

ТЕОРІЯ ТА ЗАСОБИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

УДК 681.51

**КРИТЕРІЙ ЯКОСТІ МАРШРУТІВ ДЛЯ АЛГОРИТМУ
МАРШРУТИЗАЦІЇ В MESH МЕРЕЖІ З ЗМЕНШЕННЯМ
ІНТЕРФЕРЕНЦІЇ**

*Правда В.І., к.т.н., професор., Грень М.О., студент
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Mesh-мережі - клас бездротових радіомереж, який знаходить широке застосування в розподілених міських бездротових та сенсорних мережах. Однією із важливих умов створення маршрутів в таких мережах є зменшення інтерференції.

Формування цільових функцій.

Для однозначного вибору маршруту виникає необхідність в формуванні цільової функції. В загальному вигляді вона може бути записана

$$L = L_p + L_l + L_h + L_0$$

де L_p – ваговий коефіцієнт цільової функції що визначається потужністю, L_l - ваговий коефіцієнт цільової функції що визначається завантаженістю. L_h – ваговий коефіцієнт цільової функції що визначається кількістю переходів, L_0 – початкове значення цільової функції вузла [3].

При розрахунку L_l враховується кількість передач NT, які проходять по одному маршруту. Під час передачі змінюється значення лічильника передач NT. Кожна передача – інкременту є його, кожна одиниця часу – декременту є, таким чином визначається середня кількість передач на маршруті. При перевищенні певного рівня кількості передач на одиницю часу створюється дублюючий маршрут (по можливості в новому каналі). Таким чином відбувається резервування каналу, розподіл потужності по частотному діапазону і зниження рівня інтерференції [1]. Пороговий рівень частоти передач визначається заздалегідь, при проектуванні системи з допустимої інтенсивності відмов. Тоді ваговий коефіцієнт

$$L_l = NT \cdot \frac{P_{\Sigma}}{MP_{max}}$$

де P_{Σ} сумарна визначена потужність передачі по всіх M каналах. P_{max} - максимальна потужність передавача вузла. Отже при роботі на малих потужностях допускається більша кількість передач. Ваговий коефіцієнт L_h має меншу вагу порівняно з коефіцієнтом по потужності оскільки зв'язок між ними може бути обернено пропорційний, тобто при більшій кількості передач сумарна потужність що витрачається на передачу порівняно мен-

ша для тієї ж відстані [2]. Тоді ваговий коефіцієнт

$$L_h = 0.1 \cdot \left(1 - \frac{TTL}{N}\right)$$

Значення цільової функції вузла L_0 визначається рівнянням

$$L_0 = \frac{P_{min}}{P_{max}} + \frac{N}{N_n + 10N_{<3} + 100N_1}$$

де P_{max} - максимальна потужність передавача вузла, P_{min} чутливість (мінімальна оброблювана потужність) приймача вузла, N_n - кількість вузлів в таблиці маршрутів вузла, $N_{<3}$ - кількість вузлів альтернативних маршрутів до яких три і менше альтернативних маршрутів, N_1 - оригінальні вузли, тобто такі до яких існує лише один маршрут.

Опис алгоритму

Для визначення вагового коефіцієнту потужності вузол розсилає пакет власної ідентифікації на всіх доступних рівнях потужності. На етапі встановлення мережі рівні потужності перебираються випадковим чином. На етапі оптимізації потужність знижується поступово до рівня мінімально достатнього для зв'язку. Зв'язок вважається встановленим, якщо в межах доступності лишається не більше M (по кількості резервних каналів) сусідніх вузлів із якими може бути встановлений двосторонній зв'язок. Передається ваговий коефіцієнт і значення потужності на якій було здійснено зв'язок. Ваговий коефіцієнт потужності для даної мережі буде визначено при синтезі її під конкретні умови. В загальному випадку він описується рівнянням $L_{p\text{ нове}} = L_{p\text{ старе}} + \alpha \cdot P_{прд}$, де α - коефіцієнт, що характеризує витрати потужності на ретрансляцію включно із власними енерговитратами вузла [4]. Після визначення рівнів потужності і доступних вузлів відбувається власне ініціалізація мережі.

При отриманні пакету ідентифікації вузол відповідає на тому ж рівні потужності. Допускаємо, що канал симетричний і її буде достатньо для здійснення зв'язку. Якщо ініціатор отримує відповідь по каналу в який він його відправляв - вузол запам'ятовується, також запам'ятовується значення потужності і ваговий коефіцієнт. Проводиться повторна передача пакету ідентифікації на нижчому рівні потужності доки кількість доступних вузлів не зменшиться до наперед заданого. Якщо відповідь на останній пакет ідентифікації не приходить, то мінімально доступним вважається той останній рівень потужності на якій здійснено зв'язок. Після визначення сусідів і рівнів потужності розсилається пакет запиту на створення маршрутів. Пакет запиту на створення маршрутів містить номери адресата, ініціатора. Значення цільової функції розраховується для кожного вузла і додається до вже існуючого, таким чином будується цільова функція для всього маршруту. Адреси всіх проміжних вузлів також передаються в цьому пакеті. При цьому кожен проміжний вузол отримує значення адрес проміжних вузлів і записує в таблиці з номерами проміжних вузлів номер каналу з

якого прийшов пакет розподіляючи номери пріоритету відповідно до значення цільових функцій. Потім відповідно до пріоритету обирає той чи інший канал в таблиці і передає в нього запит на сеанс. Отримавши від нього підтвердження здійснюється передача повідомлення, таким чином на протязі здійснення зв'язку вузол повинен пам'ятати повідомлення, яке надійшло. Якщо за певний заздалегідь зазначений час відповідь не приходить, то здійснюється запит по каналу з наступним пріоритетом, а даний канал переноситься в кінець маршрутної таблиці, тобто отримує гірший пріоритет. Якщо з усіх наявних каналів жоден не відповідає, то вузол посилає повідомлення про початок пошуку маршруту, і одночасно пересилає відповідь по збій ініціатору передачі. Таким чином можна виділити два типи збою роботи: через недоступність вузла, і через недоступність сусідів. Ініціатор передачі в обох випадках переводить даний вузол на самий низький пріоритет, при повторному збої через відсутність відповіді вузол викреслюється із таблиці і замість нього розсилається повідомлення про вихід вузла із мережі. Значення цільової функції $L_{p_нов}$, а також співвідношення потужностей передачі і прийому

$$D_p = \frac{P_{прд}}{P_{прм}}$$

порівнюється з наявним в пам'яті попереднім і тим самим робиться прогноз стабільності маршруту:

$$L' = \frac{L_{p_нов}}{L_{p_стар}} \quad D'_p = \frac{D_{p_нов}}{D_{p_стар}}$$

Якщо ці величини ростуть порівняно із альтернативними маршрутами і загальні значення цих величин для двох альтернативних маршрутів сумірні, то вищий пріоритет повинен отримати маршрут із меншим значенням L' , D' . Це дозволить передбачити і відпрацювати незначні повільні зміни в мережі. Якщо вузол покидає мережу цілеспрямовано – розсилається пакет виходу. Він містить лише номер вузла і маркер. Кожен вузол, у таблиці якого даний вузол присутній – викреслює його із таблиці маршрутів і при відсутності альтернатив запускає пошук нового маршруту. Якщо вузол отримує повідомлення виходу з власною адресою, це означає, що інший вузол визнав його неактивним. Отже при потребі зв'язатись він веде себе аналогічно як і при першому вході в мережу, тобто починає розсилати пакети ідентифікації. У цьому випадку будуть відпрацьовані значні (швидкі) зміни в мережі.

Алгоритм роботи вузла

Сам вузол можна розділити умовно на дві великі частини – блок формування і блок розпізнавання пакетів. Блок формування виконуючи команди процесора вузла утворює пакети відповідного типу згідно таблиць. Блок розпізнавання пакетів генерує відповідні команди для процесора вузла про стан і роботу мережі, а також керує буфером вихідних даних. При отриманні повідомлення в першу чергу перевіряється тип пакета, тобто ви-

значається його маркер. Потім відповідно своєму маркеру він ставиться в чергу на обробку за останнім із таким же маркером.

Під час роботи мережа використовує наступні типи пакетів:

- HELLO – пакет власної ідентифікації вузла.
- RREQ – пакет запиту на створення маршруту.
- ARREQ- пакет запиту на створення зворотного маршруту.
- CREQ - пакет запиту на здійснення зв'язку.
- ACREQ – пакет підтвердження здійснення зв'язку.
- LOST – пакет повідомлення про вихід вузла з мережі.
- DSENT – пакет передачі даних.

