

*А. А. Бородинский*

## **МЕТОДЫ ДОСТИЖЕНИЯ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА УСЛУГИ IPTV**

В условиях конвергенции телекоммуникационных, информационных и компьютерных технологий крайне важным является создание условий для их взаимодополняющего развития в интересах ускоренного роста рынка услуг нового поколения. Синергетический эффект услуги IPTV может быть достигнут только при внедрении эффективных методов управления бизнес-процессами и поддержании IP-инфраструктуры в состоянии, способном предоставлять предлагаемые услуги. Это позволит предоставлять не только перечень услуг, аналогичный перечню, предоставляемому системами кабельного и спутникового телевидения, но и те интерактивные и дополнительные сервисы, которые могут быть оказаны только на базе IPTV.

Услуги IPTV предоставляются с помощью разных транспортных технологий, поэтому для гарантирования качества необходимо управлять не только серверами приложений IPTV, но и всеми сетевыми элементами, которые участвуют в вещании и передаче IP-трафика, от IPTV-сервера до оконечного оборудования пользователя. Данное обстоятельство усложняет инфраструктуру IPTV и повышает стоимость предоставления подобных услуг, поэтому задачу обеспечения качества IPTV нужно рассматривать в контексте стремления к минимизации внутренних издержек оператора.

Первая проблема, возникающая из задачи обеспечения качества IPTV, – необходимость непрерывного контроля и управления видеотрафиком и компонентами IP-сети. Для ее решения оператору потребуются функции систем управления сетью (Network Management System – NMS) и управления услугами (Service Management System – SMS), которые будут осуществлять мониторинг производительности сети, управлять потоками данных и устранять обнаруженные неисправности в работе сети и услуг IPTV [1].

Вторая проблема касается упрощения процессов подключения, модификации и удаления услуг IPTV, т. е. уменьшения издержек эксплуатационной деятельности. Для ее решения оператор может применить самые разные методы, в зависимости от развитости его эксплуатационных служб. Подходы к упрощению эксплуатационной деятельности направлены на внедрение и взаимную интеграцию систем CRM, абонентского отдела, бюро ремонта, биллинга, а также на устранение рутинных ручных операций в эксплуатационных процессах и замену их автоматизированными. Другими словами, помимо инфраструктуры для реализации услуг IPTV, оператор связи заинтересован в построении и развитии эффективной системы эксплуатационного управления OSS.

Для оценки качества предоставления услуг IPTV операторы используют субъективный и объективный способы. Субъективный метод основан на усредненном мнении экспертов по оценке качества видеоконтента, а объективный – на разработанных наборах критериев, оценку и анализ которых можно осуществить без участия человека.

Схемы повышения качества также разделяются на две группы. В первую входят стандартные методы, направленные на повышение качества за счет улучшения характеристик IP-транспорта, а ко второй относятся различные методы эксплуатационного управления IPTV. Для достижения максимального комплексного эффекта необходимо использовать комбинацию средств повышения качества, относящихся к первой и второй группам.

В целом эксплуатационное управление любой услугой включает в себя несколько областей процессов, каждая из которых направлена на обеспечение качества ее предоставления. При этом необходимо иметь в виду качество всего комплекса процессов, с которыми может столкнуться клиент при взаимодействии с провайдером услуг IPTV. К ним относятся области процессов подключения, модификации и удаления услуг, обеспечения качества контента, его доставки и выставления счетов.

Чтобы эффективно управлять услугами, оператору связи необходимо спроектировать реализацию всех областей процессов, в том числе для сервисов IPTV. Сложность построения этих процессов для услуг IPTV обусловлена наличием множества вариантов их реализации. Лишь недавно появились первые документы от FG IPTV (Focus Group on IPTV) Международного сою-

за электросвязи. В них определяются функциональные блоки, участвующие в реализации услуг IPTV, и специфицируется высокоуровневая архитектура для трех вариантов IPTV: на базе NGN-сети, NGN-сети без IMS, NGN-сети с управлением IMS.

