

## **КЛАСТЕРИЗАЦІЯ В БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

**Кучеренко А.А., Лисенко О.І., Новіков В.І.**

*Навчально-науковий Інститут телекомунікаційних систем*

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна*

*E-mail: ns.kucheryashka@gmail.com, novikov1967@ukr.net,*

*lysenko.a.i.1952@gmail.com*

### **CLUSTERING IN WIRELESS SENSOR NETWORKS USING FUZZY LOGIC**

To increase the operating time of the wireless sensor network, it is proposed in each round of the network to select the main node of the cluster based on the method of fuzzy logic, taking into account the characteristics of the network.

Кластеризація - це механізм, який може застосовуватися в безпроводових сенсорних мережах для забезпечення ефективного використання ресурсів та є невід'ємною частиною в ієрархічних протоколах маршрутизації. Кластеризація забезпечує стабільність мережевої топології, енергозбереження та збільшення часу життя мережі. Загально прийнятої класифікації методів кластеризації не існує, але можна виділити низку підходів, причому деякі методи кластеризації можна віднести до декількох груп [1-2].

Методи кластеризації за способом обробки даних поділяються на дві основні групи: ієрархічні та неієрархічні. Кожна група включає в себе багато алгоритмів та підходів.

Ієрархічні методи кластеризації розрізняються правилами побудови кластерів. В якості умов правил виступають критерії, які використовуються при вирішенні питання подібності об'єктів. При ієрархічній кластеризації виконується послідовне об'єднання менших кластерів у великі (агломеративні методи) або розбиття (розділення) великих кластерів на менші (дівізімні методи).

Значна частина неієрархічних методів – це ітеративні методи, які за способом аналізу даних поділяються на чіткі та нечіткі. Нечіткі методи кластеризації дозволяють одному і тому ж об'єкту належати одночасно декільком (або навіть усім) кластерам, але в різній мірі. Нечітка кластеризація в багатьох ситуаціях більш «природня», чим чітка, наприклад, для об'єктів, що розташовані на межі кластерів. За кількістю застосувань алгоритмів кластеризації методи можуть бути з одноетапною та з багато етапною кластеризацією.

Процес кластеризації складається з двох фаз, які в свою чергу діляться на два етапи (рис. 1):

1 фаза: вибір головного вузла кластера СН (Cluster Head), формування кластера;

2 фаза: агрегація/збір даних і передача даних.



Рис.1. Фази кластеризації.

Як правило, методи кластеризації безпроводових сенсорних мереж класифікують в загальному виді по наступним атрибутам: характеристики кластерів, характеристики головних вузлів кластеру, за процесом проведення кластеризації, за стадіями кластеризації.

За характеристиками кластерів методи кластеризації можуть класифікуватися по кількості організованих кластерів в мережі - це може бути як фіксована, так і нефіксована (змінна) кількість кластерів. По розмірам кластери можуть включати однакову або різну кількість вузлів. Маршрутизація всередині кластерів виконується або односкачковим або багатоскачковим методом. Відповідно між кластерами всередині мережі, можуть використовуватись як односкачкові, так і багатоскачкові методи маршрутизації. Головні вузли кластерів за своїми функціональними можливостями бувають однорідними, тобто такими, що мають однакову ємність акумуляторів, потужність передавача та ін., та гетерогенними, які відрізняються між собою по даним можливостям. Класифікація відбувається також, за мобільністю (мобільні або стаціонарні), за виконуваними функціями (ретрансляція, збір даних, агрегація і т.п.), за управлінням (централізоване, децентралізоване, гібридне).

Призначення функцій вузлам може виконуватись визначено або випадково, так як і час формування кластерів, в деяких методах кластеризації є визначеним (детермінованим), в інших змінним. Зважаючи на обмеження безпроводової сенсорної мережі, з точки зору потужності передавача, пропускної здатності, ємності акумулятора (і т.п.) та для ефективного використання наявних ресурсів застосовують різні методи та алгоритми кластеризації.

На даний час в безпроводових сенсорних мережах найчастіше використовуються наступні методи кластеризації [3]:

- CACC (Clustering Algorithm based on Cell Combination);
- VAP-E (Energy-Efficient Clustering -Virtual Area Partition);
- CFL (Clustering for Localization);
- КОСА (K-Hop Overlapping Clustering Algorithm);
- LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) та різні його модифікації;
- TEEN (Threshold-sensitive Energy Efficient Protocols);
- DEEC (Distributed Energy Efficient Clustering);
- GMAC (Group Mobility Adaptive Clustering) та інші.

Для збільшення часу функціонування безпроводової сенсорної мережі пропонується в кожному раунд роботи мережі вибір головного вузла кластера здійснювати на основі нечіткої логіки враховуючи особливості мережі.

Зокрема, в якості метрик можна використовувати наступні параметри:

- можливості функціонування (гетерогенні, однорідні);
- метод маршрутизації між кластерами та всередині кластеру (односкачкова, багато скачкова);
- мобільність (вузлів, головних вузлів, шлюзів);
- управління (централізоване, децентралізоване, гібридне);
- режими збору даних (по запиті, по графіку, по подіям).

Таким чином для збільшення часу функціонування безпроводової сенсорної мережі, було запропоновано метод кластеризації із використанням нечіткої логіки. В цьому випадку основна множина методів циклічного відключення надлишкової кількості вузлів може в деякій мірі збільшити час функціонування мережі, але вони не враховують вимог до мережі (особливо з питань надійності та живучості) і не забезпечують задане перекриття зон моніторингу та зв'язності вузлів, що буде враховано в наступних дослідженнях.

### Література

1. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Сучасні телекомунікаційні системи. – К.: НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2008.-328с.
2. Бунин С.Г., Войтер А.П., Ільченко М.Е., Романюк В.А. Самоорганізуючіся радіосети со сверхширокополосными импульсными радиосигналами. – Киев, Наукова Думка, 2012.
3. Gheisari M, Abbasi AA, Sayari Z, Rizvi Q, Asheralieva A, Banu S, Alwaysheh FM, Shah SBH, Raza KA (2020) A survey on clustering algorithms in wireless sensor networks: challenges, research, and trends. In: International computer symposium (ICS). <https://doi.org/10.1109/ICS51289.2020.00065>.