

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗПОДІЛУ ЧАСТОТНИХ КАНАЛІВ В БАГАТОКАНАЛЬНИХ MESH-МЕРЕЖАХ

Гаркуша С.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки
61166, Харків, пр. Леніна, 14, каф. телекомунікаційних систем, тел. (057) 702-55-92,
E-mail: sv.garkusha@mail.ru

Examined the existing methods of distribution the frequency channels in the multichannel mesh-networking standard, IEEE 802.11. The requirements for the structure and content of a mathematical model the frequency distribution of channels in a mesh-networks.

Вступ

Поява економічно ефективних безпроводових mesh-мереж (Wireless Mesh Networks, WMNs), на основі технології IEEE 802.11, істотно змінила процес організації безпроводових мереж доступу. На сьогоднішній день вже існують достатні докази того, що поточна модель доступу користувачів з використанням інфраструктури в режимі IEEE 802.11 добре підходить для мереж, що розгортаються в домашніх умовах і в межах невеликих підприємств. Дані мережі охоплюють обмежену територію з невеликим числом користувачів. Також зазначена модель підходить для мереж з високою щільністю точок доступу (Access Point, AP), які призначені для зв'язку користувачів на великій території. Транспортна мережна архітектура mesh-мереж має низку переваг, до яких слід віднести: надійність, масштабованість, рентабельність і простоту в розгортанні. Проте використання на рівні доступу до середовища (Media Access Control, MAC) протоколу IEEE 802.11 одноканального режиму, в більшості випадків призводить до обмеження пропускної спроможності мережі.

Найчастіше безпроводові mesh-мережі складаються із станцій, що мають у своєму складі по одному радіоінтерфейсу (PI). Це призводить до того, що такі mesh-мережі не мають можливості ефективно масштабуватися, з метою збільшення доступної пропускної спроможності. Додатки до стандарту IEEE 802.11s дозволяють використовувати на кожній mesh-станції, як одного, так і декількох PI. При цьому кожен з PI може бути налаштований на окремий частотний канал (ЧК), утворюючи при цьому багатоканальний режим роботи. Наявність декількох PI і відповідний розподіл ЧК між ними дозволяє знизити рівень інтерференції, яка призводить до значного уповільнення роботи з'єднання або навіть його відмови, збільшує пропускну здатність мережі, знижує затримки при передачі пакетів і ймовірність їх втрати. Зауважимо, що в стандарті IEEE 802.11s не визначено жодних алгоритмів розподілу ЧК між PI mesh-станцій, що робить неможливим роботу mesh-мережі в багатоканальному режимі.

У зв'язку з цим актуальною є задача, пов'язана з вибором або розробкою моделей і методів розподілу ЧК між PI станцій в багатоканальних mesh-мережах стандарту IEEE 802.11. Метою дослідження є забезпечення багатоканального режиму роботи і забезпечення необхідного рівня продуктивності безпроводової mesh-мережі за наявності декількох PI на кожній з mesh-станцій мережі, а також при використанні доступного числа ЧК, що не перекриваються, для окремо взятої технології безпроводового зв'язку.

Класифікація методів розподілу частотних каналів в багатоканальних mesh-мережах стандарту IEEE 802.11

В даний час ведеться ряд досліджень, спрямованих на розробку методів розподілу ЧК в багатоканальних mesh-мережах. Вибір методу розподілу ЧК в багатоканальній mesh-мережі доцільно проводити виходячи з поставлених завдань. Необхідно зауважити, що всі відомі методи збігаються за певними ознаками, в результаті чого необхідно провести їх класифікацію. Дана класифікація проводиться з метою вибору найбільш ефективного методу розподілу ЧК в багатоканальних mesh-мережах (рис. 1).

