



На острие современных сетевых технологий

Часть 2. MPLS и ATM: два мира — две идеологии

В первой части публикации («Сиб», 2003, № 2, с. 28–33) авторы сосредоточили внимание на основных задачах, для решения которых создавалась корпоративная сеть ЗАО «Утел». Сегодня речь пойдет о возможностях, которыми обладает эта сеть благодаря передовой технологии MPLS.

Андрей БУРГОМИСТРЕНКО, Евгений ЗИМИН

Так или иначе, но практически все, что происходит с высокими технологиями на постсоветском пространстве, делается с оглядкой «на запад». Технология MPLS исключением не является. И для того, чтобы понять ее стратегическое место, достаточно повторить высказывание Уильяма Лейтона, вице-президента AT&T, который сказал буквально следующее: «Мы рассматриваем MPLS как масштабную сеть конвергенции. Учитывая, что сети IP уже работают на скорости OC-192 (STM-64), мы хотим использовать эти возможности для построения сверхнадежного ядра магистральной, где MPLS будет применяться для переноса всех видов трафика. Таким образом, мы сможем предоставлять все услуги с наивысшей на данный момент степенью масштабируемости, обеспечивая при этом необходимый уровень безопасности и QoS».

Если признать, что MPLS — это технология «нового мира», то технологией «старого мира» можно назвать ATM. Собственно, между ними чаще всего приходится выбирать при построении телекоммуникационной магистральной.

Масштабируемость

Технологии ATM и MPLS достаточно просто сравнивать, так как в современных сетях передачи данных они создают слой второго уровня с установлением виртуальных соединений для обеспечения, во-первых, различных правил обслуживания разных типов пользовательского трафика, а во-вторых, сбалансированности загрузки ресурсов на основе рационального выбора маршрутов прохождения трафика через сеть.

Из-за различной масштабируемости технологий в большинстве сетей MPLS отводит место в ядре сети, а ATM и FR — в сети доступа. Таким образом, в перспективном варианте построения сети передачи данных MPLS по отношению к ATM занимает то же место, что и ATM — к Frame Relay в существующих сетях.

В технологии ATM имеется несколько ограничений, из-за которых ее масштабируемость не может выходить за определенные рамки. Самым принципиальным ограничением является фиксированный и очень небольшой размер ячейки — 53 байта, 48 из которых переносят пользовательские данные. Этот

размер был выбран для создания благоприятных условий переноса чувствительного к задержкам голосового трафика через магистрали со скоростью 155 Мбит/с. Задержка «упаковки» голоса для ячеек такого размера составляет меньше 6 мс, а задержка приоритетной ячейки из-за передачи неприоритетной или служебной ячейки вообще почти незаметна — всего около 3 мкс.

Однако за прошедшие 10 лет масштабы скоростей изменились, и в настоящее время такие технологии как Packet over SDH/Sonet или 10 Gigabit Ethernet работают уже на скорости 10 Гбит/с, или в 64 раза быстрее, чем 155 Мбит/с. Это значит, что те же максимальные задержки в 3 мкс из-за вставки неприоритетных данных между приоритетными, которые раньше достигались за счет сокращения ячейки до 53 байт, сегодня можно соблюсти и при использовании кадров с полем данных в 64 раза больше. Это подтверждается практикой работы высокоскоростных каналов STM-16/OC-48 и STM-64/OC-192 в Интернете, где используются кадры с максимальным полем данных в 4500 байт.

Затраты вычислительной мощности любого пакетного коммуни-

кационного устройства, независимо от поддерживаемой им технологии, пропорциональны количеству обрабатываемых пакетов (кадров, ячеек), а не их размеру. Поэтому коммутатору ATM приходится выполнять примерно в 100 раз большую работу, чем маршрутизатору IP, работающему с кадром размером 4500–5500 байт.

Использование различных форматов кадров

Другим достоинством технологии MPLS является способность использовать практически любой формат кадров существующих технологий второго уровня — ATM, Frame Relay, PPP, Ethernet или любой иной, которая может появиться завтра. Поэтому она имеет несколько разновидностей: A-MPLS, F-MPLS, P-MPLS и E-MPLS. Если завтра какая-нибудь новая технология канального уровня, скажем X, будет способна работать на новых скоростях терабитного диапазона, то MPLS останется той же технологией с теми же функциональными возможностями, но будет иметь новый формат кадра X и поддержку нового уровня скоростей. Такая протокольная независимость пары IP/MPLS обеспечивает ей высокую степень гибкости и масштабируемости, так необходимую при работе на магистрали. Таким образом, стоимость передачи одного и того же объема данных с равной скоростью по магистралям MPLS и ATM всегда различна. Относительно меньшие затраты вычислительной мощности приводят к тому, что магистраль MPLS оказывается экономичней.

