

## ПОБУДОВА СИСТЕМИ МАРШРУТИЗАЦІЇ ДАНИХ В БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ КОНЦЕПЦІЇ ЛАВИННОГО РОЗПОВСЮДЖЕННЯ (FLOODING)

Стаття присвячена побудові системи маршрутизації даних, які передаються та ретранслюються в безпроводовій сенсорній мережі на основі концепції лавинного розповсюдження (flooding). Проведено порівняльний аналіз переваг та недоліків, основних особливостей та вимог до процесу передачі інформації між сенсорними вузлами. Запропоновано шляхи усунення ефекту дублювання пакетів, які надходять до головного вузла від сенсорів.

**Ключові слова:** сенсорна мережа, модель, сенсорний вузол, маршрутизація, flooding, дублювання, відмовостійкість.

**Вступ.** Активний розвиток технологій безпроводового зв'язку призвели до створення та активного впровадження сенсорних мереж. Безпроводові сенсорні мережі представлені сукупністю значної кількості окремих сенсорних вузлів. Вони об'єднуються між собою та представляють розподілену, самоорганізуючу мережу. Сенсорні вузли здатні обмінюватися масивами даних та ретранслювати їх по безпроводовим каналам зв'язку. Тому дослідження в області маршрутизації повідомлень в безпроводових сенсорних мережах являється своєчасним та доцільним завданням.

**Постановка задачі.** Ефективність функціонування компонентів сенсорної мережі, а саме сенсорних вузлів, залежить від правильного та доцільного вибору системи маршрутизації. В свою чергу, неправильний вибір протоколу, обладнання чи алгоритмів передачі пакетів інформації призведе до збільшення навантаження, зростанню кількості відмов та збоїв окремих вузлів, залучених в ретрансляції пакетів. Тому і не дивно, що від вибору способу маршрутизації залежить працездатність всієї мережі.

Якщо мова йде про побудову малої сенсорної мережі, в якій всі вузли знаходяться близько один до одного, то і канали зв'язку будуються за простим способом – пряма видимість (рис.1). Вся інформація від сенсорів (С) передається до головного вузла (ГВ), який і здійснює подальше опрацювання повідомлень, а також приймає рішення про ретрансляцію обробленої інформації далі, вже до ЦОД або до серверів (в залежності від вимог, які висуваються до тієї чи іншої сенсорної мережі).

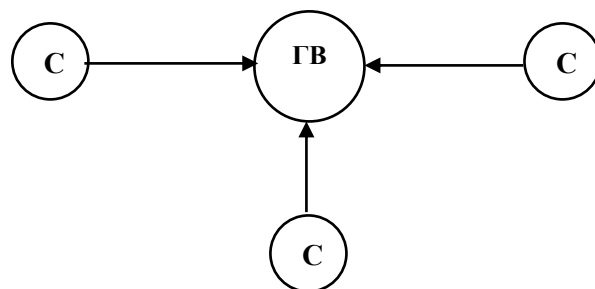


Рис.1. Модель сенсорної мережі із каналами зв'язку з прямою видимістю

Проте більшість сенсорних мереж складаються із значної кількості вузлів, які просто фізично не можуть бути підключені до головного вузла. Вони покриваються значну територію та здійснюють фіксацію тих чи інших показників (зміна температури, швидкості, тиску, радіації, наявність живих істот). В цьому випадку використовується модель каналів зв'язку із непрямою видимістю.

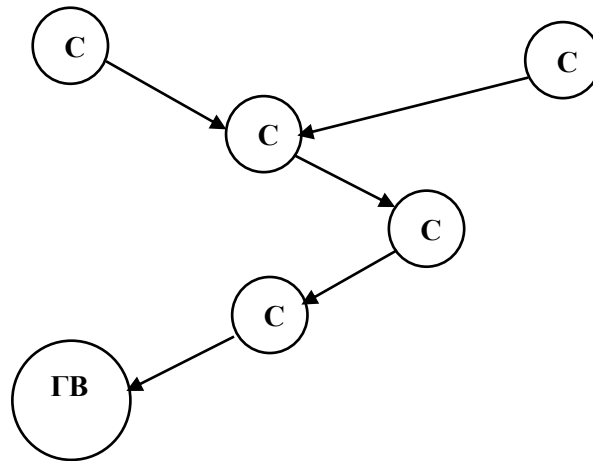


Рис.2. Модель сенсорної мережі із каналами зв'язку із непрямою видимістю

В цьому випадку всі сенсори (С) збирають, першочергово опрацьовують інформацію, а також – ретранслюють інформацію від інших сенсорних вузлів, для того, щоб надалі вона була отримана головним вузлом (ГВ) [1].

Тому і не дивно, що виникає цілий ряд актуальних питань та вимог, одним із яких є питання створення (проектування) маршрутів для передачі інформації між сенсорними вузлами.

