

РОЗВИТОК МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ЧАСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Новіков В.І., Лисенко О.І.

Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»

E-mail:novikov1967@ukr.net

Development of method increase time operation wireless sensor networks

Proposed modified method for increasing the operating time of wireless sensor networks, which combines the use of mobility of individual network components and dynamic routing, the residual amount of energy units and reliable wireless connections.

Перспективність і актуальність використання технології безпроводових сенсорних мереж (БСМ) для вирішення широкого кола завдань моніторингу та управління в різних областях, таких як автоматизація підприємств, безпека, екологія, надзвичайні ситуації залучили до досліджень провідні наукові центри та лабораторії світу. До основних переваг технології БСМ відноситься можливість створення самоорганізованих мереж, які використовують дешеві мініатюрні автономні обчислювальні пристрої [1].

Однак існують проблеми, які перешкоджають масовому впровадженню рішень на базі БСМ. Одна з них – це необхідність збільшення часу автономної роботи безпроводової мережі.

Аналіз літератури показав, що, незважаючи на інтенсивні дослідження, які ведуться в цій галузі, не існує загального підходу, який би комплексно враховував як час автономної роботи окремих вузлів мережі, так і показники часу автономної роботи всієї мережі в цілому [2]. Таким чином, стає актуальною постановка і вирішення проблеми збільшення часу автономної роботи безпроводових сенсорних мереж у системах збору даних.

Спосіб збільшення часу автономної роботи сенсорної мережі може бути реалізований різними методами: індивідуальним підбором ємності батарей і розташування вузлів мережі, використанням спеціальних протоколів маршрутизації, вибором мобільності ретрансляторів [2]. Проте всі вони мають ті чи інші недоліки. Тому пропонується використати новий метод, який поєднує використання мобільності окремих мережевих компонентів [3] та динамічну маршрутизацією, яка враховує поточний (залишковий) запас енергії вузлів і надійність безпроводових з'єднань.

Численні дослідження характеристик малопотужних безпроводових каналів зв'язку показали, що в реальних системах спостерігається значна варіація і асиметрія якості зв'язку між вузлами. Тому при пошуку маршрутів доставки пакетів необхідно аналізувати надійність з'єднань для обліку можливих додаткових витрат ресурсів мережі через втрати пакетів.

Пропонується використати метрику вартості з'єднання, яка визначається як сумарне очікувана кількість пакетів даних і пакетів підтвердження, переданих у

рамках однієї транзакції доставки даних між двома сусідніми вузлами. Метрика «очікувана загальна кількість передач» має вигляд [4]

$$M_{ETT}(v, w) = \frac{1 + \Psi(\hat{\beta}_{tx,vw}, L_d)}{\Psi(\hat{\beta}_{tx,vw}, L_d)\Psi(\hat{\beta}_{rx,vw}, L_a)}. \quad (1)$$

У більшості безпроводових мереж виконується мінімізація витрат ресурсів для кожного окремого маршруту, але такий підхід може призводити до нерівномірного розподілу мережевого навантаження між вузлами мережі. Тому для забезпечення тривалого часу життя мережі необхідно виконувати балансування навантаження, тобто перерозподіл потоків трафіку між вузлами для більш рівномірного використання їх енергії, шляхом врахування залишкової ємності вузлів мережі.

Пропонується задати вартість «очікувана залишкова ємність» (Expected residual capacity) переходу у вигляді наступного виразу [4]:

$$C_{ERC}(v, w) = \frac{e(v, w)}{\sum_{x \in \mathcal{N}(v)} e(v, x)} \times \frac{\frac{1}{\bar{E}(w)}}{\sum_{x \in \mathcal{N}(v)} \frac{1}{\bar{E}(x)}} \quad (2)$$

де $\bar{E}(w)$ - нормована величина залишкового запасу енергії вузла w ; $\mathcal{N}(v)$ - множина сусідів вузла v , що знаходяться на меншій відстані до точки збору, ніж v .

