

УДК 621.396

О.Ю. СТРЮК, О.О. ЛАВРУТ

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації
Національного технічного університету України «КПІ», Україна*

МЕТОД МАКСИМІЗАЦІЇ СПРИЙНЯТТЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ АБОНЕНТІВ МОБІЛЬНОЇ РАДІОМЕРЕЖІ

Проведений аналіз сприйняття якості обслуговування (QoSP) як цільової функції задачі мережного керування. Визначена задача максимізації рівня QoSP у мобільній радіомережі. Пропонується алгоритм вирішення сформульованої задачі у мобільній радіомережі із централізованим керуванням. Запропоновано новий метод та алгоритм максимізації інтегрального значення QoSP абонентів мобільної радіомережі. Запропонований метод відрізняється від відомих використанням у якості цільової функції оптимізації – QoSP, залежної від пропускнуої спроможності, рівня завадостійкості та способу реалізації інформаційної послуги. Результати, яких дозволяє досягти запропонований метод, перевищують результати стандартних та відомих перспективних методів забезпечення максимізації корисності мобільних радіомереж.

Ключові слова: мобільні радіомережі, керування ресурсами радіомереж, сприйняття якості обслуговування (QoSP), максимізація QoSP.

Вступ

Мобільні радіомережі (Ad Hoc Wireless Networks) – це новий перспективний принцип побудови ширококутних радіомереж, відмінною особливістю якого є самоорганізація архітектури мережі, що забезпечує реалізацію наступних можливостей [1]:

- використання безпроводових транспортних каналів при побудові мережі за топологією «кожен з кожним»;
- масштабування мережі (зміна площі зони покриття і щільності інформаційного забезпечення) у режимі самоорганізації;
- стійкість мережі до втрати (відмови) окремих елементів;
- зменшення вартості розгортання мережі.

Незважаючи на великий потенціал мобільних радіомереж (MR), та наявні приклади практичного втілення Ad Hoc технологій у проектах побудови безпроводових мереж [2] залишається ряд проблем, що перешкоджають їх широкому розповсюдженню. Одним з найбільш критичних факторів, які впливають на розвиток MR, є складність забезпечення для кожного з користувачів MR заданого рівня якості обслуговування (QoS, Quality of Service) – визначеної у рекомендації ITU – T P.800 як «сукупний ефект характеристик мережного сервісу, який визначає ступінь задоволеності споживача даного сервісу». Забезпечення QoS у MR потребує розробки і впровадження спеціалізованих механізмів і протоколів оперативного керування радіомережами [3, 4].

1. Сприйняття якості обслуговування як інтегральний показник в задачах мережного керування

Протягом останніх десяти років була розроблена концептуальна модель координаційної – крос-рівневої (cross-layer) архітектури систем оперативного керування радіомережами [5, 6]. Крос-рівнева архітектура побудови системи оперативного керування радіомережі передбачає координацію та інтеграцію рівнів сталонної взаємодії відкритих систем (OSI) за цілями і функціями керування та інтелектуалізацію процесів прийняття рішення. Основні труднощі при побудові координаційної архітектури керування радіомережею – це визначення необхідних параметрів, які будуть використовуватись між рівнями OSI та функціями керування, які дозволяють отримати користувальницьку та (або) мережеву, зонову оптимізацію [6].

Однією із прикладних задач мережного керування, пов'язаних із забезпеченням QoS, при вирішенні якої використовується крос-рівневий підхід, є задача максимізації корисності мережі (network utility maximization). Вперше задача максимізації корисності мережі сформульована у роботі F.Kelly [7]. Методи вирішення задачі максимізації корисності MR запропоновані у роботах [8 - 10].

При побудові координаційних моделей максимізації корисності мережі – складний характер взаємних зв'язків між параметрами мережі, неоднозначність їх впливу на якість обслуговування, визначає

нетривіальність визначення значень цільової функції оптимізації як функції декількох змінних.

Тому в моделях максимізації корисності МР [8-10] цільова функція, як правило задається як функція, залежна від однієї змінної – пропускної спроможності.

У якості інтегрального показника при оцінюванні оптимальності координаційного керування у радіомережі, безпосередньо пов'язаного з її основним призначенням – забезпеченням передавання інформації із заданою якістю, що враховує як вплив параметрів мережі, так і вплив прикладного програмного забезпечення, – може бути використане сприйняття користувачем якості інформаційної послуги [11].