При проектуванні системи маршрутизації даних для безпроводових сенсорних мереж слід враховувати декілька головних недоліків, а саме: обмеження потужності та ресурсів мережевих вузлів, змінювану за часом якість безпроводового каналу, можливість втрати та затримки пакетів. Для вирішення цих недоліків необхідно запропонувати кілька стратегій до побудови системи маршрутизації пакетів в безпроводових сенсорних мережах.

**Використання класів для протоколів маршрутизації.** Один клас протоколів маршрутизації приймає плоску мережеву архітектуру, в якій всі вузли знаходяться на одному рівні. Плоска мережева архітектура має ряд переваг: мінімальні витрати на підтримку інфраструктури, потенціал для виявлення декількох маршрутів між вузлами для підтримки відмовостійкості.

Другий клас протоколів маршрутизації нав'язує певну структуру в мережі для досягнення енергоефективності, стабільності та масштабованості. У цьому класі протоколів вузли мережі організовані в кластери, в яких вузол з вищою залишковою енергією бере на себе роль кластерного керівника. Керівник кластеру відповідає за координацію дій у кластері та передачу інформації між мережевими елементами. Кластеризація має потенціал для зменшення споживання енергії та продовження терміну експлуатації мережі в цілому.

Третій клас протоколів маршрутизації використовує підхід, орієнтований на дані, для поширення впливу в мережі. Цей підхід використовує іменування на основі атрибутів, за допомогою чого вихідний вузол запитує атрибут явища, а не окремий вузол датчика. Розповсюдження впливу досягається завдяки присвоєнню завдання датчикам вузлів та вираженню запитів відносно певних атрибутів. Різні стратегії можуть використовуватися для вузлів сенсорів, включаючи передачу, багатоадресну передачу на основі атрибутів, географічне відтворення та anycasting.

Четвертий клас протоколів маршрутизації використовує локацію для запити вузлів датчиків. Маршрутизація на основі місцеперебування корисна у програмах, де позиція вузла в межах географічного покриття мережі є релевантною для запити, який видається вузлом-джерелом [2]. Такий запит може вказувати конкретну область, де може виникати явище, що представляє інтерес, або відстань до певної точки в мережевому середовищі.

**Концепції лавинного розповсюдження (flooding).** Цей метод використовується для виявлення шляху та поширення інформації в провідних та безпроводових сенсорних

мережах. Концепція системи маршрутизації проста і не залежить від обслуговування топології мережі та складних алгоритмів маршрутизації. Концепція лавинного розповсюдження використовує підхід, за допомогою якого кожен вузол, що отримує дані, направляє пакет усім сусіднім сенсорним вузлам. Після передачі пакет прямує по всім можливим шляхам від вузла до вузла. Якщо сенсори мережі будуть підключенні та активовані, то отримувач отримає пакет. Крім того, при зміні топології мережі, пакет, що передається, прямуватиме за новими маршрутами.

Модель лавинного розповсюдження (flooding) в сенсорній мережі передачі даних представлена на рис.3.

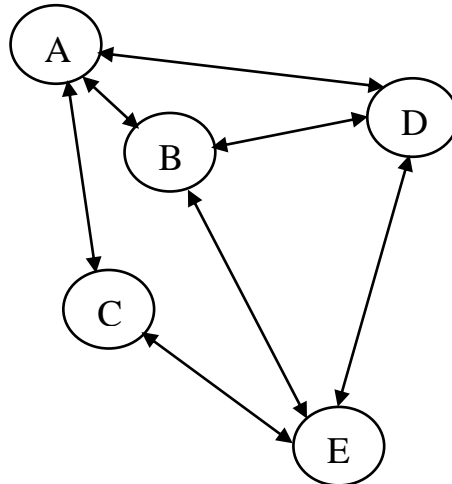


Рис.3. Модель лавинного розповсюдження (flooding) в мережах передачі даних

Flooding, у найпростішому вигляді, призводить до того, що один і той же пакет буде повторюватися необмежену кількість разів, дублюватися та завантажувати роботу сенсорних вузлів. Для того, щоб уникнути цього, в пакет додається поле лічильника переходів [3].

Алгоритм роботи системи маршрутизації даних в сенсорних мережах на основі концепції лавинного розповсюдження (flooding) наступний. Спочатку кількість переходів встановлюється приблизно на діаметр мережі. Далі, в процесі переміщення пакету між вузлами, кількість переходів буде автоматично змінюватися на 1 для кожного стрибка. Коли кількість переходів досягне нуля, пакет автоматично буде відкинуто. Аналогічного ефекту можна досягнути використовуючи поля часу для життя (TTL), яке реєструє кількість одиниць часу існування пакету в мережі. Після закінчення цього часу пакет більше не перенаправляється до жодного із сенсорних вузлів.

Концепція лавинного розповсюдження пакетів в сенсорній мережі може бути додатково покращена шляхом однозначного визначення пакетів даних. Це відбувається шляхом примусу. Кожен сенсорний вузол відкидає всі пакети, які він уже відправив або ж перенаправив через себе (ретранслював). Така стратегія вимагає підтримки списку (історії) трафіку, щоб відстежувати маршрутизацію пакетів, які вже були відправлені.

Незалежно від простоти правил перенаправлення та відносно невисоку вартість обслуговування, flooding має ряд недоліків при використанні в безпроводових сенсорних мережах.

Перший недолік - це сприйнятливність до імплізії трафіку, як показано на рис.4. Цей небажаний ефект викликаний дублюванням пакетів даних, що повторно надсилаються до одного вузла [4].

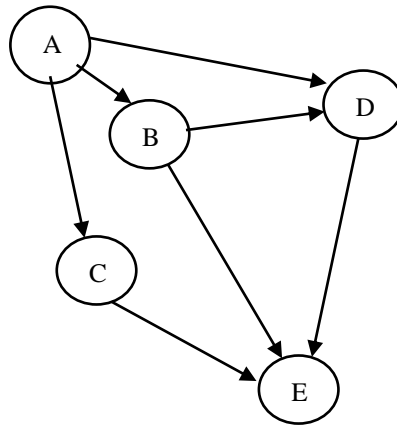


Рис.4. Проблема імплзії трафіку

Другий недолік – це проблема перекриття. Ефект перекриття відбувається, коли два вузли, що повинні обслуговувати певну територію (покривають один і той же регіон), відправляють пакети, що містять ідентичну інформацію одному і тому ж вузлу.

Третій недолік – обмеженість ресурсів. Просте правило перенаправлення, яке використовується для flooding для маршрутизації пакетів, не враховує енергетичні обмеження сенсорних вузлів. Таким чином, енергія вузла може швидко вичерпатися, значно зменшуючи час життя мережі в цілому [5].

Для усунення недоліків flooding пропонується підхід, який називається gossiping. Подібно до flooding, gossiping використовує просте правило перенаправлення і не вимагає зміни або ж значного обслуговування мережевої топології.

На відміну від flooding, де пакет даних ретранслюється всім сусідам, для gossiping потрібно, щоб кожен вузол відправляв вхідний пакет випадково обраному сусіду. Після отримання пакета обраний сенсорний вузол випадковим чином обирає наступний вузол та пересилає йому пакет.

Цей процес продовжується постійно, доки пакет не досягне свого місця призначення або перевищить максимальну кількість переходів. Gossiping допомагає уникнути проблематики імплзії, обмежуючи кількість пакетів, які кожен вузол надсилає своєму сусідові по одній копії. Затримка, яка виникає під час проходження пакету до місця призначення, може бути надмірною, особливо в великій мережі. Проте це явище можна компенсувати вірно обраним протоколом маршрутизації.

**Висновки.** В даній статті було досліджено концепцію flooding, яка є привабливою, оскільки використовує прості правила переадресації та не вимагає значного технічного обслуговування топології мережі. Однак продуктивність цієї концепції з точки зору затримки пакетів та використання ресурсів, швидко погіршується завдяки розміру мережі та завантаженню трафіку. Цей недолік продуктивності, як правило, зумовлений імплзією трафіку та географічним накладанням. Імплозія трафіку призводить до декількох копій тих самих даних, які можуть бути отримані від різних вузлів. Було проведено порівняльний аналіз flooding та gossiping. Ці концепції не змінюють своєї поведінки, щоб адаптувати канали зв'язку, шляхи передачі інформації, та обчислення поточного стану їх енергетичного ресурсу. Така відсутність обізнаності та адаптації ресурсів суттєво скорочує тривалість роботи мережі, оскільки високоактивні вузли можуть швидко використовувати свої енергетичні ресурси. Для вирішення цього недоліку необхідно використання одного із вже відомих протоколів маршрутизації, які позбавлять сенсорну мережу від дублювань, та прискорять передачу пакетів даних.

**Список використаних джерел**

1. Braginsky D., Estron D. „Rumor Routing Algorithm For Sensor Networks”, Proceedings of the first Workshop on Sensor Networks and Applications, Atlanta, USA, 2002, p. 22-31.
2. Intanagonwiwat C., Govindan R., Estron D. „Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks,” Proceedings of the 6th International Conference on Mobile Computing and Networking (Mobicom), Boston, USA, 2000, p. 56- 67.
3. Ilyas M., Mahgoub I. „Handbook of Sensor Networks: Compact Wireless and Wired Sensing Systems”, CRC Press, New York, 2005.
4. Shah R. C., Rabaey J. „Energy Aware Routing for Low Energy Ad Hoc Sensor Networks”, Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Orlando, USA, 2002, p. 350-355.
5. Leuschner C. J. „The design of a simple energy efficient routing protocol to improve wireless sensor network lifetime”, University of Pretoria, 2005.