



Леа Скорин-Капов



Миран Мошмондор



Мая Матияшевич



Данко Вилендечич

**Леа Скорин-Капов, Миран Мошмондор**

Эрикссон Никола Тесла а.о., Загреб, Хорватия  
Ericsson Nikola Tesla d.d., Zagreb, Croatia

**Мая Матияшевич, Данко Вилендечич**

Факультет электротехники и информатики, Университет в Загребе, Хорватия  
Faculty of Electrical Engineering and Computing, University of Zagreb, Croatia

**Ключевые слова:**

Объединенная в сеть виртуальная реальность, NVR

Качество услуги, QoS

Сеть следующей генерации, NGN

Универсальная система мобильной связи, UMTS

Протокол Интернет, IP

Мультимедийная подсистема, базирующаяся на протоколе IP, IMS

Протокол инициации сессии, SIP

**Key words:**

Networked Virtual Reality, NVR

Quality of Service, QoS

Next generation network, NGN

Universal Mobile Telecommunications System, UMTS

Internet Protocol, IP

IP Multimedia subsystem, IMS

Session Initiation Protocol, SIP

# Поддержка качества услуги объединенной в сеть виртуальной реальности в системе UMTS

*Резюме*

Тема статьи посвящена поддержке качества услуг (QoS) объединенной в сеть виртуальной реальности NVR (*Networked Virtual Reality*). Услуги этого типа можно считать представителями передовых мультимедийных услуг в сети новой генерации, особенно в универсальной сети мобильной связи UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). Характеризующиеся разными мультимедийными компонентами (изображение в трех измерениях, графика, звук, и т.п.), интегрированными в распределенный “виртуальный мир”, а также динамичным взаимодействием с пользователем, услуги объединенной в сеть виртуальной реальности часто опережают запросы “традиционных” мультимедийных услуг. Настоящим вызовом является точное определение запросов качества услуги из конца в конец, или сквозной передачи (*end-to-end*), для услуг NVR, а затем их отображение на запросы, предписанные Проектом сотрудничества в создании мобильных сетей третьей генерации 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) для существующих классов услуги в составе UMTS. В конце статьи рассмотрена поддержка услуг объединенной в сеть виртуальной реальности в составе архитектуры мультимедийной подсистемы IMS, базирующейся на протоколе Интернет (*IP Multimedia Subsystem*), с акцентом на качество услуги и сигнализацию в IMS, посредством протокола инициации сессии SIP (*Session Initiation Protocol*). Упомянутыми областями исследования занимается проект под названием “Объединенная в сеть виртуальная реальность в IP мультимедийной подсистеме IMS” (*Networked Virtual Reality in IP Multimedia Subsystem*), который прово-

дится в сотрудничестве специалистов исследовательских отделов Института телекоммуникаций компании Эрикссон Никола Тесла и Факультета электротехники и информатики Университета в Загребе.

## QUALITY OF SERVICE SUPPORT FOR NETWORKED VIRTUAL REALITY IN UMTS

### Abstract

This paper focuses on Quality of Service (QoS) support for Networked Virtual Reality (NVR), considering such services to be a representative of advanced multimedia services for the next generation network and specifically for the Universal Mobile Telecommunications Systems (UMTS). Characterized by various multimedia components (3D objects, graphics, sound, etc.) integrated into a distributed "virtual world", as well as dynamic user interactions, NVR service requirements often go a step beyond traditional multimedia. Research has been motivated by the challenge to specify the end-to-end QoS requirements of NVR services in terms of QoS parameters, and propose a mapping to requirements specified by the standardization organization 3GPP (3rd Generation Partnership Project) for the existing UMTS QoS classes. The necessary support for such services in the scope of the IMS architecture is discussed, with emphasis on QoS and Session Initiation Protocol (SIP) signaling in IMS. Presented activities are a part of the research project "Networked Virtual Reality in IP Multimedia Subsystem (IMS)" conducted in collaboration between the Research Department at Ericsson Nikola Tesla's Research and Deve-

lopment Center, and the Department of Telecommunications, Faculty of Electrical Engineering and Computing, University of Zagreb.

## 1. Введение

Понятие виртуальной реальности (*virtual reality*) у большинства людей ассоциируется, прежде всего, с миром научной фантастики и увеселительными парками, а не с компьютерами и сетями связи. Однако наряду с оконечными устройствами, предлагающими чувствительные пользовательские интерфейсы (например, очки для пространственного представления, устройства для записи передвижения тела, опознавание речи и жестов и т.д.), именно компьютеры и сети являются главными инструментами создания объединенных в сеть виртуальных миров с множеством пользователей, или по-другому, виртуальных окружений [5]. Из аспекта технологии виртуальные окружения могут рассматриваться как передовые мультимедийные услуги, охватывающие взаимно согласованные визуальные (пространственная графика, видео, изображение, анимация, текст, гипертекст) и аудио (музыка, разговор, звуки) компоненты для взаимодействия с пользователем. Кроме особых устройств существуют и применения, которые могут активировать вибрации, силу, равновесие, запах и другие стимулы.

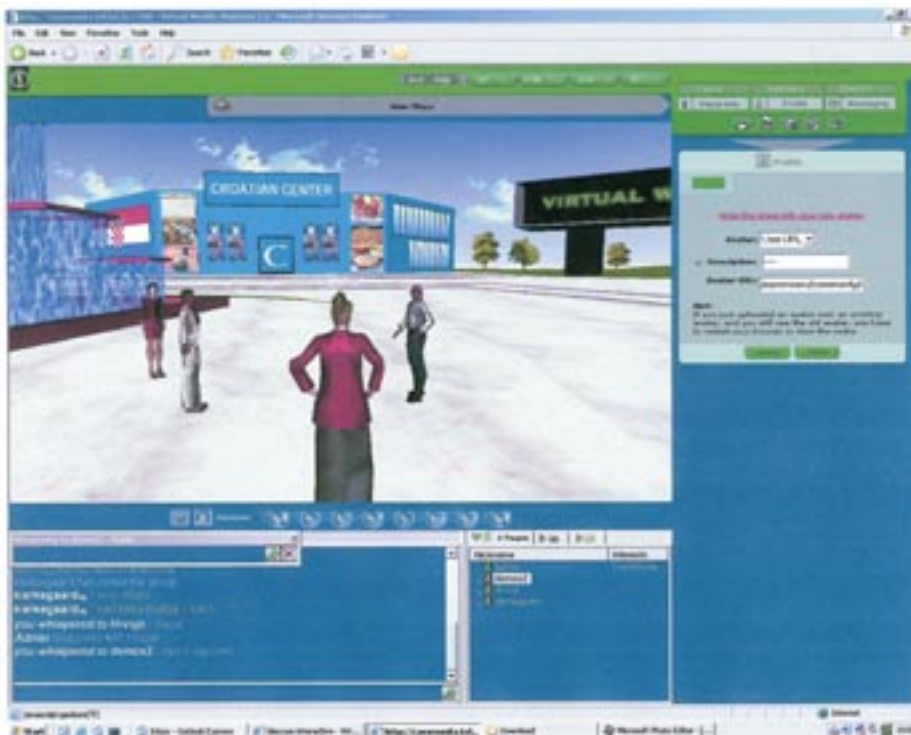


Рис. 1. Пример виртуального окружения с несколькими пользователями в виртуальном пространстве

