

економики//Економика и математические методы.- 2002.-38, №1.-С.45-56.

7. Макаров А.А. Веселов Ф.В. «SCANNER» - инструмент для ориентации в энергетическом будущем.gosbook.ru>node/71433

8. Петров А.А., Поспелов И.Г., Поспелова Л.Я., Хохлов М.А. Экомод – интеллектуальный инструмент разработки и исследования динамических моделей экономики// Труды второй всероссийской научно – практической конференции ИММОД – 2005.СПб:ФГУП ЦНИИТС.-2005, Т.1.- С. 32-41.

9. Борукаев З.Х., Евдокимов В.Ф., Остапченко К.Б., Шатров В.Ф. Компьютерные системы организационного управления в энергетикею- Киев: Энергетика и электрификация, 2002.- 66 с.

10. www.er.energy.gov.ua

11. Інформаційний бюлетень НКРЕ .-№№ 1-12, 2011-2013гг.

12. Дані ДП «Вугілля України»

13. Энергетика.Энергсбережение.Энергоаудит.-№№ 1-12, 2011-2013гг.

14. www.bensol.ru

Поступила 20.08.2014р.

УДК 681.3.06(075)

О.В. Кузьмін, к.т.н., доцент каф. АСУ Національного університету «Львівська політехніка», м.Львів,

С.О.Кузьмін, магістр каф. ОМ факультету кібернетики Київського національного університету, м.Київ

ОЦІНКА ЧАСУ ПЕРЕДАЧІ ПОВІДОМЛЕНЬ В СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ КЛАСТЕРНОЇ СТРУКТУРИ

У статті наведений алгоритм, за яким можна визначити час передачі повідомлень в сенсорних мережах кластерної структури.

В статье приведен алгоритм, который дает возможность определить время передачи сообщений в сенсорных сетях кластерной структуры.

In this article the algorithm which allows to determine time for messages transmission in sensor networks of cluster structure is shown.

Ключові слова – сенсор, мережа, кластер.

Ключевые слова –сенсор, сеть, кластер.

Keywords – sensor, network, cluster.

Вступ

Основне призначення сенсорних мереж – збір інформації з навколишнього середовища. Сенсорна мережа складається з множини нодів (мікропроцесорних пристроїв), до складу яких входять датчики вимірювання фізичних величин, і які взаємодіють між собою на основі радіозв'язку.

В даній роботі розглядається кластерна структура побудови і

функціонування сенсорної мережі. Всі ноди розподілені на кластери. Кожний кластер покриває деяку територію. Серед нодів одного кластеру вибирається той, який називається головою кластера (Cluster Head), до якого надходить інформація від інших нодів (Simple Node) даного кластеру. Існує кореневий вузол (Base Station), до якого передається інформація, зібрана головами кластерів.

Існують різні евристичні алгоритми, за якими проводиться розбиття множини нодів на кластери і визначення голів кластерів [1]. В результаті будується дерево, вузлами якого є голови кластерів, по якому відбувається передача повідомлень до кореневого вузла. Постає питання, яка середня затримка в передачі повідомлень від голів кластерів до кореневого вузла в залежності від інтенсивності виникнення подій на території, яка покривається сенсорною мережею.

В роботі пропонується алгоритм, за яким можна визначати цей індекс продуктивності сенсорних мереж.

Постановка задачі

Нехай заданий направлений граф G , який представляє собою дерево голів кластерів. Позначимо матрицю суміжності цього графа через $A = \|a_{ij}\|_1^n$, де $a_{ij} = 1$, якщо в G існує дуга (x_i, x_j) і $a_{ij} = 0$, якщо в G відсутня дуга (x_i, x_j) . $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ – множина всіх вершин графа G .

Кожний з голів кластерів будемо представляти системою масового обслуговування S_i ($i = \overline{1, n}$), час обслуговування в якій розподілений за експоненційним законом з середнім значенням ν_i . ($i = \overline{1, n}$).