На текущем этапе операторы связи позиционируют услуги IPTV в первую очередь как альтернативу традиционному телевидению и ограниченно используют возможности данной технологии. В таких условиях задачи эксплуатационного управления должны обеспечивать оператора связи гарантиями того, что уровень качества предоставляемых IPTV-услуг будет как минимум не хуже, чем у традиционного телевизионного вещания и что будет обеспечено максимальное удобство подключения к новым услугам. С другой стороны, более сложные услуги комплекса IPTV предъявляют и более высокие требования к операторам, прежде всего к их IP-инфраструктуре и архитектуре их организации. Желание провайдеров IPTV получить конкурентное преимущество за счет предоставления сервисов, уникальных для IPTV, среди которых наиболее перспективными видятся «Видео по запросу», «Виртуальный видеомонофон» и «Телевидение, сдвинутое по времени», ведут к необходимости поиска новых методов оптимизации процесса их предоставления.

В настоящее время услуги IPTV, как правило, ограничены сервисами «Видео по запросу» (VoD) и широковещательным телевидением. Серверы для услуги «Видео по запросу» обычно располагаются на границе опорной сети и в случае широкомасштабного развертывания услуги ложатся тяжелым бременем на сети доступа, вызывая перегрузки сети. Для организации услуги «Телевидение, сдвинутое по времени» (tsTV) целесообразно рассмотреть подход, при котором устанавливаются распределенные кэши и накопители в узлах агрегации, взаимодействующие как между собой, так и иерархически. Это является альтернативой подходу, при котором используется специально выделенное пользовательское оборудование для хранения видео (персональные видеомонофоны), имеющее ограниченную пропускную способность и довольно высокую стоимость [2].

Услуга «Телевидение, сдвинутое по времени» позволяет конечному пользователю смотреть телепрограммы с некоторой разницей по времени относительно прямого вещания, т. е. конечный пользователь может начать просмотр телевизионной программы с самого начала, хотя вещание этой программы уже началось или даже уже закончилось.

Как показывают статистические данные (рис. 1) популярность телевизионных трансляций обычно достигает своего пика в течение нескольких минут после начала вещания и затем экспоненциально уменьшается. Таким образом, кэширование сегмента со скользящим окном в несколько минут каждой транслируемой программы может удовлетворить значительную часть запросов со стороны потребителей, что делает целесообразным использование распределенных накопителей с ограниченной емкостью.

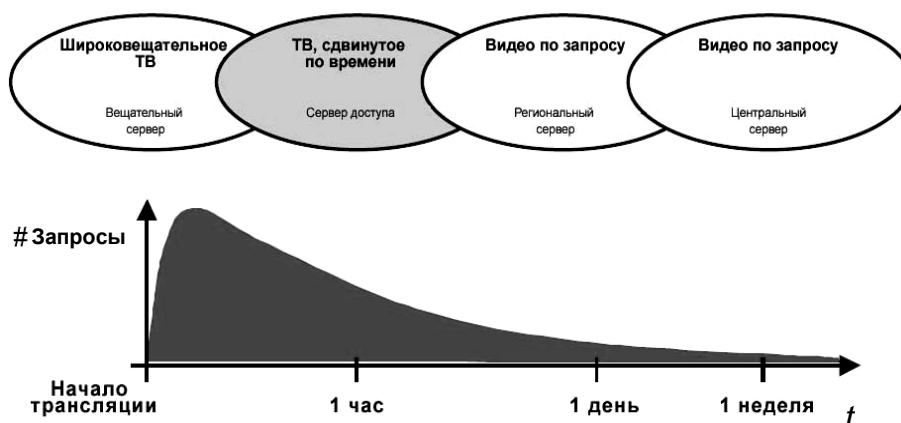


Рис. 1. Зависимость количества запросов от продолжительности трансляции

На рис. 2, а и б пользователь 1 – первый, запросивший трансляцию определенной телевизионной программы, получает ее с центрального сервера. После этого другие пользователи (например, пользователь 2) могут быть обслужены прокси-сервером до тех пор, пока окно запрошенной программы растет. Через несколько минут окно перестает расти и начинает скольжение,

так что пользователь 3 не может быть обслужен и будет перенаправлен на центральный или региональный сервер, а в случае совместного кэширования – на соседний прокси-сервер в соответствующем сегменте, при наличии таковых. Приостановка трансляции программы (параллельно горизонтальной оси на рис. 2, б) также может быть реализована в рамках сегмента окна, а также быстрой перемотки вперед или назад (вдоль вертикальной оси).