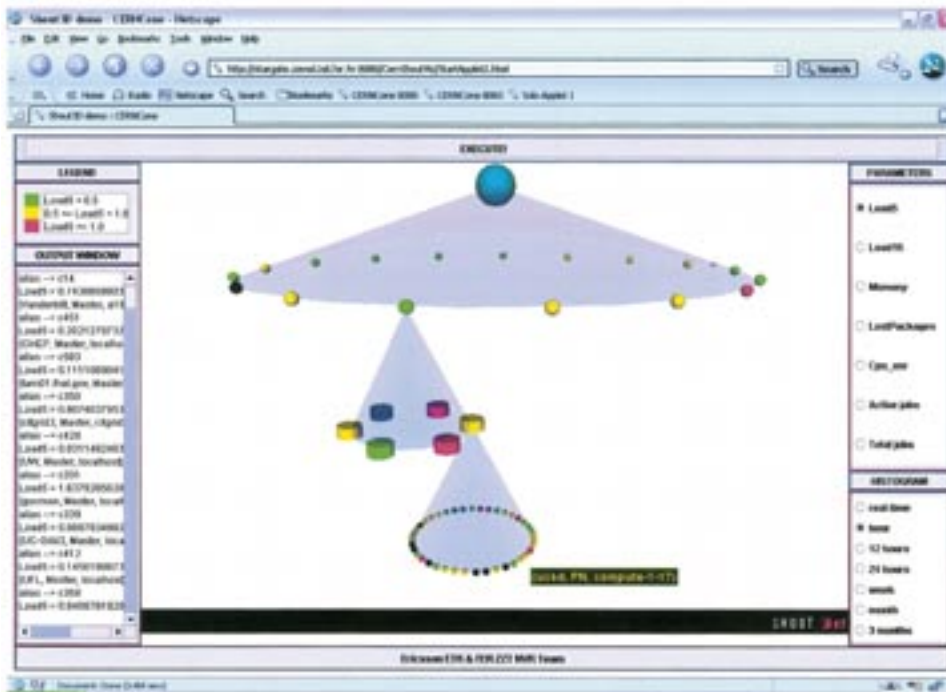


Рис. 2. Пример виртуального окружения с визуализированными данными [14]

Виртуальные окружения могут быть разных назначений, от игр с множеством участников до изучения медицинских поступков, от учебы и дружеских разговоров до разглядывания действительных, исторических или абсолютно выдуманных пространств (Рис.1.), просмотра информации, представленной в трех измерениях, и управления ею (Рис. 2.), и т.д.

Первые применения объединенных в сеть виртуальных окружений появились еще в восьмидесятых годах и использовались для военных имитационных моделей. Параллельно с развитием графических возможностей, способностей коммуникации персональных компьютеров, а также с расширением использования Интернет, начинают появляться применения для академической общественности, для промышленного дизайна, медицины и др., а особенно в области компьютерных игр. Хотя все еще нет единственного мнения о том, являются ли объединенные в сеть компьютерные игры с множеством участников виртуальным окружением или нет, без сомнения это один из очень быстро растущих сегментов рынка развлечений.

Привлекательность пространственных (в трех измерениях) содержаний проявляется и в более частом использовании на Интернете, в области презентации и продажи новых товаров, в рекламах, туризме, и т.д. Параллельно с тенденцией объединения мира Интернета со всюду присутствующими мобильными сетями новой гене-

рации, уже в 2001 году в «Книге предвидений» Форума исследований беспроводной связи (*Wireless Research Forum*) появляется идея виртуального мира, в который пользователь «окунается» посредством своего мобильного телефона [10]. Архитектура новой генерации сетей, которая отделяет содержание и услуги от установления соединения и доступа, создана именно с идеей улучшенной поддержки передовых и мультимедийных услуг. В спецификациях организации 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) для сети третьей генерации, т.е. Универсальной сети мобильной связи UMTS (*Universal Mobile Telecommunications Systems*), упоминаются услуги, базирующиеся на присутствии (*presence*), коммуникации сообщениями (*messaging*), базирующиеся на местонахождении (*location-based services*), на потоковых мультимедийных содержаниях (*streaming*) и т.п. [1]. Учитывая сложность содержания и его зависимость от времени, а также необходимость интеракции с пользователем, становится ясно, что такие услуги нельзя решить «только» большими скоростями, требуются и новые решения для описания услуг, качества услуг QoS (*Quality of Service*) и сигнализации. Услуги объединенной в сеть виртуальной реальности, как вариант наступающих передовых услуг, в этом смысле особенно требовательные, т.к. могут охватывать различные мультимедийные компоненты и взаимодействие с пользователем. Поэтому они очень чувствительны на запаздывание в сети (*delay*),

нестабильность запаздываний (*jitter*) и потери, а также и на потенциально очень большие емкости передачи.

Напрашиваются два вопроса: как описать услуги объединенной в сеть виртуальной реальности из аспекта пользователя, и как обеспечить качество услуги, которую предлагает сеть? Сложность проблемы описания услуг объединенной в сеть виртуальной реальности проистекает из различных критериев определения “качества”, из аспекта пользователя и из аспекта сети [6], [7]. А именно, пользователь услуги не “видит” сеть, а только изображение на экране оконечного устройства - терминала. Одновременно, из аспекта сети, для достижения самого лучшего качества услуги сквозной передачи из конца в конец (*end-to-end QoS*) требуется эффективно согласовать возможности выбора пользователя (*preference*) с одной стороны, и характеристики терминала, сети доступа и опорной (*core*) сети с другой стороны. Важно заметить, что оконечные точки, между которыми обеспечивается качество услуги “из конца в конец”, точнее, терминал(ы) пользователя и/или сервер(ы) приложений должны обладать способностью спецификации и сигнализации своих запросов в направлении сети. Для обеспечения согласованности, группы приемлемых значений параметров можно описать структурами данных, названных “профили”, и копировать их на стандартные классы качества услуги [4]. Нужно подчеркнуть, что в течение выполнения услуги параметры могут меняться, а это значит, что нужно обеспечить выполнение сигнализации и адаптации качества услуги в соответствии с изменениями, т.е. динамически [9].

В сети новой генерации UMTS поддержка качества услуги связывается с мультимедийной подсистемой, базирующейся на протоколе Интернет IP под названием IMS (*IP Multimedia Subsystem*). Подсистема IMS в спецификациях организации 3GPP определена как группа всех элементов опорной сети, которые совместно обеспечивают мультимедийные услуги в системе UMTS. В случае передовых услуг, типа услуги объединенной в сеть виртуальной реальности NVR (*Networked Virtual Reality*), в отличие от “классических” услуг, не существуют услуги, которые бы можно было назвать “обще принятой услугой” или “основным вызовом”. Вследствие этого можно предвидеть, что функции, связанные с отдельными услугами, будут находиться в сервере или серверах приложения или приложений. Посредством серверов приложений, а также при использовании стандартных протоколов, особенно протокола инициации сессии SIP (*Session Initiation Protocol*),

подсистема IMS “открывается” в направлении введения новых, привлекательных мультимедийных услуг, и что касается операторов (например, *Ericsson Instant Talk, WeShare*), и что касается независимых поставщиков содержания и услуг (например, услуги объединенной в сеть виртуальной реальности).

Именно поиском ответа на вопрос, как описать услугу объединенной в сеть виртуальной реальности, и как обеспечить качество услуги, предоставляемой сетью, занимается проект “Объединенная в сеть виртуальная реальность в IMS” (*Networked Virtual Reality in IMS*), в сотрудничестве специалистов исследовательского отдела Института телекоммуникаций компании Эрикссон Никола Тесла и отдела телекоммуникаций Факультета электротехники и информатики Университета в Загребе. В продолжении, в главе 2, описаны понятия и стандарты, связанные с качеством услуги. В главе 3 дан анализ качества услуги из конца в конец для услуг объединенных в сеть виртуальной реальности в UMTS. Глава 4 посвящена подсистеме IMS и динамической адаптации услуги. Особое внимание уделено сигнализации посредством протокола SIP. В главе 5 дан вывод и некоторые направления будущих исследований.

