

УДК 681.3

А.С. Мохаммад, Ю.Ю. Завизиступ, А.А. Коваленко

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

МЕТОД ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ WIMAX

Проведен анализ особенностей процесса хэндовера в современных беспроводных и мобильных сетях, а также факторов, влияющих на такой процесс. Предложен метод, позволяющий мобильным узлам с равным или близким соотношением сигнал-шум переключаться на менее загруженную базовую станцию, позволяя последней инициировать процесс хэндовера для более равномерного распределения нагрузки от мобильных узлов между соседними базовыми станциями.

Ключевые слова: *протокол, беспроводная сеть, базовая станция, нагрузка, пропускная способность, хэндовер, перемещение.*

Введение

Постановка проблемы в общем виде и анализ литературы. Современное развитие средств телекоммуникаций характеризуется, прежде всего, стремительным развитием беспроводных и мобильных сетей связи. Развитие таких сетей требует интеграции мобильных и традиционных наземных телекоммуни-

кационных сетей разнообразной архитектуры. Использование беспроводной среды для передачи данных накладывает дополнительные условия на используемые технологии, поскольку они являются гораздо более уязвимыми с точки зрения помех и атак. Кроме того, подвижность пользователя затрудняет процесс передачи данных, поскольку в процессе доставки пакета данных (его прохождения

через несколько транзитных узлов) местоположение абонента может измениться, то есть возникают различные проблемы, связанные с маршрутизацией [1]. Одной из основных задач управления является создание эффективного механизма доставки данных, что приобретает особую актуальность в мобильных сетях в связи с постоянным перемещением абонентских систем [2].

Таким образом, при наличии эффективного механизма доставки данных, существует возможность свободного перемещения узлов и неразрывность их соединений при таком перемещении. При перемещении узла из одной зоны в другую зону в серверах доступа осуществляется соответствующая корректировка таблиц размещения узлов.

Существует множество факторов, влияющих на качество функционирования мобильных сетей, одним из которых является процесс хэндовера. Успешность и эффективность такого процесса отражаются не только на формировании оценки качества сервисов пользователем, но и на работоспособности сети в целом [3]. В настоящее время предложен ряд методов, поддерживающих подвижность пользователя, таких как N-MPLS [4], MM-MPLS [5], а также описанные в источниках [6, 7]. Такие методы позволяют быстро определять адрес зоны для переключения, однако они лишены возможности поддержки требуемого уровня качества обслуживания. Для мобильных сетей, структура которых постоянно изменяется при перемещении узлов, необходимо обеспечить минимальное время передачи данных в сети.

Целью данной статьи является анализ процесса хэндовера в беспроводных и мобильных сетях, основанных на технологии WiMAX. В статье приведены некоторые важные особенности технологии Mobile WiMAX, а также предложено усовершенствование метода перераспределения нагрузки между соседними зонами для подвижных узлов с равным или близким соотношением сигнал-шум [8].

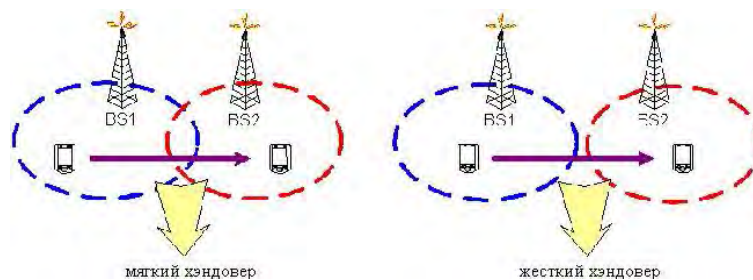


Рис. 1. Возможные сценарии для возникновения мягкого и жесткого хэндовера

В случае жесткого хэндовера соединение подвижного узла с предыдущей точкой доступа разрывается еще до момента подключения к новой точке доступа, что приводит к потере пакетов. В случае мягкого хэндовера соединение с предыдущей точкой доступа разрывается только после установления соединения со следующей доступной. Следовательно, во время мягкого хэндовера подвижный узел