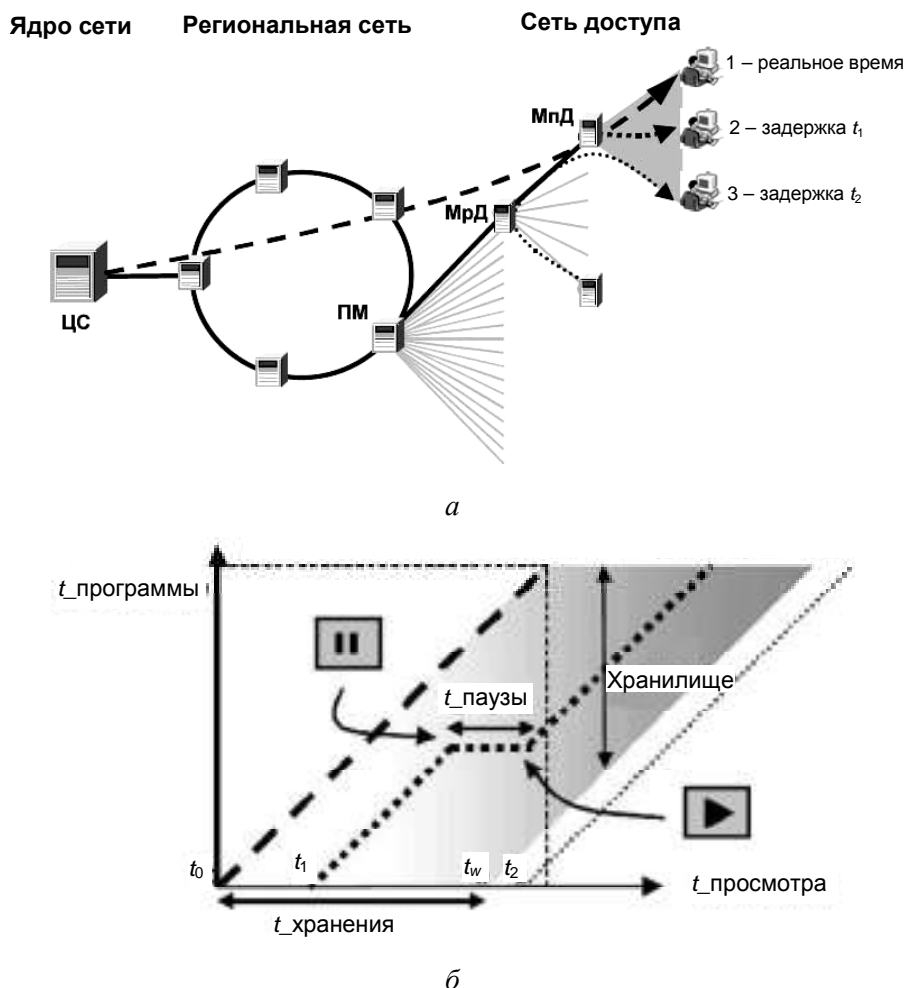


Рис. 2. Телевидение, сдвинутое по времени:  
 а – топология сети доступа: ЦС – центральный сервер; ПМ – пограничный маршрутизатор;  
 МрД – маршрутизатор доступа; МпД – мультиплексор доступа;  
 б – диаграмма потока услуги

Вышеупомянутые серверы могут быть разделены на несколько типов в зависимости от своего местоположения и предлагаемых услуг:

