Романов Сергей Владимирович. Метод иерархической маршрутизации мобильной самоорганизующейся сети доступа: диссертация ... кандидата технических наук: 05.12.13 / Романов Сергей Владимирович;[Место защиты: Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет)].- Москва, 2014.- 148 с.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



На правах рукописи

РОМАНОВ СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

**МЕТОД ИЕРАРХИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ МОБИЛЬНОЙ САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ СЕТИ**

**ДОСТУПА**

05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникации»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор техн. наук, профессор Прозоров Д.Е.

Киров – 2014

**Оглавление**

[**Введение 6**](#bookmark0)

[**ГЛАВА 1. Анализ и протоколов гибридной и иерархической  
маршрутизации MANET 13**](#bookmark1)

1. [Методы гибридной и иерархической маршрутизации 13](#bookmark2)
2. [Анализ затрат на хранение таблиц маршрутизации 31](#bookmark3)
3. [Анализ затрат на коммутацию 32](#bookmark4)

[Выводы по главе 1 35](#bookmark5)

[**ГЛАВА 2. Разработка метода иерархической маршрутизации  
самоорганизующейся сети связи 37**](#bookmark6)

1. [Постановка задачи 37](#bookmark7)
2. [Показатели качества протоколов маршрутизации 37](#bookmark8)
3. [Определение требований к методу маршрутизации 40](#bookmark9)
4. [Разработка метода иерархической дистанционно-векторной геомаршрутизации (HDVG) 45](#bookmark10)
5. [Архитектура протокола иерархической маршрутизации 45](#bookmark11)
6. [Агент кластеризации 51](#bookmark12)
7. [Агент внутрикластерной маршрутизации 64](#bookmark13)
8. [Агент иерархической маршрутизации 75](#bookmark14)
9. [Агент геоинформации 85](#bookmark15)
10. [Обработка и ретрансляция служебных пакетов 85](#bookmark16)
11. [Временное псевдослучайное разделение каналов 91](#bookmark17)

[Выводы по главе 2 98](#bookmark18)

[**ГЛАВА 3. Моделирование и анализ метода иерархической маршрутизации  
HDVG 99**](#bookmark19)

1. [Выбор сетевого симулятора 99](#bookmark20)
2. [Программная модель самоорганизующейся сети 102](#bookmark21)
3. [Модель сетевого узла 102](#bookmark22)
4. [Модели подвижности узлов 104](#bookmark23)
5. [Программная реализация распределенной системы имитационного моделирования 105](#bookmark24)
6. [Анализ эффективности метода иерархической маршрутизации 107](#bookmark25)
7. [Анализ показателей эффективности метода иерархической маршрутизации при изменении масштаба сети и плотности узлов 108](#bookmark26)
8. [Анализ показателей эффективности метода иерархической маршрутизации при изменении параметров мобильности сети 117](#bookmark27)
9. [Анализ показателей эффективности метода иерархической маршрутизации при изменении размера кластера 125](#bookmark28)

[Выводы по главе 3 128](#bookmark29)

[**ГЛАВА 4. Разработка архитектуры абонентского терминала 130**](#bookmark30)

1. [Приложения MANET 130](#bookmark31)
2. [Архитектура сетевого узла MANET 134](#bookmark32)

[Выводы по главе 4 138](#bookmark33)

[**Заключение 139**](#bookmark34)

[**Список литературы 143**](#bookmark35)

**ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

ABR (Associativity-Based Routing) – маршрутизация на основе

ассоциативности Ad-hoc Беспроводная самоорганизующаяся сеть ADV (Adaptive Distance Vector Routing) – адаптивная векторная

маршрутизация AMRIS (Ad Hoc Multicast Protocol utilizing Increasing id-numbers) - как и

AMRoute представляет собой протокол многоадресной машрутизации AMRoute (Ad-hoc Multicast Routing protocol) - протокол проактивной

маршрутизации, предназначенный для многоадресной передачи

(multicast) в ad-hoc сетях AODV (On-Demand Distance Vector) - протокол реактивной маршрутизации

предназначенный для использования мобильными узлами в

одноранговой сети  
BRP (Bordercast Resolution Protocol) – протокол разрешающий рассылку

периферийным узлам CBRP (Cluster-Based Routing Protocol) – протокол маршрутизации на основе