Сприйняття якості обслуговування (QoSP - QoS perceived by the users or customers) – це оцінка якості інформаційного сервісу з точки зору сприйняття користувачем як споживачем послуг даного сервісу. Рекомендація ІТУ-Т Р.800 встановлює для оцінювання якості сприйняття користувача п'ятибальну шкалу MOS (Mean Opinion Score – середнє значення експертних оцінок).

Протягом останніх років були розроблені та пройшли міжнародну верифікацію методи об'єктивного оцінювання QoSP для:

– служб передавання мови, рекомендації ІТУ-Т G.107, P.563, P.862;

– служб передавання відео, рекомендації ІТУ-Т J.247;

– служб трансляції аудіо, рекомендації ІТУ-Т BS.1387;

– служб передавання даних, рекомендації ІТУ-Т G.1030, G.1040.

Наявність об'єктивних методів оцінювання QoSP дозволяє автоматизувати процедуру визначення QoSP як величини, залежної від широкого спектру показників мережі. Для кожної з функціонуючих у мережі інформаційних служб можуть бути визначені значення багатомірної масиви значень QoSP - $\{q_i\}$, залежні від виділених ресурсів, параметрів мережі, з урахуванням функціональності прикладного програмного забезпечення (кінцевого абонентського обладнання), яке реалізовує дану послугу.

У роботах [12 – 14] доведена ефективність використання QoSP у якості показника при вирішенні задачі максимізації корисності мережі у зоні обслуговування базової станції радіомережі та в mesh-радіомережі. Метою представленої роботи є розробка методу максимізації інтегрального значення QoSP в мобільній радіомережі. методів проектування та структурної організації СП, а також методів їх адаптивного синтезу з врахуванням вимог задачі та методів інтеграції в систему.

2. Постановка задачі координаційної оптимізації максимізації QoSP абонентів мобільної радіомережі

Технологія мобільних радіомереж використовується при побудові радіомереж масштабу WMAN, зокрема, для побудови радіомереж управління військами. МР складається з вузлів радіомережі (ВР) кожен з яких (або значна частка) виконує як функції абонентської станції так і функції ретранслятора. Керування МР може бути централізованим (функцію керування мережею приймає на себе один із вузлів), частково децентралізованим (мережа поділяється на декілька сегментів, у кожному з яких визначається керуючий вузол), децентралізованим.

Основними причинами зменшення рівня QoS у МР є обмеженість радіоресурсу, багатострибковий принцип передавання, нестабільність радіоліній і мобільність ВР. Найбільш вагомим ресурсом МР є пропускна спроможність радіоінтерфейсів ВР [15], тому оптимізаційна задача, рішення якої пропонується, зосереджена на максимізації інтегрального (повного) рівня QoSP у МР за рахунок керування розподілом пропускної спроможності, кодування аудіовізуальних даних зі зміною швидкістю і з урахуванням рівня завадостійкості каналів між мережними пристроями. Вирішення запропонованої задачі забезпечує підвищення ефективності використання радіоресурсу МР.

Початкові припущення. Оптимізаційна задача вирішується, виходячи із припущення про реалізацію в технології побудови радіомережі наступних методів забезпечення інформаційного обміну і керування мережею:

– режим керування мобільною радіомережею централізований, для зв'язку між елементами мережі використовується однаковий радіоінтерфейс;

– наявність механізмів класифікації, маршрутизації та відокремленої обробки інформаційних потоків, керування чергами, планування передавання;

– детермінований доступ до радіоканалу з можливістю виділення кожному інформаційному потоку певного значення пропускної спроможності з дискретністю Δg , радіус передачі між вузлами дорівнює радіусу інтерференції.

– використання в МР проактивних методів маршрутизації із забезпеченням побудови на керуючому вузлі матриці радіозв'язності з відображенням стану (рівня завад) радіоліній;

– наявність службового зв'язку між вузлами радіомережі з можливістю отримання інформації про рівень завадостійкості радіоканалу на приймальній стороні;

– можливість транскодування аудіовізуальних даних – зміни в реальному часі швидкості кодування

та (або) формату представлення даних як на кінцевих, так і на транзитних вузлах мережі.

Аналіз наведених припущень показує, що всі зазначені механізми, крім транскодування, реалізовані в сучасних технологіях побудови МР [16, 17]. Сучасні методи кодування аудіовізуальних даних передбачають можливість кодування зі змінною швидкістю без істотної зміни формату представлення даних, що створює умови для здійснення операції транскодування в реальному часі як у кінцевих так і в транзитних вузлах МР [18].

