

РОЗВИТОК МЕТОДУ МАРШРУТИЗАЦІЇ В БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ ВИБОРУ ГОЛОВНИХ КЛАСТЕРНИХ ВУЗЛІВ

Осинський А.К., Лисенко О.І.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: toni02133@gmail.com

DEVELOPMENT OF ROUTING METHOD IN WIRELESS SENSOR NETWORKS BASED ON THE APPLICATION OF MAIN CLUSTER NODES SELECTION ALGORITHM

The article describes the main advantages and problems of the routing method in wireless sensor networks using the algorithm for selecting the main cluster nodes.

У статті описано основні переваги та недоліки методу маршрутизації в бездротовій мережі сенсорні мережі з використанням алгоритму вибору основних вузлів кластера.

При використанні кластеризації в кожному кластері вибираються головні кластерні вузли (ГКВ), які служать для збору даних з вузлів кластера і передачі їх до базової станції. ГКВ може бути обраний вузол з будь-яким рівнем залишкової енергії, в тому числі з мінімальним. Однак велика кількість головних вузлів, що мають низьку енергію, здатне привести до відмови мережі. Саме тому характеристика ГКВ визначає продуктивність кластера і всієї БСМ в цілому, а вибір головного кластерного вузла грає істотну роль у функціонуванні сенсорних мереж.

Математична модель прогнозування споживання енергії.

Розглянемо модель, запропоновану Jin Shyan Lee і ін. [1], в якій не береться до уваги споживання енергії вузлами, що перебувають в режимах простою або сну. У даній моделі передбачається, що кожен вузол посилає l біт даних на вузол на відстань d , маючи запас енергії E_3 і споживаючи кількість енергії $E_{\text{пд}}$ для передачі даних, яка задається як вираз:

$$E_{Tx} = \begin{cases} l * E_3 + l * \varepsilon_{\text{в.п.}} * d^2, & d < d_0, \\ l * E_3 + l * \varepsilon_{\text{б.п.}} * d^4, & d \geq d_0, \end{cases} \quad (1)$$

де $\varepsilon_{\text{в.п.}}$ - фактор, що впливає на енергоспоживання для моделі вільного простору; $\varepsilon_{\text{б.п.}}$ - фактор, що впливає на енергоспоживання для моделі багатоколінійні поширення хвиль; d_0 - порогове значення.

Граничне значення d_0 може бути задано наступним чином:

$$d_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon_{\text{в.п.}}}{\varepsilon_{\text{б.п.}}}}. \quad (2)$$

Залежно від відстані d використовується або модель вільного простору, або модель багатоколійного загасання каналу. Енергія, необхідна кожному вузлу для прийому даних $E_{\text{пр}}$, визначається як

$$E_{\text{пр}} = l * E_3 . \quad (3)$$

Ця модель обчислює енергію передачі $E_{\text{пд}}$ і прийому $E_{\text{пр}}$ вузла, не враховуючи роль вузла в кластері, тобто без урахування, що він є головним кластерним вузлом або членом кластера.

Виконання вузлами ролей головного кластерного вузла або члена кластера змінюється в залежності від їх завдань. Отже, споживання енергії ГКВ $E_{\text{ГКВ}}$ і його членами $E_{\text{чк}}$ може бути обчислено незалежно один від одного шляхом модифікації виразів (1) і (2), з урахуванням частоти повторюваних зв'язків сенсорного вузла. $E_{\text{ГКВ}}$ і $E_{\text{чк}}$ обчислюються наступним чином:

$$\begin{aligned} E_{\text{ГКВ}} &= E_{\text{прБС}} + (E_{\text{прчк}} + E_{\text{пдчк}} * m) + E_A + E_{\text{пдБС}} , \\ E_{\text{чк}} &= E_{\text{прГКВ}} + E_{\text{пдГКВ}} \end{aligned} \quad (4)$$

де $E_{\text{прБС}}$ - енергія, споживана ГКВ при прийомі повідомлень від базової станції; $E_{\text{прБС}}$ - енергія, споживана ГКВ при передачі агрегованих даних до базової станції; $E_{\text{прчк}}$ - енергія, споживана ГКВ при прийомі даних від членів кластера; $E_{\text{пдчк}}$ - енергія, споживана ГКВ при передачі повідомлень членам кластеру; E_A - енергія, споживана ГКВ при агрегації даних; m - кількість вузлів в кластері; $E_{\text{прГКВ}}$ - енергія, споживана вузлом при прийомі повідомлень від ГКВ; $E_{\text{пдГКВ}}$ - енергія, витрачена вузлом для передачі даних від вузла до ГКВ.

Метод вибору головного кластерного вузла [2-5].

