

МЕТОД ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСУ НЕОДНОРІДНИХ СЕНСОРНИХ РАДІОМЕРЕЖ З НАДЛИШКОВОЮ КІЛЬКІСТЮ ВУЗЛІВ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЗАДАНОЇ ЯКОСТІ ПОКРИТТЯ РАЙОНУ МОНІТОРИНГУ

Коваленко І.Г., д.т.н. Романюк В.А

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації

Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут"

01010, Київ, вул. Московська 45/1, тел. (044)353-92-81

E-mail: kig777@ukr.net, моб: (067)501-09-13

A new method of energy savings in wireless sensor networks with an excess of nodes, which divides the network by the required number of subsets of nodes that operate in different time periods, and organize their functioning to ensure the conservation of energy resources of nodes, the maximization "lifetime" of the network and guarantee overlapping monitoring and connectivity nodes.

Вступ. В даний час для моніторингу географічних районів, охорони об'єктів та контролю переміщень особового складу та техніки пропонується використовувати сенсорні радіомережі (СР), які складаються з сенсорних вузлів з функціями моніторингу навколишнього середовища, обробки і передачі даних [1]. Основними елементами сенсорних вузлів є: датчики контролю зовнішнього середовища, мікрокомп'ютер, батарея живлення, прийомопередавач. Вузли СР мають автономне джерело електроживлення обмеженої ємності, тому характерними вимогами до них є мінімізація витрат енергетичних ресурсів вузлів та максимізація часу функціонування мережі. Складність знаходження балансу між ефективністю енергозберігання та продуктивністю передачі інформаційних потоків вимагає розробки ряду методів енергозбереження вузлів СР [2].

Однією з проблем розгортання сенсорних мереж є забезпечення покриття зон моніторингу. Для сенсорних радіомереж крім покриття визначеної зони моніторингу та основних мережевих характеристик можуть висуватись також вимоги з оперативності розгортання, надійності та живучості. Для оперативного розгортання СР використовується розсіювання вузлів СР з літака, ракети або інші засоби випадкового розміщення. При цьому забезпечити необхідну зону покриття при виконанні вимог до СР та випадковому розташуванні сенсорів можливо тільки за допомогою внесення значної надлишковості кількості вузлів. Надлишковість вузлів дозволить підвищити якість покриття зони моніторингу (за охоптом і перекриттям зон моніторингу та зв'язності вузлів для забезпечення надійності та живучості СР), але призведе до зайвих енерговитрат та завад в СР. Крім того, в районі моніторингу для організації СР можуть бути задіяні неоднорідні сенсорні вузли з різними радіусами зон моніторингу та передачі даних. Тому постає актуальною задача розробки методів збереження енергоресурсу сенсорної радіомережі з надлишковою кількістю неоднорідних вузлів, які забезпечують задане перекриття зон моніторингу та задану зв'язність окремих вузлів.

Був проаналізований існуючий досвід при розробці методів енергозбереження в сенсорних радіомережах з надлишковою кількістю вузлів [3-4]. Були виявлені переваги та недоліки окремих методів і з їх врахуванням розроблений новий метод збереження енергоресурсу сенсорної радіомережі з надлишковою кількістю різнотипних вузлів при забезпеченні заданого перекриття зон моніторингу та заданої зв'язності окремих вузлів.

Суть методу полягає в тому, що загальна чисельність вузлів СР розділяється на необхідну кількість підмножин вузлів, що працюють в різні періоди часу, після чого організується їх функціонування для забезпечення зберігання енергетичних ресурсів вузлів та максимізації «часу життя» сенсорної радіомережі при забезпеченні заданих показників перекриття зон моніторингу та зв'язності вузлів. Для вирішення цих задач було отримано наступні результати:

1 Модель СР. Для вирішення поставленої задачі були введені наступні обмеження. Нехай N сенсорних вузлів випадковим чином рівномірно розміщені в районі моніторингу

Ω кругової форми з радіусом R . Будемо вважати, що площа району $S_{\Omega} \rightarrow \infty$ та $N \rightarrow \infty$, але $N/S_{\Omega} = \text{const}$. Будемо рахувати, що вузли розподілені по площині району Ω за Пуасоновським розподілом з інтенсивністю N/S_{Ω} . Шлюз розташований випадково в районі Ω . Існує M типів сенсорних вузлів. Кількість сенсорних вузлів i -го типу дорівнює $\rho_i N$ ($0 \leq \rho_i \leq 1$, $1 \leq i \leq M$, $\sum_{i=1}^M \rho_i = 1$). Радіус моніторингу сенсорного вузла типу i дорівнює r_{mi} , максимальний радіус передачі вузла типу i дорівнює r_{pi} . Будемо рахувати, що $\forall i, j \in M, r_{mi} < r_{mj}$, якщо $i < j$. СР представимо в вигляді зв'язного графу $G = (V, E)$, де V – множина сенсорних вузлів, $|V| = N$; E – множина зв'язків між вузлами

2 Визначена залежність відсотка покриття району моніторингу $k_{mS_{\Omega}}$ від кількості вузлів СР при забезпеченні t -кратного перекриття зон моніторингу та відсотка вузлів k_{nE} , що мають n -кратну зв'язність в напрямку передачі даних шлюзу при заданих типах і характеристиках вузлів та району моніторингу

Значення $k_{mS_{\Omega}}$ та k_{nE} – вихідні дані, які залежать від завдань, що покладаються на СР (використовувались значення: $k_{mS_{\Omega}} = k_{nE} = 0,99$).

