

МЕТОД КЛАСТЕРИЗАЦІЇ У БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Актуальність. Розглядаються безпроводові сенсорні мережі (БСМ) – розподілені мережі, що складаються з маленьких сенсорних вузлів, з інтегрованими функціями моніторингу навколишнього середовища, обробки і передачі даних.

Для оптимізації роботи мережі застосовуються різні схеми її побудови та протоколи взаємодії між вузлами. Однією із схем організації сенсорної мережі, яка дає змогу збільшити життєвий цикл мережі та зменшити енерговитрати є кластеризація.

Оскільки, головною причиною розряду акумуляторів та однією із основних проблемних питань функціонування безпроводової сенсорної мережі, є затрати енергії на передачу та прийом даних вузлами, тому питання кластеризації, а саме аналіз існуючих методів та протоколів, що використовуються для налагодження процесу маршрутизації є важливим та актуальним завданням.

Постановка задачі. Провести класифікацію та аналіз основних методів кластеризації, та описати новий метод кластеризації сенсорних безпроводових мереж з використанням необхідних метрик та нечіткої логіки.

Основні положення. Кластеризація це механізм, який може використовуватися в безпроводових сенсорних мережах для забезпечення ефективного використання ресурсів та є невід'ємною частиною в ієрархічних протоколах маршрутизації. Вона забезпечує стабільність мережевої топології, енергозбереження та збільшення строку життя мережі.

Зазначимо, що загально прийнятої класифікації методів кластеризації не існує, але можна виділити низку підходів, причому деякі методи можна віднести до декількох груп, тому запропоновану класифікацію можна представити у вигляді наступної схеми (Рис.1).



Рис.1 Класифікація методів кластеризації

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 (дивізімні 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 з одноетапною та з багатоетапною кластеризацією.

Процес кластеризації складається з двох фаз, які в свою чергу діляться на два етапи (Рис.2):

- 1 фаза: вибір головного вузла кластера СН (*Cluster Head*), формування кластера;
- 2 фаза: агрегація/збір даних і передача даних.



Рис. 2 Фази кластеризації

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

За характеристиками кластерів, методи кластеризації можуть класифікуватись 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 однорідні, тобто ті, які мають однакову ємність акумуляторів, потужність передавача та ін., та гетерогенні, які відрізняються між собою по даним можливостям. Класифікуються також, за мобільністю (мобільні або стаціонарні), за виконуваними функціями (ретрансляція, збір даних, агрегація і т.д.), 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 сенсорної мережі, з точки зору потужності передавача, пропускної спроможності, ємності акумулятора (і т.д.) та для ефективного використання наявних ресурсів застосовують різні методи та алгоритми кластеризації.

На даний час в безпроводових сенсорних мережах найчастіше використовуються такі методи кластеризації:

- CACC (*Clustering Algorithm based on Cell Combination*),
- VAP-E (*Energy-Efficient Clustering -Virtual Area Partition*),
- CFL (*Clustering for Localization*),
- KOCA (*K-Hop Overlapping Clustering Algorithm*), *Hausdroff Clustering*,
- 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.

На даний час розроблена значна кількість методів, які застосовуються для оптимізації роботи мережі, енергозбереження та покращення якості функціонування мережі.

Управління витратами енергії в сенсорних вузлах (зменшення, перерозподіл функцій і т.д.) має важливе значення для підвищення часу роботи мережі та підвищення ефективності функціонування БСМ в цілому.

Тому, для збільшення часу функціонування безпроводової сенсорної мережі тактичного призначення, особливостями якої є робота в умовах неповноти даних, пропонується застосувати метод кластеризації із використанням нечіткої логіки при виборі головного вузла кластеру.

В якості радіомоделі будемо використовувати типову для БСМ модель:

$$E_{Tx}(k, d) = E_{Tx-elec}(k) + E_{Tx}(k, d)$$

$$E_{Tx}(k, d) = E_{Tx-elec} * k + (k * d^2)$$

$$E_{Rx}(k) = E_{Rx-elec}(k) * E_{Rx}(k)$$

$$E_{Rx}(k) = E_{Rx-elec} * k$$

де, E_{Tx} – енергія, що витрачається на передачу;

E_{Rx} – енергія, що витрачається на прийом;

$E_{Tx+elec}$ та $E_{Rx+elec}$ – енергія, яка необхідна для роботи електронної схеми передавача і приймача;

k – розмір пакету;

d – відстань між передавачем і приймачем.

Відстань між координатором і головними вузлами обчислюється за формулою:

$$d(\text{coordinator}, CH) = \sqrt{(x_{CH} - x_{coord})^2 + (y_{CH} - y_{coord})^2}$$

де, x_{CH} і x_{coord} – координата головного вузла і координата по осі x

В кожному раунді роботи мережі вибір головного вузла кластера пропонується здійснювати на основі методу нечіткої логіки враховуючи особливості мережі.

Зокрема, в якості метрик використовувати такі параметри :

- можливості функціонування (гетерогенні, однорідні);
- метод маршрутизації між кластерами та всередині кластеру (односкачкова, багатоскачкова);

- мобільність (вузлів, головних вузлів, шлюзів)

- управління (централізоване, децентралізоване, гібридне);

- режими збору даних (по запиту, по графіку, по подіям);

- час формування кластерів (випадковий, визначений);

- залишкова енергія вузла, мережі;

- функції мережі (покриття цілей, території, передача оперативної інформації)

- відстань до координатора та інші.

Контролер нечіткої логіки представлений на рисунку 3.

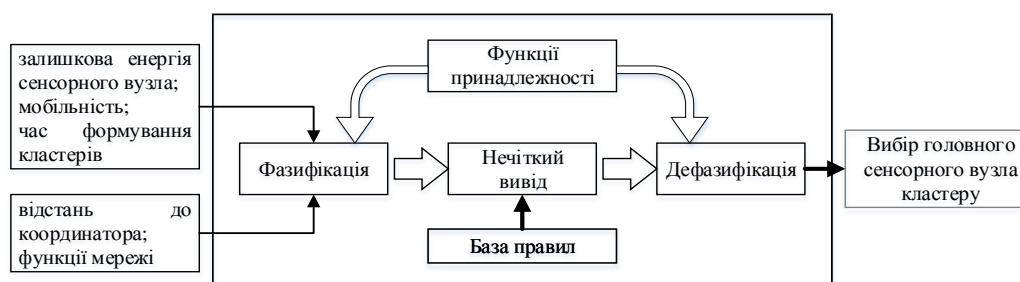


Рис.3 Контролер нечіткої логіки вибору головного вузла

Висновок. На даний час розроблена значна кількість методів, які застосовуються для оптимізації роботи мережі, енергозбереження, збільшення часу функціонування та покращення якості функціонування мережі. Пропонується удосконалення існуючих методів кластеризації та їх використання у безпроводових сенсорних мережах тактичного призначення з урахуванням їх основних особливостей із застосуванням методу нечіткої логіки вибору головного вузла та використання ряду параметрів у якості метрик.