

## Висновки

Розроблено структуру та модель комп'ютерної мережі інтелектуального будинку на основі дешевих одноплатних комп'ютерів Raspberry Pi. У складі даної мережі функціонують сервер, маршрутизатор та робочі станції. Комунікаційним середовищем є радіоканал (Wi-Fi). Моделювання здійснене за допомогою мереж Петрі – математичного апарату моделювання дискретних систем. В результаті розроблена модель локальної комп'ютерної мережі інтелектуального будинку дає змогу дослідити та здійснити детальний аналіз процесів, що у ній відбуваються. Розроблена комп'ютерна мережа, завдяки використанню одноплатних комп'ютерів Raspberry Pi, є дешевим та функціональним рішенням для систем інтелектуального будинку.

## Список використаних джерел

1. Jiang L. Smart home research / L. Jiang, D.Y. Liu, B. Yang // Proceedings of the 2004 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Shanghai, China, August. – 2004. – Vol. 2.
2. Роберт К. Элсенптер. Умный Дом строим сами: пер. з англ. / К. Роберт Элсенптер, Дж.Тоби Велт. – М. : Изд-во КУДИЦ – ОБРАЗ, 2005. – 384 с.
3. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб.: Питер, 2002. - 672 с.
4. Котов В.Е. Сети Петри. - М.: Наука, 1984.- 160с.
5. Richardson M. / Getting Started with Raspberry Pi / M. Richardson, S. Wallace // Sebastopol, O'Reilly Media, 2012. - 161 p.
6. Теслюк В.М., Березький О.М., Береговський В.В., Теслюк Т.В.: Розроблення нейроконтролера для управління підсистемою освітлення інтелектуального будинку. Зб. наук. пр. ІППМЕ ім.Г.С.Пухова НАН України, Київ, Вип. 64, 2012, С.137 – 143.
7. Теслюк В.М., Теслюк Т.В., Ляпандра А.С.: Модель підсистеми клімат контролю для аналізу роботи інтелектуального будинку. Науковий Вісник НЛТУ України, Львів, Вип.22.9, 2012, С. 132 - 135.
8. Teslyuk V., Beregovskiy V., Pukach A. Automation of the smart house system-level design // Informatyka Automatyka Pomiaru w Gospodarce i Ochronie Środowiska. Polish magazin. – 2013. – Zeszyt 4. – p.81 – 84.

УДК 004.75

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В БЕЗПРОВІДНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

**Борейко Т.М., Кордубан С.С.**

*Тернопільський національний економічний університет, студенти*

Безпроводні сенсорні мережі WSN (Wireless Sensor Network) представляють собою самоорганізуючі мережі, що складаються з множини безпроводних сенсорних вузлів, розподілених у просторі та призначених для об'єктів та навколишнього середовища.

В останні роки WSN набули широкої популярності і застосовуються в багатьох галузях народного господарства. При цьому в багатьох випадках використовуються також автономні сенсори, що значно спрощує розгортання сенсорної мережі, оскільки відсутні не тільки інформаційні лінії, а лінії живлення, що дозволяє розгорнути WSN на необладнаних місцевостях і проводити моніторинг лісів, полів чи створювати, наприклад, охороні сигналізації швидкого розгортання. Проте такі можливості накладають додаткові обмеження на WSN, пов'язані з обмеженістю енергетичних ресурсів. А це в свою чергу вимагає використання високоефективних алгоритмів функціонування WSN.

Оскільки розміри сенсорів і витрати на них лімітовані так само, як і їхні ресурси: енергія, пам'ять, обчислювальні можливості - передавати одну і ту ж інформацію по мережі від багатьох сенсорних вузлів недоцільно. Тому при розробці алгоритмів маршрутизації в бездротових сенсорних мережах повинні враховуватися такі фактори[1, 2]:

- самоорганізація (сенсорні мережі повинні мати можливість самоорганізації);
- енергетична ефективність (сенсорні вузли проектуються як правило з забезпеченням живлення від батарей, при цьому часто джерело енергії не може бути поновлене, що і термін їх життя);
- гнучкість (алгоритми в сенсорних мережах повинні володіти достатньою гнучкістю для того, щоб вони могли адаптуватися до різних програм WSN);

- масштабованість (часто число сенсорних вузлів залежно від розв'язуваної задачі може змінюватися, тому важливим є вирішення проблем ефективного управління швидкістю передачі та організації розкладу для передачі інформації);

- толерантність до відмов (WSN повинна бути нечутлива до відмови якого-небудь сенсорного вузла і повинна далі підтримувати необхідний рівень якості обслуговування);

- точність і латентність (алгоритми повинні гарантувати, що дані будуть передані через бездротову сенсорну мережу відповідно з необхідним часом і точністю).

Відповідно до наведених вище факторів було розроблено багато алгоритмів, які в тій чи іншій мірі їх враховують, при цьому їх можна поділити на дві основні категорії: однорівневі мережеві протоколи та ієрархічні мережеві протоколи (рис.1) [3].

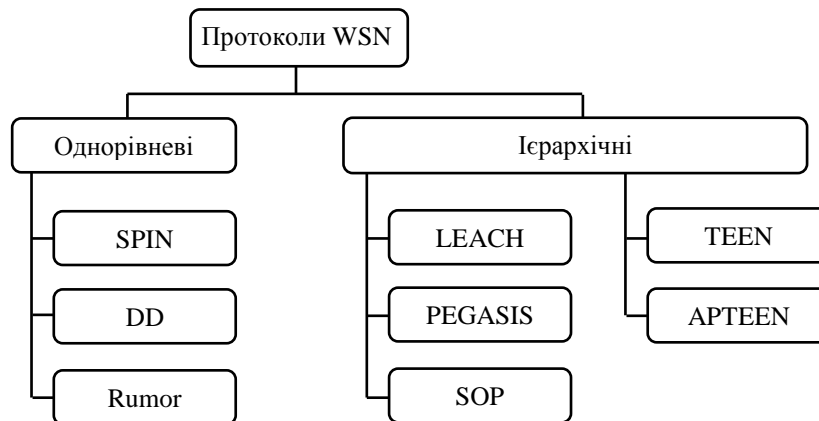


Рисунок 1 – Протоколи WSN

У однорівневої мережі всі вузли грають однакову роль і мають однакову функціональність. Зібрані дані передаються в мережу за допомогою багаторангової маршрутизації. В основному, алгоритми для однорівневої мережі є централізованими, оскільки їх основне завдання полягає в забезпеченні транзиту даних через однорідну сенсорну мережу. У багатьох випадках алгоритми для однорівневої мережі досить складні в зв'язку з великими масштабами мережі та динамічною зміною топології.

Протоколи типу SPIN використовують високорівневий опис даних[5], щоб усунути передачу надлишкової інформації. Основна ідея таких протоколів полягає у використанні попередніх «переговорів» для уникнення повторної передачі. SPIN - протокол поширює інформацію від одного вузла до всіх інших, припускаючи, що вони є потенційною базовою станцією. Базові ідеї протоколів SPIN: обмін вимірюваними даними може бути затратний, але обміну даними про вимірювані дані (метадані) може не бути; Вузли повинні моніторувати і адаптуватися до змін їхніх власних енергетичних ресурсів. Потенційно кожен вузол є базовою станцією, і інформація передається від кожного до кожного. Протокол використовує метадані і систему «переговорів». Семантика метаданих не специфікується протоколом і залежить від конкретних програм. Протокол може адаптуватися залежно від кількості енергії, що залишилась на вузлах. Протокол працює на зразок time-driven, і доставляє інформацію до всіх вузлів мережі, навіть якщо вони її не запитували.

DD (Directed Diffusion)[5]. У зв'язку з тим, що протокол орієнтований на дані, програми в сенсорах з позначеними даними використовують пари «атрибут – значення». Вузол, який запитує дані, генерує запит, який визначається залежно від атрибутів і значень, які беруться зі схеми, визначеної програмою. Приймач зазвичай вводить запит до мережі для кожної програмної задачі. Вузли оновлюють внутрішній кеш запитів в отриманими запитами - повідомленнями. Вузли також мають кеш даних, де зберігаються останні повідомлення даних. Така структура допомагає визначити швидкість передавання даних. Отримавши таке повідомлення, вузли встановлюють зв'язок у відповідь ініціаторові запиту. Цей зв'язок називається градієнтом і характеризується швидкістю передавання даних, тривалістю і часом припинення. Крім цього, вузол активізує свої сенсори для збирання призначених даних. Прийом запиту - повідомлення встановлює у вузлі кілька градієнтів (або перший крок в маршруті) до джерела. Для того, щоб визначити оптимальний градієнт, використовуються позитивні і негативні підсилення. Тут алгоритм працює з двома типами градієнтів: дослідницькі і градієнти даних. Дослідницькі градієнти призначені для встановлення та відновлення маршруту, тоді як градієнти даних використовуються для відправлення реальних даних.

SAR (Sequential Assignment Routing)[5] є одним з перших протоколів для безпроводних сенсорних мереж, які забезпечують поняття критеріїв маршрутизації QoS. Він ґрунтується на асоціації пріоритетного рівня для кожного пакета. Крім того, посилення та маршрути пов'язані з метрикою, що характеризує їх потенційне надання якісних послуг. Ця метрика ґрунтується на затримках і витратах енергії. Потім алгоритм створює дерева з коренями, вибраними між двома сусідами приймача. Щоб зробити це, деякі параметри, такі, як пакет пріоритетів, енергетичних ресурсів і QoS- метрик, мають бути врахованими. Протокол повинен періодично перераховувати маршрути для того, щоб бути готовим в разі відмови одного з активних вузлів.

