

РОЗВИТОК АЛГОРИТМІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ В МОБІЛЬНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

¹ Славінський Д.Ю., ¹ Лисенко О.І.,

¹ Гетьман О.В., ¹ Новіков В.І., ² Фуртат О.В.

¹ *Навчально-науковий Інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*

² *Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського, Україна*

E-mail: novikov1967@ukr.net

DEVELOPMENT OF CLUSTERING ALGORITHMS IN MOBILE SENSOR NETWORKS

The report analyzed the existing HEED clustering algorithm of mobile sensor networks (MSN) and proposed its modification MFL-HEED, which uses fuzzy logic in the clustering process and which allows building different strategies for managing the process of collecting MSN information depending on the network situation and available resources.

Сучасні технології мобільних сенсорних мереж (МСМ) стають все більш популярними у різних галузях застосування [1]. Наприклад МСМ можуть використовуватись для спостереження за лісовими масивами, полями, для здійснення екологічного та метеорологічного моніторингу, пошуково-рятувальних місій тощо.

МСМ складаються із сукупності зв'язаних сенсорних вузлів. Для вирішення завдань групової взаємодії між вузлами використовується самоорганізація мережі [2].

Сенсорні вузли мають обмежені ресурси: енергії батареї, продуктивності процесора, пам'яті, потужності передавача, пропускної спроможності радіоканалу і т.д. Сучасні МСМ можуть складатися із великої кількості сенсорних вузлів. Мережа може бути призначена для роботи протягом декількох місяців або навіть років у важкодоступних районах. Заміна батарей для МСМ може бути непрактичною або неможливою. Отже, управління споживанням енергії сенсорними вузлами (зменшення, перерозподіл між вузлами) має вирішальне значення збільшення часу їх функціонування і підвищення ефективності функціонування МСМ загалом. Тому завдання підвищення часу функціонування МСМ є актуальним.

Рівень витрат енергії вузлів МСМ залежить від кількох факторів, в тому числі від обраного алгоритму кластеризації МСМ. Кластеризація є ключовим завданням для досягнення мінімізації витрат енергії вузлів та стабільності роботи мережі. Існує ряд алгоритмів кластеризації, спрямованих на поліпшення показників функціонування МСМ: скорочення витрати енергії вузлів,

балансування навантаження, збільшення зв'язності, зменшення затримки передачі, оптимізацію кількості кластерів та інших. Прикладами алгоритмів кластеризації є алгоритми LEACH [3], EENC [4], HEED [5] та ін.

Метою HEED (Hybrid Energy-Efficient Distributed Clustering) алгоритму є вибір головного вузла кластеру (ГВК) серед вузлів, що мають великі значення рівнів енергії батарей. Він запроваджує функцію вартості для розподіленого вибору ГВК. Алгоритм HEED спрямовано на рішення наступних основних цілей: збільшити час функціонування мережі, розподіляючи споживання енергії; завершити процес вибору ГВК за певну кількість ітерацій; мінімум службового трафіку та створення компактних кластерів. Хоча HEED є ефективним алгоритмом кластеризації, він має проблему, пов'язану із розміром кластерів. У разі зниження щільності мережі чи дальності радіозв'язку деякі кластери формуються лише як самого ГВК. Недолік – це незбалансоване формування кластерів та збільшення споживання енергії.

Для покращення роботи алгоритму HEED пропонується його модифікований варіант MFL-HEED (Modified Fuzzy Logic Hybrid Energy-Efficient Distributed Clustering), що використовує нечітку логіку в процесі кластеризації. В алгоритмі MFL-HEED вибір голови кластера (CH) визначається на основі трьох параметрів, а саме: залишкова енергія, ступінь вузла та відстань між датчиком і базовою станцією:

- Залишкова енергія: це параметр що являє собою енергію, яку використовує сенсорний вузол для отримання, обробки та передачі повідомлення. Енергія є ключовим параметром для розрахунку ймовірності вибору ГВК.

