів на послуги. 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Цінова конкуренція в зв'язку з появою нових гравців на ринку. — Різка зміна курсу гривні може привести до зменшення попиту, особливо з боку малих фірм. — За рахунок великої тенденції і конкуренції - технологічна конкуренція

Це знову підтверджує, що навіть незважаючи на свою специфіку, наш проект потребує значних зусиль для того, щоб увійти у ринок, зафіксуватися та пропонувати свої можливості своїм клієнтам

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової.

Таблиця 4.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	70%	3 місяці
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	70%	3 місяці
3	Стратегія виходу з ринку	80%	6 місяців

З зазначених альтернатив обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 4.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Сільське господарство	Так	Середній	Середня	Складна
2	Медицині	Так	Високий	Висока	Складна
Які цільові групи обрано: Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати із бездротовимим сенсорними мережами					

Для роботи з вибраним цільовими групами користувачів ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Підсилення сильних сторін стартапу за рахунок ринкових можливостей	Перемовини з компаніями, які представляють цільові групи потенційних клієнтів	Виокремлення переваг цього способу у грошовому еквіваленті для майбутніх споживачів.	Стратегія підкріплення своїх переваг

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Таблиця 4.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Ні	Забирати існуючих	Ні	Стратегія підкріплення своїх переваг

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Таблиця 4.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Цілова підтримка на етапі інтеграції	Відкритість до вирішення питань	Обізнаність свого продукту, допомога в інтеграції. Формування лояльності і прихильності споживачів, підтримка вхідних бар'єрів.	Гнучкість. Термін служби. Енергоефективність..

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 4.18 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.18. Визначення ключових переваг концепції товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Конкурентоспроможності	Унікальність, простота	Легка інтеграція методу та модифікація під потреби

Висновки

У данному розділі було представлено стартап-проект для просування запропонованого методу кластерної маршрутизації на ринок. Були проаналізовані як ризики, загрози так і переваги нашої моделі серед конкурентів.

Результатом проекту є стратегія виходу на ринок, маркетинговий план та обрані стратегії співпраці з майбутніми(потенційними) клієнтами. За рахунок аналізу також було виявлено, що впровадження нашого протоколу потенційним клієнтам є реальна можливість, але для цього потрібно мати спеціальні сертифікати, проводити тестування, дані, можливість інтеграції нашого методу в проект клієнтів и так далі.

Галузь має дуже позитивну тенденцію та розвиток у всьому світі, це вказує на те, що якщо правильно підійти до виходу на ринок, свій обсяг клієнтів обов'язково отримаємо.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. На основі проведеного аналізу виявлені проблеми у мережі Інтернету речей. Аналіз показав, що одним із способів поліпшення мережі є метод кластеризації, за рахунок чого було прийнято рішення поліпшити енергоефективність у мережі методом кластеризації.
2. Був модифікований метод кластеризації за рахунок зміни методу вибору головного вузла кластера та модифікован метод маршрутизації, що дозволило збільшити час життя сенсорної мережі, зменшити енергоспоживання, підвищити середню пропускну здатність.
3. За рахунок запропонованого методу кластеризації модифіковано метод міжмашинного зв'язку, що дало змогу підвищити енергоефективність зв'язку мережі.
4. Була проведена оцінка енергоефективності, яка була змодельована за допомогою інструменту NS 2 за рахунок порівняння нашого запропонованого протоколу з протоколами зваженої кластеризації – WCA та FTWCA, моделювання показало, що запропонований метод має кращі показники ніж його попередники.

