

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ MPLS/GMPLS ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СЕТЕЙ

Значительный рост объема сетевого трафика за последние несколько лет требует постоянного увеличения пропускной способности сетей и, прежде всего, магистральных участков. В настоящее время наблюдается тенденция интеграции телекоммуникационных сетей на основе «универсального» протокола сетевого уровня. Этим протоколом является IP (Internet Protocol), чему способствовало несколько факторов. Во-первых, повсеместное внедрение сети Internet обусловило небывалый успех стека протоколов TCP/IP – он практически стал стандартом де-факто для построения локальных, корпоративных и глобальных сетей. Во-вторых, разработаны и используются технологии передачи IP-трафика поверх практически всех транспортных технологий (ATMoIP, FRoIP, PoS, TDMoIP), а также адаптированы условия для передачи мультимедийного трафика с помощью IP, что позволило организовать предоставление принципиально новых услуг (IP-телефония, видео-конференции и т.д.). Это создает условия для разработки сетевой технологии, изначально рассчитанной для передачи IP-трафика.

В конце 90-х годов сразу несколько производителей сетевого оборудования выдвинули идею так называемой IP-коммутации. Как известно, маршрутизация IP-пакетов производится в пошаговом режиме. Для этого производится анализ заголовков пакетов сетевого и, в некоторых случаях, транспортного уровня. Другим важным моментом технологии IP является дейтаграмный принцип работы без предварительного установления соединения. Однако для простого выбора следующего шага в маршруте обычно достаточно более простых процедур, чем анализ заголовков сетевого и транспортного уровней. При этом появится возможность уменьшить время, затрачиваемое на их анализ, что особенно важно при скоростях STM-64 и выше. С другой стороны, предоставление гарантированного обслуживания возможно только при организации в том или ином виде виртуальных каналов (например, как в IntServ/RSVP). Принятый в начале 2001 года стандарт [4] описывает основные принципы работы сетей с коммутацией меток – MPLS (Multiprotocol Label Switching – мультипротокольная коммутация меток). Под мультипротокольностью понимается возможность взаимодействия с любым протоколом сетевого уровня. Однако, учитывая, что IP является основным протоколом для построения сетей, в статье будут рассматриваться только особенности использования MPLS с IP.

Как отмечалось выше, для снижения задержки обработки пакетов процедуры маршрутизации выполняются на промежуточном (между канальным и сетевым) MPLS-уровне. В ряде исследований отмечалось, что эффективность MPLS можно пронаблюдать только при скорости выше E1 (2048кбит/с). Поэтому область применения этой технологии на данный момент – это магистральные участки сети, сети обмена трафиком (IX) и т.д. Маршрутизаторы или LSR (Label Switching Router – маршрутизатор с коммутацией меток), работающие по технологии MPLS, образуют облако (рис. 1). Входной (ingress) LSR на основании заголовка пакета выбирает путь прохождения пакета в пределах MPLS-области и добавляет соответствующие метки (например L1,L2,L3) перед заголовком пакета сетевого уровня. Присвоение пакету определенной метки присоединяют данный поток (последовательность пакетов) к некоторому FEC (Forwarding Equivalence Class – эквивалентный класс пересылки). В пределах одного класса пакеты обслуживаются одинаковым образом. Внутренние маршрутизаторы анализируют только значение метки, и на основании локальной таблицы соответствий меток и исходящих интерфейсов выбирают следующий шаг для пересылки пакета. На выходном (egress) LSR производится удаление всех меток, и дальше пакет пересылается традиционным способом. Для работы такой схемы, в общем случае, необходимо наличие протоколов маршрутизации и сигнализации, которые позволяли бы создавать виртуальный

канал, для пересылки пакетов от входного LSR к выходному, при этом выбирая оптимальный (исходя из определенных критериев) маршрут.

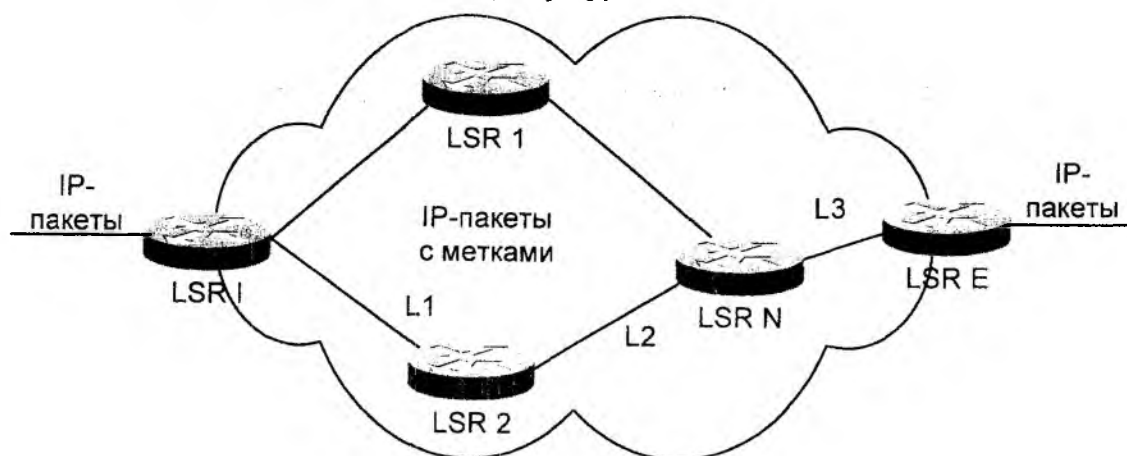


Рис. 1

Виртуальный канал для пересылки пакета от входного LSR к выходному называется LSP (Label Switched Path). До того, как пакет сможет пройти через MPLS-область, необходимо произвести конфигурирование LSP. Для этого входной LSR направляет специальный запрос по направлению к выходному; в каждом промежуточном узле при прохождении запросов/ответов на конфигурирование виртуального пути настраиваются таблицы пересылки для обработки соответствующих меток. Такой подход позволяет:

1. Значительно упростить процедуры маршрутизации и тем самым снизить стоимость оборудования;

2. Использовать практически любую технологию канального уровня (ATM, FR, Ethernet и т.д.);

3. Снизить время обработки пакета.

В MPLS предусмотрена поддержка дифференциальных услуг (DiffServ), что дает возможность гибко предоставлять требуемый уровень обслуживания, сохраняя при этом высокую масштабируемость. Помимо этого MPLS поддерживает технологию трафик-инжиниринга, позволяющего повысить эффективность использования сетевых ресурсов (таких как пропускная способность) и адаптивно реагировать на ошибки и сбои в сети.

Преимущества использования технологии коммутации меток дали толчок для разработки и реализации технологии передачи IP-пакетов непосредственно поверх оптического носителя, что позволяет минимизировать избыточность технологий канального уровня. В настоящий момент для построения магистральных участков сети используются технологии ATM и SDH, работающие поверх оптического носителя (DWDM). Таким образом используется четырехуровневая структура (рис. 2 а). В такой архитектуре оптический (DWDM) уровень формирует физическую транспортную среду для передачи информации, SONET/SDH используется для эффективного распределения пропускной способности. Эта технология хотя и отличается высокой гибкостью и надежностью, но не позволяет пользоваться возможностями «интеллектуальной» маршрутизации. На уровне ATM предоставляются дополнительные возможности для статистического мультиплексирования и предоставления качества обслуживания. При этом появляется возможность мультисервисной интеграции и в общем случае это увеличивает эффективность использования ресурсов, выделяемых нижестоящими уровнями [1]. Несмотря на четкую структуризацию, такая архитектура с одной стороны неэффективна по экономическим соображениям, а с другой – низкая производительность одного из уровней вызовет снижение эффективности сети в целом. Дальнейшее развитие такой архитектуры построения телекоммуникационных сетей сдерживается объективными ограничениями технологий. К примеру, вследствие большого (относительно полезной нагрузки) заголовка ячейки при передаче IP-трафика с помощью ATM избыточ-

ность обычно колеблется в пределах 20%, что является существенным ограничением как с экономической, так и с технической точки зрения.

Другой возможный вариант построения телекоммуникационной сети – трехуровневая структура (рис. 2б, 2в). Однако, несмотря на снижение избыточности, проблема принципиально не решается – в первом случае (рис. 2б) исключение ATM-уровня повлечет за собой невозможность гибко предоставлять требуемое качество обслуживания и использовать «интеллектуальные» возможности ATM. В другом случае (рис. 2в), остается основная проблема ATM-технологии – чрезмерная избыточность. Таким образом, мы приходим к двухуровневой структуре – IP и оптический/DWDM (рис. 2г). Эта технология получила название GMPLS (Generalized MPLS). GMPLS поддерживает не только коммутацию пакетов, но и коммутацию во времени (TDM), по длине волны (λ -коммутация) и др. Поскольку из архитектуры были удалены технологии канального уровня, потребовалось разработать новые протоколы сигнализации, изменить параметры метки (Generalized label), переработать соответствующим образом процедуры создания виртуальных каналов (G-LSP) и т.д. Эти изменения затрагивают протоколы маршрутизации и сигнализации для передачи меток, трафик инжиниринга, защиты и восстановления. Для GMPLS разработан новый протокол сигнализации – LMP (Link Management Protocol – протокол управления каналом), выполняющий функции маршрутизации, согласования параметров связи, управления каналом и трафик инжиниринга. В GMPLS реализованы основные функции для «исследования» топологии сети, управления ресурсами и соединениями. Для этого используются протоколы IGP, OSPF и RSVP с соответствующими расширениями. Помимо этого потребовалось внести изменения к существующим протоколам сигнализации и маршрутизации для управления между оптическими коммутаторами и системами передачи с DWDM.

