

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ЦИФРОВОГО ВИДЕО ПО ПРОТОКОЛУ IP В ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

Михеев А. С., магистрант; Червинский В. В., доц., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Большая популярность сетевых технологий стимулировала разработку широкополосных сетей и различных медиа-приложений. Фактически, уже стало действительностью "все сетевое". Целью современных сетей стало максимально быстро и качественно передать информацию к пользователям. В течение прошлого десятилетия, разработчики сетей концентрировали усилия в разработке путей передачи всех типов данных по Internet и Ethernet сетям. И как дополнение к сетевым технологиям, люди начали искать пути использования Internet/Ethernet для передачи голоса и видеоданных дополнительно к передаче данным. Технология VOIP сделала возможным использование сети для передачи голосовых данных. Следующим шагом стала передача видео для еще более полного использования сетевых возможностей связи.

IPTV или Телевидение по протоколу интернета (IP-TV, IP-телевидение) - технология цифрового телевидения в сетях передачи данных по протоколу IP. В последнее время часто путается с технологией OTT (доставка видеосигнала от провайдера контента на устройство пользователя без прямого контакта с оператором связи), которая, в свою очередь является подклассом IPTV в области распространения видео-контента. Кроме того, не следует путать и с интернет-телевидением, которое передаётся потоковым видео и доступно пользователю напрямую, без посредников (компаний-операторов).

Архитектура комплекса IPTV, как правило, включает в себя следующие составляющие:

1. Подсистема управления комплексом и услугами либо «IPTV Middleware».
2. Подсистема приёма и обработки контента.
3. Подсистема защиты контента.
4. Подсистема видео серверов.
5. Подсистема мониторинга качества потоков и клиентского оборудования.

В качестве клиентского оборудования чаще всего являются компьютеры (соответствующие системным требованиям), специальные ТВ приставки, медиа-плееры, телевизоры, которые обладают технологией SmartTV, мобильные устройства. Доступ к IPTV может быть осуществлён при помощи специальных приложений или обычного браузера.

Доставка контента до клиентского оборудования осуществляется по управляемой IP-сети оператора связи с использованием технологии multicast или unicast (в зависимости от топологии сети).

Главным достоинством IPTV является интерактивность и возможность предоставления пользователям широкого набора дополнительных услуг, связанных с потреблением контента:

1. Видео по запросу (Vp3) или Video on Demand (VoD) - система индивидуальной доставки абоненту телевизионных программ и фильмов. Фильм можно в любое время заказать из каталога, при этом часто поддерживаются дополнительные функции: перемотка, пауза, закладки.

2. Time Shifted TV- функциональная возможность цифрового телевидения, при которой пользователь может просматривать телепрограммы, используя функции "Пауза" и "Перемотка". Возможность постановки на "паузу" телепрограмм цифрового телевидения осуществляется с помощью записи программы на устройстве хранения и последующим его воспроизведением с помощью медиа-плеера.

3. Network Personal Video Recorder (NPVR) - сервис цифрового телевидения «сетевой персональный видеоманитонфон», с помощью которого можно записать любую из

транслируемых телепередач и посмотреть в удобное время. Сервис сохранения контента в сети с целью последующего индивидуального просмотра.

4. Electronic Program Guide(EPG) или Electronic Service Guide (ESG) - представляет собой экранное меню, отображающее расписание теле- и радиопрограмм с возможностью интерактивной навигации контента по времени, названию, каналу, жанру и т.д. при помощи пульта. Зачастую к каждому пункту телепрограммы имеется краткая аннотация.

5. Near Video On Demand (NVoD) - сервис цифрового телевидения «виртуальный кинозал» или «карусельное видео», многоадресное вещание предварительно сформированного видео-контента по расписанию в несколько потоков со смещением во времени, как правило, для платного просмотра.

Помимо базовых услуг, IPTV может включать ряд дополнительных сервисов:

1. Видео телефонию.
2. Новостные ленты.
3. Интернет.
4. Игры.

Это возможно на основе унификации и стандартизации различных оконечных устройств, интеграции звука, видео и данных на основе IP-протокола и предоставления услуг на единой технологической платформе.