кластеров CGSR (Cluster Gateway Switch Routing Protocol) – кластерный протокол

маршрутизации с переключаемыми шлюзами DAG (Directed Acyclic Graph) – направленный ациклический граф DHAR (Dual-Hybrid Adaptive Routing) – гибридный адаптивный протокол

маршрутизации DSDV (Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing Protocol) –

векторный протокол с динамическим последовательным назначением  
DSR (Dynamic Source Routing) - протокол реактивной маршрутизации с

динамически изменяющимися путями  
FSR (FishEye State Routing) – протокол проактивной маршрутизации,

использует аналогию с особенностями зрительной картины у рыб  
GAF (Geographic adaptive fidelity "географически адаптивная точность")

-алгоритм маршрутизации, основанный на геоинформации  
GB (Gafni-Bertsekas) – алгоритм Гафнии-Бертсекаса

GSR (Global State Routing) – маршрутизация

GZRP (Genetic Zone Routing Protocol) – генетический зонный протокол

маршрутизации IARP (Intrazone Routing Protocol) – протокол внутризоновой

маршрутизации IERP (Interzone Routing Protocol) - компонент глобальной реактивной

маршрутизации в гибридном протоколе ZRP  
HSR (Hierarchical State Routing) – маршрутизация иерархических

состояний HWMP (Hybrid Wireless Mesh Protocol) – гибридный протокол для

беспроводных ячеистых сетей LANMAR(Landmark Ad Hoc Routing) – маршрутизация ad hoc сетей с

географической привязкой LMR (Link Life Based Routing) – маршрутизация на основе длительности

связи MANET (Mobile ad-hoc network) – мобильная ad-hoc сеть MPR (MultiPoint Relay) – многоточечный ретранслятор MPRs "Избиратель" многоточечного ретранслятора (mulripoint relay selector

— MPRs) OLSR (Optimized Link State Routing) – протокол проактивной

маршрутизации, является адаптацией классического link state

протокола маршрутизации (протокола маршрутизации по состоянию

канала)

**Введение**

Активно развивающейся в настоящий момент областью беспроводных систем передачи данных и сетей связи являются MANET - мобильные самоорганизующиеся сети (Mobile Ad-hoc NETworks). MANET является сложной распределенной системой, включающей в себя мобильные узлы, имеющие возможность самостоятельно организовываться в сеть с динамически меняющейся топологией. Динамическая структура MANET позволяет абонентам пользоваться сетевыми сервисами в областях, где фактически отсутствует традиционная фиксированная структура телекоммуникационных, в том числе беспроводных сетей. Подобные сети могут применяться во время военных действий, в структурах МЧС, в транспортных системах и различных силовых структурах [1], [2].

Фундаментальной особенностью MANET является функциональная эквивалентность узлов сети в отличие от беспроводных «инфраструктурных», в том числе – сотовых сетей. Отсутствие централизованного управления в подобных сетях требует от абонентских терминалов применения специализированных протоколов, использующих служебные пакеты для получения информации о топологии сети и построения маршрутных таблиц. Вследствие этого абонентские терминалы MANET являются не только приемопередатчиками, но и «интеллектуальными» маршрутизаторами сети.

Проблема маршрутизации пакетов данных с учетом мобильности узла-отправителя, узла-приемника и транзитных узлов при масштабировании сети до единиц и десятков тысяч абонентов в таких условиях становиться чрезвычайно сложной, а задача разработки протоколов маршрутизации, быстро адаптирующихся к изменениям топологии сети и имеющих небольшие накладные расходы на поиск и поддержку маршрутов, одной из наиболее *важных и актуальных* задач.

Анализ публикаций зарубежных (X. Hong, G.V. Kumar, T. Clausen, M. Gerla,

A. Iwata, M.S. Corson, S. Taneja, Z.J. Haas, P.S. Kumar, Винокуров В.М.) и отечественных (А.И. Ляхов, А.А. Сафонов, В.Г. Маркин, В.Г. Орлов, А.Н. Фадеев, А.Л. Афанасьев, В.С. Еремин, М.А. Гоголева и др.) авторов, посвященных протоколам маршрутизации MANET позволяет подразделить протоколы маршрутизации MANET на три основные группы:

* протоколы с проактивной маршрутизацией,
* протоколы с реактивной маршрутизацией,
* гибридные и иерархические протоколы. Проактивные протоколы (OLSR [3], TBRPF [4], FLAME [5], AMRoute [6],

AMRIS [7], FSR [8]) предполагают построение таблиц маршрутизации на сетевых узлах предварительно, до получения запроса на передачу данных. Кроме того, сетевые узлы осуществляют периодический обмен служебными сообщениями для получения и обновления информации о структуре сети.

