

НЕОБХІДНІСТЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПРАВЕДЛИВОСТІ ЕФІРНОГО ЧАСУ ДЛЯ БАГАТОШВИДКІСНИХ МЕРЕЖ IEEE 802.11

Токар Л.О., Греков І.С., Колтаков О.А.

Кафедра «Інфокомунікаційної інженерії»
ім. В.В. Поповського», ХНУРЕ, Україна

E-mail: d_ts@nure.ua

Abstract

It is considered that with the simultaneous operation of two or more wireless users, which differ in speed performance, the phenomena of air monopolization appear, which is reflected in the imperfection of the built-in mechanisms of the IEEE 802.11 standard and the distribution of air time. Today's relevance of this issue raises one of the critical problems for wireless performance, which is expressed in the monopolization of airtime by slow users. It is shown that the tasks of increasing the efficiency and equitable distribution of channel resources between competing nodes are solved at different levels of the network. Methods and ways of fair distribution of airtime in multi-rate wireless networks based on both the use of algorithms and mechanisms for accessing the air and hardware implementations have been analyzed.

Більшість комерційних організацій налаштовані на впровадження безпроводових високошвидкісних мереж. До переваг безпроводових технологій Wi-Fi слід віднести простоту розгортання й згортання мережі. Важливим моментом є можливість легкого підключення до мережі абонентських пристроїв при забезпеченні безпеки передачі даних та без обмежень пересування користувача в зоні дії мережі. В якості основних недоліків можна виділити проблеми, які успішно долаються апаратними та програмними засобами: проблеми, пов'язані з поширенням сигналу, нестабільним й нелінійним загасанням, інтерференцією, завадами, шумами, обмеженнями по потужності й по ширині смуги каналу.

Однак, крім очевидних переваг, спостерігаються менш очевидні проблеми. Слід виділити ряд питань, що стосуються недосконалості самих технологій, великої кількості різноманітних пристроїв, постійній наявності в спільному ефірі пристроїв різних поколінь, які сумісні тільки частково й т. і.

Незважаючи на ключові особливості та переваги, сімейство технологій Wi-Fi має кілька суттєвих для роботи системи недоліків, які за певних умов є критичними. Причинами появи недоліків можуть бути як фізичні особливості радіоефіру, так й недосконалість технології стандарту IEEE 802.11.

Явище монополізації ефіру при одночасній роботі двох або більше безпроводових користувачів, які досить диференційовані за швидкісними показниками роботи в ефірі, пов'язане з недосконалістю роботи вбудованих механізмів й розподілом ефірного часу в стандарті. Стандарт IEEE 802.11ас не було розраховано на роботу в умовах сильної диференціації призначених для користувача пристроїв. Механізм розподілу доступу CSMA / CA, який закладено в технології, базується на принципі поділу доступу до ефіру за обсягом переданих даних. Якщо врахувати, що абонентські пристрої працюють на близьких один до одного швидкостях, то розподіл ефірного часу можна вважати справедливим. Але, при підключенні до мережі пристроїв з дуже низькою швидкістю, на відміну від інших пристроїв, повільний пристрій монополізує ефірний час, зменшуючи як пропускну здатність окремо взятого пристрою, так і мережі взагалі.

Характерною особливістю безпроводового зв'язку з великою кількістю кінцевих пристроїв є спільне використання однієї й тієї ж смуги для незалежної передачі інформації. Єдиним методом

поділу інформаційних потоків є часовий розподіл, тобто незалежна передача даних кожного з користувачів, що працюють на загальній частоті, можлива тільки при передачі даних по черзі, за умови вільного радіоефіру.

