УДК 004.724.4(045)

**В. В. Лукашенко,**
**А. В. Левчук**

# АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ РАЗБИЕНИЯ СЕТИ НА ЗОНЫ МАРШРУТИЗАЦИИ

Институт компьютерных технологий НАУ, e-mail: LevchukAlla@yandex.ru

*Предложен способ анализа эффективности алгоритмов разбиения мобильной компьютерной сети на зоны маршрутизации на основе протокола ZRP и алгоритма DDR. Проведена оценка объемов служебного трафика в зависимости от способа разбиения сети и протоколов внутризонной маршрутизации.*

**Ключевые слова:** Мобильная компьютерная сеть большой размерности, разбиение сети на зоны (ZRP, DDR), внутризональная маршрутизация (RIP, OSPF).

**Введение.** Для современных компьютерных сетей большой размерности характерна многоуровневая маршрутизация. Протоколы маршрутизации, используемые в современных мобильных компьютерных сетях, относятся к протоколам маршрутизации по требованию, и эффективны при небольшом количестве узлов и низкой мобильности.

С увеличением размера сети и подвижности узлов использование протоколов данного класса приводит к резкому увеличению объема служебного трафика, времени формирования маршрутов передачи информации и вычислительной сложность алгоритмов маршрутизации.

В мобильных компьютерных сетях большой размерности используются протоколы децентрализованной многоуровневой динамической маршрутизации, которые предполагают разбиение сети на зоны маршрутизации с использованием на уровне подсетей наиболее эффективных протоколов группы *IGP (Interior Gateway Protocol)* [1], и протоколы группы *EGP(Exterior Gateway Protoco*l) [2] между сетями.

В связи с увеличением размерности сети и появлением новых узлов постоянное перемещение абонентов мобильной компьютерной сети приводит к изменению ее топологии, состава и количества зон маршрутизации, что сказывается на эффективности процедуры маршрутизации. В связи с этим возникает необходимость в разработке способов и средств поддержки оптимальной структуры зон маршрутизации за счет их динамической реконфигурации.

**Обзор и анализ существующих решений.** Большинство известных методов и протоколов маршрутизации в мобильных сетях рассчитаны на сети с однородной (плоской) структурой (протоколы *DSDV*, *RIP* (*Routing Information Protocol*), *WRP*) или на сети с фиксированной структурой зон (протоколы *CBRP*, *CGSR*, *ZRP* (*Zone Routing Protocol*)), что не эффективно для мобильных сетей большой размерности.

Построение иерархической сети даст возможность осуществлять процедуру маршрутизации отдельно на внутризонном и межзонном уровнях, за счет чего можно существенно уменьшить объем служебной информации передаваемой по сети. В связи с этим перспективным подходом является разбиения сети на перекрывающиеся зоны маршрутизации на базе протокола *ZRP* [3], что позволит использовать независимые протоколы в каждой зоне.

Протокол *ZRP* является протоколом зональной маршрутизации, который состоит из проактивного (с помощью постоянной поддержки таблиц маршрутизации) и реактивного (открытие маршрута происходит только по запросам) подходов к маршрутизации. Знание локальной топологии предвидит использование внутри зоны проактивного подхода к маршрутизации. Разбиение на зоны происходит в результате объединение узлов по количеству переходов (хопов) с другими соседними узлами. При зональном разбиении нет

четких границ, узлы не имеют четкой принадлежности к зоне, они одновременно находятся в нескольких зонах. Можно сделать вывод, что зоны могут легко перекрывать одна другую.

Важно отметить, что *ZRP* предусматривает использование реактивного подхода для межзонной маршрутизации модуль *IARP* [4] – протокол маршрутизации между зонами. Он включает в себя проактивную часть для прохождения маршрута внутри зоны. Каждый узел внутри зоны сохраняет информацию о кратчайшем маршруте ко всем своим соседям. Этот минимальный маршрут обязательно должен быть меньше, чем радиус зоны для предотвращения петли.

**Постановка задачи.** Эффективность использования существующих способов и алгоритмов маршрутизации в современных компьютерных сетях в существенной степени зависит от структуры и размерности сети. Необходимо учитывать требования интеллектуальных протоколов маршрутизации, обеспечивающих передачу информации с заданными параметрами качества обслуживания при минимальном объеме служебного трафика независимо от реконфигурации сети.

В связи с мобильностью узлов топология сети меняется динамически, что делает невозможным использование обычных таблиц маршрутизации. Поэтому в компьютерных мобильных сетях большой размерности используются протоколы децентрализованной многоуровневой динамической маршрутизации, которые предполагают разбиение сети на зоны маршрутизации. В этом случае процедура маршрутизации осуществляется отдельно на внутридоменном (протоколы *RIP* и *OSPF*) и междоменном (протокол *BGP*) уровнях.

**Решение поставленной задачи.** Для решения поставленной задачи предлагается использовать протокол *ZRP* для разбиения сети на независимые друг от друга зоны и алгоритм *DDR* (*Distributed Dynamic Routing*) [5] для построения дерева из узлов путем периодического обмена сообщениями между узлами и их соседями. Алгоритм создания зоны в *ZRP* начинает свое действие с момента появления узла в сети.

На первом этапе узел инициирует процесс опроса всех своих соседей в зоне доступа с шагом, равным 1. После опроса доступные узлы записываются в таблицу маршрутизации.

На втором этапе узел устанавливает шаг, равный 2, и опять проводит опрос соседних узлов, в результате чего записывает полученную информацию о доступных узлах во внутреннюю таблицу маршрутизации. Таким образом, заполняется внутренняя таблица маршрутизации. Все остальные узлы, которые не находятся в зоне доступа узла или зоне доступа его соседей не заносятся в таблицу маршрутизации. Для этих узлов *ZRP* использует реактивный подход маршрутизации и прокладывает маршруты к ним через своих соседей. На рис. 1 показан алгоритм создания зоны узла протокола *ZRP*.

Алгоритм работы *DDR*, который состоит из шести циклических временных фаз, показан на рис. 2.

Важно отметить, что все шесть ступеней алгоритма выполняются, основываясь на информации, полученной от специального периодического сообщения - маяка.

На первом этапе узел инициирует процесс сбора данных о соседних вершинах и в качестве привилегированного выбирается узел, имеющий наибольшую степень соседства. В результате создается дерево за счет подключения каждого узла к его привилегированным соседям и наоборот.

На втором этапе все деревья объединяются и формируют множество деревьев, которое разбивается на ряд динамических не пересекающихся зон.

На третьем этапе выполняется кластеризация внутри дерева для того, чтобы создать соответствующую структуру внутри зоны и сформировать внутризональную таблицу маршрутизации. Каждое дерево включает ряд поддеревьев, которые организованы в виде динамических не пересекающихся зон. В отличие от протокола *ZRP* алгоритм *DDR* использует маяк-сообщение для обновления информации о состоянии узлов в пределах своей зоны.

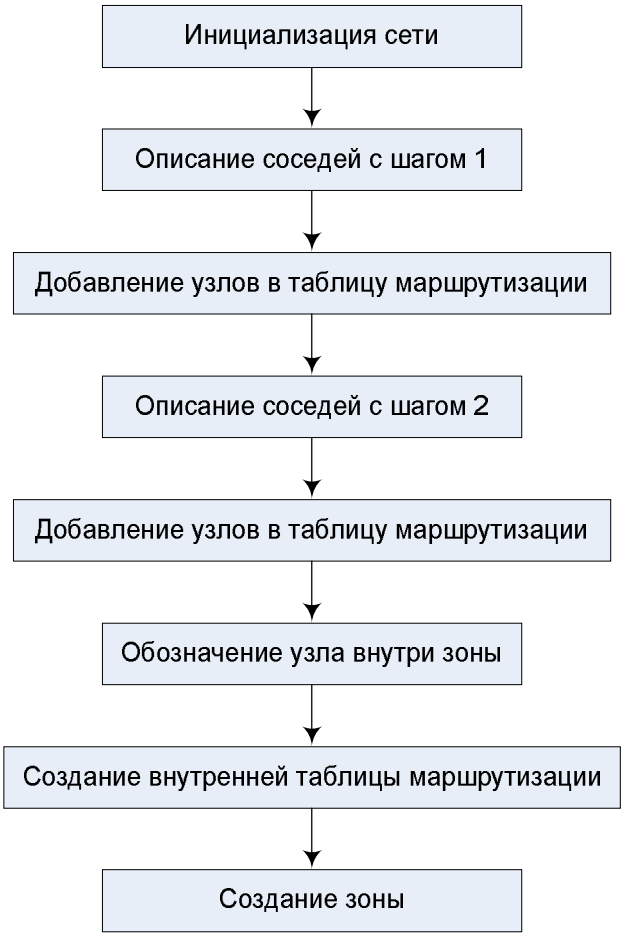


Рис. 1. Алгоритм создания зоны в протоколе *ZRP*

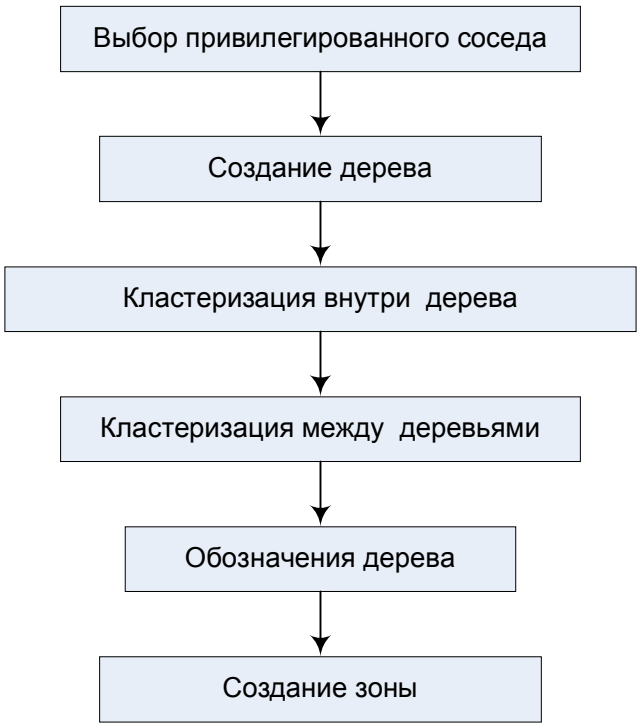


Рис. 2. Принцип создания зоны в алгоритме *DDR*

В качестве примеров работы протокола *ZRP* и алгоритма *DDR* рассмотрена беспроводная сеть без инфраструктуры (рис. 3).

Каждый узел сети использует реактивный и проактивный подходы маршрутизации в зависимости от местонахождения узла назначения и его доступности. В связи с этим в зависимости от значения степени связности узлов выбирается главный узел (проактивный подход), который организовывает собственную зону и сохраняет всю маршрутную внутризонную информацию.

Создание зоны начинается с утверждения ее радиуса в протоколе *ZRP* радиус зоны равен 2. Это означает, что все узлы зоны в радиусе двух хопов от узла 7 создают зону *Z7* и находятся во внутренней таблице маршрутизации, т. е. для них используется проактивный подход маршрутизации.

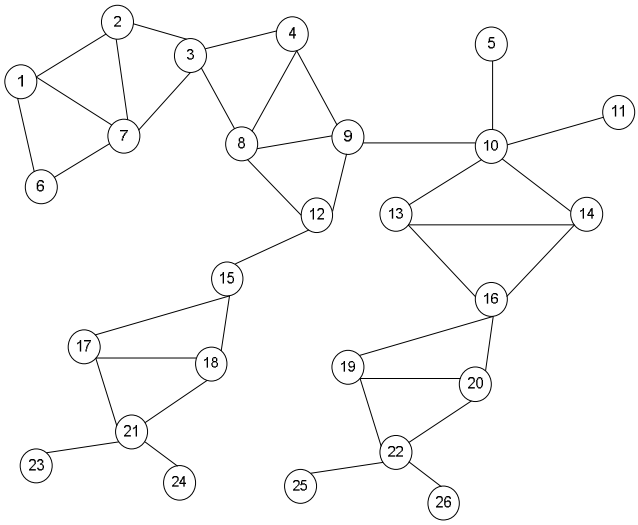

Рис. 3. Беспроводная сеть без инфраструктуры

Первый этап работы протокола *ZRP* при создании зоны для узлов 7 и 10 показан на рис. 4. Как только алгоритм *DDR* сформировал множество деревьев, сеть разбивается на ряд динамических не пересекающихся зон (рис. 5).

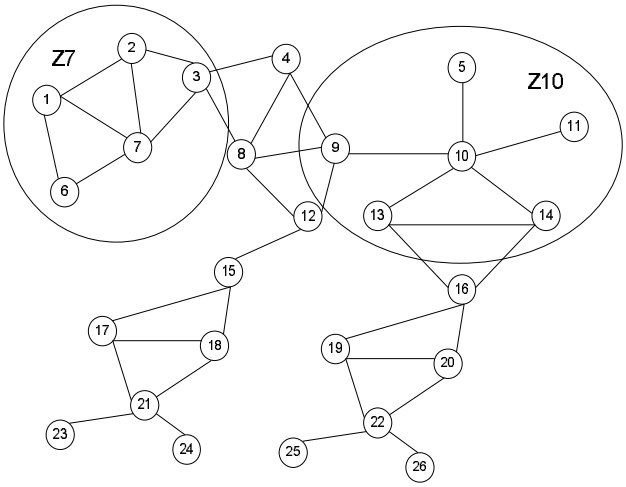


Рис. 4. Первый этап алгоритма создания зоны для узлов 7 и 10

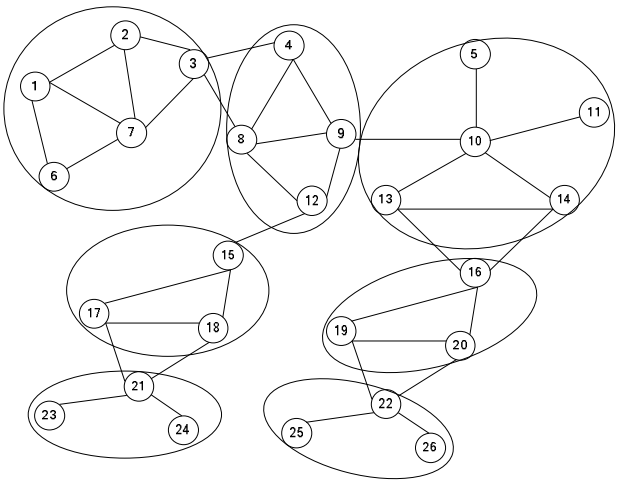

Рис. 5. Создание динамических не перекрывающихся зон

На втором этапе алгоритма создания зоны по протоколу *ZRP* происходит опрос соседей, после которого, как показано на рис. 6, зоны узлов 7 и 10 увеличиваются.

Можно сделать вывод, что *ZRP* представляет собой гибридный подход, основанный на понятии зоны. В отличие от алгоритма *DDR* [6] в *ZRP* [7] зоны перекрываются. Кроме того, в

*ZRP* каждый узел имеет представление о состоянии зоны и требует частого обновления информации о расстоянии и маршрутах до всех узлов в пределах своей зоны, в то время, как в *DDR* каждый узел должен знать только следующий переход ко всем узлам в пределах его зоны. В связи с тем, что зональный размер в *DDR* увеличивается и уменьшается динамично, соответственно изменяются объем передаваемой по сети маршрутной информации, время задержек и использование пропускной способности канала. В отличие от чего в *ZRP* размер зоны изменяется динамически, что упрощает маршрутизацию в случае отказа одного из узлов.

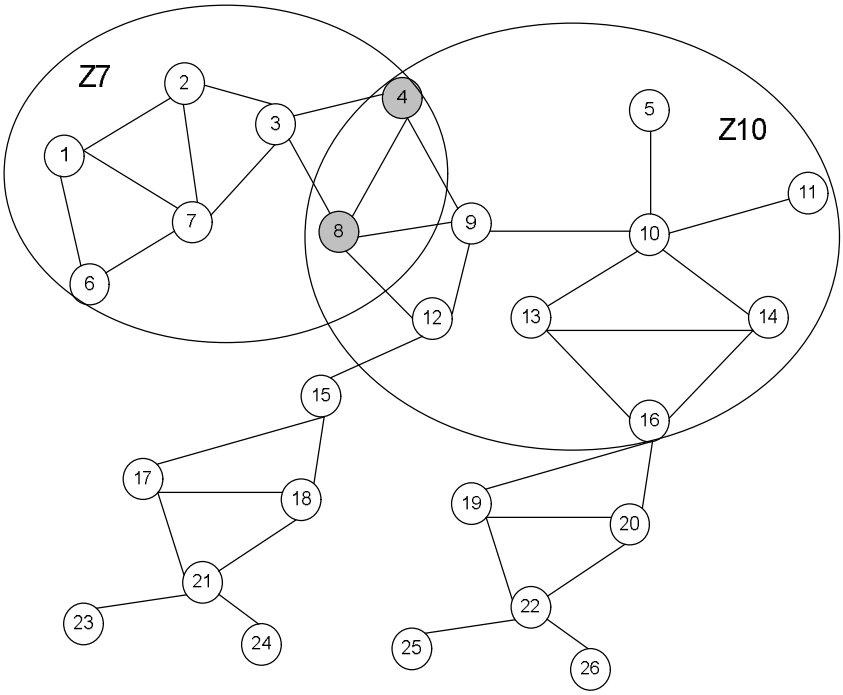


Рис. 6. Второй этап алгоритма создания зоны по протоколу *ZRP*

Важно отметить, что в *DDR* отсутствует понятие главного узла и в случае отказа одного из узлов обновляется только внутризональная таблица маршрутизации.