Вихідні дані. При вирішенні оптимізаційної задачі використовуються наступні вихідні дані: m – кількість ВР у мережі; \mathbf{G} – матриця радіозв'язності вузлів мережі; R – значення пропускної спроможності радіоінтерфейсів ВР, біт/с; Δr – шаг зміни пропускної спроможності, яка може виділятися ВР для інформаційних потоків – ресурсний елемент, біт/с; k – кількість інформаційних потоків, які конкурують за доступ; способи кодування інформації в інформаційних потоках; \mathbf{M}_i – матриці маршрутів проходження інформаційних потоків у МР; p_i – середня імовірність втрати пакету для кожного інформаційного потоку, $i \in 1, \dots, k$; – масив значень QoSP по шкалі MOS в залежності від швидкості потоку, імовірності втрати пакету для кожного з інформаційних потоків та обраного способу кодування (характеристик прикладної реалізації послуги)

$$\{q_i(r_i, p_i, E_i)\} = \{q_i(\Delta r, p_i, E_i), q_i(2\Delta r, p_i, E_i), \dots, q_i(B_i \Delta r, p_i, E_i)\},$$

де $B_i = \lfloor R_i^{\max} / \Delta r \rfloor$;

R_i^{\max} – максимально необхідна пропускна спроможність для інформаційного потоку i , біт/с.

Необхідно – знайти такий вектор розподілу пропускної спроможності між інформаційними потоками у радіомережі, при якому виконується

$$\{r_i\}^* = \arg \max_{\{r_i\} \in \Omega} \left(\sum_{i=1}^k q_i(r_i, p_i, E_i) \right) \quad (1)$$

$$n^{\min} \rightarrow \max, \quad n^{\text{com}} \rightarrow \max,$$

за умови

$$\Delta R \times r \leq C,$$

де $r^* = (r_i, i = 1, \dots, k)$ – вектор розподілу пропускної спроможності між інформаційними потоками, який забезпечує вирішення задачі (3);

Ω – множина можливих значень вектору розподілу пропускної спроможності між k – інформаційними потоками, при дискретності зміни пропускної спроможності Δr ;

$$\Delta R = (\Delta R_{ji})_{|m+1| \times |k|} - \text{матриця розподілу пропускної}$$

спроможності радіоінтерфейсів ВР між інформаційними потоками;

$C = (R_j, j = 1, \dots, m+1)$ – вектор пропускної спроможності радіоінтерфейсів ВР.

Для вирішення оптимізаційної задачі (1) пропонується використовувати математичний апарат локальної оптимізації («жадний» (greedy) алгоритм). Вибір даного методу рішення обумовлений:

– множина пропускних спроможностей відповідає стандартному набору швидкостей передавання, і в силу цього є дискретною, компоненти рішення повинні відповідати цій дискретній множині;

– мінімальною обчислювальною складністю «жадних» алгоритмів у порівнянні з іншими методами вирішення задач оптимізації.

Можливість використання «жадного» алгоритму для вирішення оптимізаційної задачі (1) обумовлена:

– адитивним характером цільової функції оптимізації;

– залежністю рішення про виділення частки пропускної спроможності, яке приймається в кожному із циклів, лише від величини нерозподіленої (вільної) пропускної спроможності;

– гарантуванням досягнення при використанні «жадних» алгоритмів Парето – оптимальності при характеристиках цільової функції і початкових обмеженнях, що відповідають сформульованій задачі оптимізації.

Для вирішення задачі (1) пропонується алгоритм, найближчим прототипом якого є алгоритм, запропонований автором у роботі [14]. Оригінальний алгоритм використовувався для вирішення задачі максимізації QoSP у mesh – радіомережі. Також у якості прототипа запропонованого алгоритму може бути вказаний алгоритм запропонований у [8], який базується на пошуку максимальної кліки у графі радіозв'язності МР.

3. Алгоритм максимізації QoSP абонентів мобільної радіомережі

Алгоритм координаційної оптимізації для забезпечення максимізації інтегрального значення QoSP абонентів ініціюється керуючим вузлом МР у випадку необхідності перерозподілу ресурсів мережі при початку (закінченні) сеансу зв'язку, або з заданою періодичністю, яка, згідно умови стохастичної стійкості алгоритмів керування розподілом ресурсів мережі [19], має відповідати співвідношенню:

$$T_r \approx T_c < T_s, \quad (2)$$

де T_r – середній час, необхідний для здійснення розподілу ресурсів;

T_c – інтервал кореляції зміни параметрів мережі;

T_s – середня тривалість сеансів зв'язку.

