

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

O. Golovin

QUALITY OF SERVICE SUPPORT IN MULTIMEDIA SMART CAMERA NETWORKS

Main features of quality of service support in multimedia smart camera networks were analyzed and formulated.

Key words: network, smart camera, quality of service, routing, protocol.

Проаналізовано і сформульовано основні особливості забезпечення якості обслуговування в мультимедійних мережах з інтелектуальними відеокамерами.

Ключові слова: мережа, інтелектуальна відеокамера, якість обслуговування, маршрутизація, протокол.

Проанализированы и сформулированы основные особенности обеспечения качества обслуживания в мультимедийных сетях с интеллектуальными видеокамерами.

Ключевые слова: сеть, интеллектуальная видеокамера, качество обслуживания, маршрутизация, протокол.

© А.Н. Головин, 2015

Комп'ютерні засоби, мережі та системи. 2015, № 14

УДК 004.932

А.Н. ГОЛОВИН

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА УСЛУГ В МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СЕТЯХ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ ВИДЕОКАМЕРАМИ

Введение. Стремление к решению более сложных задач видеонаблюдения, мониторинга и сопровождения объектов внимания позволило интеллектуальным видеокамерам в своей эволюции очень быстро перейти от отдельного устройства к распределенным интеллектуальным видеокамерам (ИВК) и стать неотделимой частью распределенных сетей с распределенными процессами восприятия и обработки [1]. Насколько важным и своевременным стало решение задач компьютерного зрения с применением таких ИВК определено утверждением, что «если система должна определять объекты надежно, то однозначно она должна быть распределенной, какими бы ни были затраты на ее создание» [2].

Основная часть. Практическая реализация приложений с использованием распределенных сетей ИВК стала серьезным вызовом для разработчиков по причине предъявления множества требований, которые необходимо решать на аппаратном, программном и системном уровнях проектирования. В первом случае сети должны иметь в своем составе небольшие, энергоэффективные и быстродействующие узлы, способные фиксировать изображения и обрабатывать их, причем чаще всего, в реальном масштабе времени. Во втором – такие сети нуждаются в программном обеспечении, гарантирующем масштабируемость, надежность и вычислительную эффективность методов анализа видеоданных. На системном уровне сетям интеллектуальных видеокамер нужен адаптивный контроль и скоординированность для того,

151

чтобы обеспечивать гибкость, простоту развертывания, безопасность и защиту информации, и управлять связующим программным обеспечением, которое объединяет управляющие модули различных сенсоров для выполнения обработки данных более высокого уровня и управления [3].

Практика показывает, что большинство потенциальных приложений мультимедийных сетей, а особенно с ИВК, требуют переосмысления системы взглядов на процессы трансляции и обработки данных и распределения ресурсов сети для обеспечения механизмов доставки мультимедийных данных с заранее определенным уровнем качества сервиса или обслуживания (англ. Quality of Service). Консультативный Комитет ООН по Международной телефонии и телеграфии формулирует понятие качества сервиса как «общий эффект от выполненного сервиса, который определяет степень удовлетворения пользователя услуг» [4].

В области компьютерных сетей (связанных с передачей пакетов данных из точки в точку) этим термином называют вероятность того, что сеть связи соответствует заданному соглашению о трафике, или же, в ряде случаев, неформальное обозначение вероятности прохождения пакета между двумя точками сети. Для большинства случаев качество обслуживания определяется четырьмя параметрами:

- полоса пропускания (англ. Bandwidth);
- задержка при передаче пакета (англ. Delay);
- разброс задержки при передаче пакетов или джиттер (англ. Jitter);
- потеря пакетов (англ. Packet loss), потерянных в сети во время передачи.

Обеспечение качества услуг в традиционных сетях передачи данных.

Проводные сети. Обеспечение качества услуг в проводных сетях, как правило, достигается за счет избыточного предоставления ресурсов и соответствующего проектирования сетевого трафика. Ввод в сеть избыточных ресурсов делает ее более устойчивой к запросам мультимедийных приложений, которые отличаются высокой потребностью в пропускной способности каналов связи. Такой подход прост в реализации и предоставляет возможность в проведении поэтапного обновления сетевого оборудования. Главный его недостаток состоит в том, что все сетевые приложения (пользователи) имеют одинаковый статус в обслуживании и по этой причине возможны ситуации, когда поведение сети может стать непредсказуемым в моменты «взрывных» или пиковых нагрузок, характерных для мультимедийных приложений.