В IPTV есть возможность использовать для одного видеоряда двух и более каналов звукового сопровождения, например, на русском и английском языках.

Преимущество IPTV перед аналоговым кабельным ТВ:

1. Изображение и звук качественнее (HD-разрешение, 5.1-канальное аудио).
2. Возможность посмотреть информацию о фильме или программе, оставить отзыв (Интерактивность).
3. Сервисные возможности timeshift и video-on-demand.

Основные принципы передачи видеопотоков в IP-сетях.

Для осуществления передачи видео необходимо использовать протокол транспортного уровня – TCP. Протокол TCP используется в тех случаях, когда требуется надежная доставка сообщений. Он освобождает прикладные процессы от необходимости использовать таймауты и повторные передачи данных для обеспечения надежности. Но не смотря на это протокол не подходит для использования передачи в реальном времени. Эту задачу решает протокол реального времени - RTP (Real-Time Transport Protocol), который гарантирует передачу данных одному или более адресатам с задержкой в заданных пределах, т.е. данные могут быть воспроизведены в реальном времени. Пакеты RTP содержат следующие поля: идентификатор отправителя (кто из участников генерирует данные), отметки о времени генерирования пакета (чтобы данные могли быть воспроизведены принимающей стороной с правильными интервалами), информация о порядке передачи, а также информация о характере содержимого пакета. Наличие такой информации позволяет оценить величину начальной задержки и объема буфера передачи. Протокол RTP используется только для передачи пользовательских данных всем участникам сеанса. Совместно с RTP работает протокол RTCP (Real-time Transport Control Protocol), основная задача которого состоит в обеспечении управления передачей RTP. RTCP использует тот же самый базовый транспортный протокол, что и RTP, но другой номер порта.

Основные функции RTCP:

1. обеспечение качества услуг и обратной связи;
2. идентификация пользователя;
3. оценка размеров сеанса и масштабирование.

Проблематика передачи видеопотоков.

Основная проблема - это проблема скорости обработки аудио- и видеопотока, т.е. кодирования передаваемых и декодирования получаемых данных. Дело в том, что в видеоконференциях используются специальные и весьма эффективные алгоритмы сжатия потока в десятки раз. Можно сказать, что передаются не сами аудио- и видеосигналы, а

только их важнейшие параметры, которые позволяют восстанавливать сигнал на приемном конце с приемлемым качеством. Если компьютер не успевает обрабатывать поток, то появляются пропущенные кадры, сбои в речевом канале, и т.п.

Качество передаваемого видео обуславливается пропускной способностью сети в целом и отдельных ее элементов в частности.

Как правило, передача видеопотоков осуществляется с более-менее постоянной скоростью. Поэтому при известном количестве источников и приемников нагрузка на каналы легко предсказуема, и расчет требуемой пропускной способности каналов при проектировании сети не должен вызвать проблем. Однако если в IP-сети, кроме видеопотоков, планируется передавать значительные объемы других данных, то, даже несмотря на большую пропускную способность каналов, пиковые нагрузки при передаче таких данных могут вызвать задержки и потери пакетов видеопотоков. Так что при построении сетей в любом случае необходимо использовать настройки приоритета трафика реального времени.

Для потоков видео на магистральных каналах можно применять отдельную очередь со строгим приоритетом для видеопотоков. Самый высокий приоритет должен быть у пакетов, используемых протоколами маршрутизации и управления сетью, иначе очередная перегрузка канала может вызвать сбой протокола маршрутизации и пакеты вовсе перестанут передаваться.

Отказоустойчивость.

Этот критерий надежности может быть обеспечен классическими способами, применимыми к любому типу трафика. На канальном уровне можно использовать агрегирование каналов Ethernet, а также топологию с резервными путями коммутации и с использованием протокола STP. На сетевом уровне резервирование также достигается за счет архитектуры сети с резервными соединениями. В данном случае переключение на резервный маршрут осуществляется протоколами маршрутизации.

Однако при обеспечении отказоустойчивости в сетях с трафиком реального времени следует также учесть, что в зависимости от используемых технологий время перехода на резервные каналы может быть слишком большим и неприемлемым для решения поставленных задач. Это не относится к агрегации каналов Ethernet, поскольку там переключение происходит сразу же после выхода из строя одного из соединений. Но, например, протокол STP в своей основной реализации по умолчанию перестраивает коммутационный путь в течение 30 с. Протокол OSPF при отказе основного канала при настройках по умолчанию ожидает до 15 с, прежде чем применить резервный маршрут. Для таких случаев многие протоколы поддерживают дополнительные настройки, позволяющие ускорить время сходимости маршрутов или путей коммутации. Так, у протокола STP были разработаны различные модификации (RSTP - RapidSpanningTreeProtocol), позволяющие переключаться на резервные каналы практически сразу же после отказа основных физических линий. В случае с протоколом OSPF оборудование большинства производителей позволяет изменять значения таймеров таким образом, что переход на резервный маршрут происходит менее чем за секунду.

На качество передачи видеопотоков прямое влияние оказывают потери пакетов.

Потери пакетов могут вызвать существенное снижение качества видеосигнала и даже временное его пропадание. Потери могут быть вызваны разными причинами. Среди наиболее распространенных можно выделить ошибки на физическом уровне, связанные с неудовлетворительным качеством линий связи, а также потери пакетов на перегруженных каналах. Причиной потерь может быть и неподходящая архитектура сети. Например, распределение нагрузки по нескольким каналам может привести к тому, что порядок пакетов, проходящих через разные каналы с разной задержкой, может быть нарушен. В результате "опоздавшие" пакеты будут отброшены приемником видеопотока. Такая архитектура сети, как правило, не самая подходящая для передачи видео. Поскольку видеопотоки чаще всего являются трафиком реального времени, их передача осуществляется

по протоколу UDP, который не подразумевает восстановление потерь. Понятно, что задачи обеспечения QoS и качества физических линий должны быть реализованы еще на стадии проектирования сети. Но при этом, как показывает практика, вряд ли можно гарантировать стопроцентное качество линий или правильность расчета параметров QoS, чтобы не был потерян ни один пакет. Поэтому вне зависимости от причин потерь пакетов существуют разные способы их восстановления.

Способы восстановления пакетов.

Одним из основных требований для любого трафика реального времени является соблюдение порядка следования пакетов, поэтому технология восстановления, используемая протоколом TCP, здесь не подойдет, поскольку задержка между моментом обнаружения потери на приемнике и получением повторного пакета слишком велика. При использовании UDP задача обнаружения и восстановления потерь может быть возложена на дополнительные приложения, которые могут работать на приемных устройствах, сетевом оборудовании или специальных серверах.

Одним из способов восстановления потерянных пакетов является технология промежуточного кэширования. На пути от источника видеосигнала до его получателей установлены специальные кэширующие серверы (или сетевое оборудование, обладающее соответствующей функциональностью). Последовательность пакетов передается по цепочке от одного сервера к другому. Каждый из них при этом сохраняет часть потока, и в случае, когда приемное устройство обнаружит потерю пакета, оно отправляет запрос ближайшему серверу, чтобы тот повторно отправил недостающий пакет. Благодаря тому, что недостающий пакет повторно отправляется не от самого источника, а от ближайшего сервера, задержка его получения минимальна. И приемное устройство, обладая достаточно большим входным буфером, успевает добавить повторно отправленный пакет на свое место в последовательности.

Механизм работы QoS.

Для обеспечения надлежащего качества передачи видеопотоков возможно использование механизмов QoS.

QoS (качество обслуживания) — этим термином называют вероятность того, что сеть связи соответствует заданному соглашению о трафике, или же, в ряде случаев, неформальное обозначение вероятности прохождения пакета между двумя точками сети. Этот термин означает набор методов для управления ресурсами пакетных сетей.

Для большинства случаев качество связи определяется четырьмя параметрами:

1. Полоса пропускания (Bandwidth), описывает номинальную пропускную способность среды передачи информации, определяет ширину канала. Измеряется в bit/s (bps), kbit/s (Kbps), Mbit/s (Mbps), Gbit/s (Gbps).
2. Задержка при передаче пакета (Delay), измеряется в миллисекундах.
3. Колебания (дрожание) задержки при передаче пакетов - джиттер.
4. Потеря пакетов (Packetloss). Определяет количество пакетов, потерянных в сети во время передачи.

Для простоты понимания канал связи можно представить в виде условной трубы, а пропускную способность описать как функцию двух параметров: диаметра трубы и её длины.

Когда передача данных сталкивается с проблемой «бутылочного горлышка» для приёма и отправки пакетов на маршрутизаторах, то обычно используется метод FIFO: первый пришел — первый ушёл (FirstIn — FirstOut). При интенсивном трафике это создаёт заторы, которые разрешаются крайне простым образом: все пакеты, не вошедшие в буфер очереди FIFO (на вход или на выход), игнорируются маршрутизатором и, соответственно, теряются безвозвратно. Более разумный метод — использовать «умную» очередь, в которой приоритет у пакетов зависит от типа сервиса — ToS. Необходимое условие: пакеты должны уже нести метку типа сервиса для создания «умной» очереди. Обычные пользователи чаще всего сталкиваются с термином QoS в домашних маршрутизаторах с поддержкой QoS.

Передача видеоконтента может осуществляться с использованием различных методов передачи трафика в IP-сетях: unicast, broadcast и multicast:

1. Трафик unicast (одноцелевая передача пакетов) используется, прежде всего, для сервисов персонального характера. Каждый абонент может запросить персональный видеоконтент в произвольное, удобное ему время. Трафик unicast направляется из одного источника к одному IP-адресу. Число абонентов, которые могут получать трафик unicast одновременно, ограничено доступной в магистральной части сети шириной потока (скоростью потока).

2. Трафик broadcast (широковещательная передача пакетов) использует специальный IP-адрес, чтобы посылать один и тот же поток данных ко всем абонентам данной IP-сети. Например, такой IP-адрес может оканчиваться на 255 (допустим, 192.0.2.255) или иметь 255 во всех четырех полях (255.255.255.255). Важно знать, что трафик broadcast принимается всеми включенными компьютерами (или STB) в сети независимо от желания пользователя.

3. Трафик multicast (групповая передача пакетов) используется для передачи потокового видео, когда необходимо доставить видеоконтент неограниченному числу абонентов, не перегружая сеть. Это наиболее часто используемый тип передачи данных в сетях IPTV, когда одну и ту же телевизионную программу смотрит большое число абонентов.

В реальной IPTV-сети присутствуют одновременно все три вида трафика: broadcast, multicast и unicast. Оператор, планируя оптимальную величину пропускной способности сети, должен учитывать разные механизмы влияния различных технологий IP-адресации на объем трафика.

Таким образом, перед оператором связи, исходя из возрастающих требований пользователей к качеству передаваемого видеоконтента, возникают задачи обеспечения параметров QoS видеопотоков, отказоустойчивости сети, обеспечения различных режимов передачи видеопотоков, выбора алгоритмов сжатия и т.д., что в итоге влияет на стоимость коммутационного и линейного оборудования и трудоемкость его наладки и обслуживания. Дальнейшие исследования авторов направлены на разработку методов передачи видеопотоков с меньшими затратами, но таким же (или выше) качеством видео, используемыми операторами связи для планирования и проектирования сетей доступа для массовых потребителей видеоконтента.

Вывод.

В настоящее множество исследований посвящено проблеме передачи видео по протоколу IP, так как ставятся все более высокие требования к качеству видео и постоянно увеличивается число пользователей. Основной проблемой является соотношение ограничений коммуникационного и линейного оборудования провайдера услуг по передаче и предоставлению видеоконтента с качеством предоставляемых услуг. Таким образом, разработка методов передачи видеопотоков с меньшими затратами, но таким же (или выше) качеством видео является актуальной задачей.

Перечень ссылок

1. Механизм работы QoS [Электронный ресурс] / Свободная энциклопедия «Википедия». – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/QoS>. – Загл. с экрана.

2. IPTV [Электронный ресурс] / Свободная энциклопедия «Википедия». – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki/IPTV>. – Загл. с экрана.

3. Герасимова, В. В. Перспективы использования интернет-сети в доставке ТВ-программ пользователям / В. В. Герасимова, В. Г. Балобанов, Ю. Ю. Гилленберг // Молодой ученый. – Казань, 2016. – № 10 (114). – С. 1519 – 1522.