Агрегирование

Экономичность подразумевает возможность передачи через магистраль многочисленных потоков без необходимости слежения за каждым из них, то есть, агрегированно. MPLS позволяет агрегировать разные пользовательские потоки в общий класс продвижения (Forwarding Equivalence Class, FEC) и передать их по общему пути LSP. При этом механизмы агрегирования MPLS очень гибки и поддаются автома-

тизации. Если, к примеру, коммутатор ATM не «видит» ничего, кроме информации своего второго уровня, то есть номера виртуального соединения/пути (VCI/VPI), то коммутирующий маршрутизатор MPLS (Label Switch Router) имеет доступ к информации не только второго уровня, но и третьего (IP-адреса), и даже четвертого (порты TCP/UDP). Поэтому администратор может заранее задать несколько правил агрегирования с учетом разных признаков трафика и предоставить дальнейшую работу LSR, а не конфигурировать отображение VCC на VPC вручную.

Еще одним хорошим «масштабируемым» свойством MPLS является неограниченное число уровней иерархии меток и, соответственно, агрегирования путей.

Мы уже говорили о том, что, несмотря на применимость технологии MPLS к любым протоколам Layer 2, наибольшую выгоду можно извлечь при реализации этой технологии на базе протоколов ATM. Это соображение, а также тот факт, что технология ATM является основной в первичной национальной WAN-сети ОАО «Укртелеком» (монопольного владельца каналов передачи данных в стране), обусловили выбор именно ATM в качестве технологии Layer 2 в описываемом проекте.

клиенту в виде «облака» с большим количеством логических соединений между клиентскими узлами, а внутри «облака» поверх той или иной инфраструктуры Layer 2 оператор/провайдер «накладывает» сеть из маршрутизаторов для организации сервисов IP. И эта картина наблюдается в настоящий момент в подавляющем числе WAN-сетей всего мира.

IP+ATM

В ATM-сетях технология MPLS позволяет ATM-коммутаторам напрямую поддерживать IP-сервисы, предоставляя максимум эффективности по сравнению с другими подходами. Традиционный подход «IP поверх ATM» (IP-over-ATM) обычно соединяет маршрутизаторы между собой с помощью перманентных виртуальных каналов (Permanent Virtual Circuits, PVC) или же с помощью коммутируемых виртуальных каналов (Switched Virtual Circuits, SVC). Так, например, работает схема, называемая Multiprotocol over ATM (MPOA), которая использует протокол Next Hop Resolution Protocol (NHRP). Причем эта схема является достаточно эффективной технологией для соединения эмулированных локальных сетей (ELAN). Однако и MPOA, и другие нестандартизированные решения, отличные от MPLS, имеют сходные недостатки:

Знаете ли Вы?

Технология Tag Switching компании Cisco Systems представляет собой реализацию стандарта MultiProtocol Label Switching (MPLS), созданного группой Internet Engineering Task Force (IETF) и уже взятого на вооружение рядом производителей оборудования для глобальных сетей.

Собственно говоря, выбор технологии Layer 2 и ее конкретная реализация были одной из главных задач, решаемых на стадии создания дизайн-проекта сети. Кстати, второй технологией Layer 2, широко распространенной в WAN-инфраструктуре ОАО «Укртелеком», является технология Frame Relay. При этом и та, и другая инфраструктура представляется

- затрудненность предоставления некоторых типов сервиса IP — например, IP Class of Service не может быть предоставлен естественным образом традиционными ATM-коммутаторами и должен транслироваться в совершенно другую концепцию ATM Forum Quality of Service;