Беспроводные сети, а именно беспроводные локальные сети (англ. Wireless Local Area Network, WLAN) и широкополосные сети с беспроводным доступом (англ. Broadband Wireless Access Network, BWAN), представляют собой не что иное, как расширение проводных сетей, и в таком случае подключения к сети могут быть расширены мобильными пользователями. Для мобильных хостов связь с базовой станцией выполняется посредством коммуникационной ячейки. Трудности качества обслуживания в этом контексте обусловлены недостаточной пропускной способностью и сложностью из-за мобильности пользователя во время преодоления последнего беспроводного сетевого сегмента.

Беспроводные самоорганизующиеся сети (другие названия: беспроводные ad hoc сети, беспроводные динамические сети) – децентрализованные беспроводные сети. Их можно рассматривать как автономные системы, они не имеют постоянной структуры потому, что клиентские устройства соединяются «на лету», образуя собой сеть. В такой сети в процессе трансляции данных определение того, какому узлу пересылать данные, производится динамически на основании связности сети. К сожалению, механизмы качества обслуживания, используемые для обеспечения качества сервиса в проводных сетях передачи данных, не могут непосредственно применяться к ad hoc сетям из-за ограничений полосы пропускания и динамической топологии сети [5].

Особенности обеспечения качества обслуживания в беспроводных сенсорных сетях. Беспроводная сенсорная сеть – это новый член семейства беспроводных сетей передачи данных со своими определенными характеристиками и требованиями. В общем виде она представляет собой большое число сенсорных узлов, рассредоточенных по территории интереса. Каждый из этих узлов способен выполнять сбор данных об окружающей среде (температура, влажность, шум и т. д.) и передавать собранные данные в узел стока. А принимая во внимание тот факт, что существует очень много приложений беспроводных сенсорных сетей, то и определить требования качества обслуживания, пригодные «на все случаи жизни», на практике не представляется возможным.

Приложения, ориентированные на обнаружение событий или объектов и сопровождение целей, имеют в своем составе видеосенсоры, в качестве которых могут выступать как обычные видеокамеры, так и интеллектуальные видеокамеры. Например, в таких приложениях сбой в обнаружении и извлечении полезной информации об объекте или явлении в сцене, представляющих интерес для наблюдателя, могут происходить по многим причинам. Это может быть из-за развертывания сети и ее управления, т. е. место появления объекта или явления не покрыто сенсорами; полученная информация не передается от одного узла сети к другому из-за нарушения связности между узлами сети. Кроме того, сбой в работе сети могут быть вызваны ограниченными возможностями самих сенсоров: низкая разрешающая способность видеосенсоров или недостаточная частота съема информации. Таким образом, точность наблюдения, частота потерь данных и т. п. могут рассматриваться как качество обслуживания сети. В итоге, для получения ответа на вопрос, насколько данная сеть удовлетворяет требованиям приложения, целесообразно запрос конкретного приложения на необходимые параметры сети преобразовать в сетевую инфраструктуру и, соответственно, оценить степень обеспечения качества обслуживания.

1. Качество обслуживания, определяемое спецификой конкретного применения. С учетом специфики конкретного применения сетей к параметрам качества обслуживания можно отнести такие, как покрытие и связанность, безошибочная и без потерь трансляция пакетов данных, оптимальное количество сенсоров и их расположение в сцене внимания [6].

Последние достижения в получении и обработке изображений дали прекрасную возможность для развития узлов сети на основе ИВК, которые могут работать автономно и совместно, и которые отвечают всем требованиям приложений. Беспроводные сети видеокамер могут интегрироваться с существующими фиксированными инфраструктурами для существенного улучшения и масштабирования покрытия сцены внимания и быстрой адаптации этих сетей [7].

2. Качество обслуживания, определяемое сетью. С этой точки зрения рассмотрению подлежит вопрос, каким образом сеть коммуникаций может доставлять данные от сенсоров, имеющих ограниченные возможности в предоставлении необходимого уровня качества услуг, и при этом эффективно использовать имеющиеся ресурсы. Несмотря на то, что невозможно проанализировать каждое конкретное приложение сетей с видеокамерами ввиду их многообразия, достаточно провести анализ каждого класса приложений. Разделение приложений на классы можно выполнять по моделям доставки данных по той причине, что большинство приложений в каждом классе имеют общие требования к сети. С точки зрения качества обслуживания, определяемого сетью, рассмотрению подлежат не приложения, которые выполняются, а процессы доставки данных в сток и соответствующие требования. В этом случае можно выделить четыре основные модели доставки данных, а именно [8]:

- событийно-управляемая модель доставки;
- модель, управляемая по запросу;
- непрерывная модель доставки;
- гибридная модель.

