

Д.т.н., професор Зайцев В.Г., студент Зібров Б.Є.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

МОДИФІКОВАНИЙ АЛГОРИТМ МАРШРУТИЗАЦІЇ ПО ДЕРЕВУ У БЕЗПРОВОДОВИХ МЕРЕЖАХ ZIGBEE

Abstract

*Volodymyr G. Zaycev, professor, DcS; Borys E. Zibrov, student
Modified hierarchical tree routing algorithm in ZigBee networks*

This paper deals with the question of routing in 802.15.4 IEEE ZigBee networks with hierarchical topology. Ad-hoc on demand distance vector and hierarchical tree routing algorithms are discussed. Also a modified tree routing algorithm is proposed. The ways for further research are proposed as well.

Вступ

ZigBee — безпроводова мережева технологія на базі стандарту IEEE 802.15.4, який об'єднує ряд високорівневих протоколів передачі даних. ZigBee мережі мають невелику швидкість передачі даних, гарантують тривалий час автономної роботи вузлів мережі і вимагають безпеки передачі даних [1]. Низька вартість мереж ZigBee дозволяє широко використовувати технологію у додатках бездротового керування та моніторингу, низьке енергоспоживання дозволяє подовжити час роботи пристроїв і зменшити їх розмір, комірчаста топологія забезпечує високу надійність і більше покриття мережі.

Постановка задачі

Аналіз динамічної маршрутизації у безпроводових сенсорних мережах показав існування таких недоліків існуючих алгоритмів як великий час встановлення маршрутів, вимогливість до обсягів пам'яті пристроїв при дистанційно-векторному підході та неоптимальність знайдених маршрутів (кількість вузлів, через які проходить маршрут, не є мінімально можливою) і нерівномірне розподілення витраченої енергії між вузлами при ієрархічному підході. В останньому випадку можливо покращення ситуації, для чого потрібна модифікація алгоритму маршрутизації по дереву.

Типи вузлів мереж ZigBee. Огляд алгоритмів маршрутизації

Визначають три різних типа ZigBee пристроїв [3]:

1. ZigBee координатор;
2. ZigBee маршрутизатор;
3. Кінцевий пристрій ZigBee.

Алгоритм маршрутизації ZigBee базується на понятті дистанційно-векторної маршрутизації (distance vector algorithm) [1], згідно з яким, кожний маршрутизатор, що передає кадри від певного відправника до отримувача, підтримує таблицю маршрутизації для цього маршруту. Мінімальний запис у цій таблиці містить інформацію про логічну відстань до отримувача та адресу наступного вузла на маршруті.

Маршрути встановлюються за замовленням, використовуючи процес знаходження маршрутів, який полягає у тому, що відправник надсилає широкомовний запит, а кінцевий пристрій надсилає відповідь (рис. 1). Цей алгоритм отримав назву Ad-hoc On demand Distance Vector (AODV) [1].

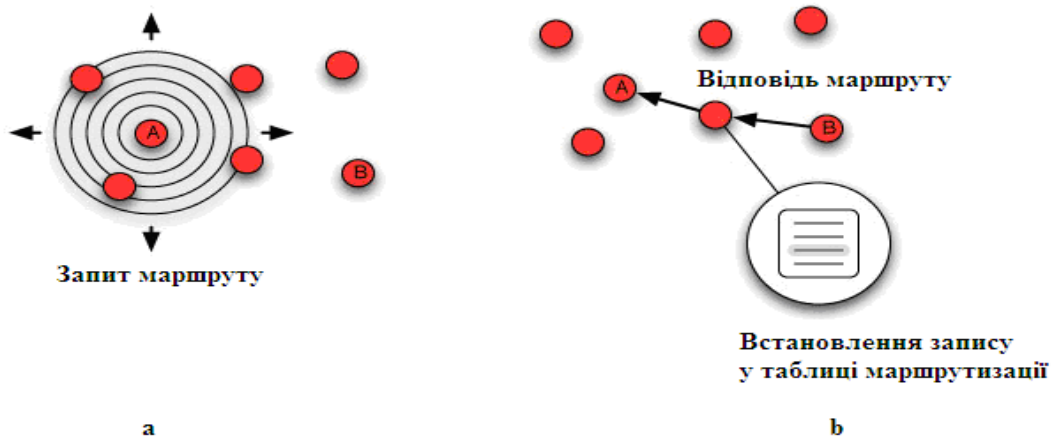


Рис. 1. Схема встановлення маршруту

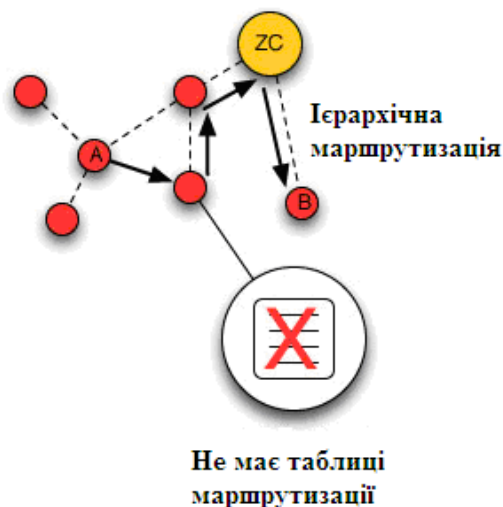


Рис. 2. Схема ієрархічної маршрутизації

Також була запропонована подальша оптимізація базового алгоритму, що дозволяє зменшити витрати пам'яті на збереження таблиць маршрутизації і на встановлення маршрута в деяких випадках. Така можливість з'являється, якщо розподілити мережеві адреси ієрархічним чином, починаючи з концентратора. У цьому випадку пристрої з обмеженою або без можливості маршрутизації (тобто з невеликими обсягами пам'яті) можуть використовувати ієрархію адрес для встановлення не найкоротшого, але працюючого маршруту (рис. 2). Алгоритм отримав назву Hierarchical Tree Routing (HTR) [1].

