

УДК 004.045:629.735.05

АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ БЕЗПРОВОДОВИХ МЕРЕЖ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІРУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПАКЕТІВ



[І.І. ОБОД](#),
[О.А. СЕРКОВ](#),
[І.Л. ЯЦЕНКО](#)

Національний технічний
університет «ХПІ»

Наведено розрахунки виграшу швидкості передачі інформації при оптимізації розміру пакету даних у каналах зв'язку при дії завад. Показано, що для оптимізації швидкості передачі даних потрібно використовувати адаптивний підхід управління MAC-рівнем.

Calculations of winning information transfer speed of during optimization of information package length which are passed in communication channel under influence of interference. It is shown that for optimization of data rate it is necessary needed to use adaptive approach of the MAC level management.

Приведены расчеты выигрыша скорости передачи информации при оптимизации длины пакета данных в каналах связи при действии помех. Показано, что для оптимизации скорости передачи данных необходимо использовать адаптивный подход управления MAC-уровнем.

Вступ

Створення інформаційної мережі обслуговування користувачів неможливо без реалізації надійної мережі обміну даними. Останніми роками безпроводові мережі передачі даних стають одним з основних напрямків розвитку мережної індустрії. Бурхливий розвиток мереж цього класу в світі, який вважають «безпроводовою революцією» в області мереж передачі інформації, пояснюється наявністю низки переваг.

І. Постановка проблеми та аналіз літератури

Безпроводові технології забезпечують ефективне вирішення основних задач інформаційного забезпечення користувачів [1–5]. Однак кількість користувачів, які працюють у не ліцензованому діапазоні частотного спектру, з кожним днем стає все більше. Це призводить до посилення завад та підвищення рівня шуму у кожній конкретній мережі. Безпроводові мережі стають настільки популярними та поширеними, що подальше зростання споживчого попиту створює безліч нових проблем. Румінг між точками доступу, як і раніше не стає швидким та прозорим. Ефективні засоби обмеження завантаження мережі відсутні. Іншою проблемою є нерівномірний розподіл пропускну здатності. Причому, існуючі рішення для сумісного використання смуги пропускання не пристосовані для поєднання каналів.

Отже, актуальною стає задача вдосконалення безпроводових мереж передачі даних на основі підвищення їх продуктивності, зокрема, це стосується швидкості пе-

редавання даних. У роботах [6,7] наведені дані щодо підвищення продуктивності передачі, які здійснюють за рахунок адаптивної оптимізації розміру інформаційних пакетів. *Мета роботи* – порівняльний аналіз шляхів підвищення швидкості передачі інформації у дискретних каналах передачі при адаптивній оптимізації розміру інформаційного пакету.

II. Основний розділ

Підвищення якості роботи безпроводових мереж за рахунок корегування одного з параметрів MAC-рівня не завжди ефективно. На технічний стан безпроводового середовища може впливати безліч факторів, починаючи від низьких енергетичних співвідношень сигнал/завада і закінчуючи колізіями пакетів. За результатами такого впливу різко збільшується кількість спроб, що необхідні для відправки кожного з пакетів. Динамічне середовище створює багатовимірні проблеми, які неможливо розв'язати коректуванням одного з параметрів. Наприклад, при високому рівні завад виникає спокуса просто знизити швидкість передачі пакетів, щоб поліпшити перепускную спроможність пристроїв. Однак зниження швидкості передачі означає, що кожний пакет буде проводити більше часу на шляху від передавача до приймача. Тим самим збільшується ймовірність колізій з іншими пакетами. Таким чином, при зміні швидкості передачі може виникнути потреба у одночасній зміні іншого параметра MAC-рівня для уникнення колізій пакетів. Зміна тільки одного параметра, скоріше за все, дасть тільки часткове підвищення продуктивності.

Значна частина досліджень, які спрямовані на поліпшення роботи безпроводових локальних мереж, присвячена адаптивній настройці. Адаптивна настройка дозволяє пристрою оптимізувати свої параметри в залежності від характеристик середовища. Все це призведе до необхідності створення інтелектуальних адаптивних алгоритмів, які дозволять безпроводовому пристрою динамічно оптимізувати одразу декілька параметрів доступу до середовища передачі (MAC-рівень) у відповідь на зміну його технічних характеристик. Це означає, що пристрій сам змінює свої параметри, обирає найбільш придатний вузол доступу, мінімізує вплив завад, оптимізує роботу безпроводової локальної мережі та поліпшує умови роботи користувачів.