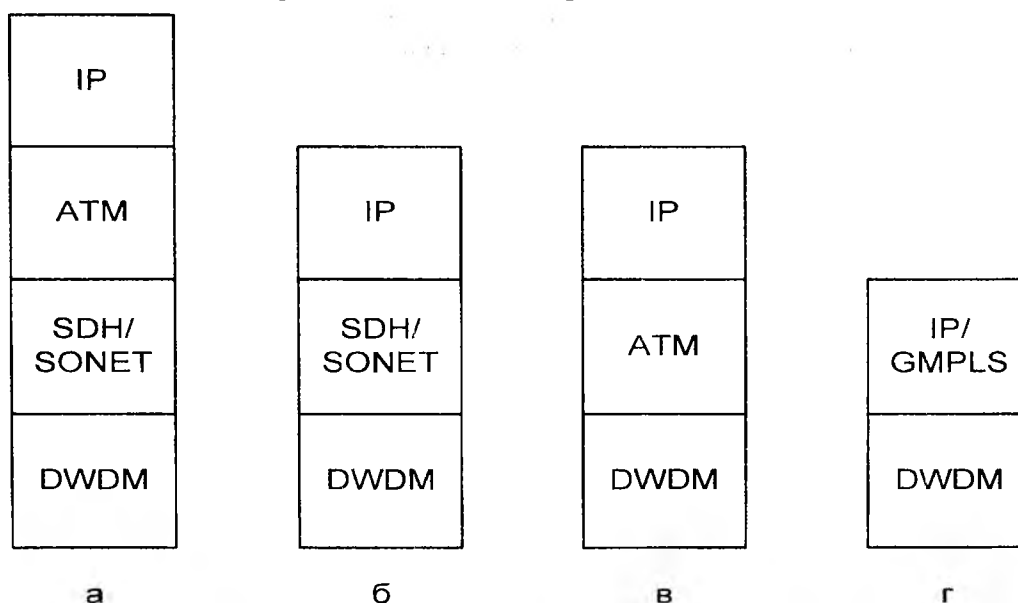


Рис. 2

Поскольку GMPLS должна заменить технологии канального уровня, основные доработки коснулись именно плоскости управления (control plane). Основное внимание уделяется выполнению функций управлением соединением информационной плоскости (data plane) как для интерфейсов с коммутацией пакетов, так и для всех остальных типов. Выделяют четыре основных функции:

- Управление маршрутизацией – собственно функции маршрутизации, трафик инжиниринг и исследование топологии;
- Поиск сетевых ресурсов – предоставляются механизмы для отслеживания доступности ресурсов (таких как пропускная способность) и параметров узлов (возможности мультиплексирования, порты трафика);

• Управление соединениями – включают в себя создание, модификацию, удаления соединений;

• Восстановление соединений – дополнительные возможности для защиты от ошибок и сбоев в сети.

Таким образом, GMPLS предоставляет средства для реализации услуг «следующего» поколения, таких как «пропускная способность по требованию». Однако одной из самых фундаментальных услуг является предоставление соединения из «конца в конец». Операторам необходимо лишь указать параметры соединения и переслать их на входящий узел. Входной узел сам определит путь в соответствии с параметрами трафика и сообщит соответствующим узлам о необходимости установлении соединения. Вся процедура может быть выполнена в течении секунд. Еще один вид новых услуг – оптические виртуальные частные сети (OVPN), позволяющие защищать данные на уровне оптического носителя.

Рассмотренные технологии являются следующим шагом в развитии телекоммуникационных технологий. MPLS позволяет перейти на более высокий уровень обслуживания, благодаря созданию виртуальных каналов и предоставлению дифференцированных услуг. Благодаря использованию GMPLS, появляется возможность исключить две технологии (ATM, SDH/SONET), что дает возможность создавать высокопроизводительные, масштабируемые сети с широким набором интеллектуальных возможностей. По прогнозам западных экспертов [1] в течение 3-5 лет произойдет смена телекоммуникационных технологий и MPLS/GMPLS станет основной технологией передачи речи / данных, заменив ATM и SDH/SONET.

Список литературы: 1. *Parasak Chokesatean, Titintorn Yaemnoi, Wonganan Sukcharoenkana, Yun Zhang* Will GMPLS replace ATM and SONET/SDH in the next few years? 2002. 2. *Ayan Banerjee, John Drake, Jonathan P. Lang, and Brad Turner, Kireeti Kompella, Yakov Rekhter*, Generalized Multiprotocol Label Switching: An Overview of Routing and Management Enhancements. *IEEE Communications Magazine*, January 2001. pp. 144 – 150. 3. *Neil Jerram, Adrian Farrel* MPLS IN OPTICAL NETWORKS, 2001. 4. *E. Rosen and oth.*, Multiprotocol Label Switching Architecture, RFC-3031, January 2001.

Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 12.05.2004