

Застосування концепції віртуального конкурентного вікна для визначення якісних показників безпроводової мережі стандарту 802.11

Інь Ченлян^f, ORCID [0000-0001-8056-9384](https://orcid.org/0000-0001-8056-9384)

e-mail 254771778@qq.com

Лазебний^s В. С., доц. к.т.н., ORCID [0000-0002-5702-2775](https://orcid.org/0000-0002-5702-2775)

e-mail volodsl54@gmail.com

Факультет електроніки

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Київ, Україна

Анотація—У статті наведено результати застосування концепції віртуального конкурентного вікна для визначення таких якісних показників як пропускна здатність безпроводової мережі Wi-Fi, затримка передавання пакету даних через безпроводовий канал, ймовірність втрати пакету даних, джітер. Практичні розрахунки зроблено для мережі, що функціонує за специфікацією 802.11a в режимі RST/CST з урахуванням колізій, що мають місце в мережах з великою кількістю активних станцій. У статті розглянуто ідеальну мережу. Тобто таку, для якої знехтували впливом завад та перешкод, що мають місце в реальній безпроводовій мережі.

Бібл. 4, рис 5.

Ключові слова — безпроводова мережа; віртуальне конкурентне вікно; колізія; конкурентний доступ; корисне навантаження; пропускна здатність; режим RST/CST.

I. Вступ

Найбільш відомим підходом до визначення ймовірнісних характеристик процесу функціонування безпроводової мережі є підхід запропонований в [1]. Цей підхід ґрунтується на дослідженні безпроводової мережі в насиченому режимі і визначенні ймовірнісних показників для мінімального системного часового інтервалу – часового слоту. Проте такий підхід не дозволяє безпосередньо отримати розрахункові співвідношення якісних для мережі з різною кількістю активних станцій.

У роботі [2] авторами було запропоновано розглянути процеси в безпроводовій мережі з насиченим навантаженням як квазістаціонарні процеси. На підґрунті такої пропозиції було уведено параметр, що отримав назву віртуальне конкурентне вікно. У згаданій вище роботі було запропоновано низку розрахункових співвідношень, отриманих із застосуванням певних спрощень та наближень. Зроблені нами дослідження дозволили отримати розрахункові співвідношення, що встановлюють однозначний зв'язок між системними параметрами мережі і стохастичними параметрами процесу функціонування мережі.

Метою досліджень, результати яких подано в цій статті було уточнити розрахункові співвідношення

для визначення параметрів якості безпроводової мережі 802.11 в режимі конкурентного доступу.

В наведених розрахунках не враховано вплив завад та перешкод, що мають місце в реальній безпроводовій мережі.

II. РОЗРАХУНОК ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ СПЕЦИФІКАЦІЇ 802.11A В РЕЖИМІ RST/CST ТА ІНШИХ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ

Технологія конкурентного доступу до каналу є базовою технологією стандарту 802.11 і залишається базовою технологією в специфікаціях 802.11n/ac. Зокрема її застосовують на етапі прослуховування каналу і визначення параметрів каналу для організації передавання сигнальних потоків різним абонентам [3].

Усі розрахункові співвідношення було отримано на підґрунті концепції віртуального конкурентного вікна.

Віртуальне конкурентне вікно V_{CW} – це стохастичний параметр безпроводової мережі стандарту 802.11, який чисельно дорівнює усередненому числу елементарних часових інтервалів (часових слотів), протягом яких лічильник зворотного відліку здійснює відлік інтервалу відстрочки після завершення



передавання попереднього кадру до початку передавання наступного кадру даних.

Ймовірнісні величини, які треба застосувати для розрахунку якісних показників можна визначити із застосуванням формул, наведених в [2, 4].

Ймовірності колізії, для окремої станції за наявності N активних станцій з насиченим навантаженням:

$$p_c = 1 - (1 - p_{c1})^{N-1} \quad (1)$$

де $p_{c1} = 1/CW_{\min}$ – ймовірність колізії з однією з активних станцій безпроводової мережі. CW_{\min} – початкове значення конкурентного вікна (дорівнює 15).

Ймовірність успішного передавання:

$$P_s = (1 - p_c) \sum_{i=1}^R \left(\frac{p_c}{2}\right)^{i-1} = \frac{(1 - p_c)[1 - (p_c/2)^R]}{(1 - p_c/2)}, \quad (2)$$

де R – кількість повторних спроб передати кадр даних.