Якщо прийнято пакет HELLO то у відповідь відправляється аналогічне повідомлення, а адреса вузла доповнюється в таблицю. Одночасно якщо даний вузол має кращі характеристики ніж найгірший з наявних сусідів в таблицю дописується значення переданої потужності, цільовий коефіцієнт вузла і номер каналу для багатоканальних систем. Якщо іншого HELLO з даною адресою не надходить, то мінімальною потужністю вважається та, на якій востаннє був здійснений зв'язок. У випадку отримання пакету RREQ то вузол перевіряє пакет на відповідність адреси призначення власній, якщо вони співпадають, то відправляється пакет ARREQ який аналогічний за будовою і пріоритетом пакету RREQ, але містить інший маркер. Цей пакет слугує для формування зворотного маршруту передачі даних. В іншому випадку визначається ціна маршруту і змінюється значення цільової функції. Також зберігаються рівень потужності на якій ведеться передача. З таблиці виписуються значення адрес проміжних вузлів, і якщо значення цільової функції менше ніж зазначене в таблиці маршрутів до них даного вузла, то вони замінюються. Цей механізм має назву не прямі побудови маршрутів. При подальшій передачі він дописує в таблицю свій номер. Аналогічно обробляється пакет ARREQ за винятком того, що при співпадінні адрес не генерується пакет-відповідь. При отриманні пакету CREQ вузол перевіряє передану адресу на відповідність власній. У випадку співпадіння пересилається відповідь із зміненним контрольним значенням. Обробка пакета ACREQ, аналогічна обробці CREQ за винятком того, що контрольне значення порівнюється із запам'ятованим. Якщо отримано пакет LOST, то в першу чергу адреса звіряється з власною. Якщо вони співпадають, то запускається пакет HELLO, в іншому випадку пакет розсилається по всіх доступних вузлах ширококомовно, а з власних таблиць ця адреса викреслюється. При отриманні пакету DSENT також проводиться перевірка належності пакета. Якщо даний вузол не є адресатом, то перевіряється кількість пройдених ретрансляцій. Якщо воно не перевищує граничної, то вузол визначає по власній таблиці канал куди потрібно передати дані, і номер вузла з яким він по даному каналу буде зв'язуватись. Формується пакет CREQ з номером передбачуваного проміжного вузла. Після відправ-

ки CREQ запускається таймер якщо протягом заданого інтервалу не приходить пакет ACREQ то CREQ формується і відправляється повторно. Якщо і в цьому випадку відповідь не буде отримано, то відбувається пониження пріоритету даного вузла по даному маршруту, і перехід до наступного вузла в списку, і одночасно формується пакет LOST із адресою не досяжного вузла. В випадку, якщо ACREQ приходить в необхідний інтервал, то генерується сигнал, що дозволяє подальшу пересилку DSENT.

Висновки

Запропоновано алгоритм маршрутизації в бездротових мережах. Розроблений алгоритм передбачає резервування маршрутів і їх зміну відповідно до ситуації, яка в конкретний момент склалась, з метою забезпечення доставки повідомлення до адресата і генерації при цьому мінімального об'єму додаткових даних.

Література

1. Anelise Munaretto A Link-state QoS Routing Protocol for Ad Hoc Networks / Anelise Munaretto Hakim Badis Khaldoun A Agha Guy Pujolle// IEEE Network, Vol 13, No. 2, March/April 2002.
2. Li Xiao Minimum User-perceived Interference Routing in Service Composition /Li Xiao, Klara Nahrstedt //Proceedings of the International Conf. on World Wide Web, 2004
3. Alain Abinakhoul. Least Interference Routing for Wireless Ad-hoc Networks /Alain Abinakhoul Loutfi Nuaymi.
4. Vikas Kawadia Power control and clustering in ad hoc networks /Vikas Kawadia, Kumar P.R// INFOCOM 2003, 30 March-3 April 2003

Правда В.І., Грень М.О. Критерії якості маршрутів для алгоритму маршрутизації в mesh мережі з зменшенням інтерференції. У роботі представлено розробку системи оцінок маршрутів передачі інформації в mesh мережі, а також алгоритм маршрутизації що використовує данні оцінки. Використання даного алгоритму дозволяє знизити інтерференцію в мережі і споживану потужність. Забезпечує стійкість до змін в мережі.

Ключові слова: mesh мережі, інтерференція, енергозбереження.

Правда В.І., Грень М.О. Критерии качества маршрутов для алгоритма маршрутизации в mesh сети с уменьшением интерференции. В работе представлена разработка системы оценок маршрутов передачи информации в mesh сети, а также алгоритм маршрутизации использующий данные оценки. Использование данного алгоритма позволяет снизить интерференцию в сети и потребляемую мощность. Обеспечивает устойчивость к изменениям в сети.

Ключевые слова: mesh сети, интерференция, энергосбережение

Pravda V.I., Gren M.O. Criteria as a route to the routing algorithm in mesh networks with reduced interference. The paper presents the development assessment system tracks predicted information in the mesh network and routing algorithm that uses data evaluation. Using this algorithm reduces the interference in the network and power consumption. Provides resistance to changes in the network.

Keywords: mesh network, interference, conservation of energy.