



Бухштаб Ю.А., Воробьев А.А.,
Евтеева Н.Н.

Некоторые подходы к
организации виртуального
управления потоковыми
данными

Рекомендуемая форма библиографической ссылки: Бухштаб Ю.А., Воробьев А.А., Евтеева Н.Н. Некоторые подходы к организации виртуального управления потоковыми данными // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2009. № 72. 10 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2009-72>

Ордена Ленина
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ
имени М.В. Келдыша
Российской Академии наук

Ю.А. Бухштаб, А.А. Воробьев, Н.Н. Евтеева

**Некоторые подходы к организации виртуального
управления потоковыми данными**

Москва - 2009

Ю.А. Бухштаб, А.А. Воробьев, Н.Н. Евтеева. Некоторые подходы к организации виртуального управления потоковыми данными. Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2009, 10 страниц, библиография: 8 наименований.

В работе описываются принципы построения программных средств, обеспечивающих управление потоковыми данными в среде FLASH, способных поддерживать виртуальную модификацию FLV файлов, транслируемых с различных серверов, как методом прогрессивной загрузки, так и по протоколу RTMP. Также рассматриваются вопросы создания версии таких программных средств, предназначенной для работы на мобильных устройствах.

Y.A.Bukhshtab, A.A.Vorobjov, N.N.Evteeva. Some approaches to the organization of the virtual control of streaming data. Preprint, Inst. Appl. Mathem., Russian Academy of Sciences, 2009, 10 Pages, 8 References.

The paper describes principles of the construction of software tools providing the control of streaming data in the environment of FLASH. These software tools are able to support virtual modification of FLV files broadcasted from different servers using the method of progressive downloading as well as using RTMP protocol. The questions of the creation the version of such software tools purposed for working with mobile devices are also discussed.

1. Введение.

Эффективное информационное обеспечение современных инфраструктур, построенных на базе телекоммуникационных сетей и используемых на практике в различных предметных областях, предполагает возможность создания и использования разнородных, пространственно распределенных ресурсов. При этом на протяжении последних лет все большее внимание уделяется вопросам организации доступа к видео и аудио данным. Возможность интеграции таких данных в рамках единой информационно-вычислительной среды обусловлена развитием новой информационной технологии, а именно технологии, базирующейся на концепции потокового видео. Эта технология позволяет решить основную проблему, которая ранее препятствовала практическому применению видео на базе использования телекоммуникационных сетей – проблему передачи очень больших объемов информации в реальном времени. Однако, стандартные возможности управления потоковыми данными очень ограничены и не позволяют осуществлять полнофункциональное управление видео и аудио потоками, транслируемыми с удаленных серверов, создавая, таким образом, свои собственные потоковые последовательности.

В последние годы авторами настоящего проекта была предложена новая методология удаленного управления видео и аудио потоками, которая базируется на модели представления данных в виде структур перекрестных ссылок, определяющих связи и временные соотношения между потоками и их фрагментами [1-6]. На базе этой методологии был реализован программный комплекс, затем он был установлен на трех серверах в России и США в различных операционных средах, проведены его испытания, результаты которых показали высокую эффективность предложенного подхода. Используя эти программные средства, пользователи могут создавать свои собственные потоковые видеопоследовательности путем объединения различных потоков и их редактирования, например, выделения фрагментов потоковых данных, имплантацию в поток новых фрагментов, удаление частей потока, наложение на транслируемые видеопоследовательности нового звука и т.д. Действия, осуществляемые пользователем, являются виртуальными, так как данные на передающих серверах не модифицируются и не разгружаются куда-либо. Результирующий поток с точки зрения его использования не отличается от исходных, из которых он смонтирован, и доступен не только его создателю, но и другим пользователям Интернета, при этом он сам может быть объектом дальнейшего виртуального редактирования.