Кількість колізій за час реалізації віртуального конкурентного вікна:

$$n_c = \frac{N^*}{2} p_c + \frac{N^*}{2} p_c^2 + \frac{N^*}{2} p_c^3 + \dots + \frac{N^*}{2} p_c^m = p_c \cdot \frac{N^* \cdot (1 - p_c^m)}{1 - p_c} \quad (3)$$

де N^* – кількість активних станцій в мережі; $N^*/2$ – кількість пар, між якими може виникнути колізія. Станції, що потрапили в колізію, для наступної спроби збільшують конкурентне вікно, тому кількість станцій N^* , що безпосередньо беруть участь в конкуренції за доступ до каналу менше загального числа активних станцій в мережі N .

Із визначення віртуального конкурентного вікна безпосередньо випливає, що кількість вільних часових слотів дорівнює безпосередньо значенню віртуального конкурентного вікна

$$n_{id} = VCW \quad (4)$$

Наведені вище співвідношення дають можливість врахувати основні процеси, що мають місце в безпроводовій мережі 802.11 під час передавання інформаційних потоків.

Розрахунки зроблено для випадків, коли дані передають із застосуванням протоколів TCP та UDP. Часову діаграму функціонування мережі в режимі RTS/CTS на рис.1 [1].

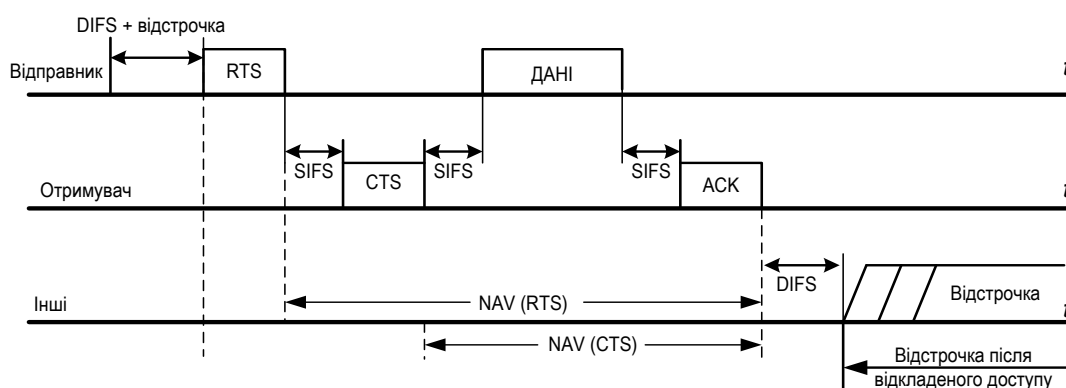


Рис.1 – Діаграма режиму RTS/CTS безпроводової мережі стандарту 802.11a

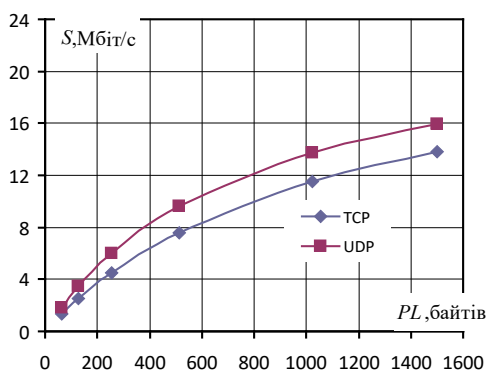


Рис.2 – Максимальна пропускної здатність безпроводової мережі стандарту 802.11a в режимі RTS/CTS

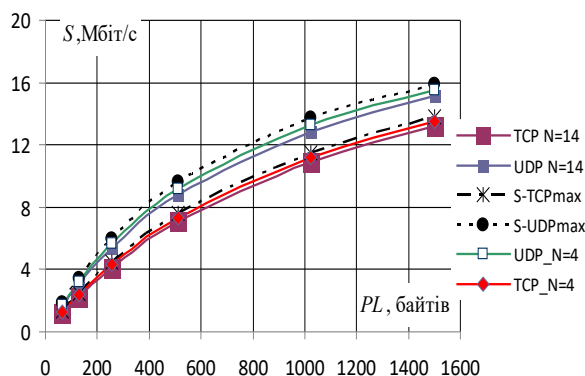


Рис.3 – Пропускна здатність безпроводової мережі стандарту 802.11a в режимі RTS/CTS з урахуванням колізій



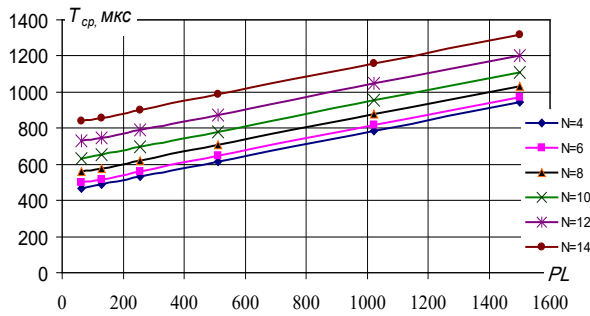


Рис.4 – Залежність середнього часу затримки передавання кадру даних в мережі 802.11a в режимі RTS/CTS