Роботу виконано в рамках конференції "Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення. Застосування підрозділів, комплексів, засобів зв'язку, автоматизації та кібербезпеки в операції Об'єднаних сил" [43]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Y. Hu, Y. Ding, K. Hao, L. Ren, H. Han : An immune orthogonal learning particle swarm optimisation algorithm for routing recovery of wireless sensor networks with mobile sink ,Int. J. Syst. Sci., 45 (3), pp. 337-350, (2014).
2. G.L. da Silva Fré, J. de Carvalho Silva, F.A. Reis, L.D.P. Mendes: Particle Swarm optimization implementation for minimal transmission power providing a fully-connected cluster for the internet of things, in International Workshop on Telecommunications (IWT), pp. 1–7,(2015).
3. A.V. Dhumane, R.S. Prasad, J.R. Prasad: An optimal routing algorithm for internet of things enabling technologies, Int. J. Rough Sets Data Anal. (IJRSDA), pp. 1-16, (2017).
4. J. Martins, A. Mazayev, N. Correia, G. Schütz, A. Barradas, Gacn: self-clustering genetic algorithm for constrained networks, IEEE Commun. Lett., pp. 628-631, (2017).
5. A. Carvalho, T.F. Noronha, C. Duhamel, L.F. Vieira : A scenario based heuristic for the robust shortest path tree problem, IFAC-PapersOnLine, pp. 443-448, (2016).
6. S. Shailendra, A. Rao, B. Panigrahi, H.K. Rath, A. Simha : Power efficient RACH mechanism for dense IoT deployment, in IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops), pp. 373–378, (2017).
7. P.K. Reddy, R. Babu : An evolutionary secure energy efficient routing protocol in internet of things , Int. J. Intell. Eng. Syst., pp. 337-346 (2017).
8. Pallavi S Katkar and Vijay R Ghorpade : “A Survey on Energy Efficient Routing Protocol for Wireless Sensor Networks”, International Journal of Computer Science and Information Technologies(IJCSIT), vol.6(1), pp.81-83, (2015).
9. Wenyang Zheng, Kazi Atiqur Rahman and Kemal E. Tepe : “Reliable and Energy Efficient Cooperative Relaying Scheme (REECR) in Wireless Sensor Networks”, IEEE, pp.400-405, (2013).

10. Machine to Machine Communications (M2M): Functional Architecture; V2.1.1; ETSI: Sophia Antipolis, France, (2013).
11. Gozalvez, J. New 3GPP Standard for IoT. *IEEE Veh. Technol. Mag.*, pp.14-20, (2016).
12. Banarjee, A. Efficient, Adaptive and Scalable Device Activation for M2M Communications. In *Proceedings of the IEEE International Conferences on Sensing, Communications and Networking (SECON)*, Seattle, WA, USA, 22–25 June 2015; pp. 399–407, (2015).
13. Brown, J.; Khan, J.Y.: Key Performance Aspects of an LTE FDD Based Smart Grid Communications Network. *Comput. Commun.* pp 551–561, (2013).
14. Gutierrez, J.A.; Edgar, H.C.; Barrett, R.L. *Low Rate Wireless Personal Area Network: Enabling Wireless Sensors with IEEE 802.15.4*; Wiley-IEEE Press eBook: New York, NY, USA, 2007
15. Rajandekar, A.; Sikdar, B. A Survey of MAC Layer Issues and Protocols for Machine to Machine Communication. *IEEE Internet Things J.* pp.175–186. (2015).
16. Li, W., Duan, C., et al.: *ZigBee2006 actual wireless network and wireless location*. Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, Beijing (2008)
17. Sun, L., Li, J., Chen, Y., et al.: *Wireless sensor networks*. Tsinghua University Press, Beijing (2005)
18. Li, Y., Zhang, X., Li, Y.: Algorithm of cluster head multi-hops based on LEACH (September 2007)
19. Wang, W.: *Wireless sensor network low-power grading routing protocol* (June 1, 2006)
20. Wang, X., Xu, B., Chen, J.: For environmental monitoring of the wireless sensor network node design and implementation. *Measurement and Control Technology* 26(11) (2007)
21. Fangxin Chen, Lejiang Guo and Chang Chen : “A Survey on Energy Management in the Wireless Sensor Networks”, Elsevier, vol.3, pp. 60-66, (2012).