## 2. Качество услуги: понятия и стандарты

Понятие качества услуги (QoS) относится на предоставление поддержки приложениям в соответствии с их характеристиками и запросами. Существует множество определений качества услуги, из которых часто цитируется определение международного союза электросвязи - сектора телекоммуникаций ITU-T (*International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector*) из рекомендации E.800. А именно, качеством услуги считается “коллективное влияние характеристик услуг, которые определяют степень удовлетворения пользователя услуги”. С целью установления фундамента координированного развития и усовершенствования широкого круга стандартов, связанных с концептом качества услуги (*QoS Concepts*), механизмами и запросами, а также с применением для разных архитектур и протоколов, рекомендация X.641 организации ITU-T определяет рамки качества услуги (*QoS Framework*). Внутри рамок качества услуги определены и терминология, и понятия качества услуги в информационной технологии ИТ.

В соответствии с тенденцией развития систем связи в направлении конвергентной сети новой

генерации, строится опорная сеть, базирующаяся на протоколе IP (*Internet Protocol*), и единственный пакетный домен для мобильного и стационарного пакетного трафика. Такая многофункциональная IP сеть должна быть в состоянии удовлетворить строгим запросам качества услуги различных типов услуг, и внутри сети обеспечить механизмы для управления ресурсами и их выделением. Рекомендация ИТУ-Т, Y.1291, описывает архитектуру общих механизмов качества услуги пакетной сети, а рекомендация H.360 сосредоточена на мультимедийные услуги и архитектуру управления, а также на сигнализацию, связанную с качеством услуги из конца в конец. Предоставление поддержки для качества услуги из конца в конец требует координации ресурсов и механизма управления качеством во всех частях системы. Целью является обеспечить требуемый класс услуги (*Service Class*) и приоритет услуги в течение мультимедийной сессии. Класс услуги можно описать с помощью таких параметров, как запаздывание, нестабильность запаздывания, и потери. Передовые услуги, типа услуг объединенных в сеть виртуальной реальности, часто состоят из большего числа потоков различных видов информации, каждый из которых может иметь свои запросы в отношении параметров качества услуги, а значит принадлежать разным классам. Поэтому для таких услуг ключевым фактором является наблюдение за запросами качества услуги на различных уровнях, из конца в конец, и обеспечение связи между ними. Качество может оцениваться на трех уровнях:

- Уровень приложения: “пользователь – человек” и его запросы выражаются с помощью параметров качества (например, субъективная оценка качества отдельного вида информации по восприятию).
- Уровень системы: “пользователь – приложение” и, соответственно, запросы выражаются с помощью количественных и качественных параметров (например, время ответа, система обслуживания).
- Уровень сети: “пользователь – система” и запросы выражаются с помощью измеряемых количественных и качественных параметров (например, запаздывание, нестабильность запаздывания, потери).

В продолжении детально описаны запросы NVR услуг из конца в конец, а также испытана поддержка услуг в рамках сети UMTS. Акцент ставится на стандарты, предлагаемые проектом 3GPP, которые относятся на классификацию услуг и на требуемые (из аспекта пользователя) значения параметров качества услуги из конца в конец.

### 3. Анализ качества услуги сквозной передачи

Осуществление потенциала передовых мультимедийных услуг зависит от удовлетворения запросов качества услуги. Стандарты, которые предлагает 3GPP, определяют многоуровневую архитектуру качества услуги для системы UMTS [1]. Спецификации определяют четыре класса услуги, которые взаимно отличаются, прежде всего, по времени запаздывания [3]. Классы качества услуги в системе UMTS определены на уровне приложения, в смысле ожидаемых характеристик из конца в конец, а осуществлены посредством взаимодействия услуг передачи на нижних уровнях. Далее описано предложение классификации услуг виртуальной реальности, которое базируется на запросах передачи (в реальном времени или нет) и степени взаимодействия, а отображается на существующие классы качества услуги UMTS. Отображение основывается на объединении услуг виртуальной реальности с параметрами выполнения и целевыми значениями для UMTS приложения.

#### 3.1. Запросы услуг виртуальной реальности

Запросы услуг объединенной в сеть виртуальной реальности являются вызовом по нескольким причинам. Самые очевидные, это предоставление поддержки потенциально большому числу распределенных пользователей, от нескольких десятков до несколько тысяч, участвующих в совместном виртуальном окружении и использующих динамические виды коммуникации, а также объединение компонентов разных видов информации, таких как графика в трех измерениях (3D), текст, аудио и видео потоки. Самыми важными вопросами, относящимися на сеть при использовании объединенной в сеть виртуальной реальности, являются скорость передачи, сетевое распределение, запаздывание и надежность [8].

Располагаемая скорость передачи является одной из проблем, определяющих возможную величину виртуального окружения, а также его содержание. Скорость передачи, требующаяся для исполнения отдельной услуги виртуальной реальности, зависит от числа пользователей, распределительной схемы – одноадресная, многоадресная или широкоадресная передача (*unicast, multicast, broadcast*), и от мультимедийного содержания. Распределительная архитектура влияет на расширяемость виртуального

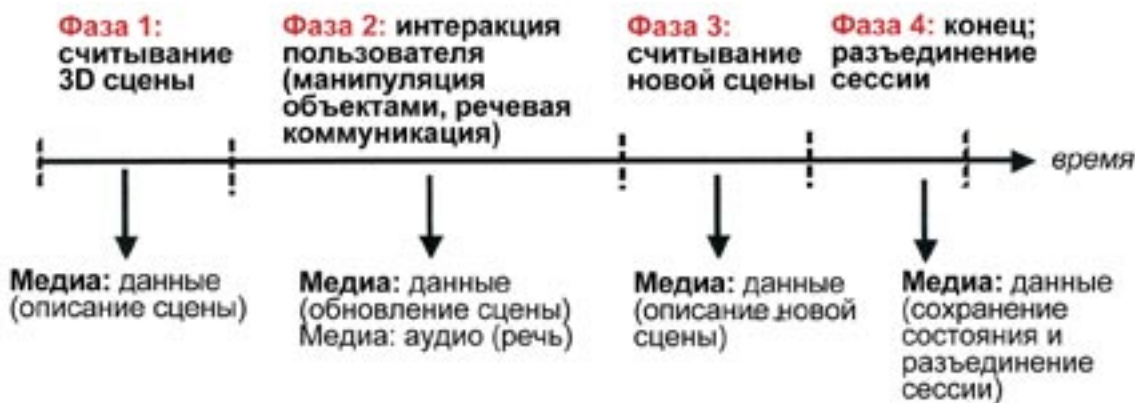


Рис. 3. Различные фазы в течение выполнения задуманной NVR услуги

окружения, при чем распределения, которые используют широковещательную передачу (*multicast*), дают самое лучшее решение. Еще один важный вопрос касается запросов, относящихся на запаздывание и нестабильность запаздывания, т.к. от них зависит восприятие пользователем интеракции в реальном времени со статическим и динамическим содержанием виртуального окружения и с другими пользователями. И, наконец, решение проблемы надежности чаще всего ведет к компромиссу между скоростью передачи и запаздыванием, т.к. на качество приложений в реальном времени, в основном, больше влияет запаздывание, а не потери.

Перечислим и некоторые типичные значения параметров запаздывания и нестабильности запаздывания. Например, совместные виртуальные окружения, в которых одновременно находится большее число пользователей CVE (*Collaborative Virtual Environment*), задают особые требования, т.к. коммуникация между пользователями часто является интерактивным процессом в реальном времени. Считается, что для таких применений приемлемое максимальное запаздывание равно 100 мсек. Другие исследования показывают, что запаздывание равно 200 мсек может считаться приемлемым в совместном виртуальном окружении, если нестабильность запаздывания незначительна. То есть, доказано что в случае сессий, включающих задания манипуляции объектами, характеристики сети с 10 мсек запаздывания и значительной нестабильностью запаздывания почти одинаковые характеристикам сети с 200 мсек запаздывания, но без нестабильности запаздывания. Для распределенных симуляций с жестко связанными (*tightly coupled*) интеракциями чаще всего в запросах упоминается 100 мсек для сообщений обновления состояния, и 50 мсек для нестабильности запаздывания.