Теоретическая часть

Особенности процесса хэндовера в беспроводных и мобильных сетях. В настоящее время имеет место стремительный рост количества беспроводных сред множественного доступа (в том числе в сеть Интернет), позволяющих подвижному узлу отправлять и принимать данные независимо от его местоположения. В глобальных сетях любое устройство идентифицируется по его IP адресу, который также используется и для маршрутизации; таким образом, IP адрес ассоциируется с определенным местоположением в сети, что приводит к необходимости смены IP адреса всякий раз при перемещении узла между сетями, для обеспечения неразрывности соединения. Поскольку вышестоящие уровни стека протоколов TCP/IP используют IP адрес для идентификации сессии, следовательно, корректировка адреса должна быть прозрачна для таких уровней.

Подвижность узла в беспроводной сети может являться причиной возникновения хэндовера. Поскольку местоположение узла непосредственным образом связано с его IP адресом, следовательно, факт изменения IP адреса при смене подвижным узлом точки доступа к сети требует оповещения. Хэндовер является событием, которое может возникнуть при выходе подвижного узла из зоны обслуживания точки доступа вследствие его перемещения. Корректная обработка такого события позволяет подвижному узлу сохранять неразрывность соединения во время его передвижений и смены точек доступа к сети. В общем случае существует два типа хэндовера, каждый из которых определяется возможностью подключения узла к той или иной точке доступа: мягкий хэндовер и жесткий хэндовер [9]. Возможные сценарии, иллюстрирующие ситуации возникновения таких событий, показаны на рис. 1.

может одновременно взаимодействовать с обеими точками доступа.

В случае, когда узел движется к другой точке доступа, принадлежащей одной подсети, может иметь место хэндовер канального уровня L2. Такой хэндовер включает в себя обнаружение новой точки доступа и последующую аутентификацию на канальном уровне.

Если подвижный узел перемещается между подсетями, может иметь место хэндовер сетевого уровня L3, который дополняет хэндовер канального уровня и включает назначение нового IP адреса для подвижного узла в новой подсети. Содержание хэндоверов канального и сетевого уровней приведено на рис. 2.

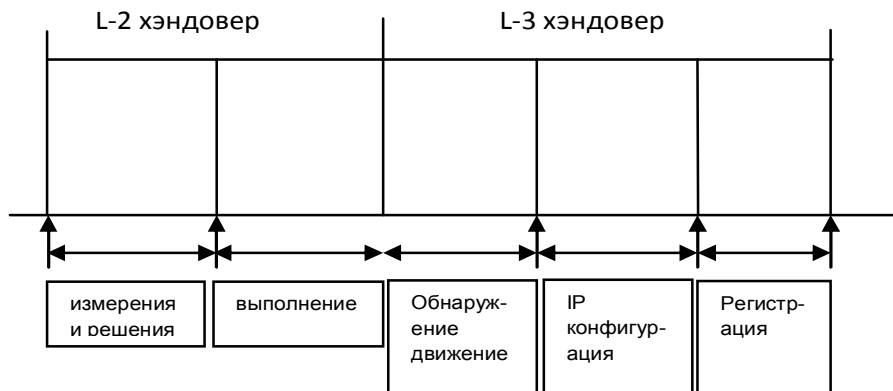


Рис. 2. Содержание хэндоверов канального (L-2) и сетевого (L-3) уровней

Процесс хэндовера включает в себя 3 этапа: обнаружение, корректировку и регистрацию [10].

Этап обнаружения начинается в момент вхождения подвижного узла в новую зону. После этого он получает сообщение от ближайшей точки доступа такой зоны.

Этап корректировки начинается в момент получения подвижным узлом сообщения от новой точки доступа и длится до момента окончания настройки сетевого интерфейса в соответствии с полученным новым IP адресом.

Этап регистрации заключается в подтверждении подвижным узлом полученного IP адреса.