Алгоритм вирішення сформульованої задачі складається з двох основних етапів. На першому етапі для кожного інформаційного потоку визначається масив значень QoSP по шкалі MOS в залежності від швидкості інформаційного потоку, витрати ресурсів елементів мережі, через які проходить маршрут передавання даного потоку та імовірності втрати пакету на цьому маршруті. Оскільки під витратним ресурсом розуміється пропускна спроможність радіоінтерфейсів ВР, то витрати ресурсів для передавання інформаційного потоку i – c_i , обчислюються за наступним виразом:

$$c_i = \left((2n_1^i - 2) + n_2^i + n_3^i \right) \Delta t, \quad (3)$$

де n_1^i – кількість ВР, через які проходить маршрут інформаційного потоку i у МР;

n_2^i – кількість ВР, які здійснюють прийом інформаційних потоків, та є сусідами ВР, які здійснюють передачу інформаційного потоку i у МР;

n_3^i – кількість ВР, які здійснюють передачу інформаційних потоків, та є сусідами ВР, які здійснюють прийом інформаційного потоку i у МР;

u – кількість ресурсних елементів, які виділяються інформаційному потоку i .

Обґрунтування виразу для розрахунку витрат ресурсів МР при передаванні інформаційного потоку (3):

- вузол джерело інформаційного потоку i , витрачає для його передачі найближчому вузлу ретранслятору у ресурсних елементів (частотних каналів або часових інтервалів);

- вузли ретранслятори інформаційного потоку i , витрачають у ресурсних елементів для прийому інформаційного потоку i , та у ресурсних елементів для передачі інформаційного потоку i ;

- вузол приймач інформаційного потоку i , витрачає для його прийому у ресурсних елементів;

- вузли радіомережі, які здійснюють прийом інформаційних потоків, та є сусідами (знаходяться в зоні радіоінтерференції) вузлів, які здійснюють передачу інформаційного потоку i з використанням у ресурсних елементів, втрачають потенційну можливість використовувати для прийому інформаційних потоків у ресурсних елементів для запобігання взаємних завад;

- вузли радіомережі, які здійснюють передачу інформаційних потоків, та є сусідами (знаходяться в зоні радіоінтерференції) вузлів, які здійснюють прийом інформаційного потоку i з використанням у ресурсних елементів, втрачають потенційну можливість використовувати для передачі інформаційних потоків у ресурсних елементів для запобігання взаємних завад.

Середня імовірність втрати пакету – p_i для маршруту передавання інформаційного потоку визначається наступним чином. Для маршрутів, які створюються, p_i визначається аналітичними методами, на основі інформації про імовірність виникнення помилки у радіоканалах, з яких складається маршрут. Для маршрутів, які вже існують, p_i може визначатись як аналітично, так і на основі статистичної інформації мережних протоколів (наприклад, RTP, SIP).

В кожному циклі другого етапу виконання алгоритму визначається інформаційний потік з максимальним значенням співвідношення «прирощення QoSP/збільшення витрати ресурсів», детальне описання цієї складової наведено у [13].

В радіоінтерфейсах ВР, через які проходить визначений потік, для нього виділяється частка пропускної спроможності $2u\Delta t$, у радіоінтерфейсах вузлів сусідніх з ВР через які проходить потік блокуються відповідні частки радіо інтерфейсів.

Виконання алгоритму закінчується у випадку надання кожному з інформаційних потоків максимально необхідної пропускної спроможності R_i^{\max} (якщо МР функціонує у недовантаженому режимі), або у випадку вичерпання пропускної спроможності радіоінтерфейсів, через які проходять інформаційні потоки, для яких $r_i < R_i^{\max}$.

Результатами виконання алгоритму є вектор розподілу пропускної спроможності між інформаційними потоками, який забезпечує вирішення задачі (1), матриця розподілу пропускної спроможності радіоінтерфейсів ВР між інформаційними потоками.

4. Математичне моделювання запропонованого методу максимізації QoSP абонентів мобільної радіомережі

Для експериментальної перевірки ефективності використання запропонованого методу із використанням системи комп'ютерної математики Matlab створена математична модель максимізації інтегрального значення QoSP абонентів мобільної радіомережі на основі показників QoSP.