Запросы зависят от типа и назначения прило-

жения. Например, совместные виртуальные окружения, задуманные для выполнения сложных манипуляционных заданий, требуют минимального запаздывания и нестабильности запаздывания, наряду с большой скоростью передачи. Если речь идет об окружениях, в которых пользователи большинство времени тратят на навигацию в трехмерном пространстве, а гораздо меньше на манипуляцию объектами и интеракцию с другими пользователями, такие окружения считаются более "толерантными" по вопросу запаздывания и нестабильности запаздывания.

Многие многопользовательские (*Lingvo multi-user*) пространственные 3D компьютерные игры (например, *Unreal, Quake*) могут представлять очень интересную область применения для услуг виртуальной реальности, включая игры FPS (*First Person Shooter*) и RTS (*Real-time Strategy*). Запросы к скорости передачи для этих игр зависят от числа и распространенности пользователей, а также от применяемой схемы распределения. Для RTS игр запаздывание равно 500 мсек может считаться приемлемым, при условии малой нестабильности запаздывания. С другой стороны в играх, требующих точной координации между глазами и руками, типа FPS игр, величина запаздывания должна быть менее 100 мсек. Не секрет, что пользователь находится в худших условиях, а соответственно и с меньшими шансами на победу в игре, если время ответа между клиентом и сервером превышает 150 мсек [12]. Интеграция звуковых/речевых и видео потоков в виртуальном окружении может увеличить чувство "погружения" для пользователей приложений, таких как, виртуальные конференции, совместное виртуальное окружение или многопользовательские игры. Совокупное качество зависит от качества аудио и видео информации, а также и от качества синхронизации. Для виртуальных окружений также важной является идея анимационных

потоков, при чем информация о положении тела и лица виртуального воплощения пользователя (*avatar*) передается по сети в виде потока данных. Запаздывания, нестабильность запаздывания и синхронизация с другими компонентами разных видов информации являются факторами, влияющими на совокупное качество.

Важно принять к сведению, что параметры услуги, а также ее окружающие условия, могут меняться в течение выполнения услуги, следовательно, требуется обеспечить динамическую адаптацию параметров качества услуги [9]. На Рис. 3. представлен пример одной NVR услуги (многопользовательского виртуального окружения) и “фазы” соответствующей мультимедийной сессии, характеризующиеся различными компонентами основной информации, а, следовательно, и разными сетевыми запросами. В первой фазе пользователь считывает начальную 3D сцену, что требует от сети большой емкости передачи без потерь, а запаздывание не имеет особого значения. После считывания сцены пользователь выполняет интеракцию с объектами и с другими пользователями в виртуальном окружении, соответственно меняются запросы к сети (фаза 2). Если речь идет об интеракции и коммуникации в реальном времени (например, с другими пользователями окружения), тогда запросы в отношении запаздывания и нестабильности запаздывания становятся очень строгими, а допускаются минимальные потери. В дальнейшем течении услуги видим пример, в котором пользователь считывает новую сцену (фаза 3) и после ряда активностей, которые можно было бы описать фазами 2 и 3, наступает окончание использования услуги и аккуратное разъединение сессии,

с возможным сохранением состояния, и, наконец, освобождение ресурсов (фаза 4).

### 3.2. Классы качества услуги в системе UMTS

Рекомендация ITU-T, F.700, предлагает общую методологию для построения мультимедийных услуг. Услуга разделяется на группы коммуникационных заданий, каждая из которых управляет группой компонентов основной информации. Рекомендация ITU-T, G.1010, определяет модель категорий качества услуги для мультимедийных услуг, при чем во внимание принимаются ожидания пользователя в отношении широкого спектра мультимедийных услуг (Рис. 4.).

Рекомендация ITU-T, Y.1541, группирует значения параметров сквозной пакетной передачи из конца в конец в IP сетях в шесть отдельных классов качества услуги. Согласно этим рекомендациям, 3GPP классифицирует UMTS услуги по четырем классам, в зависимости от чувствительности на запаздывание нагрузки приложения:

- Диалоговый (*conversational*) класс – представляет диалоговые приложения с потоками данных, исключительно чувствительные на запаздывание. К этой группе относятся телефонные разговоры, передача голоса по IP сетям (VoIP) и видеоконференция. Ограничения приемлемого запаздывания очень строгие, а также и запросы в отношении сохранения временного соотношения между различными элементами потока.

- Поточковый (*streaming*) класс – представляет приложения реального времени, которые содержат потоковую передачу данных, преимущественно однонаправленную. Такая схема

Допускает ошибки	Диалоговые голос и видео	Речевые/видео сообщения	Потоки звука и видео	Факс
	Управление/контроль (напр. Telnet, интерактивные игры)	Транзакции (напр. электронный магазин, Web, электронная почта)	Коммуникация сообщениями, считывание данных (FTP, неподвижное изображение)	Фоновая нагрузка (напр. Usenet)
Не допускает ошибки	Интерактивно (запаздывание <<1сек)	Реактивно (запаздывание ~2сек)	Своевременно (запаздывание ~10сек)	Не существенно (запаздывание >>10сек)

Рис. 4. Категории качества услуги ориентированные на пользователя (ITU-T G.1010)

применяется, если пользователи смотрят (слушают) видео (звук) в реальном времени. Для потокового класса характерно ограничение нестабильности запаздывания, без особых запросов в отношении запаздывания.

- Интерактивный (*interactive*) класс – представляет классические схемы поведения оконечного пользователя при коммуникации данными, характеризующиеся образцом запрос-ответ. Примером таких приложений является просмотр страниц Web (Интернет) и запросы к базе данных. Ключевым требованием качества услуги является низкая частота ошибок при передаче пакетов.

- Фоновый (*background*) класс – основным отличием является то, что точка назначения не ожидает данные в течение какого-то определенного времени. Данные могут посылаться и приниматься на заднем фоне, с низкой частотой ошибок и без особых запросов, связанных с запаздыванием.

Определенные классы подробно описаны на уровне приложений, с указанием ориентировочных значений для требований оконечных пользователей и приложений, и относящихся на ключевые параметры выполнения и целевые значения. Указаны верхние и нижние границы значений параметров, в рамках которых пользователь оценивает приложение, как все еще приемлемое.

### 3.3. Предложенное отображение классов услуг

Принимая во внимание специфичности услуг виртуальной реальности VR, подготовлено предложение для их классификации, которым определяются пять характерных классов услуг. Главными факторами, согласно которым проведена классификация услуг, являются чувствительность на запаздывание и степень интерактивности. В Таблице 1. представлено отображение предложенных классов на UMTS классы качества услуги, вместе с отображением запросов VR услуг на параметры выполнения и целевые значения UMTS классов качества услуги [11].

Приложения виртуальной реальности VR с выраженной интерактивностью (например, совместные виртуальные окружения, симуляции, сетевые игры) можно сравнить с услугами диалогового класса в системе UMTS, принимая во внимание строгие запросы, связанные с запаздыванием. Хотя выражение “диалоговый” используется в классификации UMTS услуг (телефонный разговор, VoIP, видеоконференция), когда классифицируем VR услуги со сравнимыми сетевыми запросами, используем выражение “инте-

рактивные услуги реального времени”. Понятие интерактивности часто используется в контексте качества услуги для VR услуг, а определено как оценка пользователем возможности интеракции с объектами и другими пользователями в виртуальном многопользовательском окружении, включая и оценку пользователем выбора и объема интеракции [6]. Учитывая тот факт, что сетевые запросы зависят от природы приложения, считаем важным отличать интерактивные VR услуги строго в реальном времени от интерактивных VR услуг не строго в реальном времени.