Імітаційне моделювання було виконане для каналу зв'язку, модель якого враховує значну варіацію і асиметрію якості зв'язку, що дає більш наближену до реальних умов експлуатації оцінку ефективності маршрутизації.

Дослідження було виконано для наступного сценарію роботи мережі. Один з вузлів мережі призначається точкою збору і має необмежене джерело енергії (стаціонарне живлення), при цьому положення точки збору на площі покриття мережі є випадковим, інші вузли є кінцевими пристроями з автономними непоновлюваними джерелами живлення однакової ємності (наприклад, батареї). Після включення і первинної конфігурації мережі (виявлення сусідів, оцінка стану каналу і т.п.) всі кінцеві вузли починають періодичну передачу пакетів даних в точку збору. Мережа функціонує до тих пір, поки один з вузлів не вийде з ладу через виснаження джерела енергії.

Проведено порівняння показників ефективності маршрутизації при таких поєднаннях відомих і запропонованих метрик вартості з'єднання і переходу:

1. «Const - Const» - метрика вартості з'єднання M_{const} і метрика вартості переходу C_{const} , тобто «класичний» варіант, при якому оптимальним є маршрут з мінімальною кількістю проміжних вузлів і показники надійності з'єднань ніяк не враховуються;

2. «Const - ERC» - з'єднанням присвоюється постійна вартість, але використовується динамічне балансування мережного навантаження за допомогою метрики вартості переходу «очікувана залишкова ємність» C_{ERC} ;
3. «ETTX - ERC» - при пошуку маршрутів враховується якість зв'язку за допомогою метрики «очікувана загальна кількість передач» M_{ETTX} , а також виконується динамічне балансування мережного навантаження метрикою C_{ERC} .

У першому з трьох варіантів виконується вирішення задачі пошуку оптимальних маршрутів, а в останніх двох застосовується локальне балансування мережевого навантаження з метою збільшення часу життя мережі.

Якщо при оцінці вартості з'єднання якість зв'язку ніяк не враховується, то знайдені маршрути проходять через найменшу кількість проміжних вузлів - ретрансляторів, але за наявності втрат пакетів цей підхід призводить до низької ефективності маршрутизації, оскільки знайдений шлях може бути коротким, але складатися з сполук з низькою надійністю, що призведе до додаткових витрат.

По відносному енергоспоживанню вузла η_{ES} всі метрики співставні, крім варіанту «ETTX - ERC», при якому балансування мережного навантаження збільшує термін служби мережі в середньому в 2,9 разів в порівнянні з найбільш простим варіантом пошуку маршруту.

Таким чином, для вирішення завдання максимізації часу життя сенсорної мережі запропоновано два види метрик. У першій метриці застосовуються функції вартості переходу, в яких враховується інформація про якість зв'язку. Друга метрика в поєднанні з першою додатково враховує залишкові запаси енергії вузлів для динамічного балансування мережевого навантаження між ними.

Розроблені метрики в поєднанні з керованою мобільністю стоків можуть бути успішно використані в безпроводових сенсорних мережах передачі інформації різного типу для вирішення завдання максимізації часу життя мережі.

Література

1. Бунин С.Г., Войтер А.П., Ильченко М.Е., Романюк В.А. Самоорганизующиеся радиосети со сверхширокополосными сигналами. – К.: НПП «Издательство «Науковадумка» НАН Украины». – 444 с.
2. Ефремов С. Г., Восков Л. С. К вопросу о времени автономной работы сенсорных сетей // Качество, Инновации, Образование. — 2012. — № 7. - С. 61-67.
3. Wang Z M., Basagni S., Melachnoudis E. and Petrioli C. Exploiting sink mobility for maximizing sensor networks lifetime // Proc. of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences, Big Island Hawaii. — 2005. - P. 287-295
4. Новіков В. І. Метрики вартості з'єднання та прогресу для вирішення завдань маршрутизації в безпроводових сенсорних мережах // Науковий вісник Академії муніципального управління. Збірник наукових праць. Серія «Техніка». – 2014. – Вип.8. – С. 96-109