Основная идея, заложенная в реактивных протоколах (AODV [9], DSR [10]), или – протоколах, работающих по запросу, состоит в сокращении служебного трафика за счет рассылки пакетов с маршрутными запросами только при необходимости передачи данных через конкретный узел.

Недостатком обеих групп «плоских» протоколов маршрутизации является быстрый рост служебного трафика и расхода энергоресурсов каждого узла при увеличении количества и подвижности узлов сети.

Отдельно можно отметить протоколы использующие данные о местоположении и векторе движения узлов, что позволяет оптимизировать маршруты в соответствии с выбранными количественными метриками (GPSR [11], DREAM [12], LAR [13], LAKER [14]). К их недостаткам можно отнести необходимость согласования системы доставки геоинформации с алгоритмом маршрутизации и необходимость обновления информации о местоположении узлов для поддержания актуальности и правильности маршрутизации.

Гибридные и иерархические протоколы (TORA [15], ZRP [16], ZHLS [17], OPHMR [18], LANMAR [19], CGSR [20], CBRP [21], HSR [22], DDR [23], THRP [24]) сочетают в себе подходы проактивных и реактивных протоколов, снижая объем служебного трафика, циркулирующего в MANET-сетях большого размера за счет организации сетевых узлов в иерархические структуры или кластеры. В протоколы данной группы также может быть встроен механизм геомаршрутизации, позволяя улучшить показатели качества сети. Недостатком протоколов данного класса является относительная сложность реализации.

**Целью** диссертационной работы является улучшение показателей качества и масштабируемости мобильной самоорганизующейся сети доступа с иерархической кластеризацией узлов.

**Для достижения указанной цели поставлены и решены следующие задачи.**

1. Обзор, анализ и классификация алгоритмов маршрутизации мобильных самоорганизующихся сетей связи (MANET).
2. Разработка критериев оценки алгоритмов маршрутизации мобильных ad-hoc сетей, анализ недостатков существующих алгоритмов маршрутизации.
3. Разработка метода иерархической маршрутизации и реализация прототипа протокола маршрутизации MANET, в том числе:

разработка архитектуры протокола, разработка алгоритма иерархической маршрутизации, разработка алгоритма внутрикластерной геомаршрутизации, разработка алгоритма кластеризации узлов MANET, разработка метода рассылки служебной информации MANET с кластеризацией узлов.

4. Разработка программной модели протокола иерархической маршрутизации  
MANET в системе моделирования телекоммуникационных сетей на основе

вычислительного кластерного комплекса. 5. Разработка архитектуры абонентского терминала MANET.

**Методы исследования.** Для решения поставленных в работе задач используются методы статистической теории связи, статистического моделирования, теории телетрафика, линейной алгебры и тригонометрии, интегрального счисления, системного анализа.

**Научная новизна полученных результатов** состоит в следующем:

1. Разработан новый метод иерархической маршрутизации, позволяющий  
строить мобильные самоорганизующиеся сети доступа (MANET) большой  
емкости (до ~ 103 узлов) и включающий:

алгоритм межкластерной маршрутизации, **-** алгоритм внутрикластерной маршрутизации, алгоритм кластеризации узлов.

1. Разработан новый метод обработки и ретрансляции широковещательных пакетов в мобильных самоорганизующихся сетях с кластеризацией узлов.
2. Разработан новый метод локального временного разделения каналов для алгоритма внутрикластерной маршрутизации пакетов данных.

**Практической значимостью обладают следующие результаты.**

1. На основе разработанного метода иерархической маршрутизации  
реализована программная модель прототипа протокола HDVG,  
обеспечивающего, в среднем, лучшие показатели по коэффициенту и  
времени доставки пакетов по сравнению с протоколами OLSR, AODV,  
GPSR в следующем диапазоне изменения параметров мобильной  
самоорганизующейся сети: скорость движения узлов v<e[0*;*32] (м/с),  
количество узлов сети пє[50*;*300], среднее расстояние между узлами

Дпє[3;150](м).