Прежде, чем рассматривать требования приложений сетей с видеокамерами, необходимо отметить ряд факторов, характеризующих сети:

- *соответствие принципу «сквозной» сети* (англ. “end-to-end” principle). Принцип сквозного качества обслуживания – это способность сети доставлять услуги, запрашиваемые отдельным сетевым трафиком, из одной точки сети в другую [9]. Сети, построенные по такому принципу, являются нейтральными и ориентированы всего лишь на перенесение информации без изменений;

- *интерактивность* (англ. interaction) – это принцип организации системы, при котором основная цель ее функционального назначения достигается за счет информационного обмена элементов этой системы. Это понятие раскрывает характер и степень взаимодействия объектов не только внутри самой системы, но и все коммуникационные процессы с другой системой/пользователем;

- *толерантность к задержкам*. Одни приложения сетей в состоянии функционировать только при строгом выполнении режима своевременной доставки данных по назначению (режим реального времени). Другие приложения успешно функционируют в условиях, когда время доставки данных по назначению не регламентируется временными рамками;

- *критичность*. Приложение может или не может быть критичным для выполнения целевой задачи.

1. *Событийно-управляемая модель*. Большинство событийно-управляемых приложений в беспроводных сенсорных сетях – интерактивны, чувствительны к

задержкам по доставке данных в пункт назначения, (т. е. требуют режима работы в реальном масштабе времени), критичны к выполнению целевой задачи и построены не в соответствии с принципом «сквозной» сети. Это означает, что события, на фиксацию которых ориентированы сенсоры в такой сети, – очень важны для успешного решения главной задачи приложения. Приложению необходимо определить эти события и, соответственно, отреагировать на них, приняв с максимально возможной вероятностью все необходимые меры как можно быстрее. При этом следует отметить несколько важных моментов. Во-первых, само по себе приложение не строится по принципу «сквозной» сети, т. е. с одной стороны приложения – сток, а с другой – не один сенсорный узел сети, а целая группа сенсорных узлов, распределенная по области, которая находится под воздействием события. Во-вторых, потоки данных от сенсоров с большой долей вероятности сильно коррелированы между собой и, таким образом, содержат много избыточной информации. В-третьих, трафик данных, генерируемых одним сенсорным узлом, может быть очень низкой интенсивности и принимать «взрывной» характер от набора сенсоров сети, распределенных по области интереса, которая подвергается воздействию одного общего события или потока событий. В результате этого может появляться потребность в распределении между сенсорами действий в ответ на обнаруженное явление как можно быстрее и с максимальной надежностью. К тому же эти сенсоры могут не быть тем же набором сенсоров, которые информировали сток о выявленном событии. Такая модель доставки данных представляет множество типовых приложений беспроводных сетей, которые часто требуют обнаружения событий и сопровождения объектов внимания.

2. *Модель, управляемая по запросу.* Большинство приложений, управляемых по запросу, беспроводных сенсорных сетей – интерактивны, толерантны к задержкам, критичны к выполняемой целевой задаче и в основе их построения не использован принцип «сквозной» сети. Для экономии энергии в узлах сети запросы могут отправляться по требованию. Такая модель доставки данных аналогична событийно-управляемой за одним исключением: в модели, управляемой по запросу, данные выталкиваются стоком, а в событийно-управляемой модели данные поступают в сток, т.е. используется технология "проталкивания" оперативной доставки (рассылки) информации (без запроса). Для таких приложений также очень важно получать все необходимые данные как можно быстрее и с максимальной достоверностью. Следует заметить, что запросы могут быть использованы для управления и реконфигурирования сенсорных узлов (в том числе и изменения параметров интеллектуальной видеокамеры). Например, если сток желает обновить программное обеспечение на сенсорном узле, изменить частоту пересылаемых данных и изменить целевую задачу, то он может отправить команду на выполнение этих изменений. Следует принять к сведению, что команды от стока устанавливают трафик в одном направлении и требуют высокой надежности передачи данных.

