

МЕТОДИ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Явісія В.С., Лисенко О.І.

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: yavisya42@gmail.com*

METHODS OF POWERING WIRELESS SENSOR NETWORKS

The main aspects of the energy consumption of a wireless sensor network are considered. To increase the lifetime of both individual sensors and the wireless sensor network as a whole, it is proposed to implement a strategy of dynamic power management of the main sensor subsystems.

Ефективність функціонування безпроводової сенсорної мережі (БСМ) визначається багатьма факторами [1]. Значний вплив на збільшення тривалості надійної роботи БСМ здійснюється за рахунок обґрунтованого вирішення задачі керування трафіком [2] та обрання енергоефективних способів електроживлення.

Енергоспоживання БСМ є надзвичайно важливим через дефіцит енергії. Хоча енергія є дефіцитним ресурсом у кожному безпроводовому пристрої, проблема в БСМ посилюється з наступних причин:

1. Порівняно зі складністю завдання, яку вони виконують, а саме, зондування, обробка, самокерування та зв'язок, вузли мають дуже малий розмір для розміщення джерел живлення великої потужності.

2. В ідеалі, БСМ складається з великої кількості вузлів. Це робить ручну зміну, заміну або заряджання акумуляторів майже неможливою.

3. Поки дослідницьке співтовариство досліджує внесок відновлюваної енергії та механізмів самозаряджання, розмір вузлів все ще є стримуючим фактором.

4. Несправність кількох вузлів може призвести до передчасної фрагментації всієї мережі.

До проблеми споживання енергії можна підходити з двох сторін. Одною з них є розробка енергоефективних протоколів зв'язку (самоорганізація, протоколи доступу та маршрутизації), які враховують особливості БСМ. Інший підхід – визначити дії у мережах, які є одночасно марними та непотрібними, та зменшити їх вплив [3].

Марні та непотрібні дії можуть бути описані як локальні (обмежені вузлом) або глобальні (що мають масштаби всієї мережі). У будь-якому випадку, ці дії можуть бути розглянуті як випадкові побічні ефекти або результати неоптимальних програмних та апаратних реалізацій (конфігурацій). Наприклад, спостереження, що базуються на розгортанні у польових умовах, показують, що деякі вузли передчасно розряджали свої батареї через непередбачено активне та майже постійне прослуховування трафіку, що призвело до того, що підсистема зв'язку була змушена працювати довше, ніж передбачалося спочатку. Подібним чином деякі вузли передчасно розряджали свої батареї, оскільки безцільно

намагалися встановити зв'язок із мережею, яка стала для них вже недоступною.

Однак найбільш неефективні заходи є результатом неоптимальних конфігурацій апаратних та програмних компонентів. Наприклад, значна кількість енергії марно витрачається в режимі очікування обробки або в підсистемі зв'язку. Приймач, який безцільно приймає медіа дані або прослуховує спілкування сусідніх вузлів між собою, споживає значну кількість енергії.

Стратегія динамічного управління живленням (ДУЖ) забезпечує економічне споживання електроенергії. Стратегія може мати локальний або глобальний масштаб, або і те і інше. Локальна стратегія ДУЖ спрямована на мінімізацію споживання енергії окремими вузлами, забезпечуючи кожному підсистему обсягом потужності, достатнім для виконання поставленого завдання. Коли немає завдання для обробки, стратегія ДУЖ змушує деякі підсистеми працювати у найбільш економічному режимі живлення або переводить їх у сплячий режим. Глобальна стратегія ДУЖ намагається мінімізувати загальне споживання електроенергії мережею, встановлюючи сплячий стан у всій мережі [3].

Існують різні способи досягнення цієї мети. Один із них – дозволити окремим вузлам визначати власні графіки сну та ділитися цими розкладами зі своїми сусідами, щоб забезпечити скоординоване зондування та ефективний зв'язок між вузлами. Це можна назвати синхронним сном. Проблема цього підходу полягає в тому, що сусідам також потрібно синхронізувати час та графіки, а це процес енергоємний. Інший спосіб – дозволити окремим вузлам дотримуватися власного графіку сну, а вузол, який ініціює спілкування, повинен надсилати запити доти, поки він не отримає підтвердження від свого приймаючого партнера. Цей підхід, відомий як асинхронний графік сну, дозволяє уникнути потреби в синхронізації графіків. Але це може мати побічний ефект на передачу даних. В обох підходах окремі вузли періодично прокидаються, щоб визначити, чи є вузол, який бажає спілкуватися з ними та обробити завдання, що очікують у черзі.

