

Технология MPLS

В 1996 году Ipsilon, Cisco, IBM и несколько других компаний объединили свои фирменные разработки и создали технологию *многопротокольной коммутации на основе меток* (**MPLS – Multiprotocol Label Switching**). Основная идея разработки состояла в том, чтобы реализовать возможность передачи трафика по наименее загруженным маршрутам IP-сети и обеспечить легкость конфигурирования VPN с одновременной поддержкой гарантии качества передачи, а также присвоения приоритетов различным видам трафика.

Технология MPLS

Технология MPLS сочетает в себе **возможности управления трафиком**, присущие технологиям **канального уровня**, и **масштабируемость и гибкость протоколов**, характерные для **сетевого уровня**.

MPLS соединила в себе надежность ATM, удобные и мощные средства доставки и обеспечения гарантированного качества обслуживания IP-сетей, — такая интеграция сетей позволяет получить дополнительную выгоду из совместного использования протоколов IP и ATM.

Технология MPLS

Главная особенность технологии MPLS – отделение процесса коммутации пакета от анализа IP-адреса в его заголовке, что позволяет осуществлять коммутацию пакетов значительно быстрее. В соответствии с протоколом MPLS маршрутизаторы и коммутаторы присваивают на каждой точке входа в таблицу маршрутизации особую метку и сообщают эту метку соседним устройствам. Наличие таких меток позволяет маршрутизаторам и коммутаторам, поддерживающим технологию MPLS, определять следующий шаг в маршруте пакета без выполнения процедуры поиска адреса.

Технология MPLS

На сегодняшний день существуют три основные области применения MPLS:

- управление трафиком;
- поддержка классов обслуживания (CoS);
- организация виртуальных частных сетей (VPN).

Технология MPLS

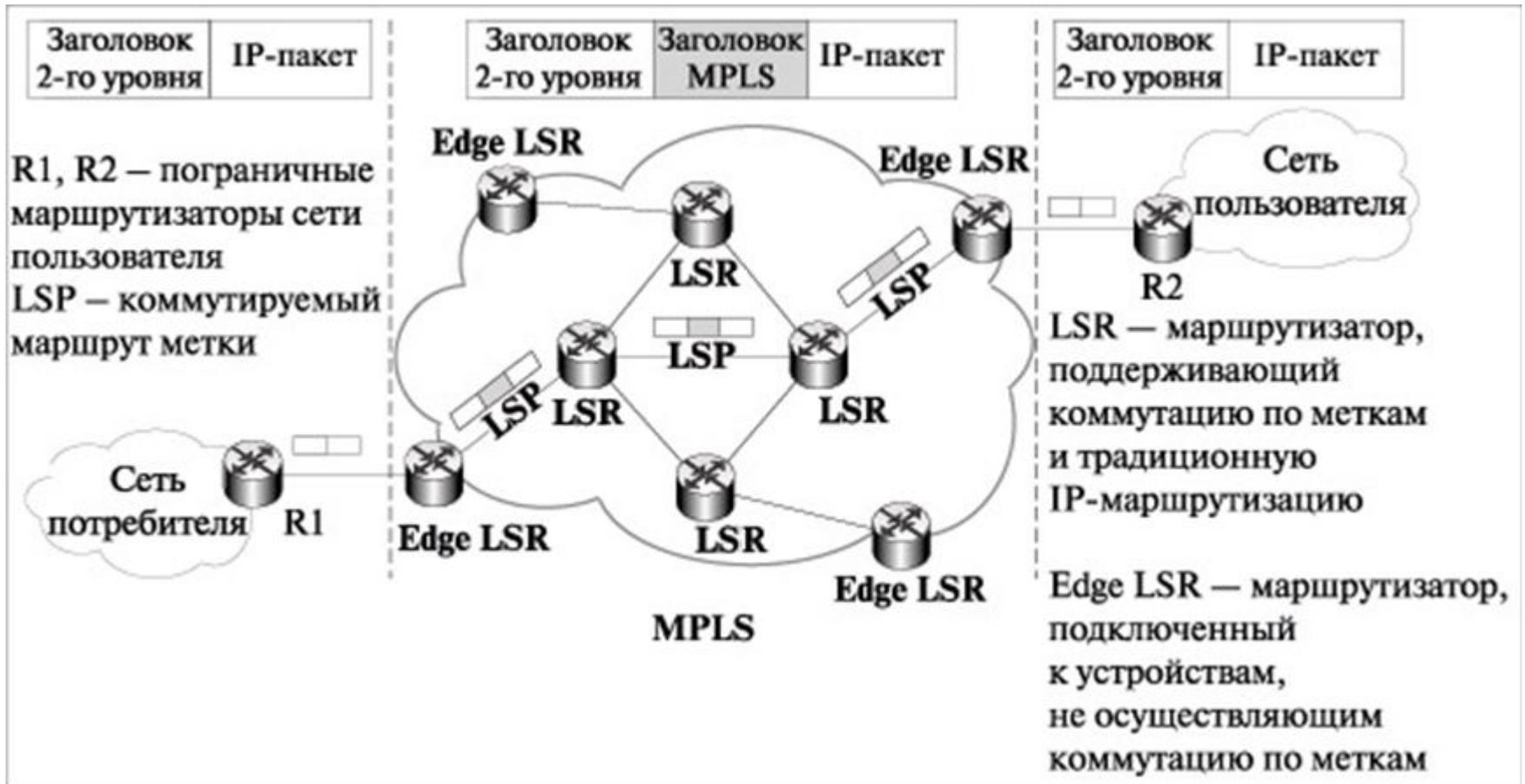


Плоскости MPLS

Технология MPLS

“Multiprotocol” в названии технологии означает “**многопротокольный**”. Это говорит о том, что технология MPLS применима к любому протоколу сетевого уровня, т.е. MPLS – это своего рода **инкапсулирующий** протокол, способный транспонировать информацию множества других протоколов высших уровней модели OSI. Таким образом, технология MPLS остается независимой от протоколов уровней 2 и 3 в сетях IP, ATM и Frame Relay, а также взаимодействует с существующими протоколами маршрутизации и сигнализации, такими как протокол резервирования ресурсов RSVP или сетевой протокол преимущественного выбора кратчайших