- затрудненность администрирования IP-сервисов — всегда должны

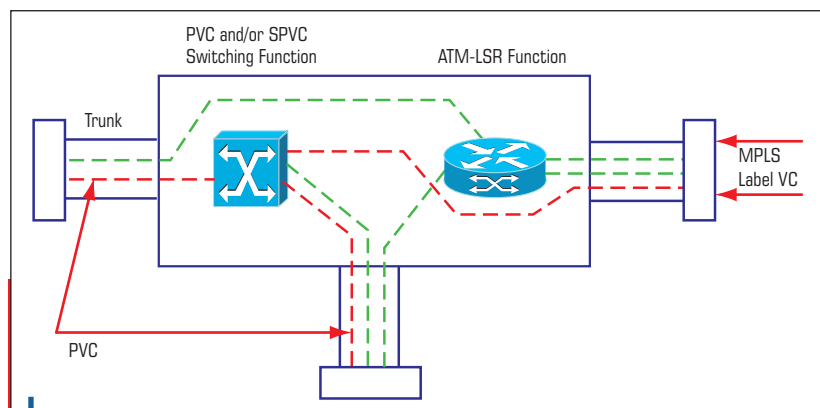


Рис. 1. Логическая структура IP+ATM-коммутатора

присутствовать, как минимум, два уровня администрирования (IP-маршрутизация, например, через OSPF или EIGRP, и PNNI-маршрутизация для ATM, не говоря уже об администрировании собственно МРОВА и других сервисов);

- IP-сервисы могут быть достаточно неэффективны «поверх» ATM-сетей — например, IP Multicast-сервис очень трудно реализовать в больших масштабах из-за взаимодействия маршрутизации multicast, протоколов принадлежности к группам multicast и управления ATM VC;

- IP-сервисы требуют значительных усилий по реализации и эксплуатации — например, МРОВА-реализация требует PNNI, SVC-сигнализации, ATM ARP, ATM ARP-сервер, NHRP- и NHRP-сервер в дополнение к AAL5, IP-маршрутизации (OSPF и т.д.) и IPv4 стек;

- ограничения масштабируемости сети и опасные взаимодействия между IP-маршрутизацией (OSPF и т.д.) и ATM-сетью, которые приводят к нестабильности сети.

Традиционный подход «IP поверх ATM» приводит к наполнению сети служебными пакетами IP-маршрутизации (updates storms) и связанному с этим истощению полезной производительности сети уже при наличии более чем 30 OSPF-маршрутизаторов, соединенных в полносвязную сеть через PVC. Кстати, наличие такой полносвязной (full mesh) логической сети между маршрутизаторами создает одну из основных проблем масштабируе-

мости и управляемости, поскольку все маршрутизаторы в «облаке» становятся IP-соседями.

Технология MPLS в ATM-сетях позволяет избежать всех этих недостатков, устраняя с точки зрения IP понятие ATM-«облака», а ATM-связи рассматриваются как IP-связи, и каждый ATM-коммутатор может стать «IP-равным» в смысле маршрутизации. Здесь мы подходим, на наш взгляд, к упомянутой ранее «изюминке» проекта, а именно — использованию подхода IP+ATM. «IP+ATM» — это торговое наименование, используемое компанией Cisco для оборудования и программного обеспечения, которое одновременно поддерживает традиционные ATM-сервисы (PVC, SVC, SPVC, PVP и т.д.) и оптимизировано для транспортировки IP с использованием MPLS. Встраивание IP-«интеллекта» в ATM-коммутаторы позволяет дизайнерам сетей исключить «наложение» IP-связей на ATM и производит однозначное соответствие между ними. Это позволяет разрешить большинство проблем IP-масштабируемости. Дополнительно такая интеграция уровней приводит к распределенной модели маршрутизации/коммутации, наследующей большое количество возможностей каждого из уровней:

- часть, отвечающая за маршрутизацию, необходима для использования алгоритмов маршрутизации, таких как OSPF и BGP4, для обмена информацией об IP-достижимости и вычисления путей прохождения пакетов (она использует возмож-

ности программного обеспечения для оптимального определения маршрутов прохождения данных);

- часть, отвечающая за MPLS, необходима для трансляции информации о достижимости в элементы, понимаемые коммутаторами (использует возможности оборудования для коммутации данных со скоростью среды передачи).

Концепция IP+ATM-коммутатора показана на рис. 1. Один коммутатор состоит из двух логически разделенных: MPLS ATM коммутирующего метки маршрутизатора, оптимизированного для IP-транспорта, и традиционного ATM PVC/SVC-коммутатора. Каждый транк может поддерживать и PVC (или SVC и т.п.), и MPLS Label VC (LVC).