У загальному випадку енергія ГКВ та членів кластера БСМ витрачається в процесі зондування, обробки даних і взаємних обмінів інформацією. Таким чином, коли значення рівня енергії ГКВ стає менше порогового значення, даний ГКВ перестає бути головним, що призводить до перевиборів ГКВ. У подібних випадках у вузла, часто взаємодіє з іншими вузлами кластера, виникає ймовірність стати ГКВ огляду на високий рівень його залишкової енергії в поточний момент часу. Однак в цьому полягає істотний недолік: оскільки енергія вузла, залученого в постійний обмін даними з сусідніми вузлами, буде швидко виснажуватися в порівнянні з вузлами, що обмінюються даними набагато рідше, це буде приводити до частих перевиборів ГКВ. З іншого боку, якщо споживання енергії ГКВ та членами кластера може бути передбачене на основі їх попередніх сеансів зв'язку, то інтервал перевиборів ГКВ можна таким способом збільшити. Щоб вирішити це завдання, пропонується метод вибору ГКВ БСМ, заснований на нечіткій логіці. На рис. 1 представлена модель нечітко керуємої системи для вибору ГКВ. Вхідними параметрами є залишкова енергія вузлів (RE), щільність розподілу сусідніх вузлів в кластері (ND) і централізованість вузла (NC), а вихідним параметром - ймовірність вибору ГКВ (CHS).

Лінгвістичні змінні RE і ND приймають значення «Низька», «Середня», «Висока», а змінна NC - «Близько», «Середньо», «Високо». На рис. 3-5 наведені функції належності вхідних параметрів системи. На основі знань про лінгвістичної змінної використовуються 27 правил нечіткої логіки для прийняття.

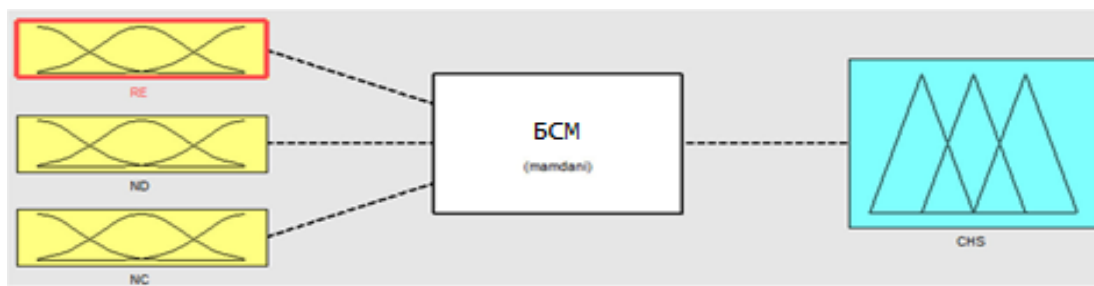


Рис. 2. Модель нечітко керуємої системи.

Чим ближче значення вихідного параметра буде до одиниці, тим вище ймовірність у вузла стати ГКВ в БСМ. Пропонована система нечітких правил приймає рішення, засноване на трьох основних параметрах відповідно до заздалегідь заданої базою правил, наведеної в таблиці.

Висновки. Результатом дослідження став алгоритм вибору ГКВ БСМ з використанням нечіткої логіки. У запропонованій системі використовуються такі параметри, як залишкова енергія вузлів БСМ, щільність розподілу сусідніх вузлів в кластері і централізованість вузла. Алгоритм реалізований з використанням програмного пакету MATLAB. Результати моделювання показують, що використання перерахованих вище вхідних параметрів дозволяє робити оптимальний вибір ГКВ, що, в свою чергу, робить позитивний вплив на енергоефективність БСМ. Надалі планується дослідити вплив більшої кількості вхідних параметрів на ймовірність вибору ГКВ сенсорної мережі, що визначає продуктивність системи в цілому.

Література

1. Lee J. S., Cheng W.-L. Fuzzy-Logic-Based Clustering Approach for Wireless Sensor Networks Using Energy Predication // IEEE Sensors Journal. 2012. Vol. 12, no.
2. Yan Gu, Yucheng Shao, Han Han, Tong Yi. A Clustering Routing Algorithm of WSN based on Uneven Nodes Deployment // IEEE International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP), 2011. P. 1–6.
3. Singh A. K., Purohit N., Varma S. Fuzzy Logic based Clustering in Wireless Sensor Networks: A Survey // International Journal of Electronics. 2012. Vol. 100, iss. 1. P. 126–141.
4. Lee J. S., Cheng W.-L. Fuzzy-Logic-Based Clustering Approach for Wireless Sensor Networks Using Energy Predication // IEEE Sensors Journal. 2012. Vol. 12, no. P. 2891–2897.
5. Young-Long Chen, Wei-Hsiang Huang. Fuzzy Logical Control with Taguchi Method for Cluster Heads Election in Wireless Sensor Networks // IEEE International Symposium on Computer, Consumer and Control, 2012.