У математичній моделі використовується структура мобільної радіомережі, яка складається з трьох ешелонів ВР. Радіозв'язність між ВР відповідає наведеному на рис. 1. Мережа, що моделюється має глибину $2D_{tx}$, розмір по фронту $3D_{tx}$, де D_{tx} – радіус передавання вузлів мережі.

Перший ешелон складається з 20 ВР, другий – 16, третій – 12.

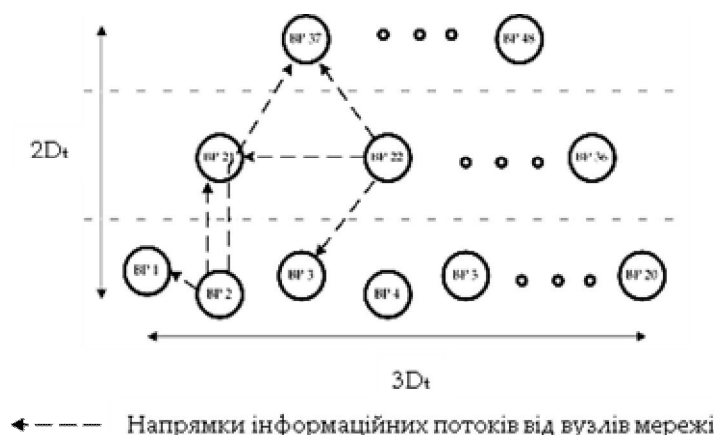


Рис. 1. Структура та інформаційні потоки у мобільній радіомережі, яка розглядається у прикладі

Вихідні дані мають наступні значення:

R – максимальне значення пропускної спроможності радіоінтерфейсів мережних пристроїв – 1024 Кбіт/с;

Δg – крок зміни пропускної спроможності, яка може виділятися базовою станцією для інформаційних потоків – 4 Кбіт/с;

Кожний з ВР формує інформаційний потік одного з 2 класів (клас потоку при кожному запуску алгоритму обирається випадково):

- передавання мови із використанням кодексу SPEEX – мінімальна швидкість потоку 4 Кбіт/с, максимальна – 28 Кбіт/с, значення QoSP визначаються за апроксимаційними залежностями наведеними у [20];

- передавання даних – мінімальна швидкість потоку 4 Кбіт/с, максимальна – 28 Кбіт/с.

Напрямки інформаційних потоків задаються наступним чином – кожен ВР формує 3 інформаційні потоки. Інформаційний потік до найближчого сусіда в межах ешелону, до сусіда (сусідів – для вузлів другого ешелону) в найближчому ешелоні, до сусіда першого порядку в дальньому ешелоні. В якості маршрутів використовуються маршрути з мінімальною кількістю переприємів. Імовірність втрати пакету для кожного з радіоканалів у МР за-

дається при кожному запуску алгоритму як випадкове значення з рівномірним законом розподілу у діапазоні 0,01 – 0,2.

У табл. 1 наведена середнє значення інтегрального QoSP як випадкової величини, визначеної при 300 запусках описаної математичної моделі, для запропонованого методу максимізації інтегрального значення QoSP абонентів мобільної радіомережі, максимізації корисності мережі на основі значень функції корисності, і при використанні управління розподілом ресурсів мережі на основі пріоритетності аудіовізуального трафіку.

Максимізація корисності мережі на основі показників QoSP дозволяє досягти 10 – 15 % переваги у порівнянні із значеннями QoS, яких дозволяє досягти управління розподілом ресурсів мережі на основі пріоритетності аудіовізуального трафіку, і 5 – 10 % переваги у порівнянні із значеннями QoS, яких дозволяє досягти управління розподілом ресурсів мережі на основі значень функції корисності.

У табл. 2 наведений середній час виконання алгоритму, який реалізує запропонований метод, як випадкової величини отриманої при 200 запусках математичної моделі при 36, 72 і 144 інформаційних потоках у мережі.

Таблиця 1

Середнє інтегральне значення QoSP

	Розподіл пропускної спроможності	Максимізація на основі функції корисності	Максимізація на основі QoSP
Середнє інтегральне значення QoSP	400	428	455
СКО	10	8	7

Таблиця 2

Середній час виконання алгоритму за різної кількості інформаційних потоків

	Кількість інформаційних потоків		
	36	72	144
Середній час виконання алгоритму	0,45	0,65	0,75
СКО	0,05	0,06	0,07

Аналіз отриманих часових показників підтверджує порівняно низьку обчислювальну складність алгоритмів локальної оптимізації, які є основою запропонованого алгоритму, а також дозволяє зробити висновок про можливість виконання умови (3), з огляду на те, що для радіомереж УКХ діапазону інтервал кореляції зміни параметрів мережі під впливом повільних згасань і мобільності користувачів дорівнює одиницям – десяткам секунд.

Висновки

У статті доведена можливість і перспективність використання значення сприйняття якості обслуговування в якості показника в задачах мережного керування.

1. Запропоновано новий метод та алгоритм максимізації інтегрального значення QoS абонентів мобільної радіомережі. Запропонований метод відрізняється від відомих використанням у якості цільової функції оптимізації – QoS, залежної від пропускної спроможності, рівня завадостійкості та способу реалізації інформаційної послуги. Результати, яких дозволяє досягти запропонований метод, перевищують результати стандартних та відомих перспективних методів забезпечення максимізації корисності мобільних радіомереж.

2. Підвищення універсальності запропонованого методу може бути досягнуто:

- підвищенням точності існуючих методів об'єктивного оцінювання сприйняття якості обслуговування користувачів та вдосконаленням моделей, які використовуються для його експериментального визначення;

- розширенням переліку класів інформаційних послуг, для яких розроблені методи об'єктивного оцінювання сприйняття якості обслуговування користувачів;

- розробкою нових методів транскодуювання даних та адаптивного подання інформації в інформаційно-телекомунікаційних мережах.

Найближчим напрямком подальших досліджень передбачається розробка вдосконаленого методу, у якому задача максимізації інтегрального значення QoS абонентів мобільної радіомережі вирішується не лише оптимальним розподілом ресурсних елементів, а й адаптивною зміною обсягів ресурсних елементів у просторі частота – код.

Література

1. Романюк, В.А. Мобільні радіомережі (MANET) – основа побудови тактичних мереж зв'язку [Текст] / В.А. Романюк // IV Науково-практичний семінар ВІТІ “Пріоритетні напрямки

розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення”. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2007. – С. 5 – 18.

2. *Guide to Wireless Ad Hoc Networks* / edited by S. Misra, I. Woungang, S. C. Misra. – Springer. – 2009. – 580 p.

3. *Wireless quality of service : techniques, standards, and applications* / edited by M. Maode, M.K. Denko, Y. Zhang. - Auerbach Publications, 2009. – 372 p.

4. *Ganz A. Multimedia Wireless Networks: Technologies, Standards, and QoS* / A. Ganz, Z. Ganz, K. Wongthavarawat. - Prentice Hall PTR, 2003. – 352 p.

5. *Adaptation and cross layer design in wireless networks* / edited by M. Ibnkahla. - CRC Press. – 2009. – 526 p.

6. Романюк, В.А. Архітектура системи оперативного управління тактичними радіомережами [Текст] / В.А. Романюк // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2009. – №3. – С. 70 – 76.

7. Kelly, F. *Charging and rate control for elastic traffic* [Text] / F. Kelly // *European Transactions on Telecommunications*. – 1997. – №8. – P. 33–37.

8. Xue, Y. *Optimal Resource Allocation in Wireless Ad Hoc Networks: A Price-based Approach* [Text] / Y. Xue, B. Li, K. Nahrstedt // *IEEE Transactions on Mobile Computing*. – 2006. – Vol. 5, Is. 4. – P. 764 – 777.

9. *Network utility maximization-based Mobile Ad hoc Networking: A reality check* [Text] / P. Bose, A. Zimdars, A. Carrier, J. Pandya. M. Quilling, V. Slavin, T. ElBatt // *Military Communications Conference, 2008*. – 7 p.

10. Shi, Y. *Cross-Layer Optimization for Data Rate Utility Problem in UWB-Based Ad Hoc Networks* [Text] / Y. Shi, Y. T. Hou, H. D. Sherali // *IEEE Transactions on Mobile Computing*. – 2008. - Vol. 7, No. 6. – P. 347 – 364.

11. Батлер, Ю.В. О качестве услуг в IP – сетях [Текст] / Ю.В. Батлер, В.Ф. Михайлов // *Зв'язок*. – 2006. – №6. – С. 2 – 6.