В каждой зоне можно использовать различные протоколы внутризонной маршрутизации, такие, как *RIP*, *OSPF* (*Open Shortest Pass First*). Для оценки эффективности разбиения сети на зоны по протоколу *ZRP* промоделируем предложенный подход в *OpNet*. Для этого разобьем сеть (рис. 3) на перекрывающиеся зоны по протоколу *ZRP* и на не перекрывающиеся зоны по алгоритму *DDR*. В качестве протоколов внутризонной маршрутизации будем использовать протоколы *RIP* и *OSPF*.

Сравнение эффективности работы протокола внутризонной маршрутизации *RIP* при разбиении сети на перекрывающиеся зоны по протоколу *ZRP* и на не перекрывающиеся зоны по алгоритму *DDR* показано на рис. 7. Можно сделать вывод, что независимо от способа разбиения сети на зоны процесс инициализации сети (1 – 2 мин) требует одинакового объема служебного трафика. Однако в процессе работы сети объем служебного трафика, переданного по протоколу *RIP*, на 20 % меньше за счет использования перекрывающихся зон.

Сравнение эффективности работы протокола внутризонной маршрутизации *OSPF* при разбиении сети на перекрывающиеся зоны по протоколу *ZRP* и на не перекрывающиеся зоны по алгоритму *DDR* показано на рис. 8.

По результатам моделирования можно сделать вывод, что при разбиении сети на не перекрывающиеся зоны объем служебного трафика, переданного по протоколу OSPF на 25 % больше, чем при разбиении на перекрывающиеся зоны. В процессе инициализации сети

объем служебного трафика, переданного при разбиении сети на перекрывающиеся зоны на 5 % меньше, за счет чего в процессе работы сети происходит стремительное снижение объема служебного трафика (10 %).

