



## ТРЕБОВАНИЯ К IP-СЕТЯМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ МАСШТАБИРУЕМОГО И НАДЕЖНОГО СЕРВИСА ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОЙ ТРАНСЛЯЦИИ IPTV

### **Маршрутизатор операторского класса Cisco® CRS-1 обеспечивает масштабируемость и надежность сервиса многоадресной рассылки для услуг широковещательной трансляции IPTV в магистральной сети нового поколения.**

Способность предложить доступные и надежные сервисы широковещательной трансляции программ IP-телевидения становится для провайдеров услуг жизненной необходимостью и залогом сохранения конкурентоспособности в отрасли, все более насыщенной разнообразными услугами. Удовлетворение ожиданий потребителей в отношении высококачественных услуг IP-телевидения требует архитектуры сети и систем маршрутизации, которые могут решить проблему широковещательной видеотрансляции по сети одновременно миллионам пользователей, наряду с необходимостью предоставления видео по запросу (VoD) в растущем объеме. IP-сеть нового поколения компании Cisco и система маршрутизации операторского класса Cisco CRS-1 удовлетворяют таким требованиям за счет уникальной комбинации выдающейся масштабируемости и надежности платформы с эффективностью многоадресной рассылки при распространении видеосигнала по сети. Объединяясь, эти решения от компании Cisco Systems® позволяют операторам предоставлять видеослужбы по IP-сетям нового поколения на уровне требований индустрии развлечений (entertainment-grade).

### **ПРОБЛЕМЫ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ВИДЕОУСЛУГ ПО IP-СЕТЯМ НА УРОВНЕ ТРЕБОВАНИЙ ИНДУСТРИИ РАЗВЛЕЧЕНИЙ**

Операторы решительно двигаются к предоставлению разнообразных видеослужб через IP-инфраструктуру, с тем чтобы максимально увеличить доход, получаемый с каждого пользователя и сохранить конкурентоспособность. IP-сети придают дополнительную гибкость и уменьшают расходы как для телекомпаний, так и для операторов, которые в большей степени смещаются в сторону предложения взаимосвязанных услуг triple-play (передачи видеосигнала, аудио и данных) через конвергированную инфраструктуру. Также в последнее время в различных формах развивается и трансляция видео по Интернету – от самых свежих телевизионных шоу, доступных для скачивания, до местных общественных интернет-сайтов, информационное содержание которых пополняется самими пользователями. Однако этот тип видео, который обычно относят к классу потокового IP-видео, необходимо отличать от видео на уровне индустрии развлечений, которое в основном выводится на экраны большого размера, с тем чтобы обеспечить требуемое качество восприятия для зрителя, причем обычно в режиме реального времени.

Предоставление сервиса трансляции видео на уровне развлекательной индустрии по сети IP, часто именуемое IP-телевидение (IPTV), включающее в себя телевизионное вещание по сети IP и видео по запросу (VoD), ставит перед операторами новые трудные задачи. Операторы вынуждены масштабировать свои сети и системы предоставления услуг на администрирование миллионов абонентов, выдерживая периоды пикового спроса и обеспечивая превосходное качество восприятия для зрителей, при этом балансируя между расширением пропускной способности сети и эффективностью капитальных вложений. Данный документ фокусирует внимание операторов на проблемах и решениях в сфере масштабируемых услуг по телевизионному вещанию в сетях IP (IPTV).

### **УДОВЛЕТВОРЕНИЕ ПОВЫШЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ОТНОШЕНИИ КАЧЕСТВА ВИДЕОСИГНАЛА**

Широковещательная видеотрансляция по сети на уровне индустрии развлечений в случае как телевидения стандартной четкости (SDTV), так и телевидения высокой четкости (HDTV) сталкивается с проблемой ожидания со стороны потребителя высокого качества. По аналогии с гудком в телефонной трубке традиционной телефонной сети общего пользования зрители ожидают, что широковещательная видеотрансляция по сети в их телеприемниках будет «просто работать». Зрители не желают терпеть неудобства из-за ухудшения качества передачи или прерывания программ, и это означает, что поставщик услуг обязан обеспечивать качество услуги предоставления

широковещательной видеотрансляции по сети, защищая ее от исчезновения сигнала или деградации изображения. Низкое качество передачи или частые прерывания видеосервиса, особенно телевизионного вещания, будут означать для оператора потерю клиентов.

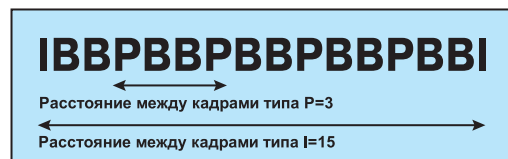
Видеосигнал, передаваемый по сети IP, весьма чувствителен к потерям пакетов данных, так как чаще всего передается в сильно сжатом виде с использованием механизмов кодирования MPEG-2 и MPEG-4. По причине того, что эти видеокодеки не восстанавливаются при пакетных потерях на сетевом уровне, потеря даже единственного пакета IP-инкапсулированного видео может привести к заметному ухудшению качества видеоизображения.

Видеокодеки обычно получают поток в стандарте MPEG-2 или MPEG-4, который состоит из трех типов кадров: I, P и B.

- *Кадры типа I* являются внутренними кадрами (intra frames) и содержат информацию для описания целого кадра в пределах видеопотока. Это дубликаты отдельных кадров, которые могут использоваться для воссоздания всей информации об изображении в пределах потока.
- *Тип P* – это предсказуемые кадры (predictive frames); они используют информацию предыдущих кадров типа I или P для воссоздания самих себя в качестве полного изображения.
- *Кадры типа B* являются двунаправленными (bidirectional), для полной прорисовки они нуждаются в информации как из предыдущих, так и из последующих кадров последовательности.

Для создания группы изображений (GOP) кодировщик или декодер стандарта MPEG использует в потоке последовательность кадров типа I и следующих за ними кадров типа P или B. Группа изображений – это некоторое количество кадров в промежутке между следующими друг за другом кадрами типа I, как показано на рисунке 1. В телевизионном вещании стандартной четкости (SDTV) группа изображений варьируется от 12 кадров в сигнале стандарта PAL с частотой 25 кадров в секунду до 15 кадров в сигнале стандарта NTSC с частотой 30 кадров в секунду, и это означает, что кадр типа I отсылается примерно каждые полсекунды.

**Рисунок 1. Группа изображений (GOP) в потоковом видео стандарта MPEG**

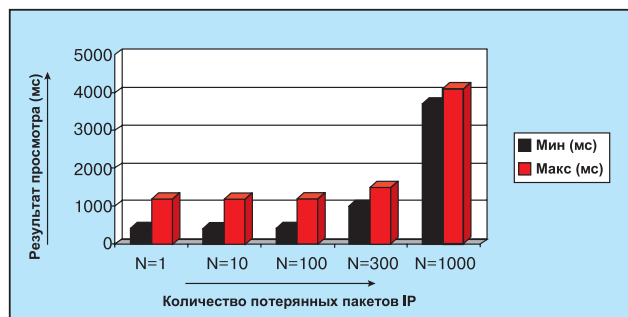


Кодирование последовательности группы изображений в потоке MPEG позволяет значительно снизить требования к пропускной способности, достигая более управляемых диапазонов скорости передачи, характерных для сегодняшних сетей. Тем не менее, взаимозависимость кадров типа P и B от

кадра типа I выдвигает требование обеспечения высокой надежности при передаче по сети. Утеря кадра типа I может привести к внедрению в передачу явно видимых ложных изображений (называемых артефактами), таких как пикселизация, укрупнение составных частей видеоизображения или даже потеря кадра, что ухудшает впечатление пользователя от видеопросмотра.

В настоящее время сети многих операторов поддерживают некоторые типы механизмов постоянной сетевой доступности, с тем чтобы обеспечивать защиту в случае неисправности узла или канала. Однако тесты показали, что потеря единственного пакета IP, содержащего кадр типа I в составе группы изображений одиночного программного транспортного потока (SPTS), может привести к значительному ухудшению впечатления от просмотра.

**Рисунок 2. Влияние потерь пакета IP на результаты просмотра для потока MPEG**



Как показано на рисунке 2, потеря единственного пакета может иметь следствием ухудшение просмотра в течение одной секунды, а при последовательной непрерывной потере до 1000 пакетов ухудшение просмотра может достигать до 4 секунд. Согласно отраслевым нормам, качество восприятия видеоизображения считается приемлемым, если в течение двух часов передачи случается не более одного видимого ухудшения изображения.

Соответствующим качеством обслуживания (QoS) сети для измерения данного параметра допускается уровень потерь пакетов приблизительно один пакет на миллион ( $10^{-6}$ ). Для операторов, предоставляющих услуги IPTV, максимальный уровень потерь пакетов  $10^{-6}$  является базисным требованием на рынке.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОЙ ВИДЕОТРАНСЛЯЦИИ**

Большинство поставщиков услуг традиционной телефонной связи, компаний кабельного телевидения или просто новых операторов модернизируют свои сети, используя протокол IP в качестве базы сети нового поколения. Такие провайдеры осознали, что IP-сеть нового поколения необходима для того, чтобы обеспечивать гарантии доступности и надежности, справляться с массовым потреблением видеослужб и продолжать поддерживать передачу голоса и данных, при этом обеспечивая необходимую гибкость и хорошую управляемость. Передача видеосигнала по сети имеет значительно более строгие, чем при оказании обычных услуг по передаче голоса по протоколу IP, требования к колебаниям задержки и потерям пакетов. Удовлетворение этого требования – достаточно нетривиальная задача, особенно, учитывая динамический характер интернет-трафика, который, в свою очередь, может содержать в себе потоковое IP-видео. Более того, инфраструктура сети сервис-провайдера должна продолжать поддерживать и существующие услуги по передаче голоса и корпоративного сервиса виртуальных частных сетей. Поэтому IP-сеть нового поколения должна предоставлять некие механизмы изоляции и разделения сервисов, сохраняя при этом общую базу в виде IP-протокола. Более подробные требования к IP-сети нового поколения содержатся в официальном документе Cisco, который называется «Построение IP-сети нового поколения операторского класса».

Телефонные компании добавляют новую инфраструктуру для организации трансляции видеопрограмм по существующим телефонным линиям или, прокладывая новые оптоволоконные соединения в жилые дома и другие здания, где размещаются потребители. Операторы кабельных сетей уже имеют свою видеоинфраструктуру. Тем не менее, эта инфраструктура в некоторых областях не обладает полноценной гибкостью, которую способна предоставить IP-сеть для широковещательной видеотрансляции и оказания услуг видео по запросу (VoD). Так как все эти операторы стремятся к предоставлению более гибкого контента и расширенного набора программ, существующая сетевая инфраструктура должна эффективно соответствовать этим новым требованиям.

Для всех операторов проблема такого рода состоит в проектировании своих сетей таким образом, чтобы обеспечить потребителю высочайшее качество восприятия и масштабируемость услуг при наименьших возможных затратах. Более подробная информация о предоставлении IP-телевидения и других видеослужб по IP-сети нового поколения дана в официальном документе компании Cisco «Оптимизация передачи видео по IP-сетям Triple Play».

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОЙ ВИДЕОТРАНСЛЯЦИИ ПО СЕТИ**

Только в США к 2010 году ожидается значительное повышение требований к пропускной способности линий потребителей из индивидуального жилого сектора приблизительно до 1,1 Терабит в месяц. Такое увеличение пропускной способности вызвано началом использования телевидения высокой четкости (HDTV), персональных видеозаписывающих устройств (PVR) и других видеоприложений, предназначенных для работы в сети. Для сравнения, 20 таких домов могли бы генерировать больше трафика, чем вся магистраль Интернет в 1995 году.

Поэтому оценки только на ближайшие пять лет предполагают, что глобальный ежемесячный IP-трафик вырастет до 11 эксабайт, при среднегодовом темпе роста в сложных процентах (CAGR) более 56% в мировом масштабе, и лидирующее положение будут занимать видеоприложения.

Так как широковещательная видеотрансляция по сети имеет форму потоков от единственного источника к многочисленным получателям (подписчикам), эти потоки создают огромный трафик и ложатся тяжким бременем на сетевую инфраструктуру, никак не оптимизированную для их эффективного распределения. При наличии наборов каналов по интересам в отдельно взятых регионах, а также сотен и более каналов в каждом наборе техническая возможность масштабирования широковещательной видеотрансляции по сети миллионам пользователей имеет для сервис-провайдеров решающее значение.

Требуемая пропускная способность для каждого из потоков широковещательной видеотрансляции по сети может лежать в пределах от 1 до 19,39 Мбит/с, в зависимости от разрешения видеоизображения, кодирования и степени сжатия. Следовательно, распределение всех каналов во множество вероятных мест расположения не может считаться наилучшим использованием мощности сети. Гораздо более эффективным представляется обладание некоторыми динамическими мощностями, которые распределяли бы необходимые каналы в различные районы рынка по требованию. Такое распределение давало бы возможность оптимального использования пропускной способности в сети, так как предпочтения зрителей подвержены колебаниям. Становится ясным, что

сети IP должны иметь архитектуру, которая способна эффективно и без больших затрат справиться с такого рода динамизмом, непрерывно поддерживая массовое масштабирование.

Суммируя вышеизложенное, можно сказать, что операторы нуждаются в архитектуре, которая в состоянии предоставить:

- появляющиеся на рынке услуги широковещательной видеотрансляции по надежной и высокодоступной сети на уровне индустрии развлечений;
- возможность быстро восстанавливать работу после устранения неполадок в сети;
- множество сервисов, используя одну инфраструктуру с разделением этих сервисов в целях улучшения их доступности, надежности и управляемости;
- поддержку эффективного и более динамичного распространения широковещательной видеотрансляции по сети в целях увеличения гибкости и сокращения затрат.

### **РЕШЕНИЕ: СЕТЬ, СПРОЕКТИРОВАННАЯ ДЛЯ ВЫСОКОДОСТУПНЫХ И МАСШТАБИРУЕМЫХ УСЛУГ ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОЙ ВИДЕОТРАНСЛЯЦИИ**

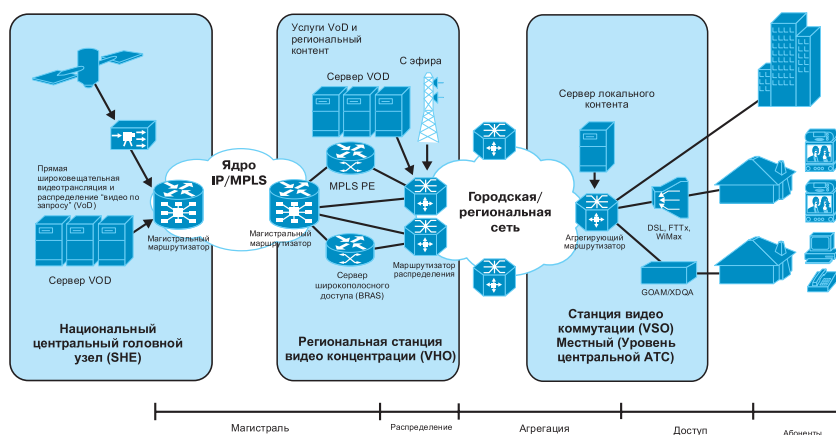
Для обеспечения качества сервиса при распространении видеопрограмм на требуемом уровне сеть сервис-провайдера должна быть надежной и масштабируемой. Поддержка видео должна осуществляться на уровнях магистральной, распределения и уровне сети доступа. Сети, архитектура которых предназначена для передачи видеопрограмм, обычно разбиваются на три функциональные области. Это центральный головной узел (SHE), станция видеоконцентраторов (VHO), станция видеокоммутации (VSO) (рисунок 3). Операторы кабельных сетей могут иметь аналогичную структуру, но использовать другую терминологию для данных функциональных областей сети.

- **Центральный головной узел (SHE).** Центральный головной узел получает сигналы со спутника, по которым передаются записи программ или передачи в прямом эфире станций телерадиовещания. Кроме того, центральный головной узел может получать со спутника содержание для услуг видео по запросу, хранить записи VoD и включать вспомогательные системы, такие, например, как база данных подписчиков. В последних архитектурах видеопередачи определяются два центральных головных узла национального уровня для резервирования при влиянии солнечной активности, которые располагаются в ядре сети, один головной узел служит основным, а другой – резервным. Хотя большинство новых сетей видеопередачи построены по этой архитектуре, многие действующие провайдеры видеослужб имеют также спутниковые приемные станции в каждом регионе, что приводит к увеличению суммарных расходов на эксплуатацию. Используя IP-сеть нового поколения, провайдеры видеослужб имеют возможность объединить множество приемных станций и использовать в национальном масштабе только основную и резервную. Основная задача центрального головного узла – предоставление пакетов каналов, ресурсов видео по запросу (VoD) и нишевых программ регионам по IP-сети нового поколения.
- **Станция видеоконцентраторов (VHO).** Станции видеоконцентраторов часто оборудованы кодировщиками программ местных станций телевидения и каналов, по которым транслируются общественные передачи, образовательные программы и официальные сообщения (PEG channels), серверами видео по запросу (VoD), а также маршрутизаторами для подключения к магистральной сети и сетям распределения. Как правило, сервис-провайдеры поддерживают некоторое количество региональных VHO, преимущественно в городских районах плотной застройки, которые обслуживают от 100 тысяч до 500 тысяч абонентов. Кроме того, станции видеоконцентраторов могут обеспечивать подключения для предоставления бизнес-сервисов, таких как виртуальные частные сети 2-го и 3-го уровней (VPN).
- **Центральная АТС и станция видеокоммутации (VSO)** – содержат агрегирующие маршрутизаторы и DSLAM'ы, основная задача которых – агрегация пользовательского трафика.

Для обеспечения оптимального предоставления сервисов в рамках архитектуры IP NGN компания Cisco разработала дизайн ServiceFlex. Дизайн Cisco ServiceFlex обеспечивает предоставление услуг по передаче видео, голоса и данных, используя интеллектуальность протокола IP на всех уровнях сети, от магистральной до уровней распределения и агрегации. Дизайн ServiceFlex использует гибкие и проверенные временем механизмы протокола 3-го уровня и многоадресной рассылки IP (IP multicast), которые обеспечивают проверенные в самых больших сетях распространения видеосодержания надежность и масштабируемость, давая возможность операторам предоставлять масштабируемые услуги IPTV, закладывая при этом прочную основу для будущих видеосервисов и приложений.

**Рисунок 3. Архитектура IP-сети нового поколения для предоставления услуг**

**потокового видео по уровням сети и к местам размещения**

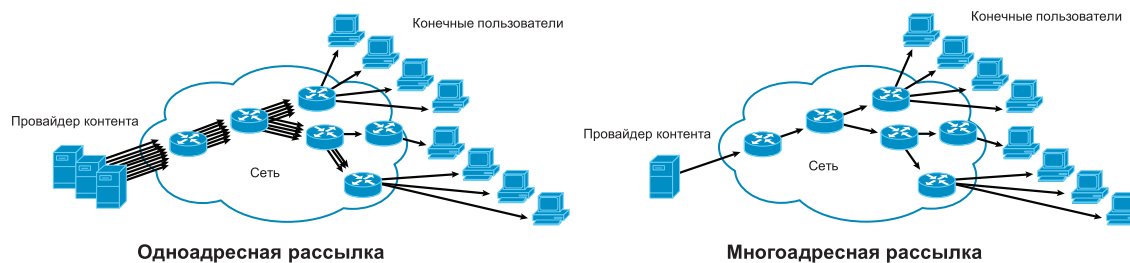


**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМА МНОГОАДРЕСНОЙ РАССЫЛКИ (IP MULTICAST) ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАСШТАБИРУЕМОЙ ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОЙ ВИДЕОТРАНСЛЯЦИИ**

Традиционная теория IP-коммуникаций предусматривает два варианта отправки пакетов от источника – отправки в адрес одного получателя (одноадресная передача – unicast) или в адрес всех получателей (широковещательная передача – broadcast). Многоадресная IP-рассылка (multicast) обеспечивает также другой вариант рассылки, предусматривая отправки источником пакетов информации в адрес групп, которым дается определение «группа многоадресной рассылки». Механизм, известный под названием «передача по любому адресу» (anicast), применяемый для обеспечения дополнительной надежности, дает возможность повторного использования IP-адресов многочисленными устройствами. Данный механизм может использоваться совместно с многоадресной рассылкой, для того чтобы гарантировать, что при отказе источника потока многоадресной рассылки не будет являться единственным местом отказа. Такой сценарий достигается посредством использования двух источников пакетов многоадресной рассылки, сконфигурированных с одинаковыми IP-адресами источника (и адресами назначения), но расположенных в разных местах сети, позволяя сети определять один из них в качестве оптимального к использованию на данный момент времени. В целях эффективного предоставления видеослужб многоадресная IP-рассылка, использованная в сочетании с механизмами anicast, обеспечивает резервирование источника многоадресных потоков в дизайне Cisco ServiceFlex.

Многоадресная IP-рассылка является проверенной технологией, специально разработанной для уменьшения сетевого трафика посредством предоставления одиночного видеопотока потенциально миллионам получателей одновременно. Заменяя выделенные потоки для каждого получателя на унифицированный поток для всех, многоадресная IP-рассылка снимает тяжелую нагрузку с промежуточных маршрутизаторов и уменьшает общий сетевой трафик. В сети именно маршрутизаторы отвечают за тиражирование и распространение многоадресного контента в адрес получателей, имеющих соответствующие права. Более детальное описание технологии многоадресной рассылки представлено в официальном документе Cisco под названием «Технический обзор многоадресной IP-рассылки».

**Рисунок 4. Технология многоадресной IP-рассылки уменьшает нагрузку на сеть посредством эффективного предоставления одиночного видеопотока множеству получателей одновременно**



## **CISCO CRS-1: УДОВЛЕТВОРЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ СЕРВИС-ПРОВАЙДЕРА ПРИ ПОИСКЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОЙ ВИДЕОТРАНСЛЯЦИИ**

Для решения разнообразных задач по предоставлению ширококвещательной видеотрансляции по сети IP операторы нуждаются в системе маршрутизации, которая может служить фундаментом их собственной IP-сети нового поколения и обеспечить следующие преимущества:

- масштабируемость с возможностью обработки терабитных уровней трафика;
- аппаратную поддержку надежного и масштабируемого тиражирования сигнала при многоадресной рассылке;
- поддержку надежной маршрутизации трафика ширококвещательной видеотрансляции с минимальными прерываниями сервиса;
- непрерывную работу платформы в случае, если компоненты маршрутизации или программные процессы имеют потенциальную неисправность;
- возможность разделения сервисов, которые должны быть изолированы, во избежание возникновения эффекта влияния одной услуги на другую.

Cisco CRS-1 – именно та магистральная платформа IP NGN, которая удовлетворяет этим требованиям. Cisco CRS-1 позволяет сервис-провайдерам построить хорошо масштабируемую, высокодоступную и гибкую конвергированную сетевую инфраструктуру. Cisco CRS-1 работает под управлением операционной системы Cisco IOS® XR – единственной в отрасли самовосстанавливающейся и самозащищающейся операционной системы для работы в режиме постоянной готовности с емкостью коммутации от 320 Гбит/с до 92Тбит/с.

Для предоставления видеослужб система маршрутизации Cisco CRS-1 предлагает следующие преимущества: сетевое и платформенное масштабирование, масштабирование многоадресной рассылки, сетевую надежность, резервируемость на аппаратном уровне и безопасное разделение сервисов.

## **СЕТЕВОЕ И ПЛАТФОРМЕННОЕ МАСШТАБИРОВАНИЕ**

Обычно с целью обеспечения надежности операторы устанавливали в каждом узле сети по два маршрутизатора, связанных между собой каналами. Однако с ростом потребностей видеотрафика, учитывая неадекватные возможности по наращиванию емкости существующих маршрутизаторов, операторы вынуждены были добавить новые устройства и соответствующие каналы, что усложнило схему и привело к дополнительным расходам.

Основное преимущество масштабируемой многостоечной системы состоит в том, что провайдеры могут избежать использования дорогостоящих высокоскоростных каналов и интерфейсов между многочисленными маршрутизаторами в точке присутствия оператора (POP), так как возможность такого соединения обеспечивается самой многостоечной фабрикой. В результате общая емкость системы и портов может быть освобождена для обеспечения пропускной способности клиентского трафика и приложений. Сравнительный анализ многостоечной системы с одностоечными узлами аналогичной коммутационной емкости показал, что экономия расходов на капитальные вложения и эксплуатацию за 5 лет составляет в сумме более 40%.

С ростом видеотрафика провайдеры будут сталкиваться со значительно возросшей необходимостью развертывания многостоечных систем, для того чтобы получать экономичное масштабирование как множества интерфейсов, так и общей пропускной способности, которые должны поддерживаться в их магистральных сетях. Первейшим требованием при решении проблемы роста трафика является конструктивная и экономичная в эксплуатации система с архитектурой матрицы коммутации, которая поддерживает масштабирование во время предоставления услуг при переходе с одностоечного варианта на многостоечный.

Cisco CRS-1 может разворачиваться, как одностоечная система либо как многостоечная система, которая выстраивается посредством объединения нескольких стоек линейных карт с использованием до 8 стоек матрицы коммутации (92 Тбит/с). Кроме того, Cisco CRS-1 можно надстраивать, переходя от одностоечной системы к многостоечной, не прерывая предоставления услуг и передачи клиентского трафика. Инновационная матрица коммутации Cisco CRS-1, основанная на трехэтапной топологии Бенеша, позволяет масштабировать многостоечные системы, то есть объединять от 2 до 72 стоек линейных карт, при этом каждая стойка может поддерживать 16 слотов по 40 Гбит/с каждый. Таким образом, в максимальной конфигурации Cisco CRS-1 стойки линейных карт могут поддерживать до 9216 портов сети 10 Gigabit Ethernet и 1152 портов OC-768c/STM-256 SONET/SDH POS.

Так как панель коммутации маршрутизатора масштабируется на терабитные объемы, то и панель управления должна масштабироваться в соизмеримой величине. Централизованное управление в мультитерабитных системах представляет собой узкое место в общей архитектурной масштабируемости и потенциально является единой точкой отказа.

Чтобы предусмотреть возможность масштабирования панели управления под требуемые видеоприложения, необходимо использовать более распределенную схему в отношении как аппаратного, так и программного обеспечения. Вариант использования одного центрального маршрутного процессора был бы неадекватным или нежелательным решением для общей сервисной надежности такой большой системы.

В дополнение к стандартным активному и резервному маршрутным процессорам (RP) Cisco CRS-1 поддерживает использование распределенных маршрутных процессоров (DRP). Такая схема устраняет ограничения, присущие маршрутизаторам, использующим только основной и резервный маршрутные процессоры.

В Cisco CRS-1 каждый модуль DRP состоит из двух симметричных многопроцессорных (SMP) комплексов с двухпроцессорной конфигурацией. Процессоры DRP используют распределенные возможности панели управления операционной системы Cisco IOS XR для таких приложений, как BGP, LDP, PIM и IGMP. Использование такого механизма распределенной панели управления в Cisco CRS-1 обеспечивает поддержку большого количества маршрутов, соседей и хостов для любого протокола, например протокола многоадресной рассылки (multicast), независимого от других приложений, что является важным фактором для масштабируемого сервиса широкоэвещательной видеотрансляции.

## МАСШТАБИРУЕМОСТЬ MULTICAST

Реализация многоадресной рассылки в многостоечных и одностоечных системах маршрутизации различается по используемой архитектуре, которая влияет на общую производительность, масштабируемость сервиса и восприятие пользователя IPTV. Два основных варианта различаются по тому месту, где производится репликация трафика multicast: на линейной карте или в матрице коммутации.

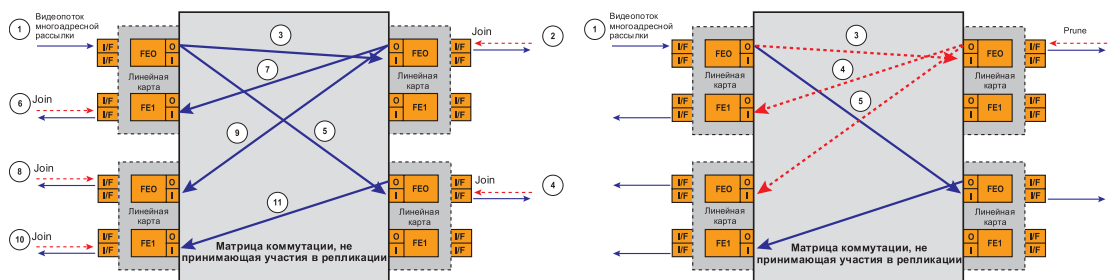
### Репликация на линейной карте

При репликации на линейной карте в случае поступления на маршрутизатор сообщения о Подключении (Join) (2) (запрос абонента на подписку на многоадресный поток или группу), как показано на рисунке 5а (слева), принимающая линейная карта делает запрос на линейную карту (обычно через центральный маршрутный процессор), на которую поступает входящий поток, и получает копию данных, как это и показано (3). В определенных схемах при репликации на линейных картах поступающие друг за другом сообщения на Подключении (Join) подают свой запрос на дополнительные копии данных на карту, подключившуюся к этому потоку последней, а не на ту, на которую поступает источник потока. Это происходит при наступлении определенного лимита на потоки репликации (2, 3, 4 и 5 в данном примере). При репликации на линейных картах для распределения трафика многоадресной рассылки получателям внутри системы маршрутизатора создается древовидная структура.

Такой подход к репликации имеет несколько существенных недостатков. Во-первых, из-за того, что репликация выполняется на входящих и исходящих линейных картах, один и тот же поток многоадресной рассылки пересекает матрицу коммутации множество раз. Чем больше подключившихся к потоку, тем более матрица маршрутизатора загружается одинаковыми копиями пакетов. Во-вторых, из-за того, что линейные карты заняты репликацией трафика multicast, производительность коммутации на картах ограничена, их загрузка может отрицательно сказаться на коммутации трафика unicast.

И наконец, когда на одну из линейных карт, участвующих в репликации, прибывает сообщение об Отключении/Prune (2) (запрос на отключение от потока многоадресной рассылки), например, когда от передачи программы IP-телевидения отключается последний зритель, этот узел (карта) удаляется из древовидной структуры многоадресной рассылки, запрещая все репликации от данной линейной карты к другим соседним по дереву узлам (4 и 5), как показано справа на рисунке 5б. Данное действие вызывает реконвергенцию древовидной структуры многоадресной рассылки, что приводит к серьезной деградации работающих сессий multicast IPTV на нижестоящих по дереву узлах, продолжающих прием передач IPTV и потенциально готовых к полному разрыву этих сессий.

Рисунок 5. Неоптимальная схема репликации на линейных картах для многоадресной рассылки



Значительные ограничения использования такой схемы репликации потоков multicast создают ограничения по масштабированию на уровне сети и на уровне услуг для операторов, желающих развернуть услуги IPTV в магистральной IP или MPLS-сети и нуждающихся в масштабировании до миллионов одновременно получающих услугу зрителей. Для эффективного предоставления таких услуг провайдерам нужна масштабируемая и гибкая архитектура, которая обеспечивается в случае применения архитектуры IP-NGN компании Cisco и системы маршрутизации операторского уровня Cisco CRS-1.

### Репликация в матрице коммутации

Трехэтапная, интеллектуальная и маршрутизирующая топология матрицы коммутации Бенеша маршрутизатора Cisco CRS-1 использует репликацию пакетов многоадресной рассылки в матрице и на линейной скорости (рисунок 6). Такая реализация устраняет сложность и снимает чрезмерную нагрузку с элементов коммутации на линейных картах и используется во многих матричных системах маршрутизации.

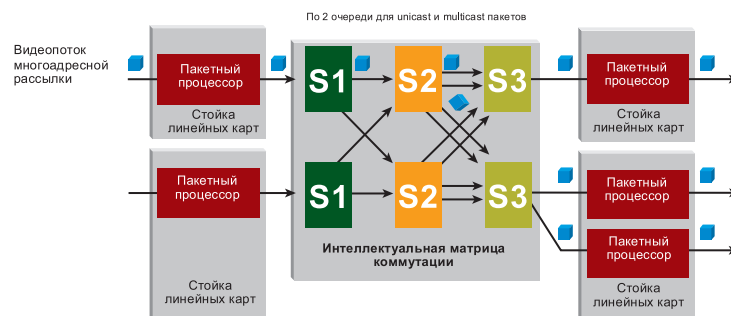
Матричная топология также разделяет сервисы посредством использования отдельных наборов аппаратных приоритетных очередей для трафика multicast, unicast и управляющих сообщений. Использование выделенных очередей позволяет гарантировать ячейкам в матрице коммутации требуемые характеристики по задержке и колебаниям задержки, что особенно важно, когда сервисы по трансляции видеопрограмм и передаче голоса по IP-сети (VoIP) смешиваются с best-effort приложениями данных на мультигигабитных скоростях.

Маршрутизирующая, неблокируемая матрица коммутации Cisco CRS-1, кроме того, предусматривает транспортировку с полной сохранностью данных в случае выхода из строя какого-либо компонента с помощью механизма поддержки избыточности 1:N между восемью различными плоскостями матрицы коммутации. Этот функционал обеспечивает уровень надежности и способности к самовосстановлению, правильное распределение потоков трафика при сохранении поддержки интеллектуальности сервисов, необходимые для эффективного и масштабируемого распространения трафика multicast.

Топология Бенеша в Cisco CRS-1 состоит из трех стадий, как показано на рисунке 6. Стадия 1 (S1) принимает ячейки с входящей карты и распределяет их по картам матрицы стадии 2 (S2). Стадия 2 выполняет многоадресную репликацию, используя идентификаторы матричных групп (FGID) и доставляя ячейки на соответствующую карту матрицы стадии 3 (S3) с использованием нескольких очередей приоритетности как для одноадресного, так и для многоадресного трафика. Используемая система буферизации ускоряет трафик при выходе стадии 2. Стадия 3, используя идентификаторы FGID, реплицирует ячейки на соответствующую выходную линейную карту, которая затем вновь собирает пакеты из ячеек и доставляет их на соответствующий интерфейс или субинтерфейс.

Отключение/Prune или отказ любого из приемников не производит нежелательного общесистемного эффекта, в отличие от механизмов репликации на линейных картах, и не влияет на восприятие любого другого потребителя IPTV в системе. Кроме того, поскольку репликация выполняется матрицей коммутации, ее емкость эффективно используется для максимизации общего масштабирования системы и исключает повторные проходы потока multicast через матрицу. Такая эффективность является ключевым фактором, так как архитектура Cisco CRS-1 была спроектирована с учетом масштабируемости до 1152 возможных линейных карт в 72 стойках для поддержки настоящего масштабируемого внедрения многоадресной рассылки в IP-NGN сети Cisco.

**Рисунок 6. Архитектура интеллектуальной матрицы коммутации Cisco CRS-1 с поддержкой репликации multicast в матрице коммутации**



### СЕТЕВАЯ НАДЕЖНОСТЬ ДЛЯ ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОЙ ВИДЕОТРАНСЛЯЦИИ

Потребительские ожидания в отношении качества широковещательной видеотрансляции растут, и операторам необходимо дифференцировать свои предложения по трансляции видео на основании

параметров качества и общей надежности. Широковещательная видеотрансляция требует быстрого восстановления сервиса и гарантированной доставки, потому что аварийные отключения имеют потенциальное влияние на очень широкую аудиторию – миллионы пользователей. Удовлетворение этих ожиданий требует высокой степени надежности от всей сетевой инфраструктуры.

Для того чтобы успешно решать эти проблемы и обеспечить надежный транспорт видеопрограмм, операторы должны тщательно продумать архитектуру сети, которая обеспечивает сложившееся зрительское восприятие даже в случае сетевого отказа или нестабильной работы, достигая этого с помощью выхода за рамки обычных механизмов обеспечения надежности, существующих в отрасли. Операторы будут особенно нуждаться в архитектуре сети с разнесением маршрутов трафика, чтобы исключить наличие отдельной точки отказа и в целях предоставления надежной широковещательной видеотрансляции.

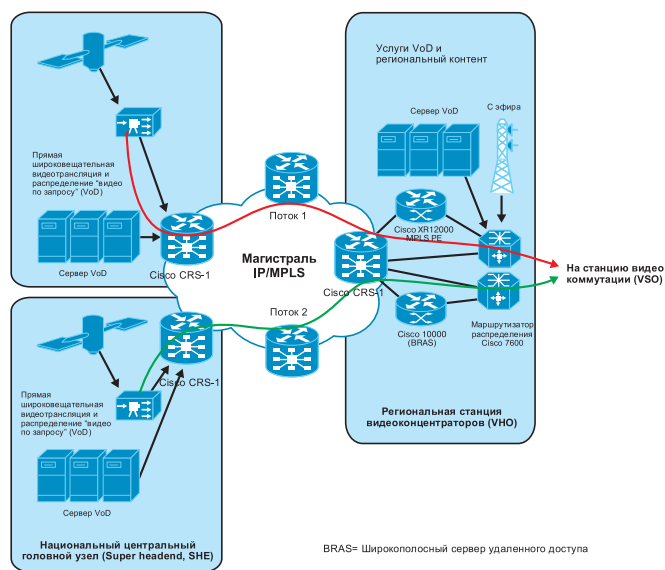
### **Разнесение маршрутов (путей)**

Архитектура IP-NGN Cisco, использующая дизайн ServiceFlex, поддерживает разнесение путей для доставки двух потоков «живой» видеопрограммы как от одиночного, так и от двойного источника для обеспечения максимальной надежности. Получение видеоизображения от двух источников (dual-live) подразумевает возможность для клиента получить идентичный контент с одного или двух источников по двум отдельным путям (рисунок 7). При возникновении ошибки в видеопотоке у получателя есть возможность переключения с одного потока или источника на другой. Схема dual-live, использующая разнесение путей, позволяет избежать перерывов в передаче, которые могут возникнуть вследствие затрат времени на пересчет маршрута и в результате потерь кадров типа I в потоке широковещательной передачи видеоизображений формата MPEG по сети.

Конечными устройствами, принимающими передачу по схеме dual-live, могут быть модули QAM, модули DSLAM и стыковочные узлы рекламного контента (splicer), а также любые другие устройства, способные получать избыточный входящий поток. Как в случае телевидения стандартной четкости (SDTV), так и в случае телевидения высокой четкости (HDTV), при использовании эффективной многоадресной рассылки для широковещательной видеотрансляции требуется значительно меньшая пропускная способность, чем для видео по запросу (VoD). Это означает, что дополнительная емкость для потокового контента из двойных источников, использующих встроенные в IP механизмы многоадресной рассылки, не является чрезмерной и может поддерживаться существующими в настоящее время сетями.

Для того чтобы архитектура dual-live была эффективной, сеть должна поддерживать разнесение путей. Механизм разнесения обеспечивает то, что пути от первичного видеоисточника до получателя и от вторичного видеоисточника до получателя разнесены географически и проходят через разные транзитные узлы и каналы. Для обеспечения разнесения источников могут использоваться разные механизмы типа anycast (например, для сервиса VOD, которым одновременно пользуется меньшее количество пользователей). При широковещательной трансляции очень популярных видеопрограмм разнесение маршрутов позволяет оператору поддерживать максимально благоприятное впечатление от просмотра, даже в случае аварийных ситуаций на сетевом уровне.

**Рисунок 7. Схема IP-NGN Cisco, использующая дизайн ServiceFlex, поддерживает разнесение видеопотоков без прерываний на восстановление вследствие отказов сети**



## РЕЗЕРВИРОВАНИЕ РЕСУРСОВ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОЙ ВИДЕОТРАНСЛЯЦИИ

Общая надежность платформы маршрутизации и избыточность ее ресурсов также являются важным фактором для надежного распределения широковещательной видеотрансляции. Определенные характеристики уровня платформы в любой магистральной сети являются обязательными для поддержания услуг широковещательной видеотрансляции.

Cisco CRS-1 спроектирована так, чтобы обеспечивать непрерывную работу системы, и поэтому может восстанавливаться при отказах элементов или частей системы на любом уровне, не прерывая трафик и сохраняя сервисы. Панели коммутации и управления Cisco CRS-1 обеспечивают механизмы независимого масштабирования и надежности. Это:

- Гранулярные обновления программного обеспечения в рабочем режиме (ISSU) для всех приложений, драйверов, системных и субсистемных компонентов.
- Переключения процессоров без потерь с поддержкой NSR (Non-stop Routing, например для IS-IS), непрерывная коммутация (Non-stop Forwarding, например для BGP или OSPF), а также быстрая конвергенция подсистем протокола управления, таких как распределенный по линейным картам механизм BFD (Bidirectional Forwarding Detection) для протокола PIM.
- Гранулярный рестарт процесса, распределение процессов по процессорам и управление процессами, а также устойчивость к отказам при взаимодействии процессов.
- Программное обеспечение Cisco IOS XR с микроядром, симметричной многопроцессорной системой (SMP), модульной конструкции операционной системы, которая поддерживает распределенные приложения и инфраструктуру.
- Полное резервирование системы на аппаратном уровне систем управления, коммутации, менеджмента, питания и охлаждения системы.

## РАЗДЕЛЕНИЕ СЕРВИСОВ

Для обеспечения справедливого распределения ресурсов системы и операционной эффективности при предоставлении набора сервисов по конвергированной IP-NGN инфраструктуре требуется обеспечить возможность разделения сервисов. Такое разделение помогает операторам управлять значительными объемами best-effort интернет-трафика при одновременной поддержке чувствительных к задержке и джиттеру видео и бизнес-сервисов.

Один из механизмов такого разделения – использование архитектуры дифференцированных услуг (DiffServ) – протокол, который обеспечивает качество обслуживания (QoS) для нескольких типов трафика, определяет и классифицирует сервисы на основании приоритетности. Эти приоритеты определяются в заголовках пакетов IP и определяют порядок обработки (PHB) на узлах сети. Качество обслуживания с использованием DiffServ не привязано к конкретному потоку пакетов, но хорошо масштабируется и обеспечивает гибкость и совместимость сервисов. Однако обычно протокол DiffServ не может обеспечить административное разделение на уровне каждой услуги, потому что в сети оператора существует только один административный домен.

Другим, более распространенным подходом является разделение на основе топологии. Для каждой услуги предусматривается отдельная топология, которая использует выделенные физические или виртуальные интерфейсы и инстанции коммутации. В прошлом, с целью обеспечения полного разделения, операторы обычно разворачивали несколько параллельных сетей для каждой услуги. С использованием IP-NGN такое разделение можно осуществить в конвергированной сети, в которой совместно используются общие экземпляры аппаратного и программного обеспечения. Каждый сервис обычно мало осведомлен о топологии других сервисов. Многие технологии существуют на уровне 2 и уровне 3 для достижения разделения на основе топологии, включая виртуальные локальные сети (VLAN), сервис виртуальных частных ЛВС (VPLS), протокол L2TP версии 3, инжиниринг трафика MPLS и виртуальную маршрутизацию/коммутацию (VRF). Наиболее распространенным механизмом является использование инжиниринга трафика MPLS, где определения класса экспериментальных бит (EXP) определяют свой выбор туннеля TE для каждого сервиса. Топологические механизмы обеспечивают гибкость при выборе маршрута, контроль за полосой пропускания и качество обслуживания для определенного сервиса, что может быть достаточным для некоторых приложений. Однако разделение по типу услуги не обеспечивает гранулярный уровень контроля, необходимый для некоторых операторов, предоставляющих сервис виртуальных частных сетей уровня 3 MPLS.

Хотя каждый сервис сети VPN виртуализирован на маршрутизаторе с помощью VRF, данная виртуализация ограничена с точки зрения операционного менеджмента. Например, обновление программного обеспечения будет влиять на все инстанции VPN и обычно не может быть ограничено необходимой подгруппой. К тому же отказы программного обеспечения и события, такие как распределенные атаки с целью вызвать отказ в обслуживании (DDoS), потенциально влияют на все

сервисы системы. Для того чтобы преодолеть эти ограничения, операторы в некоторых случаях прибегали к построению физических сетей, предназначенных для отдельных услуг, используя в каждой из них протокол IP, например, одна сеть для best-effort интернет-трафика, а отдельная сеть для сервисов VPN.

Внедрение широковещательной видеотрансляции в магистральную сеть ставит перед оператором похожую дилемму: как наилучшим образом достичь экономии расходов при использовании единой инфраструктуры IP-NGN и при этом поддерживать требования по разделению отдельных сервисов?

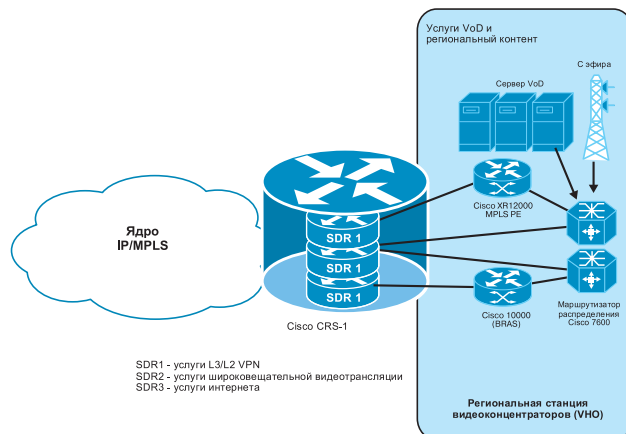
Имея в составе ПО Cisco IOS XR архитектуру разделения услуг (SSA), Cisco CRS-1 обеспечивает возможность разделения системы на несколько безопасных доменных маршрутизаторов (SDR), используя дополнительные модули DRP с выделенной памятью и выделенным менеджментом в пределах одной одностечной или многостечной системы.

Маршрутизаторы SDR обеспечивают инструменты для разделения отдельного физического маршрутизатора на несколько независимых устройств маршрутизации. В целях снижения общих затрат сервис-провайдера устройства SDR выполняют все функции системы маршрутизации точно так же, как и физический маршрутизатор, но используют ресурсы, общие для всей системы, такие как матрица коммутации, энергоснабжение и охлаждение.

В частности, архитектура разделения услуг Cisco (SSA) предусматривает полную независимость программного обеспечения в маршрутизаторах SDR в пределах одной физической системы маршрутизации, что позволяет использовать в них независимые версии программного обеспечения и наборы приложений. Вследствие этого любые эффекты, возникающие на SDR в результате неисправности или аварийного события в сети, остаются внутри данного маршрутизатора SDR и не влияют на другие аналогичные устройства и сервисы в системе. Кроме того, архитектура разделения услуг Cisco предусматривает полное разделение менеджмента между маршрутизаторами SDR, что позволяет иметь различные административные группы у одного сервис-провайдера, с тем чтобы независимо и безопасно конфигурировать, поддерживать и управлять их услугами.

Архитектура Cisco SSA, предусмотренная в системах Cisco CRS-1, предлагает операторам гораздо более гранулярную, гибкую и надежную форму разделения сервисов, чем другие методы, которые сегодня доступны на рынке. Использование Cisco SSA в дизайне ServiceFlex обеспечивает разделение сервисов между best-effort интернет-трафиком, бизнес-услугами ВЧС уровня 2 и 3 и надежными услугами широковещательной видеотрансляции, как это изображено на рисунке 8. Такое разделение дает возможность предоставления масштабируемых и надежных услуг широковещательной видеотрансляции по магистральной сети Cisco IP-NGN.

**Рисунок 8. Дизайн Cisco ServiceFlex, поддерживающий разделение услуг в инфраструктуре магистрали IP-NGN**



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Услуги широковещательной видеотрансляции и транспорта трафика играют все более важную роль в IP-сетях нового поколения. Компания Cisco разработала оптимизированную с точки зрения услуг архитектуру IP-сети нового поколения для операторов, которая вместе с Cisco CRS-1:

- обеспечивает возможность предоставления широковещательной видеотрансляции с уровнем доступности и надежности, отвечающим повышенным требованиям индустрии развлечений;
- поддерживает эффективное и масштабируемое распространение услуг широковещательной видеотрансляции по IP-сети нового поколения с помощью испытанной и надежной технологии многоадресной рассылки (IP multicast) в целях повышения гибкости и уменьшения затрат;

- дает возможность быстрого восстановления от сетевых сбоев посредством использования механизма разнесения маршрутов/путей и механизмов anycast;
- предлагает многочисленные услуги на общей инфраструктуре сети, но при этом обеспечивает разделение всех сервисов в целях улучшения доступности, надежности и управляемости.

Имея в своем распоряжении такие решения, операторы могут предложить клиентам масштабируемые и надежные услуги по широковещательной видеотрансляции программ IP-телевидения по IP-сети нового поколения, доставляя зрителям истинное удовольствие от просмотра программ с превосходным качеством изображения.

## ПОЛУЧЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Дополнительную информацию по вопросам, обсуждаемым в настоящем документе, можно получить из следующих источников:

- «Построение IP-сети нового поколения операторского класса»: [http://www.cisco.com/en/US/products/ps5763/products\\_white\\_paper0900aec802e2a52.shtml](http://www.cisco.com/en/US/products/ps5763/products_white_paper0900aec802e2a52.shtml).
- «Передача видеопрограмм в сети IP Triple Play»: [http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps368/products\\_white\\_paper0900aec80478c12.shtml](http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps368/products_white_paper0900aec80478c12.shtml).
- «Технический обзор многоадресной рассылки IP»: [http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps368/products\\_white\\_paper0900aec804d5fe6.shtml](http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps368/products_white_paper0900aec804d5fe6.shtml).
- «Интегрированный контроль доступа в целях обеспечения качественного восприятия видеозображения»: [http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps368/products\\_white\\_paper0900aec804a05bd.shtml](http://www.cisco.com/en/US/products/hw/routers/ps368/products_white_paper0900aec804a05bd.shtml).

Дополнительную информацию о Cisco CRS-1 можно получить на сайте: <http://www.cisco.com/go/crs>.

**Подготовил:** Михаил Захватов,  
инженер-консультант,  
[mzakhvat@cisco.com](mailto:mzakhvat@cisco.com)



Cisco  
Россия, 115054, Москва,  
бизнес-центр  
«Риверсайд Тауерс»  
Космодамианская наб.,  
52, стр. 1, этаж 4  
Тел.: +7 (495) 961 14 10  
Факс: +7 (495) 961 14 60  
[www.cisco.ru](http://www.cisco.ru)  
[www.cisco.com](http://www.cisco.com)

Cisco  
Россия, 191186,  
Санкт-Петербург,  
бизнес-центр «Регус»  
Невский проспект, 25,  
этаж 2, офис 30  
Тел.: +7 (812) 346 77 17  
Факс: +7 (812) 346 78 00  
[www.cisco.ru](http://www.cisco.ru)  
[www.cisco.com](http://www.cisco.com)

Cisco  
Казахстан, 480099,  
Алматы,  
бизнес-центр «Самал 2»  
Ул. О. Жолдасбекова, 97,  
блок А2, этаж 14  
Тел.: +7 (3272) 58 46 58  
Факс: +7 (3272) 58 46 60  
[www.cisco.ru](http://www.cisco.ru)  
[www.cisco.com](http://www.cisco.com)

Cisco  
Украина, 252004, Киев,  
бизнес-центр  
«Горайзон Парк»  
Ул. Николая Гринченко, 4В  
Киев, 03038, Украина  
Тел.: +7 (38044) 490 36 00  
Факс: +7 (38044) 490 56 66  
[www.cisco.ua](http://www.cisco.ua)  
[www.cisco.com](http://www.cisco.com)

Cisco  
Азербайджан,  
AZ 1065, Баку,  
бизнес-центр «Карат»  
Ул. М. Мухтарова, 201,  
этаж 2  
Тел.: +7 (99412) 437 48 20  
Факс: +7 (99412) 437 48 21  
[www.cisco.ru](http://www.cisco.ru)  
[www.cisco.com](http://www.cisco.com)

Cisco  
Узбекистан, 100000,  
Ташкент, бизнес-центр  
«ИНКОНЕЛЬ»  
Ул. Пушкина, 75, офис 605,  
этаж 6  
Тел.: +7 (99871) 140 44 60  
Факс: +7 (99871) 133 44 64  
[www.cisco.ru](http://www.cisco.ru)  
[www.cisco.com](http://www.cisco.com)

Cisco has more than 200 offices in the following countries and regions. Addresses, phone numbers, and fax numbers are listed on the **Cisco Website at [www.cisco.com/go/offices](http://www.cisco.com/go/offices).**

Argentina • Australia • Austria • Belgium • Brazil • Bulgaria • Canada • Chile • China PRC • Colombia • Costa Rica • Croatia • Cyprus • Czech Republic • Denmark • Dubai, UAE • Finland • France • Germany • Greece • Hong Kong • SAR • Hungary • India • Indonesia • Ireland • Israel • Italy • Japan • Korea • Luxembourg • Malaysia • Mexico • The Netherlands • New Zealand • Norway • Peru • Philippines • Poland • Portugal • Puerto Rico • Romania • Russia • Saudi Arabia • Scotland • Singapore • Slovakia • Slovenia • South Africa • Spain • Sweden • Switzerland • Taiwan • Thailand • Turkey • Ukraine • United Kingdom • United States • Venezuela • Vietnam • Zimbabwe

Copyright © 2007 Cisco Systems Inc. All rights reserved. Printed in Russia. Cisco, Cisco IOS, Cisco Systems, the Cisco Systems logo, and Cisco Unity are registered trademarks or trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the United States and certain other countries. All other trademarks mentioned in this document or Website are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership relationship between Cisco and any other company. (0406R)