Перечисленные сетевые запросы для потоковых компонентов (видов основной информации) мультимедийной информации в виртуальных окружениях соответствуют стандартным запросам для звука и видео, принимая во внимание зависимость значений сетевых параметров от способа кодирования. Значения нестабильности запаздывания соответствуют значениям, приведенным в спецификациях 3GPP. Так как поток данных синхронизируется на стороне точки назначения, самое большое позволенное значение нестабильности запаздывания определено возможностями функции временной синхронизации, применяемой приложением. В виртуальных приложениях, в которых используется пространственный звук/видео, запросы дополнительно зависят от относительного положения вида основной информации в виртуальном мире.

Услуги VR, использующие интерактивную коммуникацию с удаленными серверами, отображаем на интерактивный класс качества услуги системы UMTS. Часто речь идет об услугах с запросами, сравнимыми с запросами классического просмотра страниц Web. К ним относятся и виртуальные окружения, в которых пользователь передвигается из одного виртуального пространства в другое, или ему требуется достижение дополнительных объектов виртуального окружения. Класс услуги “VR в не реальном времени (*best-effort VR*)” служит для приложений, которые не зависят от времени. Это относится на случаи с одним пользователем, когда пользователь в начале сессии считывает виртуальное окружение с сервера, а все дополнительные интеракции в нем выполняет на местной копии.

Таблица 1. предлагает обзор предложенных значений качества услуги, которые представляют характеристики сквозной передачи из конца в конец, между объектами коммуникации. Для достижения определенного качества услуги в сети, требуется определить услугу передачи с характеристиками и функциональностью от источника до места назначения услуги. Ранее упомянуто, что



UMTS QoS классы	VR классы услуг	Тип информации	Примеры VR услуг	Примеры VR приложений	ПАРАМЕТРЫ КЛАССИФИКАЦИИ			
					Степень симметрии	Запаздывание	Нестабильность запаздывания	Процент потери данных
Диалоговый класс	Интерактивная VR в строго реальном времени	Данные, графика, звук, видео, текст	Распределенные приложения	Жестко объединенная симуляция полета	Двунаправлено	Однонаправленное запаздывание сквозной передачи < 100 мсек	50 мсек	< 3%
			Жестко объединенные CVE	CVE для построения и разработки; телеоперации	Двунаправлено	Однонаправленное запаздывание сквозной передачи < 100 мсек	(нет данных)	0%
			Виртуальные конференции	Виртуальное пространство для разговора: 3D графика, аудио коммуникация	Двунаправлено	Однонаправленное запаздывание сквозной передачи < 150 мсек	< 1 мсек (для речевого общения)	< 3%
			Интерактивные многопользовательские игры	FPS игры	Двунаправлено	Однонаправленное запаздывание сквозной передачи < 100 мсек	(нет данных)	0%
	Интерактивная VR в не строго реальном времени	Данные, графика, текст	Слабо объединенные CVE	Виртуальный многопользовательский торговый центр	Двунаправлено	Однонаправленное запаздывание сквозной передачи < 400 мсек	(нет данных)	0%
			Интерактивные многопользовательские игры	RTS игры	Двунаправлено	Однонаправленное запаздывание сквозной передачи < 500 мсек	(нет данных)	0%
Потоковый класс	VR с интегрированным потоковым информацией в реальном времени (однаправлено)	Данные, графика, звук, видео, текст	Виртуальные окружения с интегрированным звуком / видео	Виртуальный кинотеатр	В основном, однонаправлено	Запаздывание при запуске < 10 сек Синхронизация губ ±80 мсек	< 2 сек	< 2% (видео), < 1% (звук)
			Виртуальные связи на Интернете	Виртуальные читатели новостей: потоковый звук, видео, и анимация	В основном, однонаправлено	Запаздывание при запуске < 10 s Синхронизация губ (анимация и звук) ±80 мсек	< 2 сек	< 2% (видео), < 1% (звук), 0% (анимация)
			Виртуальные окружения с интегрированным звуком	Виртуальные окружения с фоновой музыкой	В основном, однонаправлено	Запаздывание при запуске < 10 сек	< 2 сек	< 1%
Интерактивный класс	Интерактивная VR в не реальном времени	Данные, графика, текст	Симуляция виртуального пространства на Интернете	Виртуальное посещение города; пользователь передвигается через множество виртуальных пространств	В основном, однонаправлено	Однонаправленное запаздывание < 4 сек/новое пространство	(нет данных)	0%
			Обращение в базу данных	3D визуализация динамических данных; пользователь взаимодействует с данными	В основном, однонаправлено	Однонаправленное запаздывание < 4 сек/изображение	(нет данных)	0%
Фоновый класс	В не реальном времени best effort VR	Данные, графика, текст	Фоновое считывание виртуального окружения	Виртуальные окружения, требующие только начальное считывание; все дополнительные интеракции/манипуляции объектов выполняются локально	В основном, однонаправлено	Нет особых запросов; время считывания зависит от величины компонентов виртуального окружения	(нет данных)	0%

Таблица 1. Предложенное отображение VR классов услуг на UMTS классы качества услуги

VR приложение может состоять из группы объектов виртуального окружения, которые содержат разные виды основной информации. Поэтому нужно специфицировать запросы потоков каждого вида информации и требуемые параметры синхронизации для определения отображения запросов приложения на сетевые параметры.

Предложенная классификация и отображе-

ние верифицированы экспериментально в эмулированном сетевом окружении, с целью изучения запросов сквозной передачи, которые можно было бы применить для ряда разнообразных приложений виртуальной реальности. Приложения, изучаемые в экспериментальных случаях, сгруппированы в соответствующие классы услуг виртуальной реальности на основании измере-

ния сетевых запросов сквозной передачи из конца в конец, и результаты детально описаны в статье [11].

#### 4. Реализация качества услуги объединенной в сеть виртуальной реальности

После анализа запросов качества услуги передовых мультимедийных услуг, наподобие услуг объединенной в сеть виртуальной реальности из конца в конец, проводится наблюдение за механизмами сети, нужными для удовлетворитель-



Рис. 5. Конвергентная сеть новой генерации и новые услуги

ной поддержки таких услуг. В архитектуре сети новой генерации (Рис. 5.) поддержка качества услуги, согласно спецификациям 3GPP, связывается с подсистемой IMS. Подобно другим услугам, функциональность, связанная с услугой объединенной в сеть виртуальной реальности, размещена в совместной сети услуг.

##### 4.1. IMS, мультимедийная подсистема, базирующаяся на протоколе IP

Подсистема IMS, в более широком смысле, объединяет телекоммуникации с информатикой, т.е. Интернет с мобильной сетью, предлагая различные мультимедийные услуги в пакетном домене, посредством различных технологий доступа [13]. На Рис. 6. представлен концепт подсистемы IMS. В опорной сети используется протокол IPv6,



Рис. 6. Идея разных сетей доступа в IMS

независимо от технологии доступа (UMTS, GPRS, стационарные линии к беспроводной локальной сети WLAN), а используемый сигнализационный протокол SIP позволяет конвергенцию различных технологий доступа.

На Рис. 7. представлена позиция IMS внутри существующей сетевой архитектуры [16].