З огляду на те, що в безпроводовій мережі стани каналів й вузлів можуть відрізнятися, мережа Wi-Fi працює з декількома можливими швидкостями передачі даних. Добре відомо, що використання декількох швидкостей передачі даних забезпечує індивідуальну справедливість; проте це викликає аномалії продуктивності Wi-Fi, коли продуктивність вузла, який використовує більш високу швидкість передачі даних, може бути знижена до продуктивності іншого вузла, що використовує більш низьку швидкість передачі даних. Крім того, слід врахувати ймовірність того, що претендувати на ефірний час будуть пристрої різних поколінь, які мають різне співвідношення сигнал / шум, що використовують різні методи модуляції, кодування й т. і., Отже, працюють на своїй каналній швидкості, яку неможливо передбачити або спрогнозувати заздалегідь.

Таким чином, створюється ситуація, коли на ефірний час одночасно претендують пристрої з різними каналними швидкостями. Стандарт 802.11ac забезпечує доступ користувачів до мережі, ґрунтуючись на кількості переданої в мережу інформації, що породжує проблему монополізації ефірного часу більш повільними користувачами. Відповідно до стандарту, кількість інформації, переданої користувачем - однакова. Таким чином, виникає проблема рівності швидкостей передачі даних для всіх користувачів мережі, незалежно від їх каналної швидкості (рис. 1).

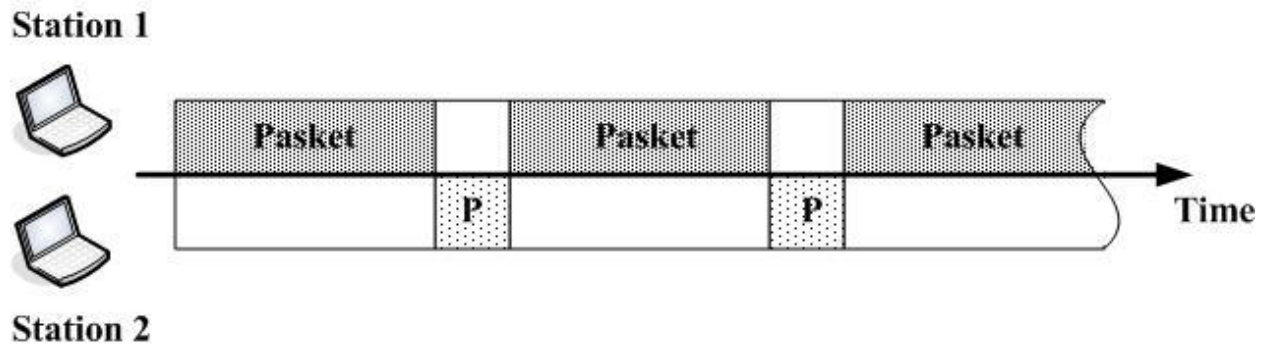


Рис. 1. Діаграма розподілу ефірного часу між користувачами

Справедливість ефірного часу, або справедливість на основі часу, добре відома як метод вирішення аномалій продуктивності Wi-Fi та забезпечення балансу, пов'язаного з ефективністю використання спектра в багатошвидкісних безпроводових мережах.

Завдання підвищення ефективності та справедливого розподілу ресурсів каналу між конкуруючими вузлами вирішуються на різних рівнях. Так, в [1] запропоновано використовувати додаткові розширення до механізму CSMA / ECA: Hysteresis та Fair Share, що забезпечить підтримку великої кількості користувачів для зменшення колізій. В деякій мірі ці алгоритми можуть поліпшити пропускну здатність системи й короткострокове справедливе використання каналу.

Питання розробки управління доступом до середовища передачі (MAC), пов'язані з тим, що висока колізія часто викликається механізмом двійкової експоненційної затримки (БЕВ) в застарілих стандартах IEEE 802.11, а загальний канал може надмірно використовуватися вузлами з низькою швидкістю передачі розглянуті в [2].

У сценаріях з високою щільністю запропоновано застосовувати алгоритми диференційованого резервування (DR та GDR) для зменшення колізій між конкуруючими вузлами, встановлюючи свій лічильник відстрочки передачі з детермінованим значенням після успішного доступу до каналу.