При цьому прогнозувати стан навколишнього середовища самому безпроводовому пристрою важко, оскільки практично неможливо упереджено обрати набір параметрів, що гарантував би оптимальну продуктивність усіх додатків. Адаптивні алгоритми повинні вирішувати цю проблему, дозволяючи пристрою самостійно корегувати свої налаштування водночас зі зміною характеристик середовища, наприклад, із виникненням завади чи перевантаження вузла доступу. Ці алгоритми також спрощують розгортання безпроводових пристроїв, оскільки розробникам не потрібно будувати прогнози відносно характеру трафіка мережі, з яким працюватиме пристрій у процесі експлуатації.

Припустимо, що у типовому офісі в одному діапазоні частотного спектра працює декілька пристроїв. При цьому до кожного вузла доступу також підключено декілька безпроводових пристроїв. У такій ситуації безпроводові пристрої знижують

швидкість передачі за рахунок зменшення співвідношення сигнал/завада у місці розташування вузла доступу.

Під час використання адаптивного алгоритму можливо водночас із зниженням швидкості передачі даних знижувати і поріг RTS. Це зменшує ймовірність колізій при одночасному відправленні декількох пакетів. Таким чином змінюється і поріг фрагментації пакетів для встановлення найліпшого розміру нових пакетів. Проблема полягає у тому, щоб визначити оптимальну конфігурацію для безлічі взаємопов'язаних параметрів. Зміна одного параметра, наприклад, швидкості передачі, впливає на оптимальні характеристики інших параметрів, наприклад порога RTS. По суті адаптивний алгоритм управління MAC-рівнем намагається знайти набір параметрів, який забезпечив би оптимальну загальну пропускну здатність безпроводового пристрою.

Крім того, необхідно прагнути до найбільш повного використання задіяних мережних ресурсів. Насамперед це стосується пакетних комутаторів, маршрутизаторів і каналів передачі даних. Слід передавати якомога більші обсяги даних у перерахунку на одиницю вартості задіяного обладнання. Особливо це стосується сучасних телекомунікаційних мереж, які функціонують за стеком протоколів TCP/IP, зокрема тому, що у критичних умовах ймовірність лавиноподібного зростання трафікового навантаження у таких мережах суттєво збільшується.

Робота пакетної мережі вважається ефективною, коли її ресурси суттєво завантажені, але не перевантажені. Усвідомлений вибір величини коефіцієнта використання ресурсу з урахуванням тонкої структури умов його застосування має визначальне значення. Величина цього коефіцієнта безпосередньо впливає на розміри черг пакетів до ресурсу, час затримки пакетів у чергах та на якість надання телекомунікаційних послуг. Тому в процесі удосконалення роботи мережі слід знайти оптимальний компроміс у досягненні таких двох протилежних цілей. З одного боку, слід прагнути поліпшити якість обробки трафіка, тобто знизити затримки у просуванні пакетів та зменшити втрати пакетів. На практиці це досягається, переважно, за рахунок резервування ресурсів. Але для цього потрібно мати додаткову, незадіяну на даний момент, частку пропускну здатності комутатору. З іншого боку, слід максимально збільшити інформаційне завантаження всіх ресурсів мережі з метою підвищення економічних показників її експлуатації. Компроміс у досягненні вищезазначених цілей, як показує практика, складає основний зміст задачі оптимізації роботи мережі. Для сучасної пакетної мережі при передачі даних параметр навантаження пов'язують з такими показниками якості обслуговування, як час затримки повідомлення та ймовірність втрати пакету даних. Однак можна стверджувати, що ці показники якості обслуговування визначаються пропускну здатністю чи швидкістю передачі інформації. Враховуватимемо такі реально існуючі фактори, як завади, що призводять до зниження ймовірності одиноких та групових помилок і, як наслідок, до зменшення реальної пропускну здатності та швидкості передачі інформації. При цьому ефективна швидкість передачі даних за умов відсутності переповнення буферу пам'яті можна визначити як:

$$R_e = f(R_0, V_k, n_p, t_r, \varepsilon, P_e, z), \quad (1)$$

де R_0 – потенційна швидкість передачі інформаційних даних; V_k – кодова швидкість; n_p – розмір пакета даних; t_r – час розповсюдження сигналів через канал зв'язку, а також аналізу та підтвердження/перепитування прийому пакету; ε – показник групування помилок внаслідок завад; z – кількість перепитувань; P_e – ймовірність збою одиничного елементу сигналу даних.