Может возникнуть вопрос – почему IMS? Известно, что после введения пакетной радиосвязи общего назначения, GPRS, существует связь Интернета с мобильной сетью, и уже несколько лет почти каждый мобильный пользователь имеет доступ к содержаниям на Интернете посредством пакетного домена. Есть три важные причины введения подсистемы IMS, а именно: 1) качество услуги, 2) оплата и 3) интеграция различных услуг, что вкратце прокомментируем. Прежде всего, подсистема IMS решает вопрос качества услуги, недостаток которого является главной проблемой “классического” пакетного домена. Параметры качества услуги можно заранее согласовать и таким образом пользователь будет

Рис. 7. Позиция IMS в существующей сетевой архитектуре

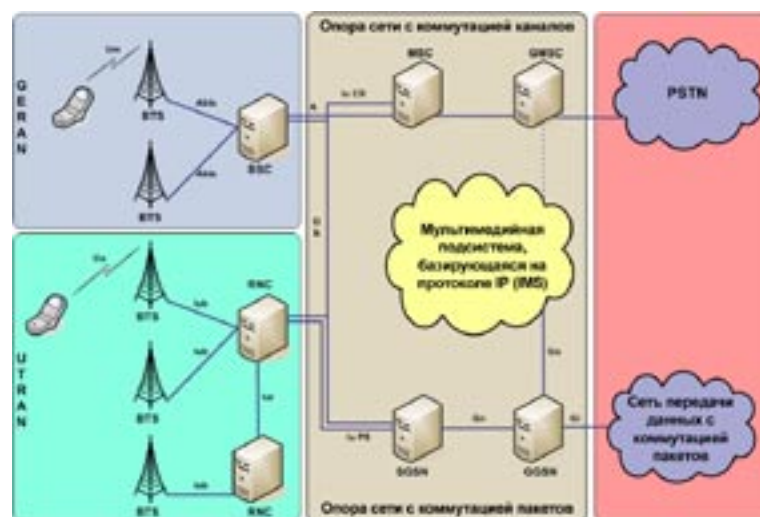




Рис. 8. Многоуровневая архитектура IMS

использовать услугу с предусмотренным поведением.

Вторым преимуществом подсистемы IMS является упрощенная и более качественная оплата. В классической модели оплата нагрузки Интернета выполняется исключительно на основании количества переданных данных. Но, именно с возможностью дифференциации нагрузки, обеспечиваемой подсистемой IMS, каждая услуга может быть отдельно оплачена. Нужно напомнить, что IMS не определяет деловую модель оплаты, а только предлагает оператору информацию об использованной услуге и уступает ему выбор решения о способе оплаты.

Третьей главной причиной создания и введения архитектуры IMS является интеграция услуг. В классических сетях вертикальной архитектуры, каждая услуга вводится отдельно и, к тому же, для каждого типа сети. Горизонтальная и многоуровневая [15] архитектура IMS (Рис. 8.) предоставляет общие функциональные возможности, которыми могут пользоваться многие услуги, что уменьшает излишнее повторение одинаковых функций в сети. Это ведет к снижению расходов оператора и, потенциально, снижению стоимости услуг для пользователя. Кроме того, оператор не должен ограничиться лишь на группу услуг, которые разработал поставщик его оборудования или он сам. Благодаря стандартно определенным интерфейсам, операторы могут использовать услуги, разработанные другими поставщиками. И более того, цель введения подсистемы IMS не

только предоставление новых мультимедийных услуг, но и нынешних услуг Интернета, независимо от технологии доступа. Поэтому мы можем говорить о полном слиянии сети Интернет с мобильными сетями, а также о следующем шаге на пути к сетям новой генерации.

В многоуровневой архитектуре IMS (Рис. 8.) уровень приложений состоит из серверов приложений и серверов данных, которые обеспечивают услуги с добавленной стоимостью. Существуют три типа серверов приложений в IMS:

- SIP AS (*SIP Application Server*), сервер приложений, служащий для выполнения услуг, базирующихся на протоколе SIP. Ожидается, что все новые услуги в IMS будут находиться именно в сервере SIP AS.
- OSA-SCS (*Open Service Access - Service Capability Server*), сервер возможных услуг, обеспечивающий интерфейс к услугам, базирующимся на открытом доступе услугам (OSA - *Open Service Access*). Целью является обеспечение услугам возможности доступа сетевым функциям посредством стандартного программного интерфейса приложений.
- IM-SSF (*IP Multimedia - Service Switching Function*), сервер коммутации услуги, служит для соединения подсистемы IMS с услугами в системе приспособленных пользователю приложений, служащих для улучшения логики мобильной сети (CAMEL - *Customized Applications for Mobile network Enhanced Logic*). Речь идет об услугах, разработанных для глобальной системы мобиль-

ной связи GSM, а с помощью функции IM-SSF (функция коммутации услуг) может еще раз использоваться в IMS.

Управляющий уровень в IMS состоит из элементов для установления и управления сессией, что включает и поддержку качества услуги. Между важными элементами можно выделить функцию управления сессией вызова (CSCF - *Call Session Control Function*), сервер опорных абонентов (HSS - *Home Subscriber Server*), и функцию ресурсов разного вида информации (MRF - *Media Resource Function*). Узел HSS можно считать базой пользовательских данных, требующихся для управления мультимедийными сессиями. Эти данные содержат профили пользователей, информации о надежности, наподобие кодов проверки достоверности, права пользования, и остальные данные.

Ключевым узлом в подсистеме IMS является CSCF, который служит для обработки совокупной SIP сигнализации в IMS. Функции узла CSCF можно разделить на три категории, соответственно есть три типа узлов CSCF: посредствующий узел P-CSCF (*Proxy-CSCF*), опрашивающий узел I-CSCF (*Interrogating-CSCF*) и обслуживающий узел S-CSCF (*Serving-CSCF*).

Узел P-CSCF является посредником (*proxy*) между терминалом пользователя и сетью. В контексте SIP сигнализации, узел P-CSCF является граничным (*inbound/outbound*) SIP посредником и первой точкой соприкосновения между терминалом пользователя и подсистемой IMS. Функции узла P-CSCF своей большей частью связаны с надежностью. Например, узел выполняет проверку достоверности принятых и посланных сообщений между пользовательским терминалом и сетью. В узле P-CSCF может находиться и функция стратегического решения PDF (*Policy Decision Function*). Речь идет об объекте, служащем для определения права на использование ресурсов и управления качеством услуги на уровне вида основной информации. Остальные функции включают сжатие (*compression*) и распаковку (*de-compression*) SIP сообщений, а также генерирование данных для оплаты. Подобно узлу P-CSCF, являющемуся посредником между терминалом пользователя и IMS, узел I-CSCF является посредником между различными административными доменами подсистемы IMS. I-CSCF содержит интерфейс к серверу опорных абонентов HSS, посредством которого может получить информацию о местонахождении пользователя и таким образом направить сообщения соответствующему узлу S-CSCF. Узел S-CSCF в действительности является центральным функциональным объ-

ектом для сигнализации, т.к. вся сигнализация, которую принимает или генерирует терминал пользователя, идет через выделенный ему узел S-CSCF. Подобно I-CSCF, узел S-CSCF посредством интерфейса *Diameter* связан с сервером HSS, от которого получает данные, нужные для маршрутизации сигнализационного потока. Таким образом, получает профиль пользователя, а также информацию, необходимую для проверки достоверности пользователя. Узел S-CSCF проверяет каждое SIP сообщение и определяет, требуется ли сообщение направить на один или несколько серверов приложений, которые предоставят определенную услугу пользователю.

Узел информационных ресурсов MRF объединяет функции для обработки потока данных. Может использоваться как источник данных в домашней сети (например, для различных объявлений и т.п.), или для выполнения различных действий над потоком данных, типа преобразований между различными форматами записей основной информации, а также для различных анализов нагрузки.