Позначимо через $\bar{\lambda} = (\lambda_1, \dots, \lambda_n)$ вектор інтенсивності виникнення повідомлень в кластерах, де λ_i - інтенсивність виникнення повідомлень в i -ої кластері ($i = \overline{1, n}$).

Будемо розглядати найпростіші потоки виникнення повідомлень.

Необхідно знайти середній час передачі повідомлень від голів кластерів до кореневого вузла.

Опис алгоритму

Поставлену задачу будемо розглядати для стаціонарного режиму роботи сенсорної мережі і найпростіших потоків генерації повідомлень. Враховуючи, що час обслуговування у вузлах мережі розподілений за експоненційним законом, можна застосувати принцип декомпозиції, який полягає в представленні мережі СМО сукупністю окремих незалежних СМО з інтегральними інтенсивностями $\bar{\lambda} = (\lambda_1^*, \dots, \lambda_n^*)$ надходження повідомлень в

системи S_i ($i = \overline{1, n}$) [2].

Знаючи вектор λ , можна знайти середній час перебування повідомлень в кожній системі S_i . На основі визначених значень можна оцінити середній час передачі повідомлень від голів кластерів до кореневого вузла. Для знаходження інтегральних характеристик λ_i^* пропонується наступний алгоритм.

Пронумеруємо СМО, які відповідають вузлам графа G , за наступним принципом. Нумерація починається з кореневого вузла і зліва направо для кожного рівня дерева. В результаті кожний голова кластеру отримає номер, який менший за будь який номер голови дочірнього кластера і більший за номер голови батьківського кластеру. На рис.1 наведений приклад нумерації голів кластерів.

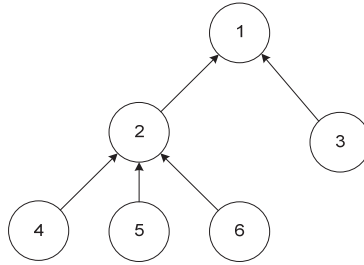


Рис.1. Приклад нумерації голів кластерів сенсорної мережі.

При такій нумерації матриця суміжності графа має строго трикутний вигляд, тобто діагональні елементи і елементи, які знаходяться вище головної діагоналі, дорівнюють нулю. На рис.2 представлена матриця суміжності A_1 , яка відповідає графу, зображеному на рис.1.

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Рис.2. Матриця суміжності графа, представленого на рис.1.

Для обчислення значень λ_i^* скористаємося наступною ітераційною процедурою, починаючи з $i = n$.

Визначимо вектор $\hat{\lambda}$ розмірністю n , початкове значення якого дорівнює вектору $\bar{\lambda}$, а кінцеве значення буде дорівнювати $\bar{\lambda}^*$.

1. Знаходимо скалярний добуток вектора $\hat{\lambda}$ на вектор $\bar{a}_i = (a_{1i}, a_{2i}, \dots, a_{ni})$ матриці суміжності A . Позначимо отриманий результат через $\tilde{\lambda}_i$. ($\tilde{\lambda}_i = \sum_{j=1}^n \hat{\lambda}_j a_{ji}$).

2. Множимо $\tilde{\lambda}_i$ на вектор $\bar{1}_i$ розмірністю n , елементи якого нульові крім i -го, значення якого дорівнює 1.

3. Отриманий вектор додаємо до вектора $\hat{\lambda}$ ($\hat{\lambda} = \hat{\lambda} + \tilde{\lambda} \bar{1}_i$). В результаті отримаємо новий вектор $\hat{\lambda}$, в якому елемент $\hat{\lambda}_i$ дорівнює шуканому значенню $\hat{\lambda}_i^*$.

4. Зменшуємо i на одиницю ($i := i - 1$) і переходимо до кроку 1. Якщо $i=0$, процес завершується. Отриманий вектор $\hat{\lambda}$ є шуканим вектором $\bar{\lambda}^*$.

Визначимо вектори \bar{u} і \bar{w} розмірністю n , елементи яких визначають відповідно середній час перебування повідомлення в системі S_i і середній час очікування обслуговування системою S_i .

$\bar{u} = \bar{v} + \bar{w}$, де вектор \bar{v} визначає середні часові інтервали обслуговування системами S_i .

Оскільки нас цікавлять характеристики роботи сенсорної мережі у стаціонарному режимі, повинна виконуватися умова, що $\rho_i = \hat{\lambda}_i^* v_i < 1$ ($i = \overline{1, n}$), де ρ_i - коефіцієнт завантаження системи S_i . Для випадку коли всі ноди однакові, умова стаціонарності визначається як $\rho_1 = \hat{\lambda}_1^* v_1 < 1$.

$$\text{Для систем } S_i \text{ типу M/M/1 } w_i = \frac{v_i \rho_i}{1 - \rho_i}, \text{ а } u_i = \frac{v_i}{1 - \rho_i} \quad [2].$$

Нехай нам треба знайти середній час передачі повідомлення від голови i - го кластера до кореневого вузла. Для цього знову скористаємося матрицею суміжності A . Оскільки кожний голова кластера зв'язаний тільки з одним головою батьківського кластера, то в кожній стрічці матриці суміжності існує тільки один елемент, відмінний від нуля. Звідси впливає наступний алгоритм визначення часу проходження повідомлення.

1. Змінній, яка визначає середній час передачі повідомлення, присвоюється значення u_i .

2. Перевіряються елементи i -ої стрічки матриці суміжності A , починаючи з першого, на рівність 1. Нехай $a_{ij} = 1$. Тоді батьківським нодом для $i - go \in j - uij$ нод. До змінної, яка визначає середній час проходження повідомлення, додається середній час u_j .

3. Якщо $j=1$, то це означає що ми дійшли до кореневого вузла і алгоритм завершує роботу. В протилежному випадку $i:=j$ і відбувається перехід до кроку 2.

Висновки

В даній статті запропонований алгоритм визначення середнього часу передачі повідомлень в сенсорних мережах кластерної структури. Даний індекс продуктивності відіграє вирішальну роль в процесі функціонування сенсорних мереж, оскільки визначає, чи спроможна сенсорна мережа обробляти відповідний потік повідомлень і за який час. Тому наведений алгоритм дозволяє на стадії технічного проектування сенсорних мереж визначати вказані характеристики і тим самим виявляти вузькі місця у функціонування мережі, які можуть бути своєчасно усунені.

1. Anna Hać, "Wireless Sensor Network Designs", John Wiley & Sons Ltd. p.408, 2003.
2. Leonard Kleinrock, "Queueing Systems", Volume 1: Theory, John Wiley & Sons Ltd. p.417, 1975.
3. David Culler, Deborah Estrin, Mani Srivastava, "Overview of Sensor Networks", IEEE Computer Society, p. 9, 2004
4. Кузьмін О., Киричук Д., Кузьмін С. Дослідження життєвого циклу безпроводної сенсорної мережі кластерної структури, побудованої за триколірним евристичним алгоритмом. Вісник НУ "Львівська політехніка", № 751, Комп'ютерні науки та інформаційні технології.:Львів, 2013, с.199-202.
5. K. Akkaya, M. Younis. A Survey on Routing Protocols for Wireless Sensor Networks, Ad Hoc Networks, 3:325-349, 2005.
6. K. Martinez, J. K. Hart, R. Ong. Environmental Sensor Networks, Computer, 37(8):50-56, 2004.
7. V. Rajendran, K. Obraczka, Garcia-Luna-Aceves J.J. Energy-Efficient, Collision-Free Medium Access Control for Wireless Sensor Networks //In Proc. Of 1st Int. Conf. On Embedded Networked Sensor Systems, Los Angeles, CA, USA, 2003. P. 181-192
8. S. Papavassiliou and J. Zhu, "Architecture and Modeling of Dynamic Wireless Sensor Networks," Handbook of Sensor Networks: Compact Wireless and Wired Sensing Systems, pp. 1-16, July 2004.

Поступила 6.08.2014р.