

В.М.ПОШТАРЕНКО, канд. техн. наук, доцент, НТУ «ХПІ»;

Д.В.ПРУТСЬКИЙ, магістр, НТУ «ХПІ»;

В.С.ГРІДІН, магістр, НТУ «ХПІ»

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ БЕЗПРОВІДНИХ MESH-МЕРЕЖ

Розглянута можливість підвищення якості обслуговування в безпроводних mesh-мережах з використанням різноманітних алгоритмів маршрутизації.

Comparative analysis of routing algorithms in wireless mesh-networks. The possibility of improving the quality of care using different routing algorithms.

Проведен сравнительный анализ алгоритмов маршрутизации в беспроводных mesh-сетях. Рассмотрена возможность повышения качества обслуживания абонентов используя различные алгоритмы маршрутизации.

Постановка проблеми. Безпроводові mesh-мережі (WMNs) є відносно новим і перспективним напрямком збільшення покриття та підвищення продуктивності безпроводових мереж, які останнім часом привертають увагу як академічних та і галузевих структур [1]. Очікується, що mesh-мережі готові поступово частково замінити функціональність проводової мережевої інфраструктури. Важливою є проблема проектування безпроводових mesh-мереж із заданою якістю обслуговування. Такі мережі повинні підтримувати різні вимоги QoS та різноманітні сервіси обслуговування (GoS) для цього необхідно розробляти нові алгоритми гармонічної та ефективної взаємодії протоколів всіх рівнів, від фізичного до мережевого. Більша частина робіт заснована на аналізі та проектуванні WMNs протоколів на основі багаторівневого підходу. Багаторівнева архітектура забезпечує модульність і прозорість між рівнями, що забезпечує надійну масштабованість протоколів в Інтернеті і це стало де-факто архітектурою безпроводових систем. Так як повторне використання просторових спектральних частот нестійке для рівня протоколів і схильне до помилок у каналах, то робить багаторівневий підхід субоптимальним, впливаючи на загальну продуктивність мережі.

Локальна оптимізація потужності з опортуністичними методами планування може підвищити загальну пропускну здатність вихідного трансівера, але вона також може генерувати нові вузькі місця в декількох маршрутах мережі. Крім того, неточні оцінки впливу новоприйнятих запитів у працюючій мережі, можуть поставити під загрозу всю сесію QoS. Крім того, більшість існуючих робіт із крос-рівневого проектування роблять акцент на взаємодію тільки на двох рівнях, в той час як GoS (grade-of-service) концепція в mesh-мережах розглядає всі рівні. Необхідно запропонувати єдину структуру яка

буде використовувати фізичні властивості каналу mesh-мережі, виконуючи інтелектуальний вибір маршруту і управління з'єднанням, а також успішно задовольняти декільком вимогам QoS.

Аналіз літератури. У літературі, присвяченій mesh-мережам, більше уваги приділяється питанням самоорганізації, самокеруванню і адаптації до різних вимог напрямку трафіку та змінам у мережі. Багаторівнева архітектура протоколів є одним з найбільш важливих факторів, що роблять мережу більш успішною. Проте, мало місце відсутність системного підходу до аналізу тих типів протоколів, які є або не є оптимальними. Розшарування, як оптимізація розкладу, заповнює прогалину між теоретичними методами і практичними аспектами розробки протоколу [2]. У цьому методі, різні рівні протоколу інтегровані в єдину когерентну функцію оптимізації. Ключова ідея рівнів оптимізації – розкласти завдання оптимізації на підзадачі, кожна з яких відповідає рівню протоколу та первинній функції, координація цих підзадач відповідає межі між рівнями.

З іншого боку, поділ крос-рівня на окремі конструктивні протоколи може істотно поліпшити продуктивність мережі двома способами: слабким зв'язком і тісним зв'язком. У слабкому зв'язку оптимізація здійснюється без перетину слів але з упором на одну конкретну ділянку протоколу. Параметри в інших рівнях протоколу враховують обмін інформацією щоб виконувати крос-рівневу передачу. Володіючи такою інформацією, продуктивність підвищується, тому що використовується кращий параметр (більш точний і надійний), але сам алгоритм не потребує модифікації. У тісному зв'язку лише обміну інформацією між рівнями не вистачає, а алгоритми в різних рівнях оптимізовані на виконання спільного завдання. Завдяки оптимізації по рівнях, можна очікувати, що підвищення продуктивності може бути досягнуто за рахунок обох схем. Крім того, перевагою прийняття обох схем є те, що не повністю відмовляються від прозорості між протоколами.