Для розробленої моделі були отримані залежності розрахункових значень $k_{mS_{\Omega}}^*$ та k_{nE}^* від кількості вузлів:

$$k_{mS_{\Omega}}^* = 1 - \sum_{x=0}^{m-1} \frac{1}{\sum_{n_1+\dots+n_M=x} \prod_{i=1}^M \rho_i^{n_i}} \times \left(\prod_{i=1}^M \left(\frac{\rho_i N r_{pi}^2}{R^2} \right)^{n_i} e^{-\left(\frac{\rho_i N r_{pi}^2}{R^2} \right)} \right), \quad (1)$$

$$k_{nE}^* \geq \left(1 - e^{-\frac{N(r_{\Pi}^{\min})^2}{R^2}} \sum_{x=0}^{n-1} \frac{\left(\frac{N(r_{\Pi}^{\min})^2}{R^2} \right)^x}{x!} \right)^N. \quad (2)$$

Якщо $k_{mS_{\Omega}}^* \geq k_{mS_{\Omega}}$, можна казати, що N вузлів відповідних типів забезпечують t -кратне перекриття району моніторингу Ω з радіусом R .

Якщо $k_{nE}^* \geq k_{nE}$, можна казати, що N вузлів забезпечують n -кратну зв'язність СР відповідно вихідним даним r_{Π}^{\min}, R .

3 Розроблений алгоритм визначення необхідної кількості множин вузлів СР та часових періодів їх функціонування з використанням залежностей (1) та (2).

Особливістю нового методу є підвищення енергозбереження СР при надлишковості вузлів $\xi_{nE} \in [1,5..2), [2,5..3)$, $\xi_{nE} = N/N_{\min}$ (N_{\min} – необхідна вузлів для виконання умов з забезпечення t -кратного перекриття зон моніторингу та n -кратної зв'язності). Для цього пропонується збільшити кількість підмножини вузлів та періодів їх функціонування.

4 Розроблений алгоритм оптимального розбиття вузлів на визначену кількість підмножин та періодів функціонування.

В розробленому методі енергозберігання, на відміну від аналогічних, пропонується алгоритм рівномірного розподілу вузлів на визначену кількість підмножин та періодів функціонування.

5 Розроблений алгоритм маршрутизації з урахуванням: періодів функціонування та використання енергетичних ресурсів вузлів; вимог зменшення та рівномірності навантаження на вузли, наближених до шлюзу; вимог з відновлення зв'язності мережі при виході з ладу окремих вузлів.

На відміну від існуючих методів енергозбереження в СР з надлишковою кількістю вузлів новий метод на мережевому рівні при маршрутизації повідомлень використовує

маршрути з меншим енергетичним навантаженням, забезпечує рівномірне навантаження наближених до шлюзу вузлів, забезпечує відновлення зв'язності мережі при виході з ладу окремих вузлів. Крім того при застосуванні методу використовуються мінімальні радіуси передач вузлів.

6 Імітаційна моделі CP, реалізація розробленого методу на основі моделі. Оцінка ефективності розробленого методу.

Для імітаційного моделювання пропонується використовувати програмний комплекс The Network Simulator [5]. В якості показників ефективності пропонується застосувати час життя мережі [2] та реальний відсоток m -кратного покриття. При застосуванні спрощеної моделі CP (стандартних протоколів каналного та фізичного рівня (IEEE 802.11 DCF), $m = n = 2$, надлишковості $\xi_{ns} \geq 2$) отримано результати, які дозволяють зробити висновок, що розроблений метод дозволяє підвищити час життя мережі до 15% при покращенні покриття зони моніторингу до 10% площі відносно існуючих методів даного класу. Крім того, розроблений метод, на відміну від існуючих, збільшує час життя мережі при надлишковості вузлів $\xi_{ns} \in [1,5..2)$ до 25%.

Висновки. Розроблений метод зберігання енергоресурсу сенсорної радіомережі з надлишковою кількістю різнорідних вузлів при забезпеченні заданого перекриття зон моніторингу та заданої зв'язності окремих вузлів дозволяє підвищити час функціонування CP до 25% при покращенні якості покриття району моніторингу до 10%.

Напрямки подальших досліджень. При розробці методу було виявлено, що при збільшенні обсягів CP, частоти та обсягу збору інформації вузлами CP збільшується трафік через вузли, що наближені до шлюзу. При цьому збільшується частота колізій при випадковому доступі до радіоресурсу, що призводить до зниження пропускної спроможності, підвищеного енергоспоживання вузлами та зменшення часу функціонування CP. Тому постає актуальною задача розробки методів збереження енергоресурсу сенсорних радіомереж на каналному рівні.

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. Коваленко І.Г., Романюк В.А., Діянчук І.М., Аналіз методів енергозбереження в сенсорних радіомережах// Збірник наукових праць № 1. – К.:ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2011. – С. 76 – 84.
3. Jin Y., Wang L., Jo J., Kim Y., Yang M., Jiang Y., “EECCR: An Energy-Efficient m-Coverage and n-Connectivity Routing Algorithm Under Border Effects in Heterogeneous Sensor Networks”, IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2009, vol. 58, no. 3.
4. Dong Y., Chang H., An Energy Conserving Routing Algorithm for Wireless Sensor Networks// International Journal of Future Generation Communication and Networking, Vol. 4, No. 1, 2011, pp. 39 – 53.
5. VINT Project, The Network Simulator-ns, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.