22. Network Optimization in the Internet of Things / [Электронный ресурс] – Режим доступа:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215098618303379>
23. DING G, SAHINOGLU Z, ORLIK P : Tree-based data broad-cast in IEEE 802 15.4 and ZigBee networks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, pp. 23-26,(2006).
24. M2M communication / [Электронный ресурс] – Режим доступа :
<https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/machine-to-machine-M2M>
25. Gurbhej Singh, Harneet Arora : “Design and Architectural Issues in Wireless Sensor Networks”, International Journal of Advance Research in Computer Science and Software Engineering, ISSN: 2277 128X, Volume 3, Issue 1, January 2013.
26. Мережа ZigBee / [Электронный ресурс] – Режим доступа :
<https://habr.com/ru/post/155037/>
27. I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, “Wireless sensor networks: a survey,” Computer Networks, vol. 38, no. 4, pp. 393–422, 2002.
28. S. Tyagi and N. Kumar, “A systematic review on clustering and routing techniques based upon leach protocol for wireless sensor networks,” Journal of Network and Computer Applications, vol. 36, no. 2, pp.623–645, 2013
29. W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, “Energyefficient communication protocol for wireless microsensor networks,” in Proc. 33rd Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci., 2000
30. A. Manjeshwar and D. P. Agrawal, “TEEN: A routing protocol for enhanced efficiency in wireless sensor networks,” in Proc. 15th IPDPS, vol. 1. 2001, p. 189.
31. G. Smaragdakis, I. Matta, and A. Bestavros, “SEP: A stable election protocol for clustered heterogeneous wireless sensor networks,” Dept. Comput. Sci., Boston Univ., Boston, MA, USA, Tech. Rep. BUCS-TR2004-022, 2004

32. L. Qing, Q. Zhu, and M. Wang, "Design of a distributed energy-efficient clustering algorithm for heterogeneous wireless sensor networks," *Comput. Commun.*, vol. 29, no. 12, pp. 2230–2237, 2006.
33. S.-S. Wang and Z.-P. Chen, "LCM: A link-aware clustering mechanism for energy-efficient routing in wireless sensor networks," *IEEE Sensors J.*, vol. 13, no. 2, pp. 728–736, Feb. 2013
34. A. J. Joseph and U. Hari, "Hexagonally sectored routing protocol for wireless sensor networks," *Int. J. Eng.*, vol. 2, no. 5, pp. 1249–1252, May 2013.
35. Hyunjo Lee, Miyoung Jang, Jae-Woo Chang, "A New Energy-Efficient Cluster-Based Routing Protocol Using a Representative Path in Wireless Sensor Networks", *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Volume 2014, Article ID 527928, 12 pages
36. Ashfaq Ahmad, Nadeem Javaid, Zahoor Ali Khan, Umar Qasim, and Turki Ali Alghamdi, "(ACH)2: Routing Scheme to Maximize Lifetime and Throughput of Wireless Sensor Networks", *IEEE SENSORS JOURNAL*, VOL. 14, NO. 10, OCTOBER 2014
37. Muhammad Amjad; Muhammad Khalil Afzal; Tariq Umer; Byung-Seo Kim, "QoS-Aware and Heterogeneously Clustered Routing Protocol for Wireless Sensor Networks", *IEEE Access* (Volume: 5), 2017
38. M. Chatterjee, S. K. Das, and D. Turgut, "Wca: A weighted clustering algorithm for mobile ad hoc networks," *Cluster Computing*, vol. 5, no. 2, pp. 193–204, 2002.
39. F. D. Tolba, D. Magoni, and P. Lorenz, "Connectivity, energy, and mobility have driven clustering algorithm for mobile ad hoc networks," in *Global Telecommunications Conference, 2007. GLOBECOM'07. IEEE. IEEE, 2007*, pp. 2786–2790.
40. T. Benmansour and S. Moussaoui, "Gmac: Group mobility adaptive clustering scheme for mobile wireless sensor networks," in *Programming and Systems (ISPS), 2011 10th International Symposium on. IEEE, 2011*, pp. 67–73

41. S. Deng, J. Li, and L. Shen, "Mobility-based clustering protocol for wireless sensor networks with mobile nodes," IET wireless sensor systems, vol. 1, no. 1, pp. 39–47, 201
42. Fatma BELATED, Ridha BOOUALLEGUE, "Clustering Approach Using Node Mobility in Wireless Sensor Networks", 2017 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC)
43. XIII НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ "Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення. Застосування підрозділів, комплексів, засобів зв'язку, автоматизації та кібербезпеки в операції Об'єднаних сил" [[Електронний ресурс] – Режим доступу : http://www.viti.edu.ua/files/zbk/2020/c_2020.pdf