Несмотря на то, что IP+ATM-коммутатор состоит из логически разделенных коммутаторов, физически это все же одно целое. Тем не менее, он содержит два (или более) различных набора управляющего программного обеспечения. Один набор управляет PVC, SVC и т.д., а другой — MPLS. Эти контроллеры функционируют независимо, позволяя физически единому коммутатору функционировать как два (или более) виртуальных. Достигается это независимое управление применением концепции виртуального коммутируемого интерфейса (Virtual Switch Interface, VSI). VSI позволяет двум или более отдельным контроллерам независимо управлять одним коммутатором. Управляющее программное обеспечение MPLS физически размещается в так называемом label switch controller (LSC). Он может представлять собой отдельное устройство, как в нашем случае (LSC на базе Cisco 7204 VXR), либо размещаться, например, в процессорном модуле коммутатора.

Для того, чтобы управляющие блоки коммутатора (control planes) могли функционировать независимо, необходимо резервировать ресурсы для них (MPLS или PNNI). К разделяемым таким образом между разными блоками ресурсам относятся:

- VPI/VCI-пространство в транках — каждый блок получает свой диапазон VPI для использования;

- полоса пропускания (пропускная способность) — каждому блоку гарантируется определенная полоса пропускания для целей connection admission control (CAC); если выполняется «мягкое разделение», то создается пул пропускной способности, который разделяется между блоками для целей CAC; но даже в случае «жесткого» разделения «запасная» полоса, не используемая блоком, доступна на основе cell-by-cell для других блоков;

- очереди — одной из ключевых особенностей «IP+ATM» является тот факт, что трафик MPLS получает другие очереди на коммутаторе, нежели трафик PVC и SVC; это означает, что трафик MPLS может быть обработан очередями, которые прямо поддерживают концепцию MPLS «Class of Service»; альтернатива — ручная конфигурация трансляции в типы ATM Forum-сервисов (необходимость в таких трансляциях и является одним из самых главных недостатков схем IP-over-ATM в отдельности от MPLS, а «IP+ATM» не имеет такого недостатка).

Частью процесса конфигурирования коммутаторов «IP+ATM» и является назначение этих ресурсов разным блокам коммутатора. Это влечет порождение различных «разбиений» ресурсов соединения для разных управляющих частей, как показано на рис. 2.

Концепция «IP+ATM» может быть использована для предоставления услуг MPLS и PVC, SVC, и т.п. на одной и той же сети. Это означает, что все (или многие) коммутаторы на сети функционируют и как ATM LSR, и как традиционные ATM-коммутаторы. Традиционные ATM-сервисы также могут быть использованы в сочетании с сервисами MPLS. Так, например, PVC может использоваться для соединения обычного IP-трафика от пользователя к ATM Edge LSR. PVC, используемая таким образом, называется «MPLS access

PVC». Другие PVC — это «traditional PVC» как часть традиционного end-to-end PVC-сервиса. Этот трафик от Edge LSR может быть обратно направлен через функцию ATM LSR в том же самом коммутаторе, который поддерживает MPLS access PVC, или альтернативно через другой коммутатор. В любом случае end-to-end-путь данных для пользовательского IP-трафика может включать и MPLS access PVCs, и MPLS Label VCс.

Услуги «нового мира»

В первой части публикации мы перечислили основные задачи, для решения которых создавалась MPLS-сеть ЗАО «Утел». Сейчас же есть смысл подробнее поговорить об этом, а особенно о тех услугах нового поколения, или, как сейчас принято говорить, об услугах «нового мира», которые в состоянии предоставлять данная сеть.

Основная идея построения MPLS-сети ЗАО «Утел» состояла в том, что она создает основу для развертывания новых типов услуг, не поддерживаемых традиционной маршрутизацией в IP-сетях. Это особенно актуально в условиях жесткой конкуренции, когда сервис-провайдерам необходимо постоянно предлагать пользователям новые возможности, отсутствующие у конкурентов. Одновременно с этим сеть MPLS позволила ЗАО «Утел» уменьшить себестоимость и улучшить качество услуг, предоставляемых на основе технологии IP.