Если с помощью T_d обозначить длительность этапа обнаружения, T_c – этапа корректировки и T_r – этапа регистрации, то общая длительность хэндовера T_h может быть вычислена в соответствии со следующим выражением:

$$T_h = T_d + T_c + T_r.$$

Особенности хэндовера в сетях WiMAX.

Технология IEEE 802.16 (WiMAX) представляет собой широкополосную беспроводную технологию, которая поддерживает как фиксированный, так и подвижный способы доступа [11]. Для соответствия требованиям беспроводной технологии поддержки различных способов доступа определены две версии WiMAX. Первая из них (Rev.D) основана на стандарте IEEE 802.16-2004 и предназначена для использования как в фиксированных, так и в подвижных сетях. Вторая версия (Rev.E) основана на стандарте IEEE 802.16e и отличается от первой реализацией средств обработки хэндовера. Стандарт IEEE 802.16e (Rev.E) определяет три метода реализации процесса хэндовера: жесткий хэндовер, мягкий хэндовер и хэндовер с макроразнесением [12].

Тип хэндовера в значительной степени влияет как на скорость, так и качество передачи информации. Это особенно важно при сочетании трафиков различных типов (например, мультимедиа и данных) с различными требованиями к качеству обслуживания.

В сетях WiMAX максимальное и минимальное время хэндовера вычисляется таким образом [12]:

$$t_{\max} = t_n + t_s + t_i; \quad t_{\min} = t_i,$$

где t_{\max} – максимальное время хэндовера; t_{\min} – минимальное время хэндовера; t_n – время обмена сообщением между двумя соседними зонами; t_s – длительность интервала сканирования подвижным узлом новой точки доступа; t_i – время доставки сообщения о хэндовере до точки доступа.

Для оптимизации работы сети в случае наступления хэндовера в настоящее время существует несколько методов. Метод, предложенный в источнике [6], для своей реализации требует внедрения нового управляющего сообщения, что, в свою очередь, требует модификации стандарта IEEE 802.16. Более того, в этом методе, при наступлении хэндовера, процесс выбора подвижным узлом новой базовой станции занимает неприемлемо большой интервал времени. Метод, предложенный в [7], позволяет уменьшить длительность хэндовера за счет более быстрого выбора подвижным узлом новой базовой станции и синхронизации с ней, при условии, что соседние базовые станции работают на одинаковых частотах (что практически недостижимо в реальных условиях).

Усовершенствование метода перераспределения нагрузки. Процесс хэндовера может быть иницирован как подвижным узлом, так и базовой станцией, в результате замеров качества сигнала близлежащих базовых станций и сравнения его с заданным пороговым значением. Подвижные узлы, для которых качество сигнала близлежащих базовых станций близко к пороговому значению, рассматриваются базовой станцией как потенциальные кандидаты для запуска хэндовера. В предлагаемой модификации метода в базовые станции добавляется функция, оце-

нивающая значение пропускной способности восходящего канала, а также добавлено пороговое значение использования его пропускной способности, равное 75% от максимальной пропускной способности. Таким образом, когда значение текущей пропускной способности достигает порогового, базовая станция начинает рассылать сообщение всем подвижным узлам и проверяет наличие более свободных соседних зон для переключения подвижных узлов. При наличии соседних зон с меньшей загрузкой, базовая станция уведомляет всех потенциальных кандидатов о необходимости их переключения.

При оценке возможности запуска хэндовера для конкретного узла используются такие условия:

– разность соотношения сигнал-шум (DS) в зоне обслуживания базовой станции должна быть не более 5 дБ ($\Delta S \leq 5$):

$$\Delta S = S_n - S_{n-1}, \quad S_n = \frac{P_{S_n}}{P_{N_n}}, \quad S_{n-1} = \frac{P_{S_{n-1}}}{P_{N_{n-1}}},$$

где S_n – отношение сигнал-шум для зоны, в которую переходит подвижный узел%; S_{n-1} – отношение сигнал-шум в текущей зоне; P_s – средняя мощность сигнала; P_n – средняя мощность шума;

– зона, в которую переходит подвижный узел, должна иметь не менее 25% свободной пропускной способности восходящего канала.