12. *Joint Network and Rate Allocation for Simultaneous Wireless Applications* [Text] / D. Jurca, W. Kellerer, E. Steinbach, S. Khan, S. Thakolsri, P. Frossard // *2007 IEEE International Conference on Multimedia & Expo (ICME 2007)*, 2007. – P. 931 – 934.

13. Стрюк, О.Ю. Метод розподілу пропускної спроможності базової станції радіомережі для підвищення інтегральної якості обслуговування абонентів [Текст] / О.Ю. Стрюк // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2009. – №3. – С. 89 – 99.

14. Стрюк, О.Ю. Метод максимізації корисності mesh-радіомережі на основі показників сприйняття якості обслуговування абонентів [Текст] / О.Ю. Стрюк // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2010. – №2. – С. 131 – 140.

15. *Resource management in wireless networking / edited by M. Cardei, I. Cardei, D-Z. Du. – Springer, 2005. – 716 p.*

16. *Hekmat, R. Ad-Hoc networks: fundamental properties and network topologies [Text] / R. Hekmat. – Springer, 2006. – 154 p.*

17. Вишнеvский, В.М. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G [Текст] / В.М. Вишнеvский, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2009. – 472 с.

18. *Multimedia Transcoding in Mobile and Wireless Networks / edited by M. Ashraf, A. Ibrahim. – IGI Global, 2009. – 439 p.*

19. *Chiang, M. Stochastic network utility maximization [Text] / M. Chiang // European Transactions on Telecommunications. – 2008. – V. 22, Is. 4. – P. 1–22.*

20. Стрюк, О.Ю. Імітаційна модель для визначення сприйняття якості обслуговування абонентів IP-телефонії [Текст] / О.Ю. Стрюк, Я.В. Янсонс // Математичні машини і системи. – 2011. – №1. – С. 127–134.

Надійшла в редакцію 12.03.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.Ф. Каравай, Інститут проблем управління, Москва, Росія.

МЕТОД МАКСИМІЗАЦІЇ ВОСПРІЯТТЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАННЯ АБОНЕНТОВ МОБІЛЬНОЇ РАДІОСЕТИ

А.Ю. Стрюк, О.О. Лаврут

Проведен аналіз восприяття якості обслуговування (QoSP), як цільової функції задачі мережевого управління. Сформульована задача максимізації інтегрального значення QoSP мобільної радіосети. Предложено алгоритм рішення сформульованої задачі в мобільній радіосеті з централізованим управлінням. Предложено новий метод і алгоритм максимізації інтегрального значення QoSP абонентів мобільної радіосети. Предложено метод, який відрізняється від відомих використанням в якості цільової функції оптимізації – QoSP, залежної від пропускнув спроможності, рівня поміхоустойчивості і способу реалізації інформаційної послуги. Результати, яких дозволяє досягти предложенний метод, перевищують результати стандартних і відомих перспективних методів забезпечення максимізації корисності мобільних радіосетей.

Ключевые слова: мобільні радіосети, управління ресурсами радіосетей, восприяття якості обслуговування (QoSP), максимізація інтегрального рівня QoSP.

METHOD OF MAXIMIZATION OF PERCEIVED QUALITY OF SERVICE FOR AD HOC WIRELESS NETWORKS SUBSCRIBERS

O.Y. Striuk, O.O. Lavrut

Presented the analyses of perceived quality of service (QoSP) as the objective function of network management. The objective function for QoSP maximization in Ad Hoc Wireless Networks is defined. Presents an algorithm of the centralized bundwise allocation in the Ad Hoc Wireless Networks. A new method and algorithm for maximizing the integral value of mobile radio QoSP. The proposed method differs from the known use as the target function optimization – QoSP, dependent on capacity, level of noise immunity and method of information services. The results, which optimizes the proposed method, the results exceed the standard and known prospective methods of maximizing the usefulness of mobile radio networks.

Keywords: Ad Hoc Wireless Networks, network resource management, perceived quality of service (QoSP), maximization of integral value of QoSP.

Стрюк Олексій Юрійович – канд. техн. наук, доц., начальник науково-дослідної лабораторії, науковий центр зв'язку та інформатизації Військового інституту телекомунікацій та інформатизації НТУУ «КПІ», Київ, e-mail: strjuk@rambler.ru

Лаврут Олександр Олександрович – канд. техн. наук, доц., докторант, військовий інститут телекомунікацій та інформатизації НТУУ «КПІ», Полтава.