Дослідники зосередилися на індивідуальному стеку рівня протоколу для QoS у провідних/безпроводових мережах. У ряді робіт автори звернулися до дещо обмежених QoS алгоритмів маршрутизації провідної мережі на базі державної мережі [3,4,5,6]. Це необхідно для подолання труднощів забезпечення оптимальних маршрутів [7]. QoS алгоритми маршрутизації для безпроводових однорангових мереж були розглянуті [8-12]. Однак вони враховували масові затримки, або тільки час обробки пакетів, або просто розраховували пропускну здатність слота, яка не використовувала опортуністичне посилення планування в швидко затухаючих каналах.

Питання управління доступом для забезпечення QoS гетерогенного трафіку в WMNs розглянуто в роботах [13, 14]. В роботі [15] спільне централізоване планування і розподіл тимчасових інтервалів на основі алгоритму управління доступом пропонується для WiMAX мережі. Комплексна системи маршрутизації і контролю доступу IEEE 802.16 для розподілених mesh-

мереж була розглянута у [16]. Для ad-hoc мереж запропонований AODV протокол маршрутизації на основі управління доступом, однак він блокує перевантажений запитами потік у процесі вивчення маршруту [17].

Метою статті є обґрунтування алгоритму маршрутизації, який забезпечує підвищення якості обслуговування у безпроводових mesh-мережах.

Алгоритм маршрутизації. Проблема забезпечення оптимальних маршрутів, які викликають кілька обмежень QoS була доведена в [5]. З метою полегшення доставки та обміну інформацією (слабо зв'язаних) між РНУ, МАС і мережевого рівня, розглянуті узагальнені утиліти QoS, що дає єдину платформу для розробки поперечного рівня. Враховуючи сесії q з трьома вимогами QoS (D_q^r), ЕТЕ затримки, пропускну здатність та PER, введемо «QoS відключення відносини», R , що зазнає кожна QoS метрика, яка є мірою на вимогу. Відношення R для кожної вимоги QoS можна визначити наступним чином:

1. R_k^D

ЕТЕ затримки пакетів для відключення маршруту π_{sq}^k визначається як фактичний вимір затримки, $\sum_{(i,j) \in \pi_{sq}^k} D_{ij}^a$, на вимогу затримки QoS D_q^r ,

$$R_k^D(q) = \frac{\sum_{(i,j) \in \pi_{sq}^k} D_{ij}^a}{(1 - \beta_D) D_q^r}. \quad (1)$$

2. R_k^T

Пропускна відключення формулюється як співвідношення між пропусковою вимогою T_q^r , і фактичним пропусковим посиленням вузького місця, $\min_{(i,j) \in \pi_{sq}^k} T_{ij}^a$, мінімум пропускової здатності однієї точки по маршруту π_{sq}^k ,

$$R_k^T(q) = \frac{(1 - \beta_D) T_q^r}{\min_{(i,j) \in \pi_{sq}^k} T_{ij}^a}. \quad (2)$$

3. R_k^E

PER відключення визначається як множення всіх хоп-помилки $1 - \prod_{(i,j) \in \pi_{sq}^k} (1 - E_{ij}^a)$, через PER вимоги E_q^r так як це обмежить мультиплікаційність,

$$R_k^E(q) = \frac{1 - \prod_{(i,j) \in \pi_{sq}^k} (1 - E_{ij}^a)}{(1 - \beta_E) E_q^r}. \quad (3)$$

Фактори резервування ресурсів мережі вводяться як β_D , β_T і β_E для за-

тримки, пропускної здатності та PER відповідно. Іншими словами β_i представляє додаткові ресурси, які ми залишаємо за рамки вимог QoS. β_i є вільним параметром, який може бути визначено та змінено оператором мережі /адміністратором на основі вимог до мережі. Деякі результати і дискусії про вплив параметрів β_i на ймовірність відключення QoS, частотного ресурсу і ймовірність блокування сесія наведені в [18].