После оценки качества сигнала для всех подвижных узлов и выбора подходящих узлов для переключения производится инициирование процесса хэндовера. На рис. 3 показана диаграмма обработки хэндовера согласно предложенной модификации метода, на которой показан процесс передачи сообщений (DSA-REQ, MOB_BSHO-RSP, MOB_BSHO-RSP, MOB_HO-IND) между подвижными узлами и базовыми станциями в соответствии с технологией WiMAX.

Имитационное моделирование. На приведенном ниже примере показан один из вариантов расположения подвижных узлов и базовых станций (рис. 4) и представлены результаты сравнительного анализа процесса хэндовера в сетях, основанных на технологии WiMAX, которые получены с помощью среды моделирования OpNet [13].

Используемая модель сети включает три зоны обслуживания WiMAX. В первой зоне присутствует семь подвижных узлов, а во второй и третьей – по четыре. Все подвижные узлы одновременно отправляют голосовой трафик серверу. Узлы первой зоны являются неподвижными, а двух остальных зон – движутся по направлению к первой зоне. Процесс хэндовера происходит при переходе подвижных узлов со второй и третьей зон в первую. При запуске процесса моделирования перемещение начинается на 110 секунде модельного времени. Вход в первую зону всех подвижных узлов происходит с 115 по 120 секунду (рис. 5 и рис. 6).

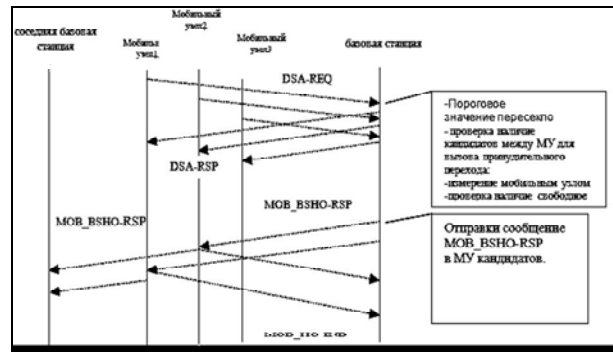


Рис. 3. Диаграмма хэндовера

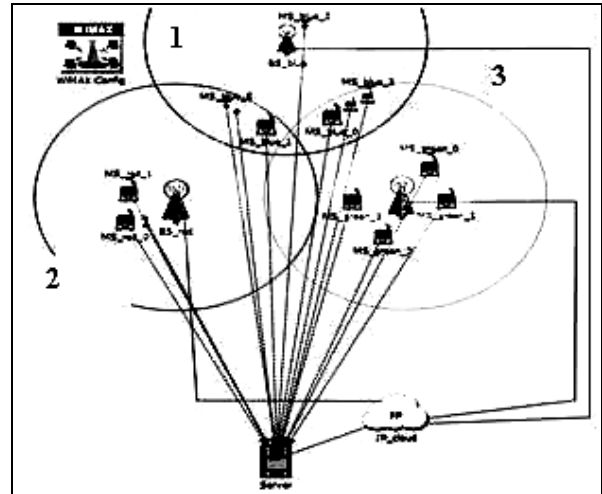


Рис. 4. Топология моделируемой сети

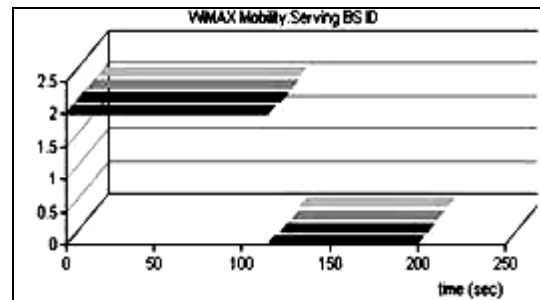


Рис. 5. Временная зависимость привязки подвижных узлов к зоне обслуживания при их переходе с третьей зоны в первую