Першим кроком до розробки стратегії управління локальним живленням є розуміння того, як енергія споживається різними підсистемами безпроводового сенсорного вузла. Ці знання дозволяють уникати марних дій та економічне витрачати енергію. Найбільш потужними споживачами є підсистема процесора та підсистема зв'язку.

У більшості існуючих підсистем обробки використовуються мікроконтролери, які можуть бути налаштовані на роботу в різних режимах живлення, наприклад, режим холостого ходу, зменшення шуму аналого-цифрового перетворювача, економії енергії, вимкнення живлення, очікування та розширеного режиму очікування. На додаток до вищезазначених конфігурацій, підсистема обробки може працювати з різними напругами живлення та тактовими частотами [3].

Хоча робота підсистеми процесора в різних режимах живлення є енергоефективною, перехід від одного режиму живлення до іншого також має власні витрати на споживання енергії та затримку. Ці втрати слід врахувати при прийнятті рішення щодо обрання конкретного режиму живлення.

На споживання енергії підсистеми зв'язку можуть впливати кілька аспектів,

включаючи тип модуляції, потужність підсилювача передавача та ефективність антени, діапазон, швидкість передачі та чутливість приймача. Деякі з цих аспектів можна динамічно переконфігурувати. Більше того, сама підсистема зв'язку може активувати або вимикати передавач та приймач, або обидва. Через наявність великої кількості активних компонентів, підсистема зв'язку (підсилювачі та генератори) споживає значну кількість струму в стані спокою, навіть якщо пристрій не працює.

Визначення найбільш ефективного режиму роботи в активному стані є не простим рішенням. Наприклад, споживання енергії передавача не обов'язково може бути зменшено простим зменшенням швидкості передачі або потужності передачі. Причина полягає в тому, що існує компроміс між корисною потужністю, необхідною для передачі даних, і потужністю, що розсіюється у вигляді тепла на підсилювачі потужності. Наприклад, трансивер Chipcon CC2420 має вісім програмованих рівнів вихідної потужності. Збільшення рівня потужності передачі на 24 дБ збільшує поточне споживання енергії лише вдвічі. Зазвичай, потужність розсіювання (теплова енергія) збільшується із зменшенням потужності передачі. Насправді більшість комерційно доступних передавачів ефективно працюють на одному або двох рівнях потужності передачі. Нижче певного рівня, ефективність підсилювача потужності різко падає. У деяких дешевих трансиверах, навіть у режимі максимальної потужності передачі, більше 60% живлення постійного струму розсіюється у вигляді тепла [3].

Додатковою проблемою енергопостачання є час, необхідний підсистемі зв'язку для переходу від неробочого режиму або режиму очікування до активного режиму. Перехід до режиму передачі відбувається з затримкою під час якої відбувається споживання енергії. Наприклад, фазове автопідстроювання частоти синтезатора передавача може вимагати до 300 мкс.

Таким чином, реалізація стратегії динамічного управління живленням в БСМ може значно збільшити термін життя як окремих сенсорів, так і мережі в цілому.

Література

1. Огляд методів підвищення ефективності мобільних безпроводових сенсорних мереж / Кравчук С.О., Явіся В.С., Лисенко О.І., Сушин І.О. // Начерк науково-практичної конференції «Сучасні системи зв'язку як напрям міжнародно-правової, зовнішньополітичної, теле-, радіо, мережевої комунікації»: збірник тез доповідей. Київ: ГО «УКРО», 2022. – С. 19-21. <https://www.doi.org/10.59105/2022-11>.
2. Явіся В.С., Лисенко О.І., Гетьман О.В. Критерії вибору алгоритмів керування потоками інформаційних повідомлень сенсорних мереж // Сімнадцята Міжнародна науково-технічна конференція «Перспективи телекомунікацій». Матеріали конференції. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. – С. 317-319. <http://conferenc.its.kpi.ua/proc/article/view/282224>.
3. Fundamentals of wireless sensor networks: theory and practice / Walteneus Dargie, Christian Poellabauer. Wiley Series on Wireless Communications and Mobile Computing, 2010. – 311 pp. ISBN 978-0-470-99765-9.