По виду розглядаємої топології всю множину методів розподілу ЧК можна розділити на методи, які використовують деревоподібну топологію мережі, і методи, що

розбивають мережу на кластери. У методах, що використовують деревоподібну топологію мережі (наприклад [1]), кожна mesh-станція може працювати в двох режимах: «батьківської» станції і «дочірньої» станції. Станція є «батьківською», якщо вона розташована в ієрархії дерева на один рівень вище від «дочірньої» станції і відповідає за призначення ЧК між своїми «дочірніми» станціями. «Дочірня» станція може бути підключена до однієї «батьківської» станції. У методах, що розбивають всю множину станцій на кластери [2], в рамках кожного кластера виділяється керуюча станція - лідер, яка і відповідає за розподіл ЧК всередині кластера. Таким чином, в рамках кластера всі станції за винятком лідера рівноправні.

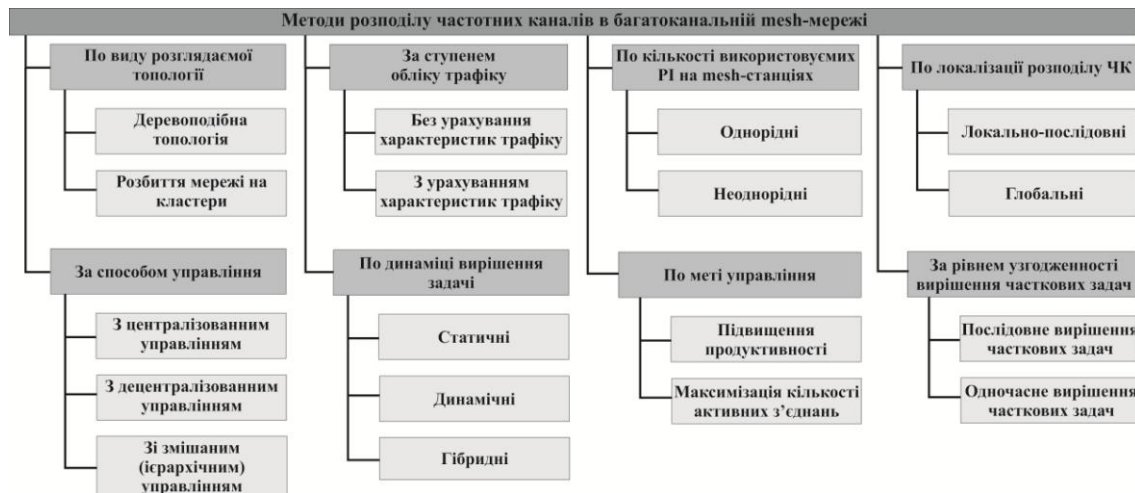


Рис. 1. Класифікація методів розподілу частотних каналів в багатоканальних mesh-мережах

Також всю множину методів по розподілу ЧК можна класифікувати за ступенем обліку трафіку, що циркулює в mesh-мережі. Розрізняють методи, які забезпечують розподіл ЧК з урахуванням характеристик трафіку, що передається в мережі [3], а також методи, в рамках яких подібний облік не проводиться [2, 4].

Крім цього, методи можна класифікувати по кількості використовуваних РІ на станціях безпроводової mesh-мережі. Можна виділити методи розподілу ЧК в однорідних mesh-мережах [2, 4], коли кількість РІ на всіх mesh-станціях мережі однакова. Також виділяються методи, які використовуються для неоднорідних mesh-мереж [2], коли кількість РІ на різних mesh-станціях мережі може відрізнитися.

Методи розподілу ЧК можна також класифікувати за способом управління. При цьому можна виділити методи з централізованим управлінням [5], при якому весь контроль за розподілом ЧК виконується єдиною станцією. Також виділяються методи з децентралізованим управлінням [1, 2, 4], коли кожна станція може приймати рішення про призначення ЧК на свої РІ самостійно. Крім того, виділяються методи зі змішаним (ієрархічним) управлінням, в яких за призначення ЧК можуть відповідати кілька станцій мережі, наприклад, всі лідери кластерів, а їх робота координується mesh-станцією - лідером мережі [2].