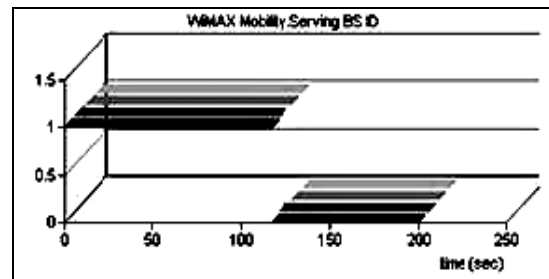


Рис. 6. Временная зависимость привязки подвижных узлов к зоне обслуживания при их переходе со второй зоны в первую

При переходе узлов в первую зону часть пропускной способности ее восходящего канала выделяется вновь появившимся подвижным узлам. В

результате этого первая зона начинает испытывать уменьшение пропускной способности восходящего канала и увеличение нагрузки. В остальных двух зонах (второй и третьей), после выхода подвижных узлов, пропускная способность канала увеличивается, что показано на рис. 7.

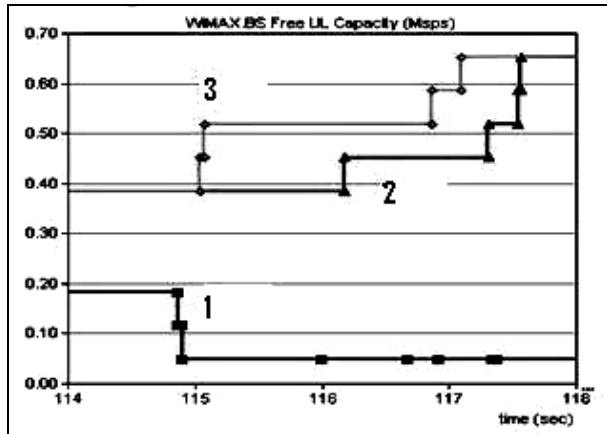


Рис. 7. Изменение пропускной способности восходящего канала каждой из зон при хэндовере

Анализ, проведенный для восходящего канала, показал, что для второй и третьей зон пропускная способность увеличивается при уменьшении числа подвижных узлов, обслуживающихся в них.

Согласно рис. 8, в первой зоне наблюдается негативное влияние хэндовера на пропускную способность канала, которая периодически снижается. Это объясняется интерференцией, вызванной подвижными узлами второй и третьих зон, когда они приближаются к границе первой зоны, а затем переходят в нее.

После такого перехода нагрузка на первую зону увеличивается и, если она превысит пороговое значение, базовая станция первой зоны начнет выбор и переключение подвижных узлов, удовлетворяющих критерию, в другие зоны (рис. 9).

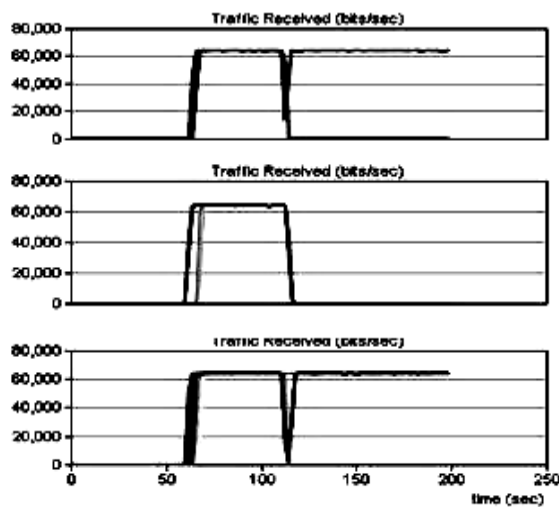


Рис. 8. Зависимость пропускной способности канала от времени хэндовера

Ниже рассмотрим изменения пропускной способности восходящего канала в этих трех зонах. Из рис. 10 следует, что в момент времени 115 с, пропускная способность восходящего канала первой зоны снижается до 140 Кб/с, тогда как в третьей зоне соответствующее значение увеличивается. Это связано с переключением двух подвижных узлов из третьей зоны в первую, при этом пропускная способность восходящего канала первой зоны снижается ниже заданного порогового значения. В этом случае, согласно предложенному методу, базовая станция в первой зоне производит оценку состояния всех подвижных узлов, находящихся в этой зоне (в момент времени 115.75 секунд) и затем производит запуск хэндовера для соответствующих подвижных узлов.