3. *Непрерывная модель доставки.* В модели такого типа сенсоры выполняют отправку данных в сток постоянно с заранее определенной частотой передач, как в реальном масштабе времени, так и без режима реального времени.

4. *Гибридные модели.* Во многих приложениях описанные выше модели доставки данных могут успешно сосуществовать, что приводит к необходимости иметь механизм, который позволяет состыковывать различные типы трафиков, ограниченных определенным уровнем качества обслуживания.

Обобщив вышеприведенные требования в таблице, можно заметить некоторые отличия в требованиях приложений между беспроводными сенсорными и традиционными сетями. Во-первых, приложения в беспроводных сенсорных сетях уже не соответствуют принципу «сквозной» сети. Во-вторых, полоса пропускания уже не является главным определяющим вопросом для отдельно взятого узла сети, хотя имеют место случаи, когда в определенный момент времени из-за «взрывного» характера трафика сенсоров важность этого параметра для некоторого набора узлов сети существенно возрастает. В-третьих, потери пакетов данных в трафике, генерируемом отдельно взятым узлом, могут быть допустимыми в некоторой степени по той причине, что всегда имеет место избыточность данных. И наконец, большинство приложений в беспроводных сенсорных сетях критичны к выполнению основной задачи приложения.

Отсюда следует, что определять обеспечение качества обслуживания в таких сетях через отдельно взятые параметры качества обслуживания «сквозной» сети недостаточно. Для этого необходимо водить коллективные параметры качества сети, исключив принцип «сквозной» сети:

- коллективная задержка;
- коллективная потеря пакетов данных;
- коллективная пропускная способность;
- скорость обработки информации.

ТАБЛИЦА. Требования приложений

	Событийно управляемая модель	Модель, управляемая по запросу	Непрерывная модель
Принцип «сквозной» сети	Нет	Нет	Нет
Интерактивность	Да	Да	Нет
Толерантность к задержкам	Нет	Определяет запрос	Да
Критичность к выполнению задачи	Да	Да	Да

Например, в событийно управляемой модели, какими, как правило, являются сети с интеллектуальными видеокамерами, возникающее событие инициирует появление потока данных от сетевых узлов с ИВК, находящихся в поле зрения в определенном радиусе, в сток (рис. 1). В этом контексте коллективная задержка определяется как период времени от момента, когда сгенерирован первый пакет данных, относящийся к событию, до момента, когда последний пакет данных, влияющий на принятие решения относительно возникшего события, прибывает в сток. Коллективная потеря пакетов данных определяется как число пакетов, связанных с возникшим этим событием, потерянных во время транспортировки. Коллективная пропускная способность определяется как пропускная способность, необходимая для передачи данных, связанных с возникшим событием. Подводя итог, следует заметить, что сток должен в большей степени быть ориентированным на обработку данных, имеющих непосредственное отношение к событию, нежели на обработку пакетов данных от отдельных сенсоров. Кроме того, скорость обработки информации в стоке должна рассматриваться как скорости обработки тех данных, которые получены от набора сенсоров, находящихся в определённой связи, а не как скорость обработки сквозных данных для отдельных сенсоров.

Беспроводные сети по сравнению с проводными предоставляют больше свободы в коммуникации в ущерб более низкой пропускной способности, большей задержки и большего количества потерь данных [10]. Обеспечение мультимедийных приложений гарантированным качеством сервиса в такой среде выставляет больше требований из-за ограниченности вычислительных ресурсов, чрезвычайной изменчивости среды и мобильности пользователя. Решение этой проблемы нужно рассматривать на уровне приложения и уровне коммуникаций данных. Качество услуг на уровне приложений связано с качеством восприятия на стороне пользователя и, в основном, рассматривается в сетях передачи данных с коммутацией пакетов. Набор таких параметров, как задержка/вариации задержки, ошибка/потеря, пропускная способность и т. д., используются для описания качества сервиса на уровне приложения. Эти параметры имеют отношение, в основном, к протоколам более низкого уровня, а это означает, что они – незаметны и не поддаются контролю на уровне приложений. В итоге, сфера качества обслуживания в модели взаимодействия открытых систем OSI (англ. Open Systems Interconnection, OSI) – неполная и несовместимая и даже противоречивая. При этом сеть передачи информации, использующая неизменные во времени данные, уже не удовлетворяет требованиям, исходящим от распределенных мультимедийных систем. А так как данные, изменяющиеся во времени, становятся превалирующими в мультимедийных приложениях, то и вся распределенная система должна полностью обеспечивать гарантированный уровень производительности. С этой точки зрения приложение формулирует требования качества услуг и трансформирует их в набор параметров, которые описывают уровень качества обслуживания всех компонентов системы [11].