Важным преимуществом MPLS-сети ЗАО «Утел» по сравнению с сетями других провайдеров также является небольшой промежуток времени, необходимый для того, чтобы новые возможности были поддержаны сетью. Если требуется внедрить новую услугу, то достаточно всего лишь изменить управляющую составляющую, чтобы присвоить некоторой категории пакетов специальный FEC-класс, и затем указать для него специально спроектированный LSP-маршрут. Например, пакеты можно классифицировать по

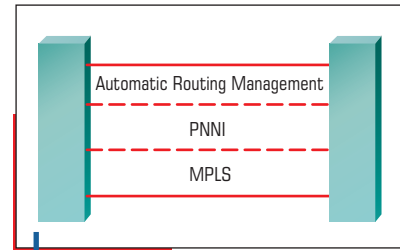


Рис. 2. Разбиение транка

сочетанию подсети назначения и типа приложения или сетей источника и назначения, по специфическим требованиям к качеству услуг (QoS), по принадлежности к группе многоадресной IP-рассылки, по идентификатору виртуальной частной сети (VPN). Далее, сетевой администратор может конфигурировать LSP-маршруты таким образом, чтобы удовлетворить специфические требования данного класса трафика: минимизировать число транзитных узлов, обеспечить заданную полосу пропускания, направить трафик через определенные узлы и т. д. Заключительный шаг по внедрению новой услуги состоит в том, чтобы сконфигурировать входное LSR-устройство соответствующим образом. Это устройство должно идентифицировать пакеты, попадающие под определение данного класса, и направлять их по пути, специально предназначенному для трафика этого класса. Вот собственно и все — новая услуга технически поддерживается сетью.

Услуги виртуальных частных сетей

В настоящее время в мире наиболее быстрорастущим сектором услуг среди корпоративных пользователей являются услуги виртуальных частных сетей (Virtual Private Network, VPN). Другими словами, сегодня VPN — одна из наиболее «модных» и часто употребляемых аббревиатур в сетевой индустрии. Вообще, под термином VPN понимается «любая сеть, построенная на основе публично предоставляемой сетевой инфраструктуры и логически разделенная для использования отдельными клиентами». В этом

Стандарты MPLS VPN

Всего существует более 50 стандартов и проектов стандартов MPLS (<http://www.mpls.com/standards.shtml>).

В организации IETF существуют специальные рабочие группы, занимающиеся проработкой отдельных вопросов MPLS VPN. Например, рабочая группа PPVPN (Provider Provisioned Virtual Private Network) занята созданием «каркаса» VPN с улучшенными механизмами безопасности, масштабируемости и управляемости (<http://www.ietf.org/html.charters/ppvpn-charter.html>). Три основных типа VPN, над которыми работает группа PPVPN, — это MPLS BGP VPN, MPLS Virtual Routers и MPLS Layer 2 VPN. Группа координирует свою деятельность с другой рабочей

группой — PWE3 (Pseudo Wire Emulation Edge to Edge), создающей стандарты для туннельных сквозных соединений через сети ATM и MPLS на первом и втором уровнях (<http://www.ietf.org/html.charters/pwe3-charter.html>).

И, наконец, виртуальные частные сети второго уровня (Layer 2 VPN) определены в проекте, который получил название Martini. Этот проект также находится на рассмотрении рабочей группы PWE3. Идея здесь заключается в организации туннелей для трафика Ethernet, Frame Relay, ATM и PPP через сеть MPLS. Группа PWE3 работает и над другими похожими предложениями, но со стороны сервис-провайдеров наибольший интерес вызвал проект Martini.

смысле VPN могут быть построены на базе сетей общего доступа X.25, Frame Relay, ATM (Layer 2 VPN) и даже ГТС.

Однако наибольшие перспективы имеют сегодня VPN, построенные на основе разделяемых IP-магистралей, — так называемые «IP-VPN». Но для того, чтобы эта услуга представляла реальный интерес для корпоративных пользователей, сервис-провайдер должен решить проблемы безопасности передаваемых данных и поддержки не уникальных IP-адресов, выделенных для частных сетей. С обеими этими задачами ЗАО «Утел» справилось при помощи технологии MPLS, поскольку она предусматривает маршрутизацию пакетов на основе меток, а не на основе адресов назначения.