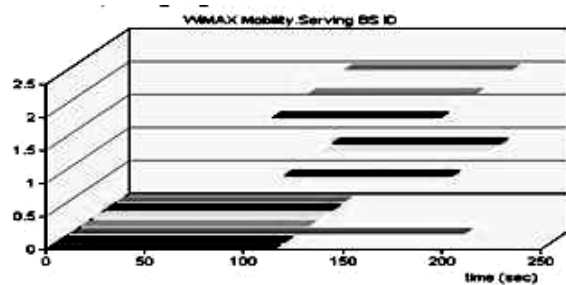


Рис. 9. Временная зависимость привязки подвижных узлов к зоне обслуживания

В итоге, в соответствии с предложенным методом, девять подвижных узлов будут находиться в первой зоне, а три переключается во вторую и третью зоны. В результате этого пропускная способность канала увеличивается, что показано на рис. 11.

В рассмотренных примерах использованы фиксированные значения отношения сигнал-шум, введенных ограничений и одновариантный случай распределения. В общем случае возможно оптимизировать процесс перераспределения подвижных узлов между соседними базовыми станциями с учетом некоторых дополнительных факторов, которые будут рассмотрены в последующих публикациях.

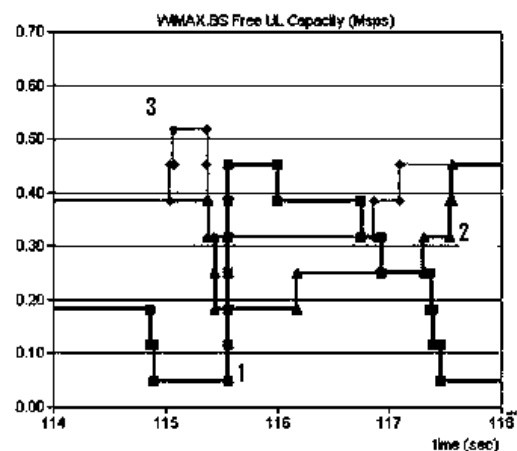


Рис. 10. Зависимость пропускной способности восходящего канала от времени при хэндовере для предложенного метода

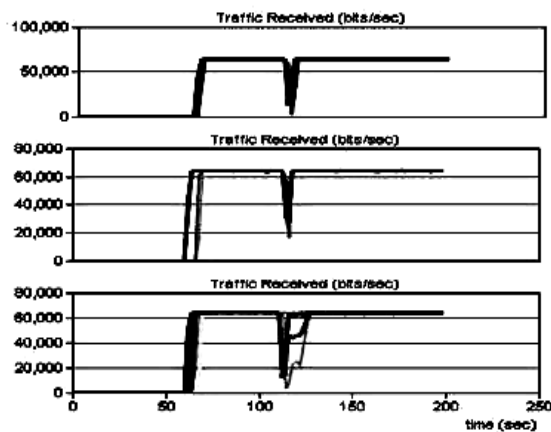


Рис. 11. Зависимость пропускной способности канала от времени хэндовера

Выводы

Таким образом, в настоящей статье предложен метод, позволяющий подвижным узлам с равным или близким соотношением сигнал-шум переключаться на менее загруженную базовую станцию. Такой метод позволяет базовой станции инициировать процесс хэндовера, позволяющий более равномерно распределять нагрузку от подвижных узлов между соседними базовыми станциями в беспроводных и мобильных сетях.

Процесс хэндовера инициируется при снижении доступной величины пропускной способности базовой станции ниже определенного порога. Следовательно, имеется возможность оптимизация работы сети WiMAX по критерию суммарной пропускной способности базовых станций.