Базовым инструментом разработки программного комплекса был язык SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language), обеспечивающий

доставку и синхронизацию потоковых данных [7]. Этот язык был рекомендован W3C еще в 1998 году, он постоянно развивается и полностью поддерживается видеосерверами, осуществляющими трансляцию в таких форматах как Real Media и Quicktime. Важно, что кроме последовательности действий, SMIL позволяет задавать параллельные действия. Это можно использовать для предзагрузки следующего фрагмента, одновременно с просмотром текущего, причем начало процесса предзагрузки может быть позиционировано во времени (например, за десять секунд до окончания текущего). Такая возможность позволяет оптимизировать параллельные действия в зависимости от длин фрагментов. Использование языка SMIL как базового инструмента разработки настоящего проекта во многом определило эффективность разработки.

Однако не все конкретные потоковые технологии поддерживают язык SMIL или имеют аналогичные возможности синхронизации потоковых данных. Это относится и к технологии Flash, представляемой в настоящее время компанией Adobe. Вместе с тем, по некоторым оценкам сегодня в формате Flash в Интернете представляется до 80% потокового видео (еще недавно чаще всего использовался формат Real Media). Важным преимуществом Flash технологии является ее межплатформенность, то есть этот формат может использоваться практически на любой аппаратно-программной платформе, включая мобильные устройства (например, КПК, различные коммуникаторы, смартфоны и т.д.). Это обстоятельство позволяет вести разработку программных средств, предназначенных для таких мобильных устройств. Внедрение программных систем, способных функционировать на базе мобильных устройств, позволит значительно расширить круг практически значимых приложений, в которых используются потоковые видео и аудио данные. В частности, на базе мобильных устройств может быть организована эффективная информационная поддержка пользователей, в том числе находящихся в полевых условиях, при этом предполагается использовать возможности средств глобальной навигации. Таким образом, разработка новых методов управления инфраструктурой потоковых данных в формате Flash является весьма актуальной задачей. Сложность этой задачи определяется тем, что необходимо разработать специальный формат описания последовательности воспроизводимых фрагментов потоковых данных, подобный используемому в языке SMIL, и обеспечить интерпретацию этого формата.

2. Принципы построения программных средств, обеспечивающих управление потоковыми данными в среде FLASH.

Функционирование программных средств, поддерживающих работу в среде Adobe Flash, которые позволяют модифицировать и объединять потоковую информацию, транслируемую с удаленных серверов, базируется на предложенном ранее авторами проекта методе организации связей между исходными и виртуальными потоками и их фрагментами, задаваемыми пользователями. Реализация этого метода поддерживает динамическую генерацию управляющих команд во время трансляции виртуальных потоков, обеспечивая тем самым соответствующее дистанционное управление этими потоками. Предполагается, что разрабатываемые программные средства должны поддерживать оба современных метода трансляции FLV файлов (файлы формата Flash Video которые могут быть динамически загружены в процессе исполнения): потоковую передачу и прогрессивную загрузку. При использовании первого метода видео и аудио потоки передаются по протоколу RTMP, и при этом осуществляется постоянный контакт между клиентом (FLV плеером) и сервером. Сервер способен регистрировать скорость передачи, и если она недостаточна, то передавать не всю информацию. При потоковой передаче клиент может отдавать команды серверу на передачу изображения с произвольного места видеофайла, что обеспечивает быстрый переход на произвольную точку видеопоследовательности. Однако, для обеспечения такого метода передачи необходимо специальное программное обеспечение – Flash Media Server, которое может функционировать только в средах Windows Server 2003, Windows Server 2008 или Red Hat Linux.

В рамках выполнения проекта также предполагается реализовать метод перехода к нужному месту видеофайла и передачи его фрагментов на базе использования прогрессивной загрузки. Прогрессивная загрузка использует стандартный протокол HTTP и может осуществляться любым HTTP сервером. Клиент осуществляет запрос серверу, сервер передает запрашиваемый файл клиенту. Однако клиент не ждет полной загрузки, а воспроизведение начинается, как только в буфер загрузится небольшая порция данных, пригодных для воспроизведения (порядка 0,5-1 сек видео). В принципе, клиент способен воспроизводить видеофайл с произвольного ключевого кадра. Но для этого сервер должен иметь возможность передать файл не с начала, а с произвольного места. Большинство HTTP серверов могут обрабатывать запросы на передачу фрагментов файлов с заданного смещения от начала файла и определенной длины. Однако для воспроизведения аудио и видео файлов в FLV-формате этого недостаточно, перед передаваемым фрагментом файла должен быть соответствующий заголовок. Сервер Lighttpd имеет специальный модуль, который вставляет такой заголовок при передаче FLV файлов. Для других серверов (например,

