

УДК 004.04

Жуков И. А., д-р техн. наук
Клименко И. А.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАННОГО УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В ОБЪЕДИНЕННЫХ СЕТЯХ

Институт компьютерных технологий Национального авиационного университета

Рассмотрена новая, но быстроразвивающаяся область качества обслуживания (QoS) в объединенных сетях. В качестве составляющих объединенной сети рассматриваются мобильные сети Ad Hoc. Проведен анализ известных моделей QoS для стационарных и мобильных сетей и проблемы их использования. Предложена собственная модель обеспечения QoS в сетях Ad Hoc с использованием Многопротокольной коммутации по меткам MPLS.

Введение

Объединенная сеть представляет собой множество связанных между собой локальных сетей, использующих стек протоколов *TCP/IP*. Составляющими объединенной сети могут быть мобильные сети типа *Ad Hoc*. Применение такого типа сетей предъявляет специфические требования к обеспечению уровня качества обслуживания.

Мобильные сети *Ad Hoc*, известные как эпизодические или специальные сети, являются сетями без выраженной инфраструктуры, узлы которых находятся в пределах досягаемости друг друга, и динамически произвольным образом связываются между собой. В сети отсутствует какое-либо централизованное управление, все узлы являются равноправными и каждый мобильный узел действует и как хост и как маршрутизатор, принимая участие в открытии и обслуживании маршрутов к другим узлам.

Сформированная таким образом сеть, является динамической сетью, имеющей непредсказуемую топологию, зависящую от скорости и способа передвижения мобильных узлов [1], что является одной из проблем маршрутизации потоков данных в сети с учетом требуемого качества обслуживания.

Традиционно сети *Ad Hoc* использовались в зонах бедствий, в труднодоступных районах, при проведении военных операций, чрезвычайных поисков, спасательных действий, т.е. в таких местах, где

инфраструктура не существует или повреждена и где необходимо быстрое разворачивание сети связи. А в настоящее время, в связи с повышением скорости и качества беспроводных каналов связи, сеть *Ad Hoc* может быть использована как составляющая объединенной сети, от которой требуется передача больших объемов данных, мультимедийного трафика, обслуживание приложений реального времени, чувствительных к задержкам, изменениям пропускной способности и потере пакетов. В связи с этим, возникают новые требования к сетям *Ad Hoc*, а именно требования предоставления гарантий качества обслуживания (*QoS*) для различных потоков трафика в сетях *Ad Hoc*.

Текущая модель *TCP/IP Internet* предлагает обслуживание с максимальными усилиями, не делая никаких различий между типами трафика и не давая никаких гарантий качества обслуживания. В настоящее время известно несколько архитектур *QoS*, с успехом используемых в проводных сетях *Internet*, предоставляющих необходимое качество обслуживания приоритетным потокам данных. Однако особенности мобильных сетей *Ad Hoc*, такие, как высокодинамичная топология, ограничения полосы пропускания, ограничения мощности мобильных терминалов, не позволяют непосредственно использовать эти модели для предоставления качества обслуживания в мобильных специальных сетях.

Для предоставления *QoS* в мобильных сетях *Ad Hoc* используются модификации известных моделей *QoS*. Однако, в настоящее время ни одна из существующих моделей *QoS* для специальных мобильных сетей в полной мере не может гарантировать потокам данных качественное обслуживание. Открытой остается проблема переключения соединения в случае изменения положения мобильных узлов или невозможности одного из узлов пути передачи данных предоставить необходимые параметры качества обслуживания.

Таким образом, исследования вопроса связанного с обеспечением *QoS* в объединенных сетях, и разработки в этой области являются очень актуальными и перспективными на сегодняшний день. В статье предложен механизм для обеспечения *QoS* в специальных сетях с использованием Многопротокольной коммутации по меткам (*MPLS*).

QoS в объединенных сетях

Современные объединенные сети характеризуются резким ростом объема трафика и появлением приложений, работающих в реальном времени, мультимедийных приложений, приложений для групповой рассылки. Трафик таких приложений отличается чувствительностью к задержкам, и традиционные *TCP/IP* сети уже не могут дать гарантии того, что разнообразные приложения получат то обслуживание, которое им требуется. Поэтому, в современных объединенных сетях передачи данных возникла необходимость добавления новых механизмов, учитывающих требования, предъявляемые приложениями к сети, и предоставляющие этим приложениям необходимое качество обслуживания.