2. Реализованный протокол иерархической маршрутизации HDVG позволяет

развертывать мобильные самоорганизующиеся сети доступа большой емкости (до ~103 узлов). При этом нормированный коэффициент доставки пакетов слабо зависит от степени мобильности узлов и находится в пределах, от *Кдн*=80 % при *n*=50 , до *Кдн*=30% при *n*=300 и скорости движения узлов до *v*=32 (м/с) ( ~ 115 (км/ч) ).

1. Разработана программная среда для распределенной симуляции MANET на основе кластерной вычислительной системы, позволяющая тестировать программную модель мобильной самоорганизующейся сети доступа, использующей протокол иерархической маршрутизации HDVG и включающая модели физического, канального, сетевого уровней OSI и уровня приложения.
2. Разработана архитектура мобильного сетевого терминала MANET, позволяющая реализовать автоматическую интеллектуальную маршрутизацию пакетных данных в соответствии с разработанным протоколом HDVG с учетом географических координат абонентов.

**Положения, выносимые на защиту.**

1. Взаимодействие алгоритмов внутрикластерной и межкластерной маршрутизации позволяет сократить накладные расходы на открытие и поддержку маршрутов MANET.
2. Разработанный алгоритм кластеризации, формирующий распределенные шлюзы между соседними кластерами сети позволяет сбалансировать средний размер кластеров MANET.
3. Использование информации о местоположении и векторах движения сетевых узлов в алгоритме внутрикластерной маршрутизации MANET позволяет оптимизировать открываемые маршруты.
4. Разработанный метод обработки и ретрансляции служебных широковещательных пакетов сокращает время распространения информации о локальных изменениях структуры MANET с кластеризацией

- 10 -

узлов.

1. Разработанный метод локального разделения каналов, обеспечивает вероятность коллизий при передаче пакетов данных не более 2% при равномерном размещении сетевых узлов.
2. Программная модель MANET с кластеризацией сетевых узлов, позволяет оценить показатели качества разработанного метода иерархической маршрутизации в системе распределенного моделирования телекоммуникационных сетей на основе кластерного комплекса. **Достоверность материалов диссертационной работы** подтверждается

использованием адекватной модели MANET, включающей в себя модели уровней OSI, обоснованием полученных научных и экспериментальных результатов, результатами внедрения разработок в процессе выполнения НИР.

**Личный вклад автора.**

Выносимые на защиту положения предложены автором в процессе выполнения НИР, а также изложены в научных работах автора. Реализация программной модели MANET с кластеризацией узлов выполнялась коллективом исследователей на кафедре радиоэлектронных средств ФГБОУ ВПО «ВятГУ» при личном участии автора.

**Внедрение результатов работы.** Теоретические и практические результаты, полученные при выполнении диссертационной работы использованы в НИР «Разработка прототипа телекоммуникационного протокола полносвязной самоорганизующейся сети связи повышенной устойчивости» (шифр заявки «2011-1.4-514-064-002») в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы»; внедрены в ЗАО «МНИТИ» (г. Москва); ОАО «НИИ СВТ» (г.Киров); учебный процесс в Вятском государственном университете.

**Апробация работы.** Основные результаты работы докладывались и

- 11 -

обсуждались на следующих конференциях: всероссийской НТК «Общество, наука, инновации» (НТК-2012); международной НТК «Цифровая обработка сигналов и ее применение – DSPA-2013»; XIII международной НТК «Теория и практика современной науки», 2013 г.

**Публикации.** По результатам исследования опубликовано 14 работ; в том числе: 8 статей в изданиях из числа рекомендованных ВАК для опубликования результатов диссертационных исследований), 1 учебное пособие, 3 тезиса докладов. Получено свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ.

**Структура и объем работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 148 страницах машинописного текста, содержит 58 рисунков и 8 таблиц. Список литературы включает 63 наименования.

**Заключение**

В результате выполнения диссертационной работы решена научно-практическая задача разработки метода иерархической маршрутизации мобильной самоорганизующейся сети доступа с иерархической кластеризацией узлов с целью улучшения показателей качества и масштабируемости сети. Выполнен обзор, анализ и классификация алгоритмов маршрутизации мобильных самоорганизующихся сетей связи (MANET). Разработаны критерии оценки алгоритмов маршрутизации мобильных ad-hoc сетей, выполнен анализ недостатков существующих алгоритмов маршрутизации.