При цьому можна відмітити, що однорівневі мережеві протоколи є досить складними: вимагають складних алгоритмів пошуку маршрутів, виконують багаторазове передавання даних між точками мережі, що приводить до підвищеного витрачання енергоресурсів. В зв'язку з цим вони поступово витісняються ієрархічними мережами, які дозволяють більш ефективно використовувати ресурси мережі та кожного сенсора зокрема.

В ієрархічних мережах сенсорні вузли відіграють різну роль і з'являються дві категорії сенсорних вузлів: головний кластерний вузол і члени кластера. Більш високий рівень сенсорних вузлів збирає інформацію від членів кластера і керує більш низьким рівнем. Після агрегації даних, вузли більш високого рівня направляють її при необхідності на наступний рівень.

Всі ієрархічні алгоритми маршрутизації допомагають у виборі найкращого головного вузла і кластеризація вузлів здійснюється на основі принципу мінімізації витрати енергії. Оскільки головні вузли кластера відповідальні за збір, агрегацію і передачу даних на досить великі відстані, вони повинні бути більш енергетично незалежними, ніж просто члени кластера. Алгоритми вибору головного кластерного вузла передбачають перевибори і перепризначення головного вузла кластера періодично в залежності від розподілу навантаження в цілому по безпроводній сенсорній мережі.

Одним з найвідоміших механізмів, що забезпечують функціонування ієрархічних сенсорних мереж вузлів є алгоритм LEACH (Low Energy Adaptive Cluster Hierarchy).

В протоколі LEACH[5] вузли самоорганізуються у кластери і вибирають головний вузол. Усі вузли, які не є головними, передають інформацію головному. Головний вузол приймає дані, проводить їх обробку і передає на базову станцію. Періодично відбувається випадкова зміна головного вузла і перекластеризація. LEACH складається з двох фаз: організація кластерів; передача даних головних вузлів у і на базову станцію. Вибір головного вузла поділяється на декілька етапів. На початковому етапі кожен вузол пропонує себе як головний з певною ймовірністю. Вузли, які не стали головними, можуть ними стати пізніше. Рішення приймається на основі заданої щільності головних вузлів в мережі. Для розподілу енергетичного навантаження мережею головні вузли періодично переобираються. Щойно створений головний вузол розсилає свій статус іншим вузлам мережі. Кожен вузол вибирає, до якого кластера він хоче приєднатися на основі енергетичної ефективності. Коли всі вузли організувалися в кластери, головний вузол створює розклад для кожного вузла. Це допомагає уникнути колізій при передачі повідомлень та економію енергії.

Алгоритм PEGASIS (Power-Efficient GATHERing in Sensor Information Systems). – це покращений варіант LEACH. За цим алгоритмом формуються не кластери, а ланцюжки, по яких передаються дані. Цей алгоритм перевершує LEACH за енергетичними показниками.

Однак з розвитком сенсорних мереж з'явилися й інші завдання, що вимагають пильної уваги. Наприклад, завдання про якість обслуговування, що є найважливішою метрикою для будь-якої мережі, в тому числі і сенсорної. Дійсно, дуже важливі проблеми збільшення терміну життя сенсорної мережі і проблема при створенні алгоритмів для ієрархічних бездротових сенсорних мереж є вибір головного кластерного вузла. Тому розвиток ієрархічних алгоритмів, які враховують якість обслуговування та енергетичні характеристики мережі є перспективною науковою задачею.

### Список використаних джерел

1. А. Салим, А. Е. Кучерявий. Выбор головного узла кластера в однородной беспроводной сенсорной сети. Электросвязь, № 8, 2009
2. А.Салим, Е.А. Кучерявий. Выбор головных узлов в однородной беспроводной сенсорной сети для обеспечения полного покрытия. 64-я Научно – техническая конференция, посвященная Дню Радио. Апрель, 2009.
3. Boukerche, A.; Nakamura, E.F.; Loureiro, A.F. Algorithms for Wireless Sensor Networks. In Algorithms and Protocols for Wireless Sensor Networks; Boukerche, A., Ed.; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2009
4. Waltenege Dargie, Christian Poelabauer «Fundamentals of Wireless Sensor Networks Theory and Practice» - Wiley Series on Wireless Communications and Mobile Computing, 311c, 2010 John Wiley & Sons Ltd.
5. Кузьмін О. Класифікація протоколів маршрутизації у безпроводних сенсорних мережах. / О. Кузьмін, О. Мицько, В. Грицак //Комп'ютерні науки та інформаційні технології : [зб. наук. пр.] / відп. ред. Ю. М. Рашкевич. - Л. : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2010. - 380 с. : іл. - (Вісник / Національний університет "Львівська політехніка" ; № 672). - С.267-272