Apache) FLV файл должен передаваться специальным CGI скриптом (программой, написанной на C, PHP, Perl), который сначала передает заголовок, а потом требуемую часть файла. Клиент имеет информацию о тайм-коде, на который надо перейти, или с которого надо начать передавать фрагмент файла, а серверу требуется указать место внутри файла в виде смещения в байтах от начала. FLV файл имеет теговую структуру. Заголовок, расположенный в начале файла, содержит общую информацию о файле. Далее расположены пакеты данных. В пакете имеется заголовок, определяющий тип, размер и структуру пакета. Сразу после заголовка файла расположены пакеты с метаданными. Метаданные содержат общую информацию о характеристиках содержания файла: частота кадров, общая продолжительность, ширина и высота изображения, качество звука. Далее следуют пакеты с видео и аудио данными. В заголовке пакета указана информация о кодеке и тайм-код, т.е. время от начала видеопоследовательности до момента, когда данные этого пакета должны быть воспроизведены. Отдельные видеопакеты содержат ключевые кадры, т.е. содержат изображение опорного кадра. Между ключевыми пакетами расположены промежуточные, содержащие данные об изменениях кадра. Для аудио данных нет ключевых пакетов. В теле FLV файла видео и аудио пакеты расположены в порядке возрастания тайм-кодов. В состав пакета метаданных может входить таблица размещения ключевых кадров. В строках этой таблицы содержатся тайм-коды ключевых кадров и место в файле (в виде смещения от начала), где они расположены. Если используется прогрессивная загрузка, FLV плеер в начале воспроизведения считывает метаданные. Затем по таблице размещения ключевых кадров плеер определяет ближайшие к заданным тайм-кодам начала и конца фрагмента ключевые кадры и их смещение от начала файла.

Однако, таблица размещения ключевых кадров не является обязательной частью пакета метаданных. Более того, стандартные программные средства Adobe Flash при кодировке FLV файлов не вставляют такую таблицу в метаданные файла, и хотя для ее создания можно использовать программы других компаний, делается это далеко не всегда. Отсутствие таблицы ключевых кадров в метаданных FLV файла делает невозможным воспроизведение видеопоследовательности с нужного места по командам FLV плеера. В этой ситуации при реализации проектируемого программного обеспечения предлагается использовать следующий новый метод. Для каждого FLV файла на сервере создается своя отдельная таблица ключевых кадров, например, в файле с таким же именем, но с другим расширением. Такая таблица может быть создана автоматически при загрузке файла на сервер или при его первом воспроизведении. В этом случае клиент передает запрос серверу, указывая не смещение нужного ключевого кадра, а требуемый тайм-код. CGI скрипт, получая запрос, сам находит нужный ключевой кадр, передает заголовок, а

потом часть файла, начиная с этого ключевого кадра. Поскольку в реальных условиях пакеты метаданных FLV файлов могут как содержать, так и не содержать таблицу ключевых кадров, предлагается реализовать CGI программу способную поддерживать два типа запросов. Если FLV файл содержит таблицу ключевых кадров, то клиент формирует запрос на передачу фрагмента файла с указанием начала и конца фрагмента в виде смещения от начала файла в байтах. Если такой таблицы нет, то в запросе указываются тайм-коды начала и конца фрагмента. В этом случае CGI программа использует таблицу ключевых кадров, хранящуюся на сервере в виде отдельного файла. Эта же программа самостоятельно создает такую таблицу, если ее еще не существует. Также может быть реализована возможность синхронной трансляции с сервера видео и аудио файлов, с целью замены звука, содержащегося в видео файле, на звук, передаваемый в аудио файле (в частности, такая возможность может быть использована для мультилингвистической поддержки транслируемых с серверов видеофильмов). Так как в аудио файле нет ключевых кадров, то для работы с фрагментами аудио на сервере необходимо организовать специальную таблицу пакетов, по структуре аналогичную таблице ключевых кадров.