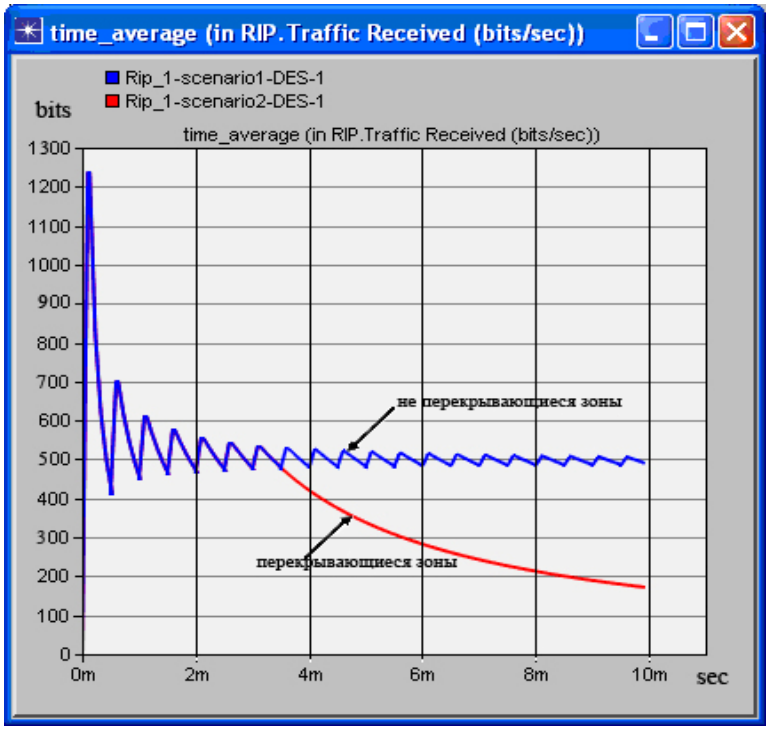


Рис. 7. Оценка эффективности внутризонной маршрутизации по протоколу *RIP*

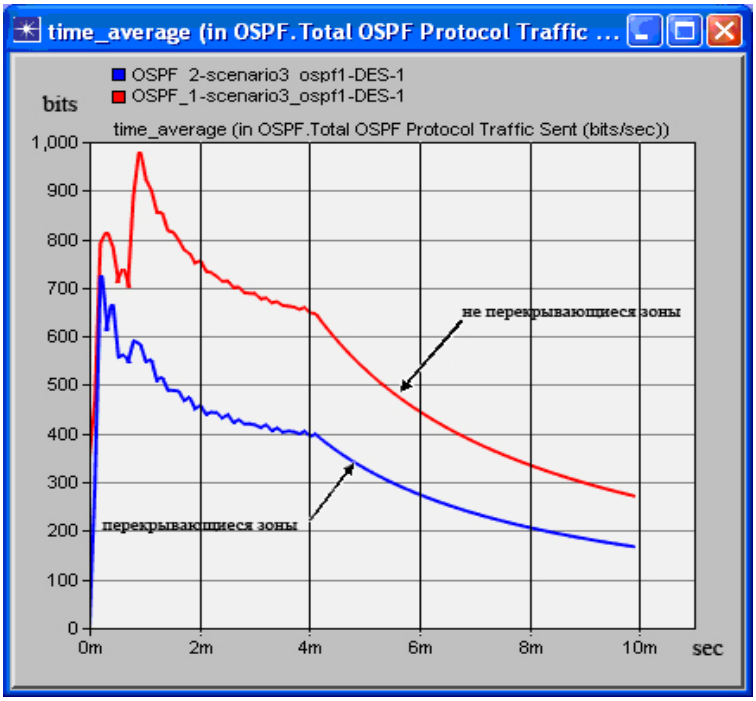


Рис. 8. Оценка эффективности внутризонной маршрутизации по протоколу *OSPF*

В результате можно сделать вывод, что при разбиении сети на перекрывающиеся зоны, объем служебного трафика существенно меньше независимо от протоколов внутризонной маршрутизации.

**Выводы**

1. В работе предложен способ анализа эффективности алгоритмов разбиения мобильной компьютерной сети большой размерности на зоны маршрутизации (протокол *ZRP* и алгоритм *DDR*).

2. Проведена оценка объемов служебной информации внутризонной маршрутизации по протоколам *OSPF* и *RIP*.

3. Доказано, что объем служебного трафика существенно меньше при разбиении сети по протоколу *ZRP* с использованием в качестве протокола внутризонной маршрутизации протокола *OSPF*.

**Список литературы**

1. *Choosing* a "Common IGP" for the IP Internet (The IESG's Recommendation to the IAB) [Online source] / P. Gross // RFC Database. – 1992. – № 1371.
2. *Exterior* Gateway Protocol (EGP) [Online source] / E. C. Rosen // RFC Database. – 1982. – № 0827.
3. *Nikaein N., Labiod H., Bonnet C.* DDR-distributed dynamic routing algorithm for mobile ad hocnetworks // MobiHOC 2006. – Vol. 2, № 3, – P.19 – 27.
4. *Haas Z. J., Pearlman M. R., Samar P.* Intrazone Routing Protocol (IARP) // IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-iarp-02.txt, Июль 2002.
5. *Nikaein N., Labiod H., Bonnet C.* DDR-distributed dynamic routing algorithm for mobile ad hocnetworks // MobiHOC 2006: Mobile and Ad Hoc Networking and Computing. – 2006. – Vol. 2, № 3, – P. 19 – 27.
6. *Nikaein N., Labiod H., Bonnet C.* DDR-distributed dynamic routing algorithm for mobile ad hocnetworks // MobiHOC 2006. – Vol. 2, № 3, – P. 19 – 27.
7. *Chen Y. P., Liestman A. L.* A zonal algorithm for clustering ad hoc networks. – International Journal of Foundations of Computer Science. – 2003. – № 14 (2). – P. 305 – 322.

В. В. Лукашенко, А. В. Левчук

**Аналіз ефективності способів розбиття мережі на зони маршрутизації**

Запропоновано спосіб аналізу ефективності алгоритмів розбиття мобільної комп’ютерної мережі на зони маршрутизації на основі протоколу *ZRP* та алгоритму *DDR*. Оцінено обсяг службового трафіку залежно від способу розбиття мережі та протоколів внутрізонної маршрутизації.

V. V. Lukashenko, A. V. Levchuk

**Effectiveness ways of dividing network for zone routing**

A method for analyzing the efficiency of algorithms for partitioning a mobile computer network for the zone routing protocol based on ZRP and the algorithm DDR. The estimation of the volume of service traffic, depending on how time-beats of the network and routing protocols, the intraband.