- центральный сервер хранит весь доступный контент (телевизионные программы), но обычно используется для обслуживания запросов на малопопулярные или старые программы;
- региональный сервер обычно хранит более популярные программы, такие как недавно показанные серии телевизионных фильмов или ток-шоу. Эти серверы располагаются на границе ядра сети, тем самым ограничивая видеотрафик услуги внутри сети доступа;
- прокси-серверы располагаются вблизи от пользователей и хранят только фрагменты наиболее популярного контента. В отличие от традиционной технологии услуги «Видео по запросу», для которой используются только региональные и центральные серверы, выбор прокси-серверов для услуги «Телевидение, сдвинутое по времени» позволяет использовать стратегию кэширования, динамически изменять развернутую систему в зависимости от потребления контента. Кроме того, с помощью этих прокси-серверов пользователям могут предоставляться различные интерактивные команды.

Исследования методов прокси-кэширования и распределенного размещения репликаций для сетей распределения контента показали, что каскадные алгоритмы, учитывающие расстояния и степень популярности контента, работают лучше, чем более простые эвристические алгоритмы, такие как LRU (Least Recently Used) или LFU (Least Frequently Used) [3].

Методы кэширования, основанные на сегментировании, применяются для потоковой передачи мультимедиа из-за огромных размеров мультимедийных потоков по сравнению с традиционными сетевыми объектами. Особый интерес для решения задачи повышения эффективности предоставления услуги «Телевидение, сдвинутое по времени» представляет метод кэширования со скользящим интервалом, где кэшируемая часть потока сначала – растущее значение, а затем переходит в динамически обновляемый скользящий интервал. Таким образом, последовательно поступающие запросы могут быть обслужены от начала до конца внутри данного окна. Более прогрессивным является использование совместно работающих прокси для осуществления кэширования, что позволяет достичь лучшей производительности и масштабируемости системы, чем в случае использования независимых прокси, за счет возможностей балансировки нагрузки.

Функциональность прокси разделена на две логические части. Взаимодействие между пользователями и центральным сервером осуществляется посредством сообщений, содержащих данные о том, какая программа или канал должны транслироваться, или о командах (подобных тем, которые используются в видеомэгнитофонах) паузы или остановки. Обычно для подобного взаимодействия используется протокол RTSP (Real-Time Streaming Protocol). Потоки инкапсулируются и доставляются посредством протокола вещания потокового видео RTP (Real-Time Protocol).

Первый функциональный компонент прокси – RTSP-прокси (рис. 3). Это компонент, который взаимодействует с клиентами услуги «Телевидение, сдвинутое по времени» и сервером, используя протокол RTSP. Он интерпретирует их сообщения и команды другим компонентам для того, чтобы выполнить эти запросы. Компонент RTSP-прокси передает решения кэширующего алгоритма другому компоненту – Менеджеру решений, который использует информацию Менеджера статусов кэша и обновляется посредством централизованного или распределенного протокола обмена статусами Cache State Exchange. Задача Компонента кэширования – хранение популярных потоков, переданных сервером или другим кэшем на прокси в скользящих окнах. Обработка потоков, посланных клиентам из этих окон, – это функция компонента Накопитель. Прокси отслеживает также потоки, которые были посланы к нему (программы, каналы, время начала, пр.) посредством компонента Монитор накопителя, с помощью компонента Программный гид, который, в свою очередь, взаимодействует с сервером электронного программного гида (Electronic Program Guide). Обработчик пакетов выступает в качестве интерфейса, обеспечивающего взаимодействие с сетью.