Під час розрахунку враховано витрати часу на передавання заголовків та перевірочних блоків передбачених згаданими протоколами, а також витрати, обумовлені використанням протоколу SNAP. Розрахунок зроблено для кадрів з різним навантаженням, а саме: 64, 128, 256, 512, 1024, 1500 байтів, для мереж, в яких кількість активних станцій змінюється від 2 до 14. Для розрахунку використано параметри функціонування мережі, які передбачено для сигнальної швидкості 24 Мбіт/с (максимальна обов'язкова швидкість специфікації 802.11a).

Результати розрахунків наведено на рис.2 та 3.

Як впливає з графіка, наведеного на рис.2 за ідеальних умов передавання без урахування затримок оброблення сигналу апаратними засобами максимальна пропускна здатність каналу мережі стандарту 802.11a в режимі RTS/CTS може відрізнятись в кілька разів порівняно із заявленою швидкістю 24 Мбіт/с.

Результати розрахунку середньої затримки часу передавання кадру даних та нерівномірність затримки (джитер) наведено на рис. 4 та рис.5.

ВИСНОВКИ

Застосування концепції віртуального конкурентного вікна дозволяє установити чіткий зв'язок між усіма системними параметрами мережі і імовірнісними показниками процесу передавання даних.

Розрахунок пропускної здатності мережі дозволяє обґрунтувати необхідність збільшувати обсяги корисного навантаження в кожному кадрі для збільшення пропускної здатності мережі.

Затримка передавання кадру даних залежно від типу мультимедійної інформації (малі обсяги для голосового трафіка і великі для передавання

Надійшла до редакції 24 квітня 2019 р.

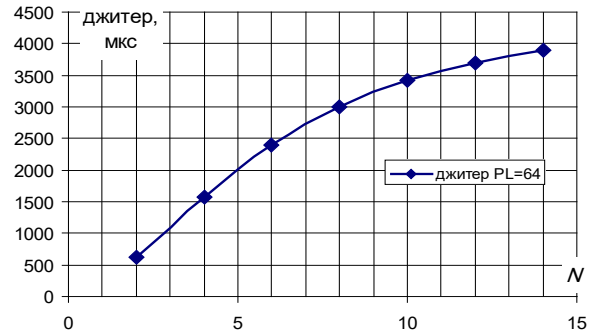


Рис.5 – Графік зміни джитера в мережі з різною кількістю станцій в разі корисного навантаження всіх кадрів 64 байтів

цифрових даних) може змінюватись в дуже широких межах від 450 до 1300 мкс, а джитер від 600 до майже 4000 мкс (на прикладі файлів з корисним навантаженням 64 байтів).

ВНЕСОК АВТОРІВ

Науковим керівником проведених досліджень є Лазебний Володимир Семенович – к.т.н. доцент кафедри звукотехніки та реєстрації інформації, факультету електроніки, Національно-технічного університету України «Київський політехнічний університет ім. Ігоря Сікорського». Автором роботи є аспірант 4го курсу (Інь Ченлянь) тієї ж кафедри.

Науковий та організаційний внесок усіх авторів-учасників досліджень вважати рівноцінним та однаково корисним.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Emerging Technologies in Wireless LANs.Theory, Design, and Deployment. Edited by BENNY BING. Georgia Institute of Technology, Cambridge University Press 2008. 897p.
- [2] A. V. Lazebnyy, V. S. Lazebnyy “The Details of Virtual Contention Window Concept for 802.11 IBSS Wireless Local Area Network Mathematic Modeling”, International Journal of Wireless Communications and Mobile Computing. vol. 1. no. 1. pp. 7-13. DOI: [10.11648/j.wcmc.20130101.12](https://doi.org/10.11648/j.wcmc.20130101.12)
- [3] R. Liao, B. Bellalta, J. Barcelo, V. Valls and M. Oliver. “Performance analysis of IEEE 802.11ac wireless backhaul networks in saturated conditions”, EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, pp. 226, 2013. URL: <http://jwcn.eurasip-journals.com/content/2013/1/226>.
- [4] V. S. Lazebnyi, Ch. Yin “Estimation of probabilistic processes in wireless networks of 802.11 standard”, Microsystems, Electronics and Acoustics, vol. 22, no. 5, pp. 47-53, 2017. DOI: [10.20535/2523-4455.2017.22.5.99947](https://doi.org/10.20535/2523-4455.2017.22.5.99947)