MPLS-сеть позволяет ЗАО «Утел» организовать предоставление услуг VPN, используя простой, гибкий и мощный механизм туннелирования. Виртуальная частная сеть строится как совокупность маркированных маршрутов между различными физическими сегментами VPN. Система маршрутизаторов распределяет по всей сети информацию о масках подсетей, существующих внутри каждого сегмента. Входные LSR-маршрутизаторы сети направляют трафик VPN по соответствующим LSP-маршрутам, исходя из совокупности адреса назначения пакета и его принадлежности к определенной VPN.

К характеристикам сетей MPLS-VPN относят:

- использование многопротокольных расширений BGP для преобразования префиксов адреса IPv4 в уникальную VPN-IPv4 NLRI;
- связанность с каждым маршрутом заказчика определенной метки MPLS, присваиваемой PE-маршрутизатором, который стоит в начале маршрута, и используемой для того, чтобы направить пакет данных к нужному оконечному PE-маршрутизатору;
- использование двух меток в процессе передачи пакета данных по магистрали (верхняя метка направляет пакет к нужному оконечному PE-маршрутизатору, вторая — показывает, куда этот PE-маршрутизатор должен направить пакет);
- использование стандартных схем передачи (IP forwarding) в каналах связи между PE-маршрутизаторами и SE-маршрутизаторами — PE связывает каждый SE с таблицей передачи (forwarding table), в которой хранятся только те маршруты, которые доступны данному SE-маршрутизатору.

Прекрасное подробное описание преимуществ и принципов функционирования VPN-сетей на базе MPLS можно найти в брошюре компании Cisco Systems «Построение виртуальных частных сетей (VPN) на базе технологии MPLS». Здесь же суммарно следует отметить, что

MPLS-VPN — это настоящая одноранговая VPN (описание преимуществ одноранговых VPN выходит за рамки данной статьи), которая разделяет трафик на уровне 3 с помощью отдельных IP VPN-таблиц передачи. MPLS-VPN может отделить трафик одного заказчика от другого, потому что каждой сети VPN любого заказчика присваивается уникальный идентификатор (VPN ID). Это создает такие же условия безопасности, как в сетях ATM и Frame Relay, потому что пользователь сети VPN не может видеть трафик, передающийся за пределами этой сети.

Моделирование трафика и поддержки классов обслуживания

Моделирование трафика позволяет ЗАО «Утел» направлять потоки данных не по кратчайшему пути, вычисленному с помощью традиционного протокола маршрутизации IGP, а через менее загруженные узлы сети MPLS. Для ЗАО «Утел» моделирование трафика очень актуально в связи с чрезвычайно быстрым ростом потребности в сетевых ресурсах и внедрением критически важных IP-приложений, таких как IP-телефония, да и традиционная телефония также. Используя механизмы моделирования трафика, сетевые администраторы MPLS-сети ЗАО «Утел» обеспечивают сбалансированность нагрузки на все физические каналы связи, маршрутизаторы и коммутаторы таким образом, чтобы ни один из этих компонентов не был недогружен или перегружен.

В результате сеть «Утел» работает эффективно, стабильно и предсказуемо. Технология MPLS идеально подошла в качестве основы для моделирования трафика, поскольку позволяет сетевым администраторам указывать точный физический маршрут для маркированных пакетов, а также выбирать маршруты, соответствующие специфическим требованиям. Раздельная же статистика по каждому LSP-маршруту может быть ис-

пользована для анализа загрузки каналов связи, поиска узких мест сети и планирования ее дальнейшего расширения.

В большинстве своем пользователи нуждаются в глобальных сетях, включая технологию сети Интернет как наиболее всепроникающей глобальной сети для самых разных целей и приложений — от неприхотливой электронной почты до передачи голоса и видео, весьма чувствительных к задержкам. Чтобы удовлетворить их требования, ЗАО «Утел» использует не только моделирование трафика, но и средства для его классификации, используя DiffServ.

Сама модель DiffServ определяет целый ряд механизмов для разделения всего трафика на небольшое число классов обслуживания. В сети ЗАО «Утел» используются оба возможных подхода к пересылке пакетов с учетом класса обслуживания. Первый подход предусматривает обработку пакетов в выходных очередях LSR-маршрутизаторов с учетом значений приоритета, указанных в заголовке MPLS. Второй — базируется на том, что для каждой пары, состоящей из входного и выходного LSR-маршрутизаторов, определяются несколько LSP-маршрутов с различными характеристиками производительности, полосы пропускания, времени задержки и других параметров. После этого входной маршрутизатор направляет один тип трафика по одному пути, другой — по другому, третий — по третьему и т. д.