И, наконец, соединительный уровень состоит из маршрутизатора и функции переключения между сетью доступа и опорной сетью.

#### 4.2. Динамические переговоры и приспособление параметров качества услуги

При описании запросов качества услуги для сессии в IMS, в спецификации 3GPP [2] указывается, что архитектура IMS должна обеспечить поддержку для переговоров о качестве услуги сквозной передачи из конца в конец, и выделение требуемых сетевых ресурсов.

Из аспекта оконечного пользователя это значит возможность усваивания, отбрасывания, или модификации параметров сессии, а также возможность требования определенного уровня качества

Рис. 9. Доступ к услуге с дополнительной функцией согласования параметров



услуги. Переговоры проводятся с помощью SIP сигнализации, при чем нужно выполнить согласование между “профилями пользователей”, описывающими возможности/желания пользователей, и запросами самой услуги. В разнородном окружении сети новой генерации целью является предоставление пользователю приспособленной и персонализированной услуги для достижения “самого лучшего возможного” качества услуги. Ключевые факторы, которые следует взять во внимание, следующие [9]:

- Возможности терминала пользователя и сети доступа;
- Готовность и право использования сетевых ресурсов;
- Стоимость выделенных ресурсов, с учетом бюджета пользователя;
- Желания оконечного пользователя, с учетом компонентов приложения;
- Отображение запросов пользователя/приложения на транспортные параметры качества услуги.

Ранее упомянуто, что параметры услуги, а также условия, в которых она выполняется, могут изменяться в течение сессии. Различные сценарии изменения параметров включают, например, изменения в профиле пользователя, изменения в запросах услуги, а также изменения в занятости или цене сетевых ресурсов.

И пока спецификации 3GPP описывают процедуры динамических переговоров о виде основной информации и кодеках (*codec*), осталось еще определить, какие точно события (*events*) и пороги (*thresholds*) могли бы вызвать, или снова инициировать переговоры и приспособливание измененным условиям в течение сессии.

Механизмы, описанные в существующих спецификациях, удовлетворяют запросам IMS услуг, основанным на присутствии (*presence*), коммуникации сообщениями (*messaging*) или потоковой передаче мультимедийных содержаний (*streaming*). Однако задается вопрос, удовлетворяют ли эти механизмы запросам передовых услуг, например, NVR. С помощью SIP сигнализации оконечные точки обмениваются данными о параметрах сессии, но иногда требуется гораздо больше, чем договор о выборе кодека и формата, который поддерживают обе стороны. Например, в случае услуги NVR часто во внимание принимается и “относительная важность” отдельных компонентов основной информации из аспекта пользователя. Или, если пользователь обладает ограниченной совокупной полосой передачи, требуется определить, каким образом оптимально распределить имеющиеся в распоряжении ресурсы меж-

ду различными информационными компонентами услуги и при этом добиться самого лучшего качества в заданных условиях. В существующих спецификациях не определено, как осуществить “передовое” согласование параметров пользовательского профиля с параметрами требуемой услуги с целью оптимального приспособления услуги и определения требуемых сетевых ресурсов сквозной передачи из конца в конец. Кроме того, требуется определить, как и какими параметрами описать запросы услуги, а это также не задано в спецификациях.

В исследовательском проекте “Объединенная в сеть виртуальная реальность в IMS” (*Networked Virtual Reality in IMS*) установлено, что в архитектуре IMS функцию адаптации на общем уровне можно было бы отобразить на уровень приложения, а для функций управления и координации сигнализации мог бы послужить узел CSCF в опорной сети. В таком случае можем рассматривать два различных типа интерфейсов между опорной сетью и сетью услуг – “горизонтальный” интерфейс к самой NVR услуге, и “вертикальный” интерфейс к серверам приложений, которые влияют на регулярную процедуру установления сессии по опорной сети или ее дополняют (Рис. 9.).

Процедура динамического договора о параметрах качества, а также установление и разъединение сессии может быть представлено на примере услуги виртуальной галереи автомобилей.

### 4.3. Пример услуги – виртуальная галерея автомобилей

Пользователь подключается к услуге виртуальной галереи автомобилей, где есть возможность передвижения в виртуальном пространственном окружении на Web и просмотра изображений и моделей автомобилей (Рис. 10.). Передвигаясь по галерее, пользователь встречается с “виртуальными киосками” и нажатием указателя мыши на экране инициирует рекламирование определенной модели автомобиля. Рекламирование состоит из аудио и видео потоков.

На Рис. 11. представлен упрощенный поступок переговоров, установления, модификации параметров и разъединения сессии. Сигнализация выполняется с помощью протокола SIP. На рисунке видим процедуру инициального установления сессии, (пользователь считывает 3D сцену галереи), на основании которой договорены и выделены требуемые сетевые ресурсы. После считывания сцены наступают изменения условий, вызванные иницированием рекламирования



Рис. 10. Услуга визуальной авто галереи

(аудио и видео потоки). Изменение условий снова инициирует сквозные переговоры из конца в конец, из которых следует модификация выделенных сетевых ресурсов (занимаются ресурсы, нужные для потоков разного вида информации).

## 5. Вывод

Из сложности и зависимости от времени содержания передовых мультимедийных услуг, та-

ких как, например, объединенная в сеть виртуальная реальность, вытекает потребность новых спецификаций запросов и обеспечения удовлетворительного качества услуги. В данной статье описаны результаты исследовательского проекта "Networked Virtual Reality in IMS" Института телекоммуникаций компании Эрикссон Никола Тесла и Факультета электротехники и информатики Университета в Загребе, как вклада в исследования в этой области. Запросы услуг NVR рас-

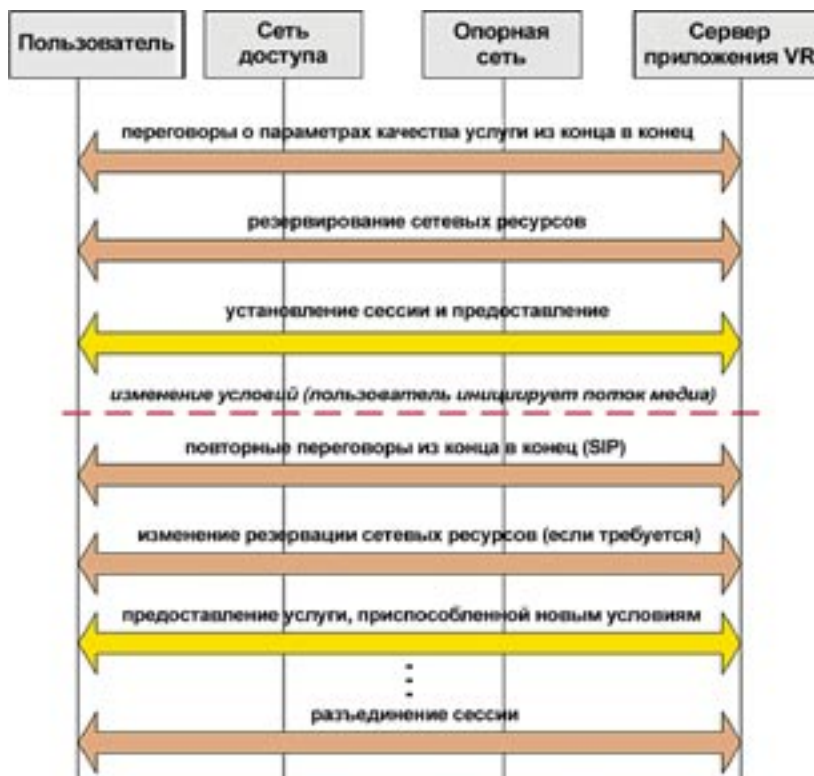


Рис. 11. Краткий обзор сигнализации при услуге NVR; пример виртуальной галереи автомобилей

смотрены из аспекта параметров качества услуги и требуемых механизмов в сети, с особым акцентом на сети третьей генерации, систему UMTS и подсистему IMS, как систему поддержки мультимедийных услуг. В структуре проекта предложена обще принятая модель переговоров и динамического приспособления качества сквозной передачи услуги из конца в конец для услуг объединенных в сеть виртуальной реальности [9]. Предложенная модель проверена на экспериментальном случае виртуальной галереи автомобилей.

Рассматривание применения модели в реальном сетевом окружении подсистемы IMS ведет к отображению функциональных компонентов модели на объекты архитектуры IMS, а также к детальной разработке сигнализации посредством протокола SIP. Таким образом, создается основа для возможных будущих расширений функций IMS, а также их стандартизации и применения для других подобных услуг, что одновременно является главным направлением дальнейших исследований проекта.

### Сокращения:

3GPP	<i>Third Generation Partnership Project</i> Проект сотрудничества в создании мобильных сетей третьей генерации
BSC	<i>Base Station Controller</i> Модуль управления базовыми станциями
BTS	<i>Base Transceiver Station</i> Базовая приемопередающая станция
CSCF	<i>Call Session Control Function</i> Функция управления сессией вызова
CVE	<i>Collaborative Virtual Environment</i> Совместное виртуальное окружение
GERAN	<i>GSM/EDGE Radio Access Network</i> Сеть радио доступа GSM EDGE
GGSN	<i>Gateway GPRS Support Node</i> Шлюзовой узел поддержки в GPRS
GMSC	<i>Gateway MSC</i> Межсетевой центр коммутации мобильной связи
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i> Пакетная радиосвязь общего назначения
HSS	<i>Home Subscriber Server</i> Сервер опорных абонентов
IMSIP	<i>Multimedia Subsystem</i> Мультимедийная подсистема, базирующаяся на IP
IP	<i>Internet Protocol</i> Протокол Интернет

ITU	<i>International Telecommunication Union</i> Международный союз электросвязи
ITU-T	<i>ITU – Telecommunication Standardization Sector</i> Международный союз электросвязи - сектор телекоммуникаций
LAN	<i>Local Area Network</i> Локальная вычислительная сеть
MGW	<i>Media Gateway</i> Сопрягающий шлюз доступа
MRF	<i>Media Resource Function</i> Функция информационных ресурсов
MSC	<i>Mobile Switching Centre</i> Центр коммутации мобильной связи
NVR	<i>Networked Virtual Reality</i> Объединенная в сеть виртуальная реальность
PDN	<i>Packet Data Network</i> Сеть передачи пакетных данных
PLMN	<i>Public Land Mobile Network</i> Наземная сеть мобильной связи общего пользования
PSTN	<i>Public Switched Telephone Network</i> Телефонная сеть общего пользования (стационарная)
QoS	<i>Quality of Service</i> Качество услуги
RNC	<i>Radio Network Controller</i> Модуль управления базовыми станциями
SGSN	<i>Serving GPRS Support Node</i> Обслуживающий узел поддержки GPRS
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i> Протокол инициации сессии
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i> Универсальная система мобильной связи
UTRAN	<i>Universal Terrestrial Radio Access Network</i> Наземная UMTS сеть радио доступа
VR	<i>Virtual Reality</i> Виртуальная реальность
WLAN	<i>Wireless LAN</i> Беспроводная локальная вычислительная сеть

### Литература

- [1] 3GPP TS 23.107, "QoS Concept and Architecture", Rel. 6, 12/ 2004.
- [2] 3GPP TS 23.228: "IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2", Rel. 6, 06/2004
- [3] 3GPP TS 22.105, "Services and Service Capabilities", Rel. 6, 03/2003.

[4] Д. Микич, Д. Вилендечич, Л. Скорин-Капов, М. Матияшевич. "Modeling and design of an adaptive virtual reality service". Proceedings of the 25th Annual Conference on Local Computer Networks – LCN 2002, pp. 315–324. Tampa, FL, USA, November 2002.

[5] И. С. Панджич. "Виртуальные окружения: Вычислительная графика в реальном времени и ее применение", Элемент, Загреб, 2004

[6] М. Матияшевич, Д. Грачанин, К. П. Валаванис, И. Ловрек. "A framework for multi-user distributed virtual environments". IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part B: Cybernetics, 32(4):416–429, August 2002.

[7] М. Матияшевич, Д. Грачанин, К. П. Валаванис, И. Ловрек. "Towards QoS specification for distributed virtual environments". Proceedings of the 10th Mediterranean Electrotechnical Conference Melecon 2000, volume Vol. I, Regional Communication and Information Technology, pp. 132–135. Lemesos, Cyprus, May 2000.

[8] S. Singhal, M. Zyda. "Networked Virtual Environments: Design and Implementation", Addison-Wesley, Reading, NJ, USA, 1999.

[9] Л. Скорин-Капов, М. Матияшевич. "Dynamic QoS Negotiation and Adaptation for Networked Virtual Reality Services". Proceedings of the IEEE International Conference on a World of Wireless, Mobile, and Multimedia Networks (WoWMoM 2005), Taormina, Italy, June 2005.

[10] C. Christopoulos. "Mobile augmented reality (MAR) and virtual reality". Wireless World Research Forum (WWRF): The book of visions 2001. [<http://www.wireless-world-research.org/>]

[11] Л. Скорин-Капов, Д. Микич, Д. Вилендечич, Д. Хуленич, "Analysis of end-to-end QoS for networked virtual reality services in UMTS", IEEE Communications Magazine, Vol. 42 No. 4, April 2004, pp. 49-55.

[12] J. Smed, T. Kaukoranta, and H. Nakonen. "Aspects of Networking in Multiplayer Computer Games", Proceedings of the International Conference on Applications and Development of Computer Games in the 21st Century, Hong Kong, China, Nov. 2001, pp. 74-81.

[13] G. Camarillo, M. A. Garcia-Martin. "The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS): Merging the Internet and the Cellular Worlds", John Wiley & Sons, June 2004.

[14] Л. Скорин-Капов, И. Панджич, М. Матияшевич, Х. Комерички, М. Мошмондор. "Interactive Visualization of Grid Monitoring Data on Multiple Client Platforms", Advances in Grid Computing – EGC 2005, P.M.A. Sloot et al. (Eds.), Lecture Notes in Computer Science LNCS 3470, pp.

200 – 210, 2005.

[15] Ericsson, "IMS – IP Multimedia Subsystem, The value of using the IMS architecture", Ericsson White Paper, October 2004.

[16] Unstrung Insider, "IMS – the Heart of Wireless and Wireline Convergence", Vol. 3, No. 11, November 2004.

#### АДРЕСА АВТОРОВ:

##### **Леа Скорин-Капов**

e-mail:lea.skorin-kapov@ericsson.com  
Ericsson Nikola Tesla d.d.  
Krapinska 45  
p.p. 93  
HR-10002 Zagreb  
Хорватия

##### **Миран Мошмондор**

e-mail:miran.mosmondor@ericsson.com  
Ericsson Nikola Tesla d.d.  
Krapinska 45  
p.p. 93  
HR-10002 Zagreb  
Хорватия

##### **Мая Матияшевич**

e-mail: maja.matijasevic@fer.hr  
Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Sveučilište u Zagrebu  
Unska 3  
HR-10000 Zagreb  
Хорватия

##### **Данко Вилендечич**

e-mail: danko.vilendecic@fer.hr  
Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Sveučilište u Zagrebu  
Unska 3  
HR-10000 Zagreb  
Хорватия

*Редакция приняла рукопись 8 марта 2005 года.*

*Перевод: Надежда Племенич*