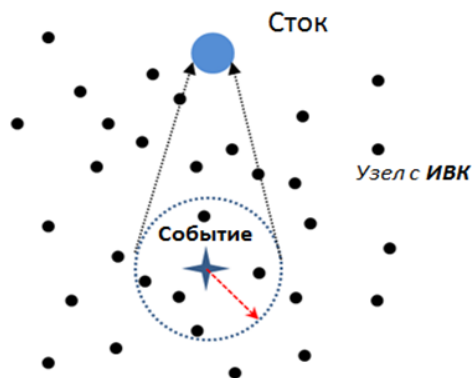


РИС. 1 Событийно-управляемая модель сети с ИВК

Обеспечение качества обслуживания в мультимедийных сетях. Цель обеспечения качества обслуживания в мультимедийных приложениях – достичь более детерминированного поведения сети, при котором доставка данных по назначению выполняется в строго определенных пределах и при максимально эффективном использовании сетевых ресурсов. И, если в базовой эталонной модели взаимодействия открытых систем OSI пропускная способность, задержка передачи, вариации задержки передачи данных (джиттер) и частота появления ошибок – просто параметры количественной оценки предоставляемых услуг, то в мультимедийных приложениях обеспечение гарантий заданных пределов приведенных параметров это обязательные требования:

- *гарантия пропускной способности* – способность сети выполнять передачу данных в объеме, не ниже, чем определено приложением, в пределах заданного промежутка времени;
- *гарантия задержки передачи данных* – гарантия того, что доставка данных от источника к потребителю выполняется в строго определенный интервал времени;
- *гарантия вариации задержки* – свидетельство того, что задержки, вносимые компонентами системы вдоль всего маршрута перемещения данных, находятся в строго определенных пределах;
- *гарантия потерь* – условие, при выполнении которого потери данных не превышают заданную приложением долю пакетов в ходе трансляции данных от источника к потребителю.

Концепции качества обслуживания (QoS) в мультимедийных сетях. Сети ИВК должны соответствовать накладываемым мультимедийными приложениями требованиям путем предоставления услуг соответствующего уровня качества. С этой целью сеть анализирует требования приложения, управляет сетевыми ресурсами и вводит в действие различные сетевые механизмы качества обслуживания. Упрощенная модель качества обслуживания в этом случае может выглядеть так, как показано на рис. 2.

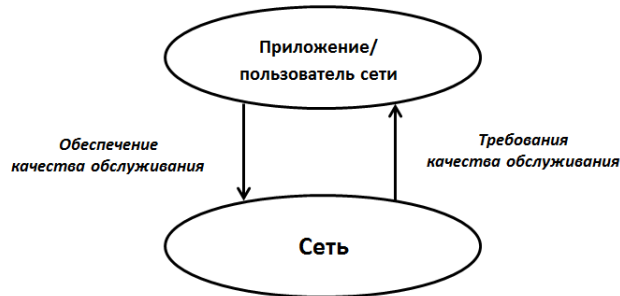


РИС. 2. Упрощенная модель качества обслуживания

Все необходимые требования на качество обслуживания сети получают от приложений (явно или неявно) посредством качественных или количественных выражений. Принимая во внимание гетерогенность заявленных требований, услуги в мультимедийных системах должны быть параметризованные, т. е. описаны с помощью определенных параметров.

Параметризация требований, как и подразумеваемые услуги, принимают во внимание гибкость и «подгонку под конкретного потребителя», результатом чего являются «услуги, поддающиеся контролю по качеству», которые в итоге позволяют классифицировать и дифференцировать системные и коммуникационные услуги. Параметризация обслуживания и классификация услуг в соответствии с требованиями по качеству обслуживания облегчают разработку приложений потому, что не каждое приложение представляет собой реализацию нового набора услуг для каждого требования по качеству. Параметризация услуг была определена стандартом ISO посредством определения качества обслуживания для оценки «насколько хорошими» являются предлагаемые сетевые услуги. Вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что из множества определений концепции «качество обслуживания», присутствующих в литературе, наиболее емкое сформулировано следующим образом: «качество обслуживания определяет контролируемый характер изменения услуги с установленными границами или пределами, представленный посредством качественных параметров, поддающихся измерению» [12].

