# Особенности разработки систем передачи стереоскопического 3D видео и изображений через телекоммуникационные сети в реальном времени.

Журкин И.Г. (д.т.н., проф каф. ВТиАОАИ МИИГАиК)

Алчинов А.И. (д.т.н., проф. ИПУ РАН им. В.А.Трапезникова, ООО «Талка+»)

Максимов В.И. (м.н.с. НИЧ МИИГАиК)

Хусаинова Р.Ф. (асп. каф. ВТиАОАИ)

**Аннотация.** Рассматривается проблематика передачи стереоскопических видео потоков и изображений через телекоммуникационные сети в реальном времени. Осуществлен обзор методов решения задачи разработки аппаратно-программных систем передачи стерео видео потоков. Освещена архитектура и инструментарий подсистемы передачи стереоскопических изображений и видео аппаратно-программного комплекса «Талка-Стерео».

**Ключевые слова.** Стереоскопическое видео, видео в реальном времени, потоковое вещание, телекоммуникационные сети, протокол RTP, кодек Multiview Video Coding.

**Abstract.** Problems of the transmission of stereo video streaming and image through telecommunications network in real time are considered. Carried out a review of methods for solving the task of designing hardware and software systems transmit stereo video streams. Illuminated architecture and tools transmission subsystem of stereoscopic images and video hardware and software complex "Talka-Stereo."

**Key words.** Stereoscopic video, real-time video, streaming, telecommunication networks, RTP, codec Multiview Video Coding.

При разработке аппаратно-программных комплексов отображения трехмерного стереоскопического видео и изображений, особую роль играет решение задачи передачи стереоскопических данных через телекоммуникационные сети, включая сеть Интернет. Решение данной задачи сопряжено с разрешением противоречия, между накладываемыми техническими ограничениями технической среды передачи данных на объемы передаваемых данных с одной стороны, и необходимостью манипулирования трехмерными данными значительного объема. В то время как системы отображения стереоскопического контента (далее «СО СК») изначально ориентированы на работу с потоками данных значительного объема (для обеспечения высокого качества изображений), а значит, предназначены для эксплуатации на оборудовании с высокими показателями быстродействия, традиционные телекоммуникационные сети слабо ориентированы на передачу высоких объемов данных со значительной скоростью.

В качестве возможного варианта разрешения данного противоречия, при разработке систем отображения стереоскопического контента может регламентироваться использование при передаче данных высокоскоростных телекоммуникационных сетей, включая специализированные сети потокового вещания, однако такой подход сужает универсальность и широту применения таких систем. Альтернативный вариант, позволяющий реализовывать системы отображения стереоскопического контента, в достаточной мере адаптируемые к показателям быстродействия и пропускной способности телекоммуникационных сетей заключается во включении в СО СК выделенных подсистем, обеспечивающих адаптацию к текущим характеристикам телекоммуникационной среды передачи данных.

При создании систем СО СК особое внимание требуется уделять разработке подсистем передачи стереоскопической информации через телекоммуникационные сети. В рамках указанного исследования были выявлены особенности передачи трехмерных стереоскопических данных (видео и изображений) через телекоммуникационные сети, включая сеть Интернет, определены перспективные технологии и протоколы передачи данных, сформирована архитектура подобных подсистем.

Особенности задачи передачи стереоскопических видео данных через телекоммуникационные сети с одной стороной связаны с техническими характеристиками телекоммуникационных сетей, как среды передачи данных, с другой – с характеристиками трехмерного стерео видео контента. К особенностям телекоммуникационных сетей, влияющих на решение поставленной задачи, относятся:

* Относительно низкие скорости передачи данных (в сравнении со скоростями внутренних интерфейсов графических рабочих станций), выражающиеся в характеристике пропускной способности канала;
* Наличие задержек в передаче и приеме данных, выражающихся в характеристике «лаг»;
* Определенная вероятность потери фрагментов передаваемых данных, выражающаяся в «потере пакетов» в единицу времени.

К особенностям трехмерного видео контента могут быть отнесены: значительные объемы передаваемых данных, в связи с использованием высокого разрешения (от 1080 для форматов HD); фактическое дублирование передаваемых данных (в связи с представлением каждого кадра в нескольких каналах для создания стереоскопического эффекта).

Подходы, применяемые при решении задачи передачи стереоскопических видео данных через телекоммуникационные сети условно могут быть разделены на две группы: подходы, повышающие эффективность использования выделенных ресурсов телекоммуникационной среды передачи данных; подходы, реализующие преобразование стереоскопического контента без потерь или с допустимыми потерями качества, направленные на снижение требований к характеристикам телекоммуникационной среды. Методы повышения эффективности использования ресурсов среды передачи включают выбор протоколов и форматов передачи данных, методы сжатия передаваемой информации и методы контроля передачи данных. Методы преобразования стереоскопического контента заключаются в гибком преобразовании передаваемых данных как в области технических характеристик (разрешение, количество каналов), так и в области контекста сцен, представляемых стереоизображениями видео потока (дифференцированная значимость отдельных элементов изображения).

Задача повышения эффективности использования выделенных ресурсов телекоммуникационной сети при передаче стереоскопического видео и изображений разбивается на три подзадачи:

* Выбор протоколов и форматов передачи данных;
* Выбор архитектуры системы передачи данных;
* Реализация механизмов контроля качества передачи данных.

Стандартом де-факто для потоковой передачи видео через сети IP в реальном времени являются протоколы RTP (Real-time Transport Protocol), отвечающий за передачу данных и RTCP (Real-Time Control Protocol), реализующий проверку идентичности отправленных и полученных пакетов, идентификацию отправителя и контроль загруженности сети. При использовании протокола RTP функции обеспечения достоверности передачи или надежности соединения возлагаются на протокол пользовательских датаграмм (UDP – User Datagram Protocol). В свою очередь протокол RTP поддерживает передачу данных в реальном времени между несколькими участниками RTP-сеанса: для каждого участника RTP сеанс определяется парой транспортных адресов назначения пакетов (один сетевой адрес — IP и пара портов: RTP и RTCP) **[1]**.

Помимо непосредственно передаваемых фрагментов данных, пакеты RTP инкапсулируют информацию, идентифицирующую отправителя; отметки о времени отправки и порядке передачи, с целью воспроизведения потока принимающей стороной с правильными интервалами и в правильном порядке; информацию о характере передаваемой информации (включая кодировку и формат передаваемых видеоданных).

Для решения проблемы приоритетной обработки чувствительных к задержки данных, каковыми и является стереоскопическое видео, эффективно использование протокола резервирования ресурсов (RSVP – Resource ReSerVation Protocol). RSVP позволяет конечным системам резервировать сетевые ресурсы для получения необходимого качества услуг, в особенности ресурсы для графика реального времени по протоколу RTP. RSVP ориентирован в первую очередь на управление маршрутизаторами, однако приложениям доступны функции резервирования необходимой полосы пропускания для данного класса услуг или уровня приоритета.

Для передачи стереоскопического видео целесообразно использовать формат Multiview Video Coding (MVC), являющийся расширением семейства стандарта H.264/MPEG-4 **[2]**. MVC специально предназначен для кодирования как 3D видео, так и видео со свободной точкой обзора (free viewpoint video). Основной принцип работы систем, работающих в этом формате, заключается в получении нескольких синхронизированных видео потоков, перекодирование их в один битовый поток и обратную расшифровку на стороне получателя. Алгоритм MVC использует модифицированный буфер H.264, что позволяет кодировать стереоскопическое видео. Соответствующие кадры с разных камер располагаются в буфере в последовательности согласно их относительному пространственному положению во всей системе камер, формирующих изображение (видео поток). После перестроения кадров в буфере поток кодируется стандартным кодеком H.264.

Архитектура системы передачи стереоскопического видео строится по принципу «клиент-сервер». При этом серверная компонента функционирует в режиме видео-сервера и обслуживает запросы от нескольких клиентских приложений. Количество одновременно обслуживаемых клиентов зависит от быстродействия аппаратного обеспечения сервера, а так же от характеристик пропускной способности и скорости сетевой инфраструктуры сервера.

Задача преобразования стереоскопического контента при его передаче через телекоммуникационные сети формально заключается в снижении объемов передаваемых данных, то есть фактически в снижении сетевого трафика.

При передаче стереоскопических векторных изображений перспективным подходом является алгоритм адаптивного сжатия изображения в части изменения детализации текстур отображаемых объектов и учета видимости частей объектов **[3]**. Алгоритм учитывает направление взгляда пользователя, на первом этапе рассчитывает видимость отдельных частей объектов видеосцены. Части, находящиеся вне поля зрения, удаляются. На втором этапе алгоритм определяет дальность до отображаемых объектов. Для объектов, находящихся на относительно большом расстоянии, производится прогрессивное сжатие текстуры по принципу «чем больше расстояние, тем выше степень сжатия».

Для сжатия стереоскопических видео потоков может быть использована технология адаптивного сжатия видео потока с обратной связью – на основе характеристик соединения. Суть предлагаемого решения заключается в размещении на клиентской стороне специализированного модуля контроля качества соединения. Используя эвристические алгоритмы, модуль производит оценку качества соединения в реальном времени, и на основе этой оценки принимает решение об уровне максимального битрейта, который может быть принят в условиях данного сетевого соединения. Так же производится оценка максимального уровня качества изображения, которое может быть визуализировано клиентским оборудованием клиента (то есть, узко говоря, выявляется быстродействие видеоподсистемы клиентского ПК), с последующим снижением качества передаваемых видеоданных до характеристик, объективно поддерживаемых на клиентской стороне.

Важной частной задачей является устранения возникающих временн*ы*х задержек при передаче стереоскопического видео потока в реальном времени. Для компенсации вклада неравномерно распределенных задержек эффективным является метод сегментации видеоданных **[3]**. Видео поток буферизируется на серверной стороне «на лету», при этом производится трансляция отдельных сегментов буфера. Для определения целесообразности передачи очередного сегмента видео потока используется механизм обратной связи с клиентской стороной, при поступлении сигнала о готовности начинается передача. При этом, сервер, осуществляя непрерывный контроль над характеристиками принимающей стороны, может осуществлять прогнозирование скорости приема видео потока. На основе ожидаемого времени приема очередного сегмента данных, при появлении прогноза о потенциальной задержке дальнейшего отображения потока на клиентской стороне, производится адаптивное изменение битрейта потока в сторону уменьшения.

Альтернативный подход заключается в адаптивном изменении (снижения) стереоэффекта передаваемого видеоизображения **[4]**. Согласно подходу, в алгоритмах подготовки стереоскопического потока к передаче осуществляется линейный контроль сетевого соединения, на основе анализа выставляются дискретные оценки. Серверное программное обеспечение на основе указанной оценки производит сжатие дополнительного видеоканала с потерей качества, что приводит к уменьшения стереоэффекта в управляемых пределах, но значительно снижает объем передаваемых данных.

В настоящее время существует ряд технологий, предлагающих передачу стереоскопического видео в монофонической форме. Метод передачи стереоскопических данных в монофоническом формате предполагает покадровую обработку стереоскопического видео потока. При этом из совокупности связанных кадров поставляемых различными каналами стерео потока формируется результирующий кадр по принципу «шахматной доски». Например, для двухканального стерео видео потока, пиксели кадра левого канала располагаются в «белых» ячейках (по аналогии с шахматной доской) результирующего кадра, пиксели правого канала – в «черных» ячейках. Полученные последовательные кадры, содержащие агрегированные кадры стерео потоков кодируются с использованием обычных монофонических форматов. На стороне клиента происходит обратное преобразование монофонического потока в совокупность стерео потоков.

Реализация указанных подходов была выполнена в рамках работы по государственному контракту №14.514.11.4034, при разработке АПК «Талка-Стерео». Были проанализированы преимущества и недостатки рассмотренных выше методов достижения эффективности при передаче стереоскопических видео потоков и изображений через телекоммуникационные сети.

Принято решение об использовании рассмотренных протоколов RTP и RTCP для организации трансляции видео потоков с использованием клиент-серверной архитектуры. В части подготовки стереоскопического видео потока к передачи реализованы методы буферизации, сегментации передаваемого потока с адаптивным изменением битрейта передаваемых данных на основе систем обратной связи и прогнозирования. Так же реализован принцип «прореживания кадров», согласно которому в целях снижения объемов сетевого трафика, на основе информации от модуля прогнозирования и обратной связи, производится изъятие отдельных кадров из сегмента (по принципу «каждый *n-*ый», где параметр *n* рассчитывается на основе анализа характеристик приема потока клиентской стороной).

Принципиальная схема серверной компоненты разработанной системы передачи стереоскопических видеоданных изображена на рисунке 1.

буферизация

стерео поток

Кодер в формат H.264 MVC

буфер

п

л

л

п

п

л

п

л

п

л

сегмент

п

л

п

л

сегментация

Модуль обратной связи и прогнозирования

Модуль адаптивного изменения битрейта и прореживания кадров

Трансляция по протоколу RTP

Обратная связь с использованием протокола RTCP

Рис. 1 Принципиальная схема серверной компоненты системы передачи стереоскопических видеоданных АПК «Талка-Стерео».

**Библиографический список.**

1. Zurawski R., «RTP, RTCP and RTSP protocols» // The industrial information technology handbook. — CRC Press, 2004.
2. «DirectX Video Acceleration Specification for H.264/MPEG-4 AVC Multiview Video Coding (MVC)», эл. Ресурс, Режим доступа: http://download.microsoft.com/download/2/D/0/2D02E72E-7890-430F-BA91-4A363F72F8C8/DXVA\_H264\_MVC.pdf
3. Rose A., Pentecost D.J., Vuillemin A. US Patent 7007295. System and method for Internet streaming of 3D animated content. 2006
4. Mashitani K., Hamagishi G., Takemoto S., Horiuchi Keiji., Hori Y. US Patent 7646907. Stereoscopic image generating device and stereoscopic image delivery method. 2010

Подробная информация об авторах

М.н.с. НИЧ МИИГАиК Максимов В.И., +7(963)613-50-88, <1.vladmax@gmail.com> (основное контактное лицо):

Профессор каф. ВТиАОИ МИИГАиК д.т.н. Журкин И.Г., <zhurkin@miigaik.ru>:

Алчинов А.И. (д.т.н., проф. ИПУ РАН им. В.А.Трапезникова, ООО «Талка+»):

Асп. каф. ВТиАОИ МИИГАиК Хусаинова Р.Ф. <husainovarena@gmail.com> , +7(906)044-44-06: