

ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ В ЛІТАЮЧИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Кошмак А.І.

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: koshmak02@gmail.com*

OPTIMIZATION OF ROUTING IN FLYING SENSOR NETWORKS: CHALLENGES AND PROSPECTS

The article explores the development of routing methods in flying sensor networks, focusing on their significance in collecting and processing data in challenging or hazardous environments. The challenges faced by flying sensor networks, such as node mobility and dynamic topology, are examined alongside the importance of optimizing energy consumption and ensuring reliable data transmission. Furthermore, it highlights the need for specialized routing protocols tailored to the unique characteristics of flying sensor networks to achieve efficient and dependable data transmission.

Безпроводні сенсорні мережі (БСМ) є важливим напрямком досліджень у сучасному світі, оскільки вони забезпечують можливість збору та обробки даних у важкодоступних або небезпечних умовах. Одним із ключових аспектів цього дослідження є маршрутизація потоків даних сенсорних вузлів по мережі. З огляду на обмежену дальність зв'язку між сенсорними вузлами, для забезпечення інформаційного взаємодії між ними використовуються ретранслятори або проміжні вузли. Цей підхід дозволяє розширити зону покриття мережі, зробивши її багатоетапною.

Літаючі сенсорні мережі (ЛСМ) - це новий тип бездротових сенсорних мереж (БСС), який використовує безпілотні літальні апарати (БПЛА) як сенсорні вузли та маршрутизатори. ЛСМ мають ряд переваг, таких як гнучкість, мобільність, швидкість, масштабованість та висока якість обслуговування. Однак, ЛСМ також стикаються з рядом викликів, таких як рухомість вузлів, динамічна топологія, обмежені ресурси та високі вимоги до якості обслуговування.

Ретранслятори або проміжні вузли виконують ключову роль у мережі ЛСМ. Вони відповідають за передачу даних від початкового відправника до кінцевого отримувача через кілька проміжних кроків. При цьому, ретранслятори забезпечують розширення зони покриття мережі та роблять її більш масштабованою.

Однією з головних задач в таких мережах є пошук оптимального маршруту передачі даних від початкового відправника до кінцевого отримувача, що відомо як маршрутизація. Вибір оптимального маршруту потребує застосування складного набору алгоритмів, обумовленого необхідністю

координації роботи всіх вузлів мережі, стійкістю до відмов окремих вузлів, а також мінімізацією енергетичних витрат.

З моменту появи ідеї про літаючі сенсорні мережі, велика увага була приділена розробці та вдосконаленню алгоритмів маршрутизації, які враховують специфіку цих мереж. Складність вибору оптимального маршруту обумовлена необхідністю координації роботи всіх вузлів мережі, стійкістю до відмов окремих вузлів, а також мінімізацією енергетичних витрат.

Маршрутизація в ЛСМ - це процес визначення оптимальних шляхів для передачі даних між вузлами. Маршрутизація в ЛСМ є складнішою, ніж в БСС, через рухомість вузлів, динамічну топологію, обмежені ресурси та високі вимоги до якості обслуговування. Тому, для ЛСМ потрібні спеціалізовані протоколи маршрутизації, які можуть адаптуватися до змінних умов мережі та забезпечити ефективну та надійну передачу даних.

Протягом останніх років було запропоновано багато протоколів маршрутизації для ЛСМ, які можна класифікувати за різними критеріями, наприклад, за структурою мережі, за способом установки маршруту, за типом операції протоколу, за ініціатором зв'язку тощо. Ось деякі приклади протоколів маршрутизації для ЛСМ:

- LAR (Location-Aided Routing) - це реактивний протокол, який використовує географічну інформацію для покращення ефективності маршрутизації. Він використовує концепцію "очікуваної зони", яка визначається на основі останнього відомого місцезнаходження та швидкості руху приймача. Він використовує повідомлення RREQ (Route Request) та RREP (Route Reply) для виявлення та підтримки маршрутів, але обмежує їх поширення в межах очікуваної зони. LAR зменшує обсяг трафіку, що розсилається в мережі, але вимагає точної географічної інформації та синхронізації часу.

- ARA (Ant-Colony-Based Routing Algorithm) - це біоінспірований протокол, який використовує метафору поведінки мурах для побудови маршрутів. Він використовує повідомлення FANT (Forward Ant) та BANT (Backward Ant) для пошуку та оновлення маршрутів, а також використовує параметр "інтенсивності феромону" для визначення якості маршрутів. ARA підтримує адаптивність до змін топології мережі, але вимагає великої кількості пам'яті та обчислювальних ресурсів.

- GEAR (Geographic and Energy-Aware Routing) - це гібридний протокол, який використовує географічну інформацію та інформацію про рівень енергії для побудови маршрутів. Він використовує два кроки: перший крок - це направлення пакетів до регіону, де знаходиться приймач, а другий крок - це вибір вузла, який буде наступним пересилальником, на основі рівня енергії та відстані до приймача. GEAR зменшує споживання енергії та збільшує тривалість життя мережі, але вимагає точної географічної інформації та може створювати петлі в маршрутах.

Враховуючи вищезазначені протоколи, важливо зазначити, що вони мають свої переваги та недоліки. Наприклад, LAR ефективний для мереж з високою мобільністю, але вимагає точної географічної інформації та синхронізації часу.

З іншого боку, ARA може адаптуватися до змін у топології мережі, але вимагає великої кількості пам'яті та обчислювальних ресурсів.

Також варто зазначити, що вибір протоколу маршрутизації залежить від конкретних вимог до мережі. Наприклад, для мереж, де важлива швидкість передачі даних, може бути краще використовувати протоколи, які оптимізують швидкість передачі. З іншого боку, для мереж, де важлива енергоефективність, може бути краще використовувати протоколи, які мінімізують енергетичні витрати.

За останні роки з'явилося безліч нових протоколів маршрутизації для літаючих сенсорних мереж (ЛСМ), які використовують різні стратегії, такі як географічна маршрутизація, маршрутизація на основі феромонів та маршрутизація на основі енергії. Проте, для досягнення ефективної та надійної маршрутизації в ЛСМ, потрібно подальше дослідження та розробка нових методів та алгоритмів. Інтеграція методів машинного навчання та штучного інтелекту в цей контекст може виявитися ключовою. Використання алгоритмів машинного навчання може допомогти вирішити проблеми, пов'язані з ефективністю та надійністю маршрутизації, через прогнозування трафіку, автоматичне вдосконалення стратегій маршрутизації та аналіз складних взаємозв'язків у даних мережі. Однак, це також вносить виклики, які потребують уважного вирішення, такі як потреба в великій кількості даних для навчання моделей та складність їх реалізації в реальних умовах.

Література

1. Лисенко О.І. Безпроводові сенсорні мережі: навч. посіб. / О.І. Лисенко, В.С. Явіся. – Київ: НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2016. – 216 с.
2. Карл Х., Вілліг А. Протоколи та архітектури для бездротових сенсорних мереж. — Видавництво John Wiley & Sons Ltd., 2005. — 497 с.
3. Вертсекас Д., Галлагер Р. Мережі передачі даних: пер. з англ. — М.: Світ, 1989. — 544 с.
4. Литвиненко В.В. Протоколи маршрутизації в літаючих сенсорних мережах / В.В. Литвиненко, М.В. Акінін // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2016. – № 66. – С. 13-20.