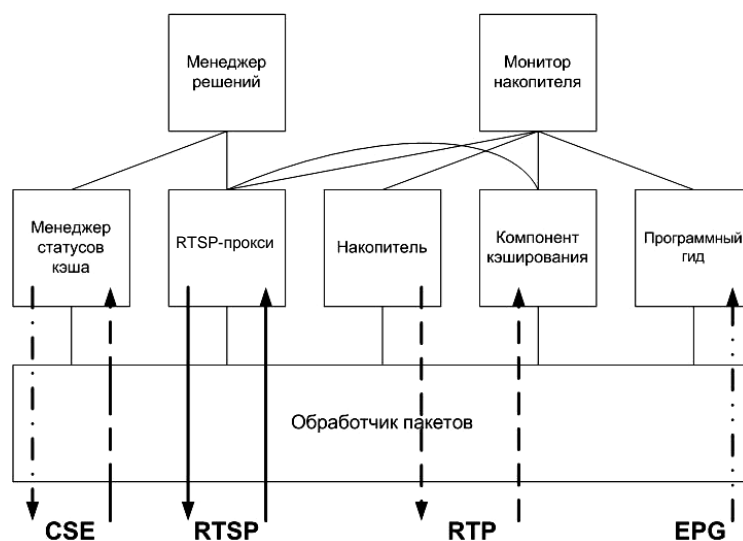


Рис. 3. Компоненты прокси

На рис. 4 подробно показана установка потоковой сессии между клиентом, прокси и сервером. Сначала клиент отправляет запрос RTSP для сервера, но этот запрос перехватывается прокси. В первом варианте (рис. 4, 1a) прокси-сервер не хранит запрошенный фрагмент и передает запрос (с IP-адресом прокси-сервера в качестве адреса назначения) на сервер, начинает кэшировать поток с сервера и передает RTP-поток пользователю. Затем прокси распространяет свой новый статус всем другим кэшам. Во втором возможном варианте (рис. 4, 1b) прокси не хранит запрошенный фрагмент и принимает решение не хранить его локально. Он перенаправляет RTSP-запрос на другой прокси, при этом в качестве IP-адреса получателя остается адрес клиента. Другой прокси принимает решение отправить запрос на сервер, кэширует локально фрагмент и посылает RTP-поток непосредственно клиенту. После этого новые статусы кэшей обмениваются по централизованному протоколу CSE. Второй сценарий показывает, как алгоритм совместного кэширования может эффективно создать один большой виртуальный кэш, используя принцип «прозрачной переадресации RTSP-запроса».