В [3] реалізовано переносний планувальник розподілу ефірного часу, який працює на будь-якому Wi-Fi пристрої на базі Linux. Схоже рішення [4] дозволяє на порядок скоротити час

очікування під навантаженням, значно підвищити пропускну здатність кількох станцій і майже ідеально збалансувати ефірний час як для TCP, так й для низхідного трафіку UDP. Розроблено схему організації черг, яка усуває надмірну буферну ємність в безпроводовій мережі.

Практичний метод оцінки справедливості ефірного часу, що запропоновано в [5], дозволяє побічно оцінити справедливість ефірного часу за допомогою вимірювання пропускну здатності. Розкрито поняття відповідального ефірного часу, який охоплює не тільки час передачі даних в сегменті TCP АСК в TCP-трафіку.

В [6] запропоновано розподілений алгоритм розподілу ефірного часу, заснований на ідеї декомпозиції, для користувачів мобільних соціальних мереж (MSN). Сутність даного алгоритму полягає у виборі користувача з великим бюджетом енергії, низькою чутливістю до споживання енергії й високою швидкістю поширення, що знаходиться в центрі групи. Для моделювання цього завдання розглядається теоретико-ігровий підхід та сформульована проблема торгу Неша.

Для більш глибокого розуміння принципів роботи механізму справедливого доступу до ефіру доцільно детально розглянути існуючі й доступні механізми оптимізації використання радіоефіру розрізненими користувачькими пристроями.

Розглянемо одну з реалізацій контролю доступу в стандарті IEEE 802.11 канального рівня (MAC) [7]. Особливістю MAC-рівня стандарту IEEE 802.11 є механізм CSMA / CA та його найважливіший алгоритм RTS / CTS, який і забезпечує можливість почергової передачі даних. Даний механізм множинного доступу з контролем носія забезпечує випадкову послідовну передачу даних в безпроводовій мережі.

Значним недоліком стандарту 802.11 є відсутність механізмів пріоритетного доступу до середовища, тобто початкова специфікація стандарту не була розрахована на виконання вимог QoS. Всі користувачі безпроводової мережі мали рівні права як на доступ до ефіру, так й на використання ефірного часу.

Алгоритм роботи механізму CSMA / CA можна представити таким чином: будь-який пристрій при передачі виконує прослуховування ефіру на наявність завади у вигляді передачі інформації іншим пристроєм. Якщо ефір протягом певного часу вільний, користувач починає обмін даними.

Всі пристрої, які також працюють в мережі, чекають завершення поточної передачі, витримують паузу, а потім, за умови вільного ефіру, починають передачу даних. При цьому рівноправні пристрою за умови вільного ефіру мають рівні права й рівну ймовірність почати передачу даних наступним, але все ж існує ймовірність колізії, коли два пристрої починають одночасну передачу.

Доповненням до стандарту IEEE 802.11e став механізм розширеного розподіленого доступу до каналу (EDCA) [8, 9]. Механізм EDCA дотримується принципу "нав'язливо важливий", але вводить контрольовану несправедливість з метою забезпечення переваги доступу в ефір для деяких пріоритетних типів трафіку. По суті, це виражається в обов'язковому мінімальному часі очікування перед початком передачі, а набір випадкових значень затримок передачі для деяких типів трафіку має менше значення. Використовуючи значення поля ToS або DSCP, механізм EDCA розподіляє весь існуючий трафік на кілька основних типів. Так, трафік, класифікований як голосовий, має менше значення часу затримки перед початком передачі, ніж трафік, класифікований як відео. Він очікує менше часу, ніж трафік, що класифікований по категорії "Best-effort", який, в свою чергу, очікує менше часу, ніж трафік, що класифіковано як "інший".