Методи розподілу ЧК в багатоканальній мережі можна також розділити по динаміці вирішення задачі розподілу ЧК. При цьому виділяються методи статичного розподілу ЧК [1, 2, 4, 5], коли призначення ЧК здійснюється одноразово, як правило, на етапі проектування mesh-мережі, або перепризначення ЧК на РІ відбувається досить рідко. Також виділяються методи динамічного розподілу ЧК [6], коли канали перерозподіляються в реальному часі - за вимогою або періодично. Необхідно також виділити гібридні методи [7], коли частина ЧК переключасться з певним періодом, а частина ЧК переключасться за вимогою.

Методи розподілу ЧК можна класифікувати по меті управління. При цьому виділяються методи, орієнтовані на максимізацію кількості активних двонаправлених з'єднань між станціями mesh-мережі [4]. Також існують методи, що виконують розподіл ЧК з метою підвищення продуктивності безпроводової mesh-мережі в цілому [2, 3]. У ході розподілу ЧК можуть використовуватися й інші критерії.

Крім того, проаналізовані методи можна класифікувати по локалізації розподілу ЧК. При цьому можна виділити локально-послідовні методи, що знаходять рішення з розподілу ЧК послідовно для кожної окремо взятої станції або групи станцій mesh-мережі [1, 3-5]. Також виділяються так звані глобальні методи [2], які знаходять рішення з розподілу ЧК між усіма mesh-станціями мережі в цілому.

Нарешті, всю множину проаналізованих методів можна класифікувати за рівнем узгодженості вирішення часткових задач розподілу ЧК. При цьому в ролі часткових можуть виступати наступні задачі [2, 5]:

- 1) розбиття mesh-мережі на кластери;
- 2) розподіл РІ mesh-станцій між кластерами;
- 3) закріплення ЧК за кожним з РІ mesh-станцій.

При цьому виділяються методи, в яких загальна задача розподілу ЧК вирішується шляхом послідовного вирішення окремих задач [5]. Також можна виділити методи, в рамках яких задача розподілу ЧК вирішується в цілому, забезпечуючи одночасне і максимально узгоджене вирішення часткових задач [2].

Наведена класифікація (рис. 1) дозволила констатувати наявність достатньо широкого спектру підходів до постановки та вирішення задачі розподілу ЧК в багатоканальних mesh-мережах стандарту IEEE 802.11. Важливо розуміти, що ефективність того чи іншого методу багато в чому визначається покладеною в його основу математичною моделлю, яка максимально адекватно описує процес розподілу ЧК. Відповідно до проведеного огляду, в якості основних можна сформулювати наступні вимоги до структури та змісту математичної моделі розподілу ЧК в mesh-мережах, що доповнюють перелік вимог, наведених у роботі [2]:

- інваріантність розглядаємої топології mesh-мережі;
- орієнтація переважно на динамічний характер рішення задачі розподілу ЧК;
- облік типу і характеру циркулюючого в mesh-мережі трафіку;
- облік неоднорідності сучасних mesh-мереж за рахунок використання обладнання різних модифікацій, серій і підприємств-виробників;
- орієнтація на максимізацію продуктивності mesh-мережі в цілому;
- забезпечення узгодженого рішення задачі розподілу ЧК одночасно для всіх станцій mesh-мережі.

Крім того, важливо розуміти, що чим більше особливостей і закономірностей у побудові і функціонуванні mesh-мережі опише математична модель, тим ефективнішим буде технологічне рішення, спрямоване на вирішення задачі розподілу ЧК. «Недоліки» в математичному описі, як правило, супроводжуються ускладненням відповідного протоколу. Наприклад, якщо в рамках математичної моделі та методу при вирішенні задачі розподілу ЧК не запобігти виникненню ефекту «прихованої станції», то для боротьби з цим явищем потрібно буде залучати додаткові витрати, але вже технологічного рівня - CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance) і RTS/CTS (Request To Send / Clear To Send), що основані на таймерах і тимчасових відмовах від передачі, та супроводжуються зниженням продуктивності mesh-мережі в цілому.