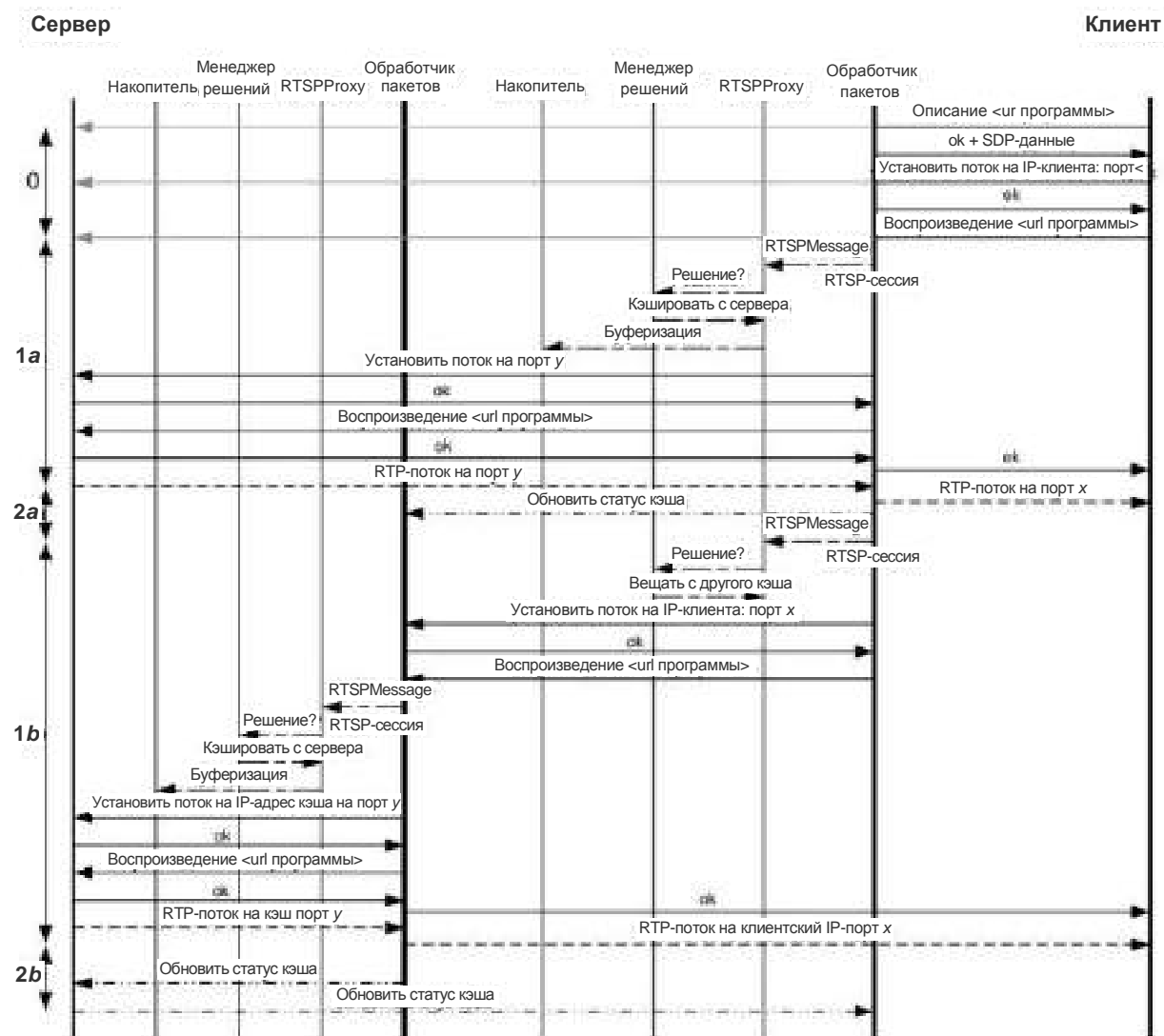


Рис. 4. Установка сессии между клиентом, сервером и прокси

Достижение синергетического эффекта от внедрения услуги IPTV и, особенно, от ее дополнительных сервисов, таких как «Виртуальный видеоманитфон» и «Телевидение, сдвинутое по времени» возможно лишь при внедрении эффективных методов управления бизнес-процессами и поддержании IP-инфраструктуры в состоянии, способном предоставлять предла-

гаемые услуги. Необходим как перманентный контроль качества сетевой инфраструктуры, так и внедрение современных методов оптимизации технических средств, участвующих в предоставлении услуги. Результаты нашего исследования показали, что для решения задачи повышения эффективности организации услуги «Телевидение, сдвинутое по времени» целесообразно использовать механизм кэширования популярного контента на прокси-серверах. При использовании кэширования на основе метрик популярности контента и расстояний нагрузка на сеть может быть значительно снижена, особенно в случае совместного кэширования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *O'Driscoll G.* Next generation IPTV services and technologies. – John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2008.
2. *Тюхтин М. Ф.* Системы Интернет-телевидения. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 320 с.
3. *Liu J., Xu J.* Proxy caching for media streaming over the Internet // IEEE Communications Magazine. – 2004. – Vol. 42, N 8. – P. 88–94.

Статья поступила в редакцию 29.03.2011

#### METHODS OF SYNERGETIC EFFECT ACHIEVEMENT OF IPTV SERVICE

*A. A. Borodinskiy*

The focus of this paper is on the management of time-shifted television (tsTV), one of services of IPTV, which allows to watch the broadcast content at real-time with a small time shift. The architecture for a large-scale tsTV services deployment is presented. It uses co-operating proxy located in broadband access networks, and they are based on the IETF's Real-Time Streaming Protocol (RTSP). Caching algorithms have been designed to take into account content popularity and distance metrics.

**Key words:** IPTV; time-shifted TV; real-time algorithms; proxy; protocol RTSP.