RFC 2386 [2] определяет *QoS*, как набор требований, которые будут выполнены сетью при передаче потока пакетов от источника адресату. Понятие *QoS* включает в себя соглашение или гарантии сети о предоставлении определенным типам трафика набора измеримых и требуе-

мых этому трафику параметров качества обслуживания, которые обеспечат необходимую пропускную способность, допустимые задержки и процент потерянных пакетов.

К основным параметрам, определяющим качество обслуживания в сети, относятся:

1. *Пропускная способность сети* – минимальная скорость, которая может быть обеспечена потоку пакетов по всей длине пути передачи от источника адресату.

2. *Задержка* – минимальное время, за которое пакет достигнет адресата, этот параметр является необходимым для работы приложений в реальном времени.

3. *Изменения задержки* – разница во времени между прибытием двух последовательных пакетов адресату; этот показатель является критическим для определения размеров буфера получателя для приложений работающих в реальном времени.

4. *Потери пакетов* – отношение количества пакетов достигающих адресата к количеству посланных источником пакетов; этот показатель допускает некоторый процент потерянных пакетов для большей части мультимедийного трафика, однако, существует ряд приложений, например для передачи компрессированного голоса и видеоизображения, которые обладают высокой чувствительностью к потерям даже очень небольших фрагментов данных.

В настоящее время в литературе описано несколько моделей *QoS* [3, 4], которые с успехом используются в проводных сетях. В объединенных сетях задачу обеспечения *QoS* рассматривают на макроуровне, то есть на уровне взаимодействия составляющих локальных сетей. Сетевая структура на макроуровне изменяется относительно редко, что так же позволяет использовать известные методы. Однако в мобильных сетях маршрутизация и обеспечение требуемого *QoS*, основываются на динамической природе этих сетей [5, 6, 7], что предопределяет использование динамических алгоритмов обеспечения *QoS*. Существующие модели

QoS неприемлемы для использования в мобильных сетях *Ad Hoc* и необходима адаптация их для использования в таких сетях.

QoS в стационарных сетях

Интегрированная служба (*Integrated Services Architectures, IntServ*) и дифференцированная служба (*Differentiated Services, DiffServ*) разработаны специально для предоставления качества обслуживания *QoS* в сетях *Internet*. Эти службы не определяют специальные протоколы маршрутизации или их выполнение, а представляют собой методологии или архитектуры, основной принцип которых заключается в добавлении маршрутизаторам новой функциональности, которая позволит запрашивать уровень качества обслуживания непосредственно из сети.

Интегрированная служба *IntServ* – первая стандартизированная модель *QoS*, разработана компанией *IETF* [3] для сети Интернет. Архитектура *IntServ* предлагает два вида услуг: гарантированный сервис и сервис с максимальными усилиями.

Каждый пакет связывается с потоком данных, который является последова-

тельностью пакетов, посылаемых от данного отправителя данному получателю и требующих одинакового качества обслуживания всех пакетов. Механизм *IntServ* позволяет пользователю запросить необходимое качество обслуживания для всего потока данных.

Архитектура включает следующие компоненты (рис. 1) [3]: планировщик пакетов – управляет отправлением потока пакетов, реализуя механизмы очередей; классификатор – классифицирует входящие пакеты в классы, соответствующие потокам данных требующих одинакового обслуживания; модуль управления доступом – осуществляет алгоритм принятия решения о предоставлении потоку необходимого качества обслуживания; протокол резервирования – используется для резервирования ресурсов между конечными хостами и в маршрутизаторах на протяжении пути следования трафика с целью передачи нового потока данных с заданным уровнем качества обслуживания. Для резервирования ресурсов используется протокол резервирования *RSVP* [8, 9].