Развитие сетей повлекло за собой и существенное развитие концепции качества обслуживания, появились новые взгляды на вопрос оценки качества услуг, предоставляемых пользователям сетей: иерархическое представление качества обслуживания, управление качеством обслуживания, связь качества обслуживания и управление ресурсами и др.

Если традиционный подход оценки качества, определенный стандартами ISO был определен для сетевого уровня коммуникационной системы, то дальнейшее совершенствование концепции качества услуг было достигнуто посредством введения качества услуг в транспортные услуги. А для сетевых мультимедийных систем указанная концепция должна быть расширена потому, что *Качество компьютерных ресурсов, сетей и систем. 2015, № 14*

ство услуг в данном случае зависит не только от сетевых и транспортных служб системы, но и от многих других, оказывающих влияние вдоль всего пути прохождения данных от источника до конечного потребителя сети.

Сети интеллектуальных видеокамер, прежде всего, предполагают распределенные сбор и обработку данных о ситуации в сцене. По этой причине эффективность обработки данных в такой сети непосредственно связана с решением вопросов, куда и когда переслать данные о сцене внимания. В этом случае контроль параметров сетевых услуг с временной зависимостью подпадает под обобщенную концепцию качества обслуживания (или услуг) [12].

Вышесказанное позволяет утверждать, что в модели качества обслуживания явно выделяются: пользователь или потребитель услуг, приложение, система (включающая коммуникации и службы операционной системы), а также компоненты отдельных устройств, в качестве которых, в том числе, выступают и интеллектуальные камеры. При этом важно знать, что же будет выступать в качестве мерила качества обслуживания вообще и на каждом уровне в частности.

Выводы. Проведены исследования подходов к обеспечению качества обслуживания в компьютерных сетях, сформулированы основные требования к организации процессов сбора, обработки и трансляции данных в мультимедийных сетях с интеллектуальными видеокамерами для достижения максимально возможного уровня качества обслуживания пользователей сети.

1. Головин А.Н. Обработка изображений: от интеллектуальной видеокамеры к распределенной интеллектуальной видеокамере // Journal of Qafqaz University. Mathematics and Computer Science. – Baku: 2013. – N 1. – P. 77–84.
2. Pottie G.J., Kaiser W.J. Embedding the internet: wireless integrated network sensors, Communications of the ACM. – 2000. – Vol. 43, N 5. – P. 51–58.
3. Mohamed N., Jameela A.-J. A Survey on Service-Oriented Middleware for Wireless Sensor Networks, Service-Oriented Computing and Applications. – 2011. – Vol. 5, N 2. – P. 71–85
4. Demetrios Z. A Glance at Quality of Service in mobile Ad Hoc Networks. Final Research Report for cs260 // Seminar on Mobile Ad Hoc Networks, 2001.
5. Wui K., Harms J. QoS Support in Mobile Ad Hoc Networks // Crossing Boundaries – an interdisciplinary Journal. – 2001. – Vol. 1, N 1.
6. Iyer R., Kleinrock L. QoS Control for Sensor Networks, in ICC. – 2003.
7. Akyildiz I., Melodia T., Chowdhury K. A survey on wireless multimedia sensor networks. Computer Networks, 2007. – 51, 4. – P. 921–960.
8. Tilak S., Abu-Ghazaleh N., Heinzelman W. A taxonomy of wireless micro-sensor network communication models // ACM Mobile Computing and Communication Review(MC2R), June 2002.
9. Quality of Service Solutions Configuration Guide, Cisco IOS Release 15.1M&T, <http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/qos>
10. Huang L., Kumar S., Jay Kuo C.-C. Adaptive resource allocation for multimedia QoS management in wireless networks // IEEE Trans. Veh. Technol. – 2004. – 53 (2). – P. 547–558.
11. Vogel A., Kerherve B., Bochmann G., Gecsei J. Distributed Multimedia and QOS: A Survey // IEEE Multimedia, Summer. – 1995. – P. 10 – 19.
12. Schmitt J.B. Heterogeneous Network Quality of Service Systems. – Kluwer Academic Publishers, June 2001.

Получено 05.10.2015