Модифікований алгоритм маршрутизації по дереву

Проведені дослідження базуються на HTR алгоритмі [1]. Основна увага була зосереджена на деревоподібній топології. При такій топології кожний потенціальний предок отримує кінцевий підблок адрес. При встановленні мережі координатор визначає максимальну кількість дочірніх вузлів для предків (Cm) і максимальну кількість маршрутів (Rm) між дітьми. Також кожний вузол має глибину – атрибут, що показує відстань (у кількості вузлів) до ZigBee координатора, використовуючи тільки зв'язки батько – нащадок. Тож ZigBee координатор має глибину 0 і визначає максимальну глибину мережі (Lm). Функція $Cskip(d)$ (див. формулу 1) визначає розмір підблоку адрес, що доступний кожному предку, розташованому на глибині d .

$$Cskip(d) = \begin{cases} 1 + Cm * (Lm - d - 1), & \text{якщо } Rm = 1 \\ \frac{1 + Cm - Rm - Cm * Rm^{Lm-d-1}}{1 - Rm}, & \text{у інших випадках} \end{cases} \quad (1)$$

Розподілення адрес є наступним. Координатор завжди має адресу 0. Пристрої, що мають можливості маршрутизації, зсув адреси розраховується за функцією $Cskip(d)$ (1): якщо це перший вузол, то його адреса на 1 більше ніж адреса його батька; в іншому випадку адреси розподілені з інтервалом $Cskip(d)$. Для звичайних кінцевих пристроїв адреси розподіляються за правилом:

$$A_n = A_{parent} + Cskip(d) * Rm + n, \quad (2)$$

де $1 \leq n \leq (Cm - Rm)$;

A_{parent} – адрес батьківського вузла.

Алгоритм побудови маршрута можна подати наступним чином:

Якщо вузол має таблицю маршрутизації і є відповідний запис, **то** використати його;

Якщо є місце для ще одного запису, **то**

спробувати ширококомовний запит маршруту

Інакше спробувати маршрутизацію по дереву за допомогою HTR.

Маршрутизація за допомогою ширококомовного запиту маршруту використовує модифіковану версію алгоритму AODV [2].

Ієрархічна маршрутизація використовує наступний алгоритм:

I ZigBee маршрутизатор з адресою A та глибиною d розраховує вираз: $A < D < A + Cskip(d - 1)$ (3)

Отриманий результат є ознакою того, що вузол з адресою D , є нащадком маршрутизатора.

II У цьому випадку наступний вузол визначається за правилом:

a) $N = D$, якщо $D > A + Rm * Cskip(d)$; (4)

b) $N = A + 1 + [(D - (A + 1)) / Cskip(d)] * Cskip(d)$.

III Якщо вираз (3) не дає істиного результату, то знайти кінцевий вузол за цим маршрутом неможливо і потрібно передати повідомлення через батька вузла A .

Проведений аналіз показав, що недоліком алгоритму HTR є довжина знайденого маршруту у дуже розповсюдженному випадку, коли повідомлення передається між двома сусідніми вузлами. Побудований маршрут таким чином є найгіршим і проходить через координатор. Для покращення алгоритму запропоновано, щоб кожний вузол, який приймає рішення про подальшу маршрутизацію, брав до уваги таблицю маршрутизації своїх сусідів.

Наприклад, якщо вузол має передати пакет до адресату D і знаходиться у вузлі A із глибиною d , листом сусідів $V(x)$, де x означає вузол із глибиною $d(x)$, то він користується наступним алгоритмом:

Якщо D є дочірним вузлом до A , то

Використовується правило (4)

Інакше кожний вузол N у $V(x)$

Якщо D є дочірним до N тоді

Наступним вузлом є N

Інакше

Пакет передається батьківському вузлу.

Якщо декілька сусідів можуть передати пакет до D , то вибирається вузол з найбільшою глибиною:

$N < D < N + Cskip(d(N) - 1)$ (5)

Висновки

У статті запропоновано модифікований алгоритм ієрархічної маршрутизації HTR, який дозволяє позбутися найгірших маршрутів, знайдених за допомогою цього алгоритму, зберігаючи час на встановлення

маршруту не гірший, ніж у базовому алгоритмі при незмінних вимогах до пам'яті вузлів мережі.

Подальше покращення алгоритму можливе за рахунок використання алгоритму AODV [1] для трафіка реального часу. Зміну можна легко провести шляхом включення передачі додаткової службової інформації. Також корисним буде проведення дослідження з енергоефективності наведених алгоритмів.

Література

1. *Панфілов Д., Соколов М.* Введення у безпроводову технологію ZigBee стандарту 802.15.4 – Електронні компоненти — Київ, 2004. — №12(73). — С.73-79
2. *Шатунов М. Штрапенін Г.* Інтеграція технології ZigBee в електронні пристрої: Компоненти та технології. — Мінськ, 2005. — №10(130). — С.130-134
3. Матеріали альянсу ZigBee / Інтернет ресурс. — Режим доступу: www.zigbee.org