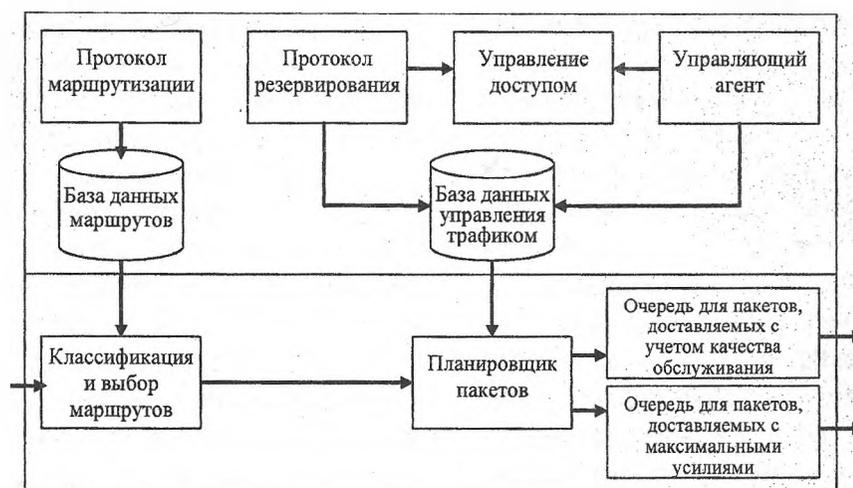


Рис. 1. Архитектура *IntServ*, реализованная на маршрутизаторе

Особенности мобильных сетей, такие как динамическая структура, ограниченная полоса пропускания, невысокая мощность батарей мобильных терминалов не позволяют использовать архитектуру *IntServ* по следующим причинам.

Модуль управления доступом требует, чтобы каждый узел имел точную информацию о количестве доступных ресурсов. Однако получение такой информации в мобильных специальных сетях

затрудняется динамической структурой сети.

Движение узлов и изменения беспроводной среды передачи данных приводит к частому изменению путей передачи данных. Следовательно, резервирование сделанное по одному пути может стать непригодным и требуется резервирование по новому пути, что увеличит задержки, пополнение сети управляющим трафиком, а так же расход энергетической и вычислительной мощности мобильных терминалов.

Протокол резервирования *RSVP*, используемый для резервирования пути в архитектуре *IntServ*, требует наличия централизованного управления, которое отсутствует в сети *Ad Hoc*.

Функционирование архитектуры *IntServ* требует реализации компонентов, таких как планировщик пакетов, контроллер, классификатор и других на каждом маршрутизаторе, а значит на каждом мобильном терминале. Что приводит к увеличенным аппаратурным затратам, а также расходу вычислительной мощности узлов.

Архитектура **дифференцированных услуг *DifServ*** [3, 4, 10] имеет преимущества перед архитектурой интегрированных служб, выраженные в простоте и отсутствии больших объемов служебной информации. Архитектура *DifServ* – полностью распределенная модель, не требующая централизованного управления. В узлах сети не сохраняется никакая информация о топологии сети.

Архитектура *DifServ* предоставляет параметры *QoS* не на базе потоков, а на основании требований различных групп пользователей. *DifServ* дифференцирует трафик по установленному номеру класса. Весь трафик в сети разделяют на классы с различными требованиями к качеству обслуживания. Маршрутизаторы различают классы по меткам в заголовке *IP*. Для всех пользователей, входящих в один и ту же класс, в *IP*-пакетах указывается одна и та же метка. Механизм, основанный на метках, снижает объем служебной информа-

ции, по сравнению с архитектурой *ISA*. Метки в пакетах размещаются в соответствующих байтах типа услуги протокола *IPv4* или класса трафика протокола *IPv6*. Поэтому в реализации протоколов не нужно делать никаких изменений.

Сеть делится на край сети и на основную часть. Узлы на краю сети ответственны за классификацию, за предоставление гарантий того, что выполняется соглашение между пользователем сети и системной службой и за маркировку пакетов, таким образом, что бы они могли быть распознаны в основной части сети. Узлы в основной части обеспечивают передачу пакетов в зависимости от класса, указанного в заголовке пакета. Модель поддерживает три вида обслуживания: *гарантированное обслуживание*, которое предполагает низкую задержку, низкую флуктуацию и гарантированную пропускную способность от начала до конца обслуживания, *обслуживание с предпочтением* – некоторые типы трафика обслуживаются лучше, чем остальные и *сервис с максимальными усилиями*.

Перед использованием дифференцированных услуг между поставщиком услуг (доменом Интернета) и получателем услуг заключается соглашение об уровне качества обслуживания (*Service Level Agreement, SLA*). При этом никакие механизмы дифференцированных услуг не встраиваются в приложения.

В соответствии с соглашением *SLA* потоки, инициализированные пользователем, подвергаются управлению доступом на краю сети. Первый маршрутизатор на пути пользовательского потока, действует как маршрутизатор края сети. Все пакеты, которые соглашаются с соглашением *SLA*, помечены и переданы в ядро сети. Пакеты, которые не подчиняются соглашению *SLA*, получают обслуживание с максимальными усилиями или могут быть даже отброшены. В пределах ядра, помеченные пакеты ставятся в очередь и обрабатываются в зависимости от класса.