У роботі [6] показано, що ефективна швидкість передачі даних у пакетних мережах за наявності завад визначається таким співвідношенням:

$$R_e = V_k R_0 \frac{n_p (1 - P_e n_p^\varepsilon)}{(R_0 t_r + n_p) + R_0 T_v (P_e n_p^\varepsilon)^z}. \quad (2)$$

Співвідношення (2) наочно демонструє вплив основних чотирьох факторів на зниження швидкості передачі даних R_e . Співмножник у чисельнику (що в дужках) відображує ступінь зниження R_e внаслідок впливу завад. Тобто з урахуванням (1) та енергетичного співвідношення сигналів він характеризує вплив енергетичних характеристик сигналів. Перший доданок у знаменнику обумовлює величину втрат R_e , які обмежені часом аналізу повідомлення на приймальному кінці та очікування підтвердження на передавальному кінці t_r . Другий доданок обумовлює втрати R_e , що викликані перевищенням припустимого значення кількості перепитувань z за умов відповідного рівня енергетичних співвідношень сигнал/завада.

Аналіз співвідношення (2) показує, що величина R_e в залежності від енергетичних характеристик сигнал/завада та розміру пакета даних n_p має максимум. Його величину обумовлено параметрами R_0 , V_k , t_r , z , P_e , ε та T_v . Величина R_e визначає реальну пропускну здатність мережного обладнання. Таким чином, з одного боку вона визначає час передачі пакета, а з іншого – вплив завад на технічні характеристики системи обслуговування. Тим самим, параметр R_e можна вважати одним із основних чинників, що безпосередньо пов'язує параметр навантаження трафіка з показниками якості обслуговування. Оптимальне значення розміру пакета n_{popt} , яке забезпечує можливість досягнення $R_{e\max}$, визначається із рівняння $dR_e / dn_p = 0$, яке навіть за умов абсолютної апаратурної надійності має трансцендентний вигляд і у загальному вигляді не має аналітичного вирішення відносно n_p .

Використавши співвідношення (2) можна розрахувати оптимальний розмір інформаційного пакета. Однак, сучасні протоколи припускають передачу заздалегідь визначеного розміру інформаційного пакету. Це обумовлює розбивку інформаційного пакета на декілька інформаційних пакетів, розмір яких обирають оптимально та передають їх у межах, визначених протоколом. Все це призведе до збільшення швидкості передачі інформації.

Припустимо, що інформаційний пакет, у відповідності з протоколом, має розмір N . Визначимо реальну швидкість передачі цього інформаційного пакета R_{eN} за

співвідношенням (2). Крім того розрахуємо швидкість передачі інформації в залежності від числа інформаційних пакетів L , на яке розбивається інформаційний пакет згідно з протоколом. Одержуємо залежність $\mu = R_{eN} / R_e(L)$ виконання умови передавання всього інформаційного пакета розміру N . При цьому оцінимо, наскільки зростає швидкість передачі інформації за умов адаптивної оптимізації розміру інформаційного пакета, в залежності від рівня завад. Результати розрахунків наведено на рис. 1-3. Так, на рис. 1 наведено залежність швидкості передачі інформаційного пакету при $N = 2000$ від показника групування помилок ε . Наведені розрахунки показують наявність суттєвого впливу показника групування помилок на швидкість передачі інформації.

На рис. 2 наведена залежність швидкості передачі інформації при оптимізації розміру інформаційного пакета в залежності від швидкості кодування. При цьому використання оптимального розміру пакета дозволяє суттєво збільшити швидкість передачі. При зменшенні швидкості кодування перевага у швидкості передачі збільшується.