Таким чином, деякі типи трафіку мають пріоритетність за рахунок більш раннього отримання дозволу на початок передачі. Відповідно всі інші пристрої або менш пріоритетний трафік змушений чекати закінчення передачі більш пріоритетного трафіку. Цей метод дозволяє з більшою ймовірністю виконувати вимоги якості обслуговування, але зовсім не вирішує проблеми пристроїв, диференційованих по каналній швидкості.

Розглянуто, що при одночасній роботі двох або більше безпроводових користувачів, які відрізняються за швидкісними показниками роботи, виникають явища монополізації ефіру, що виражається в недосконалості роботи вбудованих механізмів стандарту IEEE 802.11 та розподілі ефірного часу.

Показано, що завдання підвищення ефективності й справедливого розподілу ресурсів каналу між конкуруючими вузлами вирішуються на різних рівнях.

Проаналізовано методи та способи справедливого розподілу ефірного часу в багатошвидкісних безпроводових мережах, що засновані, як на використанні алгоритмів й механізмів доступу до ефіру, так й на апаратних реалізаціях.

Література:

1. *Luis Sanabria-Russo, Jaume Barcelo, Boris Bellalta, Francesco Gringoli* A High Efficiency MAC Protocol for WLANs: Providing Fairness in Dense Scenarios. *IEEE/ACM Transactions on Networking* // 2017, vol. 25, no.1, PP. 492-505.
2. *Jianjun Lei, Jiarui Tao, Jun Huang and Ying Xia* A Differentiated Reservation MAC Protocol for Achieving Fairness and Efficiency in Multi-rate IEEE 802.11 WLANs // 2019, vol. 7, PP. 12133 - 12145, doi:10.1109/ACCESS.2019.2892760.
3. *Fang Y., Doray B., Issa O.* A Practical Air Time Control Strategy for Wi-Fi in Diverse Environment. In *Proceedings of the 2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW)* // 2017, San Francisco, CA, USA,. doi:10.1109/wcncw.2017.7919116 PP. 1-6.
4. *T. Hoiland-Jorgensen, M. Kazior, D Toht, Per Hurtig and Anna Brunstrom* Ending the Anomaly: Achieving Low Latency and Airtime Fairness in WiFi // 2017, *USENIX Annual Technical Conference*, Santa Clara, CA, USA, PP. 139-151.
5. *Yu S. Il, Chang Yun Park* Responsible Airtime Approach for True Time-Based Fairness in Multi-Rate WiFi Networks // 2018, *Sensors*, 18(11), doi:10.3390/s18113658, PP. 1-19.
6. *Zhifei Mao, Yuming Jiang, Xiaoqiang Di, Yordanos Woldeyohannes* Joint Head Selection and Airtime Allocation for Data Dissemination in Mobile Social Networks // 2018, *Computer Networks*, vol. 166, doi.org/10.1016/j.comnet.2019.106990, PP. 1-15.
7. *Hoda Ayatollahi, Cristiano Tapparello, Wendi Heinzelman* MAC-LEAP: Multi-Antenna, Cross Layer, Energy Adaptive Protocol. *Ad Hoc Networks* // 2018, vol. 83, PP. 91-110, doi.org/10.1016/j.adhoc.2018.09.005.
8. *Jian Wang, Ping Lang, Jianqi Zhu, Weiwen Deng, Shaoqing Xu* Application-Value-Awareness Cross-Layer MAC Cooperative Game for Vehicular Networks // 2018, *Vehicular Communications*, vol. 13, PP. 27-37, doi.org/10.1016/j.vehcom.2018.04.001.
9. *Yacine Harkat, Abderrahmane Amrouche, El-Sedik Lamini Mohand, Tahar Kechadid* Modeling and Performance Analysis of the IEEE 802.11p EDCA Mechanism for VANET Under Saturation Traffic Conditions and Error-Prone Channel // 2019, *International Journal of Electronics and Communications (AEU)*, vol. 101, PP. 33-43, doi.org/10.1016/j.aeue.2019.01.014.