**Основные научные результаты**

1. Классифицированы основные стратегии, применяемые для повышения показателей качества протоколов гибридной и иерархической маршрутизации.
2. Разработан метод иерархической маршрутизации, позволяющий строить мобильные самоорганизующиеся сети доступа (MANET) большой емкости (до ~103 узлов) и включающий в себя:

* алгоритм иерархической маршрутизации,
* алгоритм внутрикластерной маршрутизации,
* алгоритм кластеризации узлов,
* метод обработки и ретрансляции широковещательных пакетов.

3. Разработан метод локального временного разделения каналов при  
внутрикластерной маршрутизации пакетов данных.

**Практическая значимость**

1. На основе разработанного метода иерархической маршрутизации реализована программная модель прототипа протокола HDVG,

- 139 -

обеспечивающего, в среднем, лучшие показатели по коэффициенту и времени доставки пакетов по сравнению с протоколами OLSR, AODV, GPSR в следующем диапазоне изменения параметров мобильной самоорганизующейся сети: скорость движения узлов *v*e[0*;*32] (м/с), количество узлов сети п<е[50*;*300] , среднее расстояние между узлами Дпє[3; 150] (м).

1. Реализованный протокол иерархической маршрутизации HDVG позволяет развертывать мобильные самоорганизующиеся сети доступа большой емкости (до ~103 узлов). При этом нормированный коэффициент доставки пакетов слабо зависит от степени мобильности узлов и находится в пределах, от *Кдн*=80% при п = 50, до *Кдн* = 30% при п = 300 и скорости движения узлов до *v* = 32 (м/с) (~115 (км/ч)).
2. Разработана программная среда для распределенной симуляции MANET на основе кластерной вычислительной системы, позволяющая тестировать программную модель мобильной самоорганизующейся сети доступа, использующей протокол иерархической маршрутизации HDVG и включающая модели физического, канального, сетевого уровней OSI и уровня приложения.
3. Разработана архитектура мобильного сетевого терминала MANET, позволяющая реализовать автоматическую интеллектуальную маршрутизацию пакетных данных в соответствии с разработанным протоколом HDVG с учетом географических координат абонентов.

**Направления дальнейших исследований и разработок**

Для достижения новых практических результатов необходимо исследовать вопросы, связанные с использованием технологий когнитивного радио. На уровне маршрутизации это означает появление дополнительных путей между узлами сети при использовании частотного ресурса других первичных пользователей. Использование технологии когнитивного радио позволит повысить устойчивость мобильной самоорганизующейся сети доступа.

- 140 -

**Основные результаты диссертационного исследования отражены в следующих публикациях:**

1. Романов С. В. Анализ иерархического протокола маршрутизации MANET-сетей / Романов С.В. Прозоров Д.Е., Трубин И.С. // Перспективы науки, 2012. - №4. - С. 86 — 89.
2. Романов С. В. Симуляторы беспроводных MANET-сетей / Жолобов А.Н., Прозоров Д.Е., Романов С.В. // Инфокоммуникационные технологии, 2012. - №3. - С.28 — 33.
3. Романов С. В. Протоколы геомаршрутизации самоорганизующихся мобильных сетей / Прозоров Д.Е., Метелев А.П., Чистяков А.В., Романов С. В. // T-Comm. - 2012, №5. - С.16-19.
4. Романов С. В. Принципы формирования кластеров в ad-hoc сетях / Жолобов А.Н., Лесников В.А., Романов С.В. // Научное обозрение, 2012. -№4. - С. 264-273.
5. Романов С. В. Стек протоколов когнитивных ad-hoc сетей / Лесников В.А., Романов С.В., Частиков А.В., Дубовцев Д.В. // Научное обозрение, 2013. -№2. - С.103-109.
6. Романов С.В. Методы гибридной и иерархической маршрутизации MANET / Романов С.В., Прозоров Д.Е. // Перспективы науки. - 2013, № 6. - С.72-76.
7. Романов С.В. Метод обработки широковещательного трафика MANET / Романов С.В., Прозоров Д.Е. // T-Comm. - 2013, №4. - С.32-34.
8. Романов С.В.Прозоров Д.Е, Множественный доступ с псевдослучайным разделением времени в MANET-сетях с кластеризацией узлов // Телекоммуникации, 2014. - № 3. - С. 14-17
9. Романов С. В. Оптимизация маршрутов в иерархическом протоколе передачи данных MANET-сетей [Электронный ресурс] / Романов С.В., Прозоров Д.Е. // Всероссийская НТК «Общество, наука, инновации» (НТК-2012): 16-27 апр. 2012 г. : сб. материалов / Вят. гос.ун-т. – Киров,

- 141 -

2012. – 1 электрон. опт. Диск (CD-ROM). – (Секция «Методы и средства передачи и обработки сигналов», ст. 2).