Список литературы

1. Мохаммад А.С. Анализ факторов, влияющих на пропускную способность беспроводных сетей / А.С. Мохаммад, Ю.Ю. Завизиступ, А.А. Коваленко // Системи управління, навігації та зв'язку: Зб. наук. праць. – К.: ЦНДІ НiУ, 2011. – Вип. 2(14). – С. 260-264.

2. Давиденко И.Н. Распределенное управление трафиком в мобильных сетях / И.Н. Давиденко. – К.: Национальный авиационный университет, 2008. – С. 113-124.

3. Zhang Q. Efficient mobility management for vertical handoff between WWAN and WLAN / Q. Zhang, C. Guo, Z. Guo, W. Zhu // IEEE Communications. – 2003. – №11. – P. 102-108.

4. Yang T. Hierarchical mobile MPLS: Supporting delay sensitive applications over wireless internet / T. Yang, D. Makrakis // Proceedings of ICII 2001. – Beijing, China. – 2001.

5. Yang T. Practical approaches for supporting micro mobility with MPLS / T. Yang, Y. Dong, Y. Zhang, D. Makrakis // Proceedings of ICT 2002. – Beijing, China. – 2002.

6. Chiussi F.M. A Network Architecture for MPLS-Based Micro-Mobility / F.M. Chiussi, D.A. Khotimsky, S. Krishnan // Proceedings of IEEE WCNC'02. – Orlando, USA. – 2002.

7. Um T.W. A Study on Path Rerouting Algorithms at the MPLSbased Hierarchical Mobile IP Network / T.W. Um, J.K. Choi // Proceedings of TENCN'01. – 2001.

8. Аксенов С.М. Особенности выполнения процедуры хэндоверов, обусловленных спецификой радиоканала, в сетях стандарта GSM / С.М. Аксенов, А.Н. Волков // Мобильные системы. – 2007. – №4. – С. 7-11.

9. Manner J. Mobility Related Terminology / J. Manner, M. Kojo // Network Working Group, RFC 3753. – 2004.

10. Гладун А.Я. Аналіз моделей процедур хэндовера в бездротових мережах, базованих на технології ATM / А.Я. Гладун, О.І. Проценко // Наукові записки. – 2003. – Том 21. – С.85-93.

11. Вишневский В. Энциклопедия WiMAX путь к 4G / В. Вишневский, С. Портной, И. Шахнович. – М.: Техносфера, 2009. – 247 с.

12. IEEE 802.16 TGe Working Document: Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands, 802.16e/D4. – 2004.

13. OpNet simulator [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.opnet.com>.

Поступила в редколлегию 25.07.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Г. Удовенко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

МЕТОД ПЕРЕРОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ БАЗОВОЇ СТАНЦІЇ У ТЕХНОЛОГІЇ WiMAX

А.С. Мохаммад, Ю.Ю. Завизиступ, А.А. Коваленко

Проведено аналіз особливостей процесу хэндоверу в сучасних бездротових та рухомих мережах, а також факторів, що впливають на такий процес. Запропоновано метод, що дозволяє рухомих вузлам з рівним або близьким співвідношенням сигнал-шум перемикатися на менш завантажену базову станцію, що дозволяє останній ініціювати процес хэндоверу, для більш рівномірного розподілу навантаження від рухомих вузлів між сусідніми базовими станціями.

Ключові слова: протокол, бездротова мережа, базова станція, навантаження, пропускна спроможність, хэндовер, переміщення.

A METHOD FOR LOAD REALLOCATION IN BASE STATION OF WIMAX TECHNOLOGY

A.S. Mohammad, Y.Y. Zavizistup, A.A. Kovalenko

An analysis of particularities of handover process in modern wireless and mobile networks is conducted, as well as factors that impact such process. A method that allows mobile hosts with equal or close signal-noise ratio to switch to less loaded base station is proposed; it allows such base station to initiate handover process to distribute all the loading from mobile hosts more uniformly between the nearest base stations.

Keywords: protocol, wireless network, base station, load, throughput, handover, movement.