Таким образом, к преимуществам использования архитектуры дифференци-

рованных услуг относительно *IntServ* можно отнести простоту реализации, эффективность, масштабируемость, небольшой объем служебной информации.

Кроме того, низкая аппаратная сложность реализации модели *DS* в узле, отсутствие централизованного управления, отсутствие внешнего сигнального механизма и резервирования ресурсов, позволяют рассматривать архитектуру *DS*, как базовую для предоставления *QoS* в мобильных сетях *Ad Hoc*. Однако данная модель разработана для стационарных проводных сетей и не учитывает динамичной природы мобильных сетей и особенностей беспроводной среды передачи, поэтому не может быть непосредственно использована в мобильных специальных сетях. Кроме того, существует еще несколько проблем. Во-первых, проблема различия между узлами на краю и в основной части сети. В МС сети все узлы равноправны, следовательно, исходный узел, отправляющий данные, должен выполнять функции маршрутизатора края, а узлы, участвующие в передаче пакетов должны составлять ядро сети. Тогда каждый узел сети должен иметь возможность действовать и как узел края и как узел ядра сети, что приводит к увеличению сложности сети. Во-вторых, понятия соглашения *SLA* не существует в сети *Ad Hoc*, которые являются полностью автономными и самоконфигурируемыми. Однако достоинства рассмотренной архитектуры превышают недостатки, и, как уже было сказано, эта архитектура может быть взята за основу для разработки моделей *QoS* для мобильных сетей *Ad Hoc*.

Реализация модели QoS в мобильных сетях Ad Hoc

В литературе описаны схемы *QoS* для мобильных сетей, которые являются модификациями традиционных моделей. Эти схемы представляют собой реализацию *QoS* на различных уровнях модели *OSI* [11, 12] и могут быть представлены следующими классами:

- независимые схемы;

- реализация *QoS* на канальном уровне;
- протоколы маршрутизации с учетом *QoS*.

Независимые архитектуры представляют собой реализацию *QoS* независимо от уровней модели *OSI* подобно архитектурам *IntServ* и *DifServ*. Весь трафик классифицируется по классам, имеющим различный приоритет, в зависимости от которого предоставляется требуемое качество обслуживания.

Так известна модель *FQMM* [13], названная гибкой моделью *QoS* для мобильных сетей. Это первая модель, предложенная для реализации *QoS* в мобильных сетях, предлагает комбинировать реализацию предоставления качества услуг, используемых в архитектурах *IntServ* и *DifServ*, для различных приоритетных классов. Недостатки, связанные с *IntServ* и *DifServ*, присущи и модели *FQMM*. Архитектуры требуют устойчивой связи, доступной полосы пропускания и информации о топологии сети, поэтому *FQMM* достаточно хорошо работает в небольших мобильных сетях с низкой подвижностью узлов. Так же известны такие независимые схемы, как *SWAN* [14] *INSIGNIA* [15].

Реализация на канальном уровне, подразумевает добавление *QoS* протоколам канального уровня – уровня управления каналом данных (*Data Link Control, DLC*). Существующие протоколы канального уровня, например *IEEE 802.11*, в традиционной форме поддерживают только передачу данных с максимальными усилиями, то есть доступная пропускная способность распределяется одинаково и справедливо среди всех конкурирующих узлов. В настоящее время ведутся разработки новых стандартов и модификаций существующих протоколов для добавления функций дифференцирования различных потоков трафика на канальном уровне. Были предложены несколько схем, которые являются разновидностями протоколов *802.11*, например протокол *IEEE 802.11e* [16] и Черный Ме-

ханизм Разрешения Конфликтов (*Black Burst Contention Mechanism*) [17].

Использование **протоколов маршрутизации с учетом QoS** — наиболее перспективный подход сегодня. Вместо резервирования ресурсов их цель адаптивно реагировать на изменения в сети насколько возможно быстрее.

Протоколы маршрутизации, используемые в мобильных сетях, основаны на традиционных алгоритмах маршрутизации, таких как дистанционно-векторный алгоритм маршрутизации и маршрутизация с учетом состояния связей. При определении пути передачи потока пакетов через сеть используются алгоритмы выбора кратчайшего маршрута следования пакетов, без учета таких факторов, как перегрузка канала или доступность полосы пропускания. Маршрутизация с учетом QoS, требует не только найти кратчайший маршрут от источника к адресату, но и гарантировать, что бы этот маршрут удовлетворял условиям качества, которые представляют собой требуемые параметры QoS. В специальных мобильных сетях обеспечить качество обслуживания намного сложнее, чем в стационарных сетях, это обусловлено в первую очередь тем, что беспроводная пропускная способность распределена между соседними узлами, топология сети часто изменяется при перемещении мобильных узлов. Такие сети характеризуется частыми разрывами связи, на восстановление которых требуется время, которое обуславливает задержки в сети.

Сравнительный анализ [18, 19, 20] показывает, что наиболее эффективными для использования в мобильных сетях *Ad Hoc* являются реактивные протоколы, которые инициируют запрос о формировании маршрута по требованию. Такие протоколы не требуют периодических обновлений таблиц маршрутизации, сохраняя пропускную способность беспроводной среды и экономя запас энергии батарей мобильных терминалов. То есть, протоколы не требуют никаких излишних затрат при возникновении изменений в тополо-

гии мобильной сети, а особенно, если возникает незначительное движение узлов. Именно такие протоколы способны динамически определять пути передачи с достаточной полосой пропускания и требуемой задержки, не смотря на частые изменения топологии сети, и выполнить необходимые сервисные требования.

Известны алгоритмы маршрутизации, которые пытаются принимать во внимание параметры QoS, и удовлетворять их требованиям, чем гарантировать нахождение пути с заданными параметрами качества обслуживания: *CEDAR* [21], *TORA* [22], *AODV* [23, 24, 25], *DSR* [26].

Протоколы маршрутизации *DSR* и *AODV* одни из самых развитых протоколов для мобильных сетей *Ad Hoc*, однако эти протоколы разработаны без явного учета качества маршрутов, которые они генерируют. Приведем краткую характеристику этих двух протоколов, с точки зрения обеспечения QoS.

Протокол динамической маршрутизации от источника DSR (*Dynamic Source Routing Protocol*) является протоколом маршрутизации по требованию и имеет две стадии: *открытие маршрута* и *обслуживание маршрута*, которые используются для формирования и поддержки активных маршрутов между источником и адресатом. Запись маршрутизации содержит все промежуточные узлы от источника к адресату. На стадии открытия маршрута *DSR* источник помещает полный маршрут в пакет данных, и пакет следует через промежуточные узлы, указанные в заголовке, к пункту назначения. В случае если адресат неизвестен, узел источник выполняет обнаружение маршрута к неизвестным адресатам в сети, посылая в сеть запрос маршрута (*RREQ*). Заголовок пакета запроса маршрута содержит запись пути, по которому следовал пакет. Прежде чем узел передаст запрос маршрута дальше, он добавляет свой адрес в заголовок пакета запроса. Когда адресат получает запрос маршрута, он генерирует ответ маршрута и посылает его

риодом **HELLO INTERVAL**. Если узел не получает сообщение **HELLO** от его соседа в период времени **DELETE PERIOD** он считает, что связь с соседом прервана и удаляет связанную запись таблицы маршрутизации.

Протокол **AODV** определяет расширения, которые могут использоваться, что бы предложить некоторые параметры качества обслуживания, а именно максимальную задержку и минимальную ширину диапазона. Эта информация помещается в запрос **RREQ**, для соответствия запросу с такими расширениями узел должен быть способен удовлетворить качество сервисных требований. Если после установления маршрута, узел обнаруживает, что не может обеспечить требуемые параметры качества обслуживания, он посылает сообщение назад узлу, который их запросил.

Исследуя протоколы маршрутизации в мобильных сетях с точки зрения обеспечения требуемого уровня качества обслуживания, кроме указанных выше недостатков, следует остановиться на следующих проблемах.

Механизмы выбора пути. Протоколы **AODV** и **DSR** используют стадии открытия маршрута для обнаружения новых маршрутов в сети. Маршруты, найденные путем распространения пакета *запрос маршрута*, представляют самый кратчайший путь. Эти маршруты не удаляются из таблиц маршрутизации, если не получено сообщение *ошибка маршрута*, или не истекло *время ожидания маршрута*. Протоколы **AODV** и **DSR** перезапускают их таймер каждый раз, когда пакет данных успешно отправлен и далее используют этот путь. Таким образом, протоколы теряют способность создавать и использовать в своих интересах более короткие маршруты, которые становятся доступными в сети вследствие изменения топологии. Пути используют бесполезные перелеты, тратя впустую полосу пропускания. По этим причинам механизмы выбора путей не обеспечивают улучшенную работу сети для обеспечения

необходимого уровня качества обслуживания.

Механизмы, используемые для обнаружения и восстановления нарушенных связей. Протоколы маршрутизации могут обнаружить нарушенные связи через механизмы на уровне маршрутизации или через обратную связь канального уровня. Время ожидания ошибки связи это время, которое требуется узлу, для обнаружения, того, что связь с соседом была потеряна. Уменьшение этого времени ожидания является критическим, так как в течение периода времени ожидания ошибки связи, узел не знает, что связь с соседом была нарушена и продолжает отправлять пакеты. Переданные пакеты окажутся потерянными, что отразится на гарантии о проценте доставленных пакетов. При использовании обратной связи канального уровня узлы уведомляются о разрыве связи с соседом за незначительное время. Так **AODV** без обратной связи канального уровня имеет время ожидания ошибки связи 4.5 секунды [27]. Однако, использование периодических сообщений для обнаружения нарушенных связей непроизводительно расходует пропускную способность.

Время, затраченное на восстановление нарушенных связей, существенно влияет на задержки в сети. При обнаружении нарушенной связи, узел генерирует пакет ошибки маршрута и отправляет его назад к источнику, который пытается найти новый путь к адресату, заново инициализируя стадию открытия маршрута. В данном случае рассмотренные протоколы не решают проблемы перенаправления потоков данных по альтернативным маршрутам с требуемым **QoS**. Было бы очень эффективно, что бы узел обнаруживший нарушенный маршрут, мог попытаться восстановить его, поиском другого отрезка, удовлетворяющего требованиям **QoS**. В случае если узел не может восстановить маршрут, он отыскивает другой альтернативный маршрут, начиная с этой точки.

Буферизация во время обнаружения новых маршрутов и восстановления связи, в протоколах *AODV* и *DSR* затрагивает предоставленные гарантии времени ожидания передачи пакетов. Эффект оказываемый буферизацией на время ожидания описан в работе [27].

Исследования, описанные в [18 - 21, 24 - 27], показали, что с увеличением загрузки сети и мобильности узлов резко увеличивается процент потерянных пакетов и задержки во время маршрутизации.

Таким образом, ни один из описанных в литературе протоколов маршрутизации не позволяют обеспечить требуемый уровень качества обслуживания в мобильных сетях *Ad Hoc*, в частности не способен решить проблему перенаправления трафика по альтернативным путям с *QoS*.

Исследовав различные методы маршрутизации данных в сетях *Ad Hoc* с учетом требуемого качества обслуживания, предлагается, как наиболее перспективный подход, использование *Протокола многопротокольной коммутации по меткам MPLS* [28]. Протокол *MPLS* обладает поддержкой качества обслуживания и механизмами конструирования трафика, обеспечивающими выбор маршрутов на основе известных требований. Протокол разработан для стационарных сетей и необходима адаптация его для использования в специальных мобильных сетях. Проведенные нами предварительные оценки протокола *MPLS* продемонстрировали эффективность его использования и определили целесообразность дальнейших исследований в этом направлении.

Выводы

На основании анализа литературы можно утверждать, что наиболее перспективным подходом к обеспечению *QoS* является *MPLS*.

Задачу обеспечения *QoS* в объединенных сетях в первую очередь, следует рассматривать на макроуровне, то есть на уровне взаимодействия составляющих локальных сетей. Как правило, сетевая структура на макроуровне изменяется от-

носительно редко, что позволяет использовать известные методы *QoS*. В свою очередь, изменения топологии мобильных сетей происходит достаточно часто, что предопределяет использование на микроуровне динамических алгоритмов обеспечения *QoS*.

Использование *MPLS* в мобильных сетях требует дальнейших исследований по оптимизации процедуры назначения меток и динамического их переключения при изменении топологии мобильной сети.

Список литературы

1. Шиллер Йоган. Мобильные коммуникации.: Пер. с англ. – М. : издательский дом «Вильямс», 2002. – 384 с.
2. Crawley E., Nair R., Rajagopalan B., and Sandick H., "A framework for QoS-based routing in the Internet", RFC 2386, August 1998.
3. Столлингс В. Современные компьютерные сети. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 783 с.
4. Blake S., Black D., Carlson M., Davies E., Wang Z., and Weiss W., "An architecture for differentiated services", IETF RFC 2475, 1998.
5. Wu K. and Harms J., "QoS support in mobile Ad Hoc networks", 2001.
6. Chen S. and K. Nahrstedt, "Distributed quality-of-service routing in Ad Hoc networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communication, vol. 17, no. 8, 1999.
7. D. D. Perkins and H. D. Hughes, "A survey on quality-of-service support for mobile Ad Hoc networks", Wireless Communications and Mobile Computing, 2002.
8. Zhang L., Deering S., and Estrin D., "RSVP: A new resource reservation protocol", IEEE network, 1993.
9. Braden R., Zhang L., Berson S., S. Herzog, and S. Jamin, "Resource reservation protocol (RSVP) – version 1 functional specification", IETF RFC 2205, September 1997.
10. Nichols K., Jacobson V., and Zhang L., "A two-bit differentiated services architecture for the Internet", RFC 2638, July 1999.

11. Chakrabarti S. and Mishra A., "QoS issues in Ad Hoc Wireless", IEEE Communications Magazine, Februar 2001.
12. Demetrios Z., "A Glance at Quality of Services in Mobile Ad Hoc Networks", Seminar in Mobile Ad Hoc Networks. 2001.
13. Xiao H., Seahand W. K. G., Lo A. and Chua K. C., "A flexible quality of service model for mobile networks", IEEE VTC2000-spring, Japon/Tokyo, 2000.
14. Ahn G., Campbell A., Veres A., and Sun L-H., "Supporting service differentiation for real-time and best-effort traffic in stateless wireless Ad Hoc networks (swan)", IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 1, no. 3, pp. 192-207, July-Sept. 2002.
15. Lee S.-B., Ahn G.-S., and Campbell A., "Improving udp and tcp performance in mobile Ad Hoc networks with insignia", IEEE Communications Magazine, vol. 39, no. 6, June 2001.
16. IEEE WG, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," IEEE 802.11 Standard, 1999.
17. Sobrinho J. and Krishnakumar A., "Quality-of-service in Ad Hoc carrier sense multiple access wireless networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 17, no. 8, August 1999.
18. Adjih C., Clausen T., Jacquet P., Laouti A., Minet P., Muhlethaler P., Qayyum A. and Viennot L., "Optimized link state routing protocol", Internet -Draft Version 08, IETF, September 2003.
19. Das S. R., Perkins C. E., and Royer E., "Performance comparison of two on-demand routing protocols for Ad Hoc networks", Proceedings of the IEEE Conference on Computer Communications, pages 3-12, March 2000.
20. Laouti A., Muhlethaler P., Najid A., and Plakoo E., "Simulation results of the olsr routing protocol for wireless network", Med-Hoc-Net, 2002.
21. Sivakumar R., Sinha P. and Bharghavan V., "Cedar: A core-extraction distributed Ad Hoc routing algorithm", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 17, no. 8, pp. 1454-1465 August 1999.
22. Park V. and Corson S., "Temporally-Ordered Routing Algorithm (TORA) Version 1 Functional Specification", Internet Draft, July 2001.
23. Perkins C. and Belding-Royer E., "Quality of service for Ad Hoc on-demand distance vector routing", <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>, October 2003.
24. Perkins C., Belding-Royer E. and Das S., "Ad Hoc on demand distance vector routing protocol," <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>, July 2003.
25. Das S., Perkins C. E. and Royer E. M., "Ad Hoc on demand distance vector (AODV) routing", Internet -Draft Version 13, IETF, February 2003.
26. Broch J., Johnson D. B. and Maltz D. A., "The dynamic source routing protocol for mobile Ad Hoc networks," Internet -Draft Version 08, IETF, February 2003.
27. Novatnack J., Greenwald L. and Arora H., "Evaluating Ad Hoc Routing Protocols With Respect to Quality of Service", <http://itcsl.cs.drexel.edu>, October 2004.
28. Yeh C. H., Mouftah H. T., and Hassanein H., Signaling and QoS Guarantees in Mobile Ad Hoc Networks, IEEE, 2002.