

Жук О.В. (ВІТІ НТУУ „КПІ”)  
Сова О.Я. (ВІТІ НТУУ „КПІ”)  
д.т.н. Романюк В.А. (ВІТІ НТУУ „КПІ”)

## НЕЧІТКА МАРШРУТИЗАЦІЯ В БЕЗПРОВІДНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

Безпроводні сенсорні мережі (БСМ) – розподілені мережі, що складаються з маленьких сенсорних вузлів з інтегрованими функціями моніторингу навколишнього середовища, обробки і передачі даних [1]. Одним з прикладів застосування БСМ є сенсорні мережі військового призначення, що використовуються з метою моніторингу дій противника або захисту своїх сил чи озброєння. Мережі, обладнані безпроводними сенсорами, дають змогу отримати інформацію про появу противника, ідентифікувати озброєння та проаналізувати напрямки його пересування. До особливостей функціонування БСМ відносяться: обмеженість і неоднорідність ресурсів вузлів (енергоємність батарей, продуктивність процесорів, об’єм пам’яті); ненадійність і обмеженість радіоресурсу та ін. [2]. Передача інформації сенсорами приводить до витрат енергії автономної батареї зі швидкістю, яка залежить від потужності передавача та відстані до вузла-приймача. В умовах, коли приймач знаходиться на значній відстані передача інформації здійснюється шляхом переприйому проміжними сенсорами, що приводить до необхідності побудови маршруту передачі. Аналіз, проведений в [3], показав неспроможність існуючих методів маршрутизації (ММ) задовольнити вимогам, які пред’являються до безпроводних сенсорних мереж, а саме: висока пропускна спроможність, самоорганізація мережі, інтелектуальність, робота з різними видами трафіка і т.д. Враховуючи вище сказане, запропоновано ММ, який забезпечує максимізацію часу життя БСМ за рахунок перерозподілу навантаження в маршрутах передачі з врахуванням залишкової енергії вузлів.

Метод враховує особливості сенсорних мереж і може бути використаний у випадках, коли інформація про стан мережі (тип трафіка, навантаження, ємність батарей, топологія мережі та ін.) відома, і при відсутності даної інформації. В першому випадку запропоновано використання методики перерозподілу навантаження між маршрутами передачі. Так як в умовах, коли інформація про стан мережі відома і динаміка зміни топології мережі низька, то збір та збереження маршрутної інформації здійснюється одним із табличних ММ (Беллмана-Форда, Дійкстри, *Rumor Routing* та ін.) [3]. Методика передбачає виконання вузлами мережі наступних кроків:

1. Визначення вузла (маршруту) з критичним значенням залишкової ємності батареї та вузла (маршруту) до якого можливо перенаправити частину інформаційного потоку;
2. Визначення розміру інформаційного потоку, необхідного для перенаправлення;
3. Перенаправлення інформаційного потоку.

У випадку, коли інформація про стан мережі невідома запропоновано використовувати нечітку методику побудови маршрутів передачі інформації моніторингу. В умовах високої динаміки топології очевидна перевага зондових методів маршрутизації, тому збір інформації про стан мережі буде здійснюватися шляхом зондування (*Sensor Protocols for Information via Negotiation, SPIN; Directed Diffusion*) [3]. Суть методики полягає в оцінці ситуації, що склалася в БСМ, та прийняття рішення з вибору маршруту, враховуючи наступні параметри: тип інформації, залишкова енергія батарей сенсорних вузлів, пропускна спроможність вузла, час затримки передачі повідомлення. Кожен тип трафіка визначає різні вимоги до маршруту передачі. Так, мова вимагає малої затримки передачі та її варіації. Поточковий трафік (аудіо- та відеопроеграми) характеризується однонаправленістю передачі та жорсткими вимогами до ширини смуги пропускання. Передача даних вимагає високої надійності доставки, але вимоги до затримки менш жорсткі. Відповідно, при виборі маршруту вузол повинен враховувати вимоги кожного з цих типів трафіка. Тому вузлову оптимізацію можна записати у вигляді:

$$U^*(t) = \operatorname{arg\,min} E_i(\xi, e_i(t), S_i(t), t_{z\xi}(t), U_M(t)),$$

де  $E_i$  – енергія, необхідна для передачі певного типу інформації  $i$ -м вузлом;  $\xi$  – тип інформації, що передається  $i$ -м вузлом в момент часу  $t$ ;  $e_i(t)$  – залишкова ємність батареї  $i$ -го вузла;  $S_i(t)$  – пропускна спроможність  $i$ -го вузла;  $t_{z\xi}(t)$  – час затримки передачі трафіка  $\xi$ -типу;  $U_M(t)$  – рішення з вибору маршруту передачі. Через неповноту та недостовірність інформації про стан БСМ пропонується використання нечіткої системи управління маршрутизацією, що використовує нечіткий опис процесу управління у вигляді нечіткої бази знань. Дана система перетворює нечіткі вхідні змінні ( $e_i(t), S_i(t), t_{z\xi}(t)$ ), що описують стан БСМ в певний момент часу, в послідовність команд, які забезпечують прийняття рішення з вибору маршруту передачі.

Отже, запропоновано нечіткий метод маршрутизації в БСМ, який забезпечує побудову маршрутів передачі при наявності інформація про стан мережі та її відсутності. В ході подальших досліджень буде проведена оцінка ефективності запропонованого методу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Міночкін А.І., Романюк В.А., Жук О.В. Перспективи розвитку тактичних сенсорних мереж // Збірник наукових праць № 4. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2007. – С. 112 – 119.
2. Миночкин А.И., Романюк В.А. Методология оперативного управления мобильными радиосетями // Зв’язок. – 2005. – № 2. – С. 53 – 58.
3. Жук О.В., Сова О. Я., Романюк В.А. Аналіз протоколів маршрутизації які використовуються при передачі інформації в бездротових сенсорних мережах // Збірник наукових праць № 1. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2008. – С.51 – 63.