1. Романов С. В. Маршрутизация в беспроводных самоорганизующихся сетях. Иерархические и гибридные протоколы: / Прозоров Д.Е., Трубин И.С., Лесников В.А., Жолобов А.Н., Романов С.В. – Киров: ПРИП ФГБОУ ВПО «ВятГУ», 2013. – 100 с.
2. Романов С.В. Метод сокращения служебного трафика в иерархическом протоколе маршрутизации MANET-сети / Романов С.В., Прозоров Д.Е. // Доклады 15-й МНТК «Цифровая обработка сигналов и ее применение -DSPA-2013». - Москва, 2013. - В 2-х т., т.1. - С. 271-274.
3. Романов С.В. Гибридные и иерархические протоколы маршрутизации MANET-сетей [Электронный ресурс] // Всероссийская НТК «Общество, наука, инновации» (НТК-2013): 15-26 апр. 2013 г. : сб. материалов / Вят. гос.ун-т. – Киров, 2013. – 1 электрон. опт. Диск (CD-ROM). – (Секция «Методы и средства передачи и обработки сигналов», ст. 14).
4. Романов С.В. Архитектура абонентского терминала MANET-сети / Романов С.В. // Материалы X МНТК «Теоретические и практические аспекты развития современной науки». - Москва, 2013. - С. 74-79.
5. Романов С.В., Жолобов А.Н. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «Программа «ММ-сеть» №2012616121 от 04.07.12.

- 142 -

**Список литературы**

1. Hong, X. Scalable routing protocols for mobile ad hoc networks / X. Hong et al. // IEEE Network. - 2002. - Vol. 16, №4. - P. 11-21.
2. Винокуров В.М. Маршрутизация в беспроводных мобильных Ad hoc-сетях / В.М. Винокуров и др. // Доклады ТУСУРа. - 2010. - №2 (22), часть 1. - С. 288-292.
3. Kumar G.V. Current Research Work on Routing Protocols for MANET: A Literature Survey / G.V. Kumar, Y. V. Reddyr, Dr. M. Nagendra // (IJCSE) International Journal on Computer Science and Engineering. - 2010. - Vol.2, №3. - P. 706-713.
4. Akyildiz, I. F. CRAHNs: Cognitive radio ad hoc networks / I. F. Akyildiz, W. – Y. Lee, K. R. Chowdhury // Ad Hoc Networks. - 2009. - Vol. 7. - P. 810–836.
5. Clausen, T. Optimized Link State Routing Protocol (OLSR). [Электронный ресурс] Clausen, T. // URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3626.txt> (дата обращения: 11.2011).
6. Ogier, R. Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF). [Электронный ресурс] // URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3684.txt> (дата обращения: 11.2011).
7. Elfrink, Ir. FLAME. Forwarding Layer for Meshing. [Электронный ресурс] // URL: <https://doc.novay.nl/dsweb/Get/Document-72637/Dn2.10%20FLAME>%20-%20Forwarding%20Layer%20for%20Meshing.pdf (дата обращения: 11.2011).
8. Bommaiah, E. AMRoute: Adhoc Multicast Routing Protocol // Mobile Networks and Applications. - 2002. - Vol. 7. № 6. - P. 429-439.
9. Wu, C.W. AMRIS: a multicast protocol for ad hoc wireless networks / C.W. Wu, Y.C. Tay // MILCOM 1999. - IEEE Military Communications. Conference Proceedings. -1999. - Vol.1. - P.25-29.
10. Gerla, M. Fisheye State Routing Protocol (FSR) for Ad Hoc Networks. [Электронный ресурс] / M. Gerla, X. Hong, G. Pei // URL: <http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-manet-fsr-03> (дата обращения: 07.2002).