УДК 004.7:654.195.6

Применение концепции виртуального конкурентного окна для определения качественных показателей беспроводной сети стандарта 802.11

Инь Ченлянь^f, ORCID [0000-0001-8056-9384](https://orcid.org/0000-0001-8056-9384)e-mail 254771778@qq.comЛазебный^s В. С., доц. к.т.н., ORCID [0000-0002-5702-2775](https://orcid.org/0000-0002-5702-2775)e-mail volodsl54@gmail.com

Факультет электроники

Национальный технический университет Украины

"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"

Киев, Украина

Аннотация—В статье приведены результаты применения концепции виртуального конкурентного окна для определения таких качественных показателей как пропускная способность беспроводной сети Wi-Fi, задержка передачи пакета данных через беспроводной канал, вероятность потери пакета данных, джиттер. Практические расчеты сделаны для сети, функционирующей по спецификации 802.11a в режиме RST / CST с учетом коллизий, имеющих место в сетях с большим количеством активных станций. В статье рассмотрена идеальная сеть. То есть такая, для которой не учитывают влияние помех и препятствий, которые имеют место в реальной беспроводной сети.

Библ. 4, рис. 5.

Ключевые слова — беспроводная сеть; виртуальное конкурентное окно; коллизия; конкурентный доступ; полезная нагрузка; пропускная способность; режим RST / CST.



Applying the Concept of a Virtual Competitive Window to Determine the Qualitative Performance of a Wireless Network of the 802.11 Standard

Yin Chenlyan^f, ORCID [0000-0001-8056-9384](https://orcid.org/0000-0001-8056-9384)

e-mail 254771778@qq.com

V. S. Lazebnyi^s, PhD Assoc.Prof., ORCID [0000-0002-5702-2775](https://orcid.org/0000-0002-5702-2775)

e-mail volodsl54@gmail.com

Faculty of Electronics

National technical university of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute"

Kyiv, Ukraine

Abstract—The article presents the results of the application of the concept of a virtual competitive window to determine such qualitative indicators as the bandwidth of the wireless network Wi-Fi, delay transmission of the data packet through the wireless channel, the probability of loss of data packet, jitter. Practical calculations was made for a network operating on the 802.11a specification in RST / CST mode, taking into account the collisions occurring on networks with a large number of active stations. The article considers the ideal network. That is, the one that was neglected by the effects of interference and interference occurring in the real wireless network.

The paper examines processes in a wireless network with saturated load as quasi-stationary processes. On the basis of such a concept, the parameter named "Virtual Competitive Window" was introduced. Our research has allowed us to obtain the calculated relations, which establish the unequivocal connection between the system parameters of the network and the stochastic parameters of the network operation process.

The results of the research are useful for improving the settlement ratios for determining the parameters of the quality of the 802.11 wireless network in the mode of competitive access.

The above calculations do not take into account the effects of interference and interference occurring in the real wireless network.

The calculation takes into account the time spent on transmitting the headings and checking blocks provided by the mentioned protocols, as well as the costs associated with the use of the SNAP protocol. The calculation is made for frames with different loads, namely: 64, 128, 256, 512, 1024, 1500 bytes, for networks in which the number of active stations varies from 2 to 14. To calculate the parameters of the network operation, which are provided for signal speed, are used. 24 Mbps (maximum required speed of the 802.11a specification).

The calculations are made for cases where the data is transmitted using the protocols TCP and UDP. Chart of network operation in RTS / CTS mode is presented in the article.

Thus, the results of the research are graphical dependencies for maximum bandwidth of the 802.11a wireless network in RTS / CTS mode, 802.11a wireless network bandwidth in RTS / CTS mode with allowance for collisions, the dependence of the average latency of data transmission on the 802.11a network in RTS / CTS mode and jitter change curve in a network with a different number of stations in the payload mode of all frames of 64 bytes.

Determined that the transmission delay of the data frame depending on the type of multimedia information (small volumes for voice traffic and large for the transmission of digital data) can vary in very wide ranges from 450 to 1300 microseconds, and jitter from 600 to almost 4000 microseconds (for example, files from payload of 64 bytes).

The research is relevant because, under ideal transmission conditions, without taking into account signal processing delays by hardware, the maximum bandwidth of the 802.11a network channel in RTS / CTS mode may vary several times compared to the declared 24 Mbps rate.

Ref. 4, fig. 5.

Keywords — wireless network; virtual contention window; collision; competitive access; payload; bandwidth; RST / CST mode.

