

Дослідження методики передачі інформації в безпроводових сенсорних мережах між інтелектуальними сенсорними датчиками

Н. М. Довженко¹, І. П. Саланда², А. О. Барабаш³, М. О. Коваль⁴

¹ Державний університет телекомунікацій, м.Київ, Україна

² Обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка, м.Кременець, Україна

³ Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м.Київ, Україна

⁴ КНУ імені Тараса Шевченка, м.Київ, Україна

Corresponding author. E-mail: nadezhdadovzhenko@gmail.com

Paper received 19.01.19; Accepted for publication 26.01.19.

<https://doi.org/10.31174/SEND-NT2019-193VII23-09>

Анотація. В матеріалах дослідження отримала подальший розвиток методика передачі інформації між інтелектуальними сенсорними вузлами, яка на відміну від раніше описаних та досліджених ґрунтується на побудові графу на площині. В даній методиці не передбачено використання «прикордонних ефектів», що виникають через теоретичну близькість сенсорних вузлів. Запропонована методика дозволяє адекватно відображати стан передачі інформації між сусідніми інтелектуальними вузлами та з більш високою достовірністю розпізнавати відмови та наявність заводів в сенсорній мережі.

Ключові слова: сенсорна мережа, інформаційні технології, інтелектуальні датчики, маршрутизація, збій.

Вступ. Стрімкий прогрес в сфері мікросхем призвів до інтенсивних розробок в новому класі мереж. Сучасні сенсорні мережі представлені надзвичайно універсальними мережами, які можуть бути розгорнуті для будь-якої сфери людської життєдіяльності. Вони здатні підтримувати значну кількість додатків, незалежно від того складаються вони із стаціонарних датчиків чи віддалених інтелектуальних сенсорних вузлів. Якщо кінцеве завдання мережі – це дослідження та моніторинг навколишнього середовища, то і вузли будуть розгортатися таким чином, щоб виконувати поставлені завдання.

У програмах, що пов'язані із охороною здоров'я, інтелектуальні сенсорні датчики можуть бути впроваджені в людський організм та постійно ретранслювати дані до центрів обробки, фіксуючи навіть непомітні на перший погляд ознаки пацієнта.

Після розгортання мережі, вузли здатні самоорганізовуватися в автономну мережу, яка потребує мінімального втручання. Проте головним залишається завдання по збору даних з вузлів, обробка даних та передача інформації до головних серверів обробки даних.

Короткий огляд публікацій по темі. Результати попередніх досліджень показали, що наявність ретранслювання великої кількості показників через вузли призводить до зменшення функціональної стійкості мережі, та збільшення кількості відмов. Разом з тим, існують певні обмеження щодо відстаней для передачі інформації по безпроводовим каналам зв'язку. В більшості випадків сенсорна мережа будується із задалегідь визначеними та описаними функціями. Проте виникають ситуації, коли до складу мережі може бути доданий новий компонент, ряд функцій якого повинні бути чітко визначені. Розглядаючи сенсорну мережу в цілому, та окремі її складові, необхідно звернути увагу і на канали зв'язку, що будуть побудовані між окремо взятими сенсорними вузлами. Адже, як відомо, реконфігурація системи передачі інформації між вузлами та ретранслювання повідомлень засновані на виборі та побудові оптимального маршруту для передачі повідомлення, а також на введенні критеріїв ефективності та мінімізації втрат

масивів даних.

Під ефективністю сенсорної мережі розуміють властивість системи виконувати ряд функцій та задач в певних лаконічних умовах, і при умові збереження якості. Тому, до критеріїв, які визначають ефективність функціонування системи відносять: принцип мінімальних втрат, якість, продуктивність, швидкість, точність, функціонування та способи використання.

Мета. Метою статті є дослідження методики передачі інформації між інтелектуальними вузлами в безпроводових сенсорних мережах на основі побудови графу на площині.

Матеріали і методи. Для досягнення поставленої мети використанні наступні методи дослідження: теорії інформації та кодування, методи заводостійкого кодування, теорії складних систем, теорії побудови великих систем на основі обчислювальної техніки.