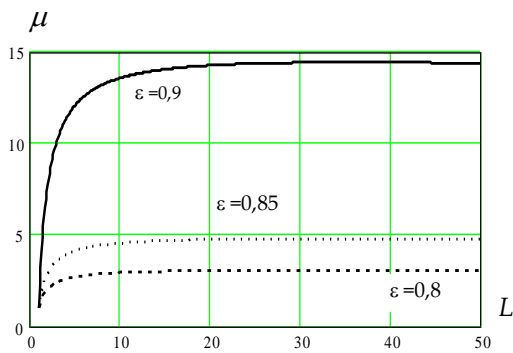


Рис. 1. Залежність $\mu = f(L, \varepsilon)$

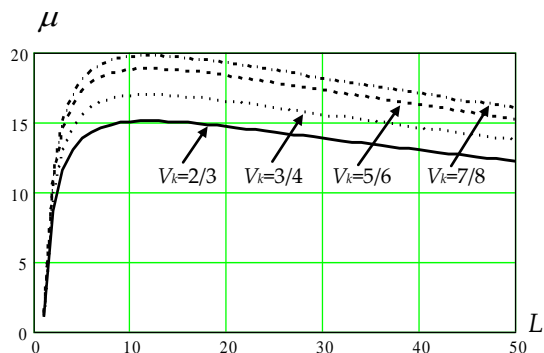


Рис. 2. Залежність $\mu = f(L, V_k)$

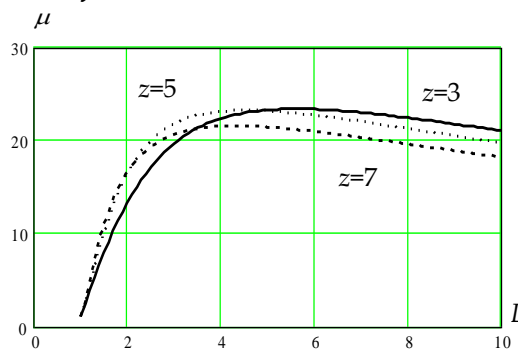


Рис. 3. Залежність $\mu = f(L, z)$

На рис. 3 наведена залежність швидкості передачі інформації при оптимізації розміру інформаційного пакета від кількості перепитів. Так, при збільшенні кількості перепитів, швидкість передачі інформаційного пакета зменшується. Крім того зменшується і кількість отриманих інформаційних пакетів, оптимальних за розміром. Наведені розрахунки отримані за умов $P_e = 10^{-3}$, $T_v = 5 \cdot 10^{-5}$, $t_r = 2 \cdot 10^{-5}$.

Висновки

Отже, проведені розрахунки дозволяють обґрунтувати шляхи підвищення швидкості передачі інформаційного пакета даних за рахунок оптимізації його розміру в залежності від рівня завад у каналі передачі.

Список літератури:

1. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Раснаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 384 с.
2. Alazemi H.M.K., Margolis A., Choi J., Vijaykumar R., Roy S. Stochastic modeling and analysis of 802.11 DCF with heterogeneous non-saturated nodes // *Computer Communications*, 2007. – Vol. 30. – No. 18. – P. 3652–3661.
3. Шахнович И. В. Современные технологии беспроводной связи. Издание второе. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.
4. Duffy K., Malone D., Leith D. Modeling the 802.11 Distributed Coordination Function in Non-saturated Conditions // *IEEE Commun. Letters*, 2005. – Vol. 9. – No. 8. – P. 715–717.
5. Bianchi G., Tinnirello I. Remarks on IEEE 802.11 DCF performance analysis // *IEEE Commun. Letters*, 2005. – Vol. 9. – No. 8. – P. 765–767.
6. Оценка влияния помех на скорость передачи информации в пакетных сетях передачи данных / И.И.Обод, И.Л. Яценко, Т. Маазерани, Р.Муслимани // Вестник НТУ «ХПИ». Вып. 11. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. – С.133–141.
7. Обод И.И., Яценко И.Л. Оптимізація довжини пакету даних у пакетних мережах передачі даних при дії завад // Системи управління, навігації та зв'язку. Випуск 1(9). – К.: ДП «Центральний науково-дослідний інститут навігації і управління», 2009. – С. 165–168.