Тому використовуєма модель повинна забезпечувати [2]:

- узгоджене вирішення задач кластеризації, виділення РІ на mesh-станціях і закріплення за ними ЧК, що не перекриваються;
- облік технологічних особливостей мережі, які визначають дальність зв'язку, інтенсивність надходження в мережу абонентського трафіку, кількість використовуваних ЧК, що не перекриваються, тощо;
- запобігання виникнення ефекту «прихованої станції»;

- облік територіальної віддаленості mesh-станцій, їх активності, потужності, кількості підтримуємих mesh-станцією РІ і т.д.

Вищенаведеним вимогам найбільш повно відповідає модель розподілу ЧК, представлена в роботі [2]. Однак трьохіндексний характер моделі визначає високу розмірність задачі з розподілу ЧК в mesh-мережі, вирішення якої необхідно забезпечувати в реальному часі. Тому актуальною є задача, пов'язана з модифікацією раніше відомої моделі з метою зниження її розмірності і очікуваним підвищенням масштабованості технологічних рішень щодо розподілу ЧК в багатоканальній mesh-мережі.

Висновки

Однією з основних задач у багатоканальних mesh-мережах є задача розподілу частотних каналів між радіоінтерфейсами mesh-станцій. У зв'язку з цим проаналізовані існуючі методи розподілу частотних каналів в багатоканальних mesh-мережах і наведена їх класифікація. При цьому встановлено, що методи розподілу частотних каналів в багатоканальних mesh-мережах можна класифікувати: по виду розглядаємої топології, за ступенем обліку трафіку, за кількістю радіоінтерфейсів на mesh-станціях, за способом управління, за динамікою вирішення задачі розподілу частотних каналів, по цілі управління, за локалізацією розподілу частотних каналів, за рівнем узгодженості вирішення часткових задач розподілу частотних каналів. Також, в результаті аналізу відомих рішень встановлено, що практично всі з них використовують в якості основи деякі евристики.

Література:

1. Raniwala A., Tzi-cker Chiueh. Architecture and algorithms for an IEEE 802.11-based multi-channel wireless mesh network // Proc. of INFOCOM. – 2005. – Vol.3. – P. 2223-2234.
2. Лемешко А.В., Гоголева М.А. Модель структурной самоорганизации многоканальной mesh-сети стандарта IEEE 802.11 [Электронный ресурс] // Проблемы телекоммуникаций. – 2010. – № 1 (1). – С. 83–95. – Режим доступа к журн.: http://pt.journal.kh.ua/2010/1/1/101_lemeshko_mesh.pdf.
3. Naveed A., Salil S. Kanhere, Sanjay K. Jha. Topology Control and Channel Assignment in Multi-radio Multi-channel Wireless Mesh Networks // Proc. of MASS. – 2007. – P. 1-9.
4. Das A.K, Alazemi H.M.K., Vijayakumar R., Roy S., Optimization models for fixed channel assignment in wireless mesh networks with multiple radios // IEEE SECON. – 2005. – P. 463–474.
5. Raniwala A., Gopalan K., Chiueh T. Centralized channel assignment and routing algorithms for multi-channel wireless mesh networks // ACM Mobile Computing and Communications Review. – 2004. – Vol.8. – P. 50–65.
6. Bahl P., Chandra R., Dunagan J. SSCH: Slotted Seeded Channel Hopping for Capacity Improvement in IEEE 802.11 Ad-Hoc Wireless Networks // Proc of ACM Mobicom. – 2004. – P. 216–230.
7. Kyasanut P., Vaidya N. Routing and Link-layer Protocols for Multi-Channel Multi-Interface Ad Hoc Wireless Networks // Mobile Comp. and Commun. Rev. – 2006. – Vol.10, No.1. – P. 31–43.