- Щільність вузла: це параметр що позначає кількість вузлів в його діапазоні чутливості датчика. Щільність сенсорного вузла має великий вплив на енергію цього вузла, особливо якщо цей вузол є головою кластера, оскільки вузол який є головою кластера витрачає енергію для збору даних від всіх вузлів які є членами його кластера.

- Відстань: це параметр що визначається як відстань між сенсорним вузлом і базовою станцією. Витрачання енергії сенсорного вузла напряму залежить від відстані, чим більша відстань, тим більша кількість енергії буде витрачатися.

В даному алгоритмі використовується модель Мамдані. Ця модель є однією з найбільш популярних для механізмів логічного висновку. Кожна змінна, а саме: відстань, енергія вузла та щільність вузла, має три функції належності:

- залишкова енергія - (низька, середня, висока);
- щільність вузла -(рідко, середньо, щільно);
- відстань - (близько, середня відстань, далеко).

Функція приналежності, (що відповідає ймовірності) має дев'ять значень, які включають: дуже слабе, слабе, трохи слабе, нижче середнє, середнє, вище середнє, мало сильне, сильне, дуже сильне.

В цьому алгоритмі використовується 27 правил нечіткого логічного висновку, і форма правил має наступний вигляд: ЯКЩО A і B і C , ТО D , де A , B , C і D представляють залишкову енергію, ступінь вузла, відстань і ймовірність. Правила засновані на ймовірності, що оцінюється за допомогою формули (1):

$$Prob = \begin{cases} \frac{a*L_{re}+b*L_{dn}+c*(D_m-L_d)}{a*M_{re}+b*M_{dn}+c*M_d} & \text{якщо } os \in G \\ 0 & \text{якщо } os \notin G \end{cases} \quad (1)$$

де G — це сенсорні вузли, що ще не були головами кластера, a , b і c є константами, що відповідають за рівень залишкової енергії, щільності вузлів та відстані відповідно. L_{re} , L_{dn} і L_d означають значення рівня для залишкової енергії, щільності та відстані, а M_{re} , M_{dn} і M_d є їхніми відповідними максимальними рівнями значення. Залишкова енергія має низьке, середнє та високе значення, що відповідають, наприклад, значенням рівня 0, 1 та 2. Щільність вузлів має значення рідкий, середній та щільний, що відповідають значенням рівня 0, 1 і 2 відповідно. Параметр “відстань” має значення: близька, середня, далека, що дорівнюють значенням 0, 1, 2. Таким чином, значення M_{re} , M_{dn} і M_d дорівнюють 2, а L_{re} , L_{dn} і L_d можуть мати значення 0 або 1 або 2.

Таким чином, у доповіді проведено аналіз існуючого алгоритму кластеризації MCM HEED і запропоновано його модифікація MFL-HEED, що використовує нечітку логіку в процесі кластеризації та що дозволяє будувати різні стратегії управління процесом збору інформації MCM в залежності від ситуації на мережі та наявних ресурсів.

Напрямом подальших досліджень є оцінка ефективності запропонованого алгоритму за різних параметрів та умов функціонування MCM.

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. Ільченко М.Є, Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи на основі висотних аероплатформ. - К.: НВП "Видавництво "Наукова думка" НАН України". 2008. – 580 с.
3. Heinzelman, W.R., Chandrakasan, A., Balakrishnan, H. Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks, Proceedings of the 33rd International Conference on System Sciences (HICSS '00), Jan.2000.
4. Bandyopadhyay, S., Coyle, E.J., An Energy Efficient Hierarchical Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks, INFOCOM Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications, Vol. 3, pages: 1713 – 1723, 2003.
5. Younis, O., Fahmy, S., Distributed Clustering in Ad-hoc Sensor Networks: A Hybrid, Energy-Efficient Approach, Proceedings of IEEE INFOCOM, 2004.