Оскільки сесія повинна виконати ряд вимог QoS, шлюз буде можливо використати тоді і тільки тоді, коли всі співвідношення відключення визначено менше за 1,

$$(R_k^D(q), R_k^T(q)) \leq 1. \quad (4)$$

Тим не менш, деякі обмеження не можуть бути критичним для деяких програм (наприклад, широкосмугові послуги передачі даних можуть бути не чутливі до затримок). Для того, щоб ефективно справитися з цією проблемою ми введемо функцію виправлення I_p , де $p = D, T, E$, у вигляді

QoS вибір маршруту. Мультиобмежені «QoS КПД» в маршруті π_{sq}^k можуть бути сформульовані як

$$U_{sg}^k = \max [I_D R_k^D(q), I_T R_k^T(q), I_E R_k^E(q)]. \quad (5)$$

Пропоноване рішення багатоцільової функцію маршрутизації необхідно для того щоб прийняти оптимальне рішення.

$$S(k^*) = \min U_{sg}^k. \quad (6)$$

Де маршрут $\pi_{sq}^{k^*}$, обраний. Іншими словами, вибирається маршрут з мінімальною загальною ймовірністю відключення QoS.

Висновки. Розглянутий алгоритм маршрутизації може вирішити ряд питань маршрутизації у mesh-мережах. Завдяки даному алгоритму можливо значно підвищити якість обслуговування абонентів.

Список літератури: 1. Zhang Q., Zhang Y.Q. Cross-layer design for QoS support in multihop wireless networks // The Proceedings of IEEE 96(1) 64-76 (2008). 2. Chiang M., Low S.H., Calderbank A.R., Doyle J.C. Layering as optimization decomposition: A mathematical theory of network architectures // The Proceedings of IEEE 95(1), 255-312 (2007). 3. Yuan X. Heuristic algorithms for multiconstrained quality-of-service routing // IEEE/ACM Trans. on Networking 10(2), 244-256 (2002). 4. Jaffe J.M. Algorithms for finding paths with multiple constraints // IEEE Networks 14, 95-116 (1984). 5. Mieghem P.V., Kuipers F.A. On the complexity of qos routing // Computer Communications 26(4), 376-387 (2003). 6. Korkmaz T., Krunz M. Bandwidth-delay constrained path selection under inaccurate state information // IEEE/ACM Trans. on Networking 11(3), 384-398 (2003). 7. Wang Z., Crowcroft J. Quality-of-service routing for supporting multimedia applications // IEEE JSAC 14(7), 1228-1234 (1996). 8. Zhang Y., Gulliver T. Quality of service for ad hoc on-demand distance vector routing // Proceedings of WiMob'2005. 2005. – Vol. 3. – PP. 192-196. 9. Lin C.R., Liu J. QoS routing in ad hoc wireless networks // IEEE JSAC 17(8), 1426-1438 (1999). 10. Lin C.R. On-demand QoS routing in multihop mobile networks // Proceedings of IEEE INFOCOM 2001. – 2001. – Vol. 3. – PP. 1735-1744. 11. Felemban E., Lee C.G., Boder R., Vural S. Probabilistic qos guarantee in reliability and timeliness domains in wireless

sensor networks // Proceedings of IEEE INFOCOM 2005 (2005). **12.** *Draves R., Padhye J., Zill B.* Comparisons of routing metrics for static multi-hop wireless networks // Proceedings of ACM Annual Conf. Special Interest Group on Data Communication (SIGCOMM). – 2004. – PP. 133-144. **13.** *Seung-joon L., Narlikar G., Pal M., Wilfong G., Zhang L.* Admission control for multihop wireless backhaul networks with QoS support // Proceedings of IEEE WCNC. – 2006. – Vol. 1. – PP. 92-97. **14.** *Hermes A., Ivanov S., Lukas G.* Precise admission control for bandwidth reservation in wireless mesh networks // Proceedings of IEEE MASS 2007. – 2007. – PP. 1-3. **15.** *Ghosh D., Gupta A., Mohapatra P.* Admission control and interference-aware scheduling in multi-hop wimax networks // Proceedings of IEEE MASS 2007. – 2007. – PP. 1-9. **16.** *Tsai T.C., Wang C.Y.* Routing and admission control in ieee 802.16 distributed mesh networks // Proceedings of IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks (WOCN '07). – 2007. – PP. 1-5. **17.** *Su S.L., Su Y.W., Jung J.Y.* A novel QoS admission control for ad hoc networks // Proceedings of IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks (WOCN '07). – 2007. – PP. 4193-4197. **18.** *Lui C.H., Gkelias A., Leung K.K* F cross-layer framework of QoS routing and distributed scheduling for mesh networks // Proceedings of IEEE VTC 2008 Spring. Singapore (2008).

Надійшла до редакції 16.03.2012.