В принципе, FIV плеер реализуется, как Flash-приложение, которое встраивается в WEB страницу. Программный код FIV плеера пишется на языке ActionScript. Встроенное на WEB страницу Flash приложение, имеет ряд интерфейсов для обмена информацией о текущем состоянии с окружающей средой браузера. Так, Flash-приложение может вызывать JavaScript функции на WEB странице, и наоборот, из WEB страницы возможно управление Flash приложением с помощью вызова функций ActionScript. Таким образом, программы на JavaScript могут получать информацию о текущем воспроизводимом фрагменте, его состоянии и текущем тайм-коде. Это необходимо для выполнения таких операций, как выделение, вырезание и склейка фрагментов.

Последовательность воспроизводимых фрагментов может быть задана в виде XML файла. Flash приложение может считывать XML файлы, и имеет встроенные средства для его разбора. Это позволяет реализовать на языке XML задание последовательности фрагментов, аналогичную SMIL файлам.

3. Использование средств глобальной навигации.

Важным направлением исследований, планируемых в рамках настоящего проекта, является разработка и реализация версии программного обеспечения, предназначенной для работы на мобильных устройствах. Недавно компания Adobe разработала программный продукт Adobe Flash Lite 3, применение которого позволяет достаточно эффективно

работать с FLV файлами и обеспечивает поддержку разработки новых приложений для мобильных устройств. Flash Lite 3 работает на многих платформах, включая Microsoft Windows Mobile, обеспечивая тем самым возможность функционирования в среде Flash сотен моделей мобильных устройств, причем на новых устройствах Flash Lite 3 часто предустановлен. Этот программный продукт поддерживает не только прогрессивную загрузку, но и потоковую передачу FLV файлов с Flash Media Server. Важно то, что Flash Lite 3 интегрирован с другими технологиями (C++, XML). Таким образом, предполагается, что использование Flash Lite 3 позволит реализовать мобильную версию программного обеспечения, обеспечивающего для пользователя возможность управления, посредством навигационных и программных клавиш, видео и аудио потоками, транслируемыми в среде Flash. Следует отметить, что на начальном этапе разработки программные средства могут реализовываться и отлаживаться в среде эмулятора Windows Mobile на персональном компьютере, а затем уже будут перенесены на мобильное устройство. Планируется разработать и реализовать метод учета пространственных характеристик, на базе использования средств глобальной навигации. Предполагается, что в состав метаданных будет заноситься информация о географических координатах, ассоциируемых с фрагментами видео или аудио последовательностей. Например, к временной шкале видеозаписи будут привязаны координаты места, где осуществлялась съемка видеозаписи (такие координаты могут автоматически генерироваться в момент съемки с помощью устройства глобального позиционирования). Метод использования информации о координатах места записи видео или аудио информации при потоковой передаче на мобильные устройства был использован в нескольких реализациях, выполненных в США, например [8]. Однако то, что в этих разработках не применялся метод динамического управления потоками данных, сделало необходимым проведение предварительной трудоемкой подготовки исходной информации, что принципиально ограничило применение этого метода на практике.

Информация об ассоциируемых координатах позволяет, на базе разработанных в ходе выполнения проекта средств динамического высечения и объединения произвольных фрагментов видео и аудио последовательностей, реализовать автоматические фильтры, выделяющие релевантную с точки зрения местоположения часть видео или аудио информации. Например, пользователь находящийся в какой то географической точке с мобильным устройством, снабженным GPS приемником сможет получать видео, ассоциированное с районом где он находится, при его перемещении на его устройство начинают поступать данные, соответствующие его новому местоположению. При этом видеопоследовательности не должны были быть смонтированы заранее, то есть нужные фрагменты не вырезались, не «склеивались» и не

архивировались. Более того, релевантные фрагменты видео могут транслироваться с разных серверов.