Вышеописанные технологии в итоге позволяют выйти на предоставление пользователям услуг гарантированного (управляемого) качества соединений с подписанием так называемых SLA-соглашений (SLA — Service Level Agreement), о которых достаточно долго говорят, но которые, насколько это известно авторам статьи, до сих пор не нашли применения в отношениях между операторами глобальных сетей и потребителями их услуг.

Равноправные сайты в единой сети Intranet VPN

Архитектура MPLS-VPN отличается большой гибкостью и позволяет с помощью нескольких общих сценариев поддерживать огромное количество услуг.

К таким услугам относятся:

- **Intranet VPN** — связь в единой корпоративной сети всех офисов и отделений заказчика;
 - **Extranet VPN** — создание общей междокупоративной сети для разных заказчиков;
 - **VPN сетевого управления** — обеспечение доступа для управления к маршрутизаторам CE, P и PE;
 - **доступ к внешним услугам** — поддержка услуг третьих сторон в сетях интранет;
 - **доступ в Интернет** — обеспечение доступа к Интернет-услугам;
 - **качество услуг (QoS)** — поддержка дифференцированных услуг с различным уровнем качества;
 - **инжиниринг трафика** — наиболее эффективная передача трафика по сети.
- Например, **Intranet VPN** представляет собой самый простой вариант реализации сети VPN с функциями MPLS. Она включает

все сайты данного заказчика. Эти сайты являются равноправными (одноранговыми). С точки зрения клиента, они все находятся на расстоянии одного сетевого перехода друг от друга. В реальности же IP-пакет может передаваться не через один, а через несколько сетевых узлов, но клиент этого не увидит.

На рисунке А показан заказчик с тремя сайтами. Каждый из них напрямую обменивается маршрутной информацией (VPN Route/Forwarding-VRF) с подключенными к нему одноран-

говыми сайтами. Заметим, что при этом передаются данные только о тех маршрутах, которые *порождаются* данной таблицей VRF. В результате на каждом PE-маршрутизаторе формируются идентичные маршрутные таблицы VRF данного заказчика, и каждый его маршрут становится доступным через следующий PE-маршрутизатор.

По материалам брошюры CISCO Systems «Построение виртуальных частных сетей (VPN) на базе технологии MPLS»

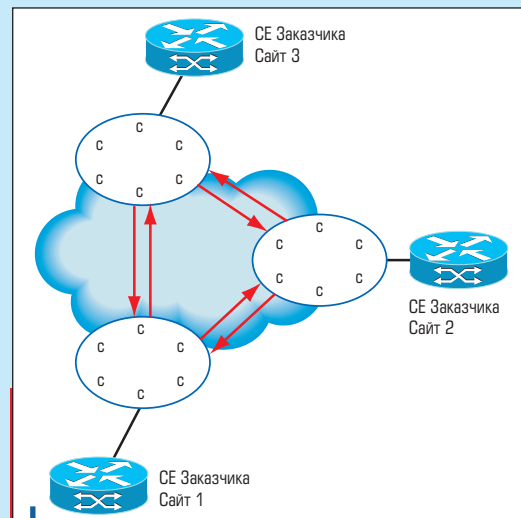


Рис. А. Корпоративная сеть заказчика (интранет)

Всегда на шаг впереди

Сегодня, благодаря росту уровня деловой активности в стране, а также с появлением новых приложений, передача информации любого типа с использованием WAN-сетей обходится пользователям достаточно дорого. Телекоммуникационный бюджет любой организации становится предметом пристального внимания и планирования с целью его оптимизации. За счет использования технологий, аналогичных описанным в статье, в скором будущем можно будет предложить предприятиям и организациям куда более экономически привлекательные услуги и тарифы за использование каналов

связи тогда, когда им это нужно, вместо постоянной оплаты дорогостоящих соединений (даже если они фактически не используются).

Агрессивные планы ЗАО «Утел» еще раз продемонстрировали потребителям стремление этого предприятия быть на шаг впереди, а также серьезность намерений операторов национального масштаба начать предоставление IP-услуг следующего поколения.

Андрей БУРГОМИСТРЕНКО,
andrey_burgomistrenko@priocom.com

Евгений ЗИМИН,
eugene_zimin@priocom.com