Результати та їх обговорення. Деякі мережеві топології, такі як зірка або дерево, допускають лише один маршрут між будь-якими двома сенсорними вузлами. Очевидно, що в таких мережах багатозв'язність неможлива. Але навіть проста топологія, наприклад, двонаправлене кільце забезпечує більше одного маршруту, що можуть існувати між будь-якою парою вузлів.

На практиці часто створюються резервні послання, щоб забезпечити стійкість до відмов каналу зв'язку. Пошук оптимального маршруту від відправника до одержувача є однією з найпоширеніших завдань маршрутизації, як в звичайних мережах, так і в сенсорних мережах.

Зазвичай обрано маршрут, який найкращим чином відповідає певній метриці. Наприклад - затримка передачі, споживання енергії, та ін. Цей маршрут може бути використаний для передачі всіх повідомлень від відправника до одержувача, до моменту поки не відбудеться подія, яка порушить роботу. Це може бути збій вузла або з'єднання, повторний аналіз інших маршрутів [1].

Далі здійснюється передача даних, і в більшості випадків по одному маршруту. В цьому випадку є певні переваги. Для безперервних потоків даних, та-

ких як голос або потоки мультимедіа, єдиний маршрут забезпечує передбачувані параметри зв'язку, такі як затримка та пропускна здатність, і таким чином уникає джитерів.

Проте, у мережах з високою ймовірністю відмов, запуск окремої процедури встановлення маршруту вводить довгі затримки при виникненні помилки. Швидко переключення на маршрут резервного копіювання запобігає цьому, але вимагає можливості швидко знайти альтернативний маршрут. Тому деякі схеми маршрутизації одночасно підтримують декілька маршрутів, наприклад OSPF, або динамічна побудова обхідного маршруту навколо місця відмови [2].

Використання декількох маршрутів одночасно для передачі або одного повідомлення, або потік даних часто не є вигідним. Навіть якщо існує кілька маршрутів, вони можуть збігатися на деякому вузлі. Цей вузол стає вузьким місцем для передачі даних, а стійкість цієї передачі лише частково збільшується.

Від'єднання вузлів маршрутів і подібних незв'язаних маршрутів може забезпечити збільшення пропускної здатності та кращу стійкість серед інших переваг, ніж один маршрут.

В даному дослідженні, ми розглянемо побудову сенсорної мережі у вигляді графа на площині, де вершини являють собою сенсорні вузли, кожен з яких знаходиться в своєму окремому місці, а ребро існує між двома вершинами, якщо відповідні вузли можуть спілкуватися через (безпроводові) посилення.

Для простоти часто передбачається, що ці ланки є симетричними, а діапазон зв'язку рівний для всіх вузлів. Зазвичай модель розгортання для мереж датчиків вважається випадковою, тобто вузли розподілені випадковим чином на площині в обмеженій області, наприклад, квадрат або кола [3].

Найчастіше передбачається рівномірний випадковий розподіл. Цей розподіл робить найменші припущення щодо розгортання в реальному світі, і, отже, можна сподіватися, що ця модель надає корисну інформацію про великий клас реальних мереж. Хоча ці припущення розтягують практичні властивості сенсорних мереж, вони дають корисну абстракцію для виконання розрахунків та моделювання таких мереж. Одним з найважливіших аспектів є зв'язок таких графів. У сенсорній мережі бажано, щоб всі вузли містилися в одній великій пов'язаній складовій графа.

Це означає, що існує маршрут між кожною парою цих вузлів. Ізольовані вузли або малі пов'язані компоненти небажані, оскільки ці вузли не можуть співпрацювати з іншими вузлами, і вони можуть не мати можливості спілкуватися з базовою станцією. Оцінюючи умови, при яких бездротова мережа пов'язана з високою ймовірністю складно. Зокрема, необхідний діапазон передачі отримується для заданої щільності (кількість вузлів на одиницю площі), і, навпаки, якщо заданий діапазон передачі, то можна отримати необхідну щільність [4].

Оскільки ми розглядаємо сенсорні мережі, які працюють з інтелектуальними датчиками, зацікавлені в передачі інформації з максимально малою ймовірністю помилки. Тому, узагальнена модель сенсорної мережі буде представлена у вигляді неорієнтованого графа $G(V, E)$, $v_i \in V, e_{ij} \in E, ij] =$

$1, \dots, N$, що описується матрицею суміжності S .

$$S = \left\| s_{ij} \right\|, s_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{при } e_{ij} \in E \\ 0, & \text{при } e_{ij} \notin E \end{cases} \quad (1)$$

де V – множина вершин графа, E – множина ребер графа.

У графі $G(V, E)$, вершинам графа v_i відповідають сенсорні вузли мережі, а ребрам графа e_{ij} – лінії зв'язку між сенсорами. Враховуючи особливості побудови сенсорних мереж, деякі зв'язки і відповідні їм елементи s_{ij} необхідно зафіксувати. $s_{ij} = 0$ – для умови відсутності петель у графі; $s_{ij} = 1$ – для існуючих, побудованих раніше зв'язків, що використовуються (i, j) . Залишок елементів s_{ij} визначається як булеві змінні $x_i \in \{0, 1\}, i = 1 \dots k$, де k – число незафіксованих змінних s_{ij} . Для графа, що описує модельний приклад сенсорної мережі, матриця суміжності має вигляд матриці (2).

Таким чином, матриця суміжності S має симетричний вигляд $s_{ij} = s_{ji}$. Індеси змінних x_i також не проставлені для більшої наочності. При такому описі задача синтезу структури сенсорної мережі трансформується в третій етап, який буде описано нижче – це побудова графа зв'язності.

$$S = \begin{pmatrix} 0 & 1 & x & x & x & 0 & x & x & x & x & x & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & x & x & x & 1 & x & x & x \\ x & 1 & 0 & x & x & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ x & 1 & x & 0 & x & x & x & x & x & 1 & 1 & 1 \\ x & 1 & x & x & 0 & x & x & x & x & x & x & x \\ 0 & x & 1 & x & x & 0 & x & x & x & x & 0 & 0 \\ x & x & 1 & x & x & x & 0 & 1 & 0 & x & x & x \\ x & x & 1 & x & x & x & 1 & 0 & x & x & x & x \\ x & 1 & 1 & x & x & x & 0 & x & 0 & x & x & x \\ x & x & 0 & 1 & x & x & x & x & 0 & x & x & x \\ x & x & 0 & 1 & x & 0 & x & x & x & x & 0 & x \\ 0 & x & 0 & 1 & x & 0 & x & x & x & x & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

(2) Розглянемо три дерева R_1, R_2, R_3 визначають три різні маршрути проходження повідомлення між інтелектуальними сенсорними вузлами А та В (рис. 1).

В даному випадку, тільки пари AR_1B, AR_2B і AR_1B, AR_3, B незв'язані між собою, тоді як AR_2B, AR_3B мають площу перекриття. Незважаючи на подібне накладання, маршрут AR_3B не знижує достовірність передачі інформації. Дещо збільшується навантаження на мережу та змінюється пропускна здатність, адже всі вузли приймають участь в передачі інформації.

Для сенсорних мереж, які складаються із інтелектуальних сенсорних вузлів, ми зацікавлені в передачі інформації з максимально малою ймовірністю помилки.

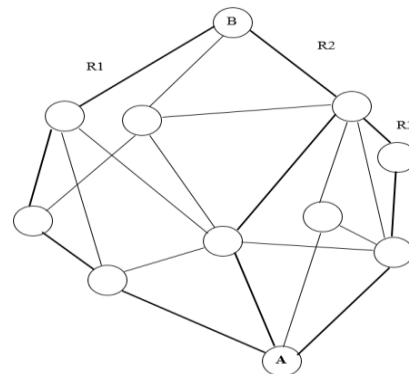


Рис. 1. Граф структури сенсорної мережі

Таким чином, розділяючи потоки масивів даних на декілька частин і передаючи їх по різних маршрутах, досягається значне збільшення пропускної здатності мережі в цілому. При цьому нехтуються ефекти, що виникають у віддалених вузлах. Незважаючи на те, що маршрути можуть накладатися чи збігатися, пропускна здатність однозначно зростає. Достовірність інформації може бути збільшена за рахунок передачі повідомлень декількома копіями незалежними маршрутами, і при умові, якщо буде виконуватися мінімум середніх втрат [5].

Важливо відмітити, що всі дані передаються порівняно невеликими пакетами. Впроваджено саме для трафіку сигналів управління і моніторингу в сенсорних мережах. Ще однією важливою особливістю є обов'язкове отримання підтвердження про успішну доставку повідомлень [6].

Перехід приймача сенсорної мережі в активний стан триває близько 10-15 мс, а підключення до самої мережі - від 30 мс. При цьому тривалість реконфігурації і підключення пристроїв залежить від нормальності процесу «слухання» маршрутизаторами всієї мережі.

Висновок. Дослідження процесу передачі масивів даних між інтелектуальними сенсорними вузлами є виключно важливим етапом розгортання та побудови мережі. З представленого дослідження видно, що побудова графу на площині допоможе передбачити декілька альтернативних шляхів, якими будуть передаватися пакети між інтелектуальними вузлами.

Із урахування цього, заздалегідь можна передбачити і навантаження мережі, і розділити потоки інформації. Це призведе до збільшення продуктивності мережі вдвічі, а також до зменшення кількості відмов.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гераїмчук М.Д., Івахів О.В., Паламар М.І., Шевчук Б.М. Основи побудови перспективних безпроводових сенсорних мереж. Монографія. – К.: ЕКМО, 2010. – 124 с.
2. Fasolo E., Rossi M., Widmer J., Zorzi M. In-network aggregation techniques for wireless sensor networks: a survey. *IEEE Trans. Wireless Commun*, 2007. – Vol. 14, No. 2. – Pp. 70 – 87.
3. Marcelloni F., Vecchio M. A simple algorithm for data compression in wireless sensor networks. *Communications Letters, IEEE*, 2008, 12.6. – Pp. 411-413.
4. Kasirajan, Priya, Carl Larsen, and Sarangapani Jagannathan. A new data aggregation scheme via adaptive compression for

- wireless sensor networks. *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)*, 2012. – Vol. 9, No. 1. – Pp. 5.1-5.26.
5. Довженко Н.М. Аналіз методів підвищення пропускної здатності сенсорних мереж та способів забезпечення достовірності інформації / Н.М. Довженко // Сучасний захист інформації. – 2018. – Вип №3 (35). – С.58-63
6. Довженко Н.М. Розробка математичної моделі динаміки функціонування сенсорної мереж / Н.М. Довженко, О.В.Барабаш, М.О.Коваль // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2017. – Вип. № 58. – С. 74 – 80.

REFERENCES

1. Heraimchuk MD, Ivakhiv OV, Palamar M.I., Shevchuk B.M. Basics of building perspective wireless sensor networks. Monograph. - K.: EKMO, 2010. - 124 p.
5. Dovzhenko N. M. Analysis of methods for increasing bandwidth sensory networks and ways to ensure the reliability of information / N. M. Dovzhenko // Modern protection of information. - 2018. - No. 3 (35). - p.58-63

6. Dovzhenko N. M. Development of mathematical model of dynamics of functioning of sensor networks / N. M. Dovzhenko, O.V.Barabash, M.O.Koval // Collection of scientific works of the Military Institute of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. - K.: VIKNU, 2017. - Vip. No. 58. - P. 74 - 80.

Investigation of the method of transmission of information in wireless sensor networks between intelligent sensor nodes

N. M. Dovzhenko, I. P. Salanda, A. O. Barabash, M. O. Koval

Abstract. The method of transferring information between intelligent sensor nodes has been further developed. Unlike the existing, it's based on the construction of a graph on a plane. This technique does not foresee the use of «boundary effects» that arise due to the theoretical closeness of the sensor nodes. The proposed technique allows to adequately reflect the state of the transfer of information between neighboring intelligent nodes and with higher reliability to recognize the failures and the presence of interference in the sensor network.

Keywords: sensor network, information technologies, intelligent sensor nodes, routing, failures.