Программные средства управления потоками позволяют автоматически выделить, используя метаинформацию, определяющую соответствующие координаты, релевантные фрагменты видео из различных видео или аудио записей, в том числе и размещенных на разных серверах, и организовать доставку пользователю единого потока, содержащего данные, ассоциированные с его местоположением. В ходе работ по проекту предполагается реализовать на С++ специальный программный модуль, обеспечивающий обмен данными (прежде всего речь идет о координатах текущей позиции мобильного устройства) между Flash средой на мобильном устройстве и GPS приемником. Серверное программное обеспечение должно включать средства генерации последовательности воспроизводимых фрагментов видео или аудио данных на основе интерпретации передаваемых с мобильного устройства текущих координат.

4. Заключение.

К настоящему моменту авторами статьи был проведен ряд программных экспериментов, результаты которых показали, что разработанный ранее метод виртуального управления потоками видео и аудио данных может быть реализован не только на базе использования языка SMIL, но и в среде Flash. Планируется провести цикл работ, в ходе которых сначала будет реализован клиент (FLV плеер), ориентированный на тот случай, когда все FLV файлы хранятся на одном сервере и передаются по протоколу HTTP методом прогрессивной загрузки. Затем предполагается обеспечить возможность получать и обрабатывать FLV файлы с различных распределенных серверов, обеспечивая тем самым их интеграцию в единую среду. То есть, реализовать программное обеспечение клиента, которое получая из вызывающего окружения списки URL адресов FLV файлов с указанием тайм-кодов фрагментов, сможет воспроизводить их или их части непрерывно, как единую видеопоследовательность, хотя ее части могут быть фрагментами разных видео или аудио файлов и находиться на разных серверах. При этом должна быть обеспечена возможность управлять видео и аудио информацией, полученной потоковым методом по протоколу RTMP с серверов Flash Media Server, а также с HTTP серверов, использующих простой сценарий для передачи фрагментов файлов, или специальный модуль сервера Lighttp. В дальнейшем планируется реализовать программные средства управления потоками FLV файлов, функционирующие на мобильных устройствах, включая средства, базирующиеся на использовании глобальной навигации.

Литература

1. Ю.А. Бухштаб, А.А. Воробьев, Н.Н. Евтеева. Организация программных средств, обеспечивающих интерактивное редактирование потокового видео. – Препринт ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, №78, 2004. – 13 с.
2. Ю.А. Бухштаб, А.А. Воробьев, Н.Н. Евтеева. Реализация редактора видео и аудио потоков, транслируемых с удаленных серверов. – Препринт ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, №131, 2005. – 10 с.
3. Ю.А. Бухштаб, А.А. Воробьев, Н.Н. Евтеева. Новые возможности работы с потоковой информацией. – Препринт ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, №88, 2006. – 12 с.
4. Ю.А. Бухштаб, А.А. Воробьев, Н.Н. Евтеева. Программный комплекс для обработки потоковых данных, транслируемых с распределенных серверов. - Труды Всероссийской научной конференции «Научный сервис в сети Интернет», 2007. – с. 349-352.
5. Ю.А. Бухштаб, А.А. Воробьев, Н.Н. Евтеева. Клиентская программа управления потоковыми данными. - Препринт ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, №93, 2008. – 10 с.
6. Ю.А. Бухштаб, А.А. Воробьев, Н.Н. Евтеева. Новая технология удаленного доступа к видео и аудио документам - 11-я ежегодная международная конференция-«EVA 2008 Москва», http://conf.cpic.ru/eva2008/rus/reports/content_1368.html
7. Synchronized Multimedia Integration Language. - W3C Recommendation 01 December 2008, <http://www.w3.org/TR/2008/REC-SMIL3-20081201/>
8. Bill Perry. The Invisible Ideas Project: Using Mobile Devices, Macromedia Flash, and Global Positioning Systems. - Macromedia Mobile Devices Center , http://www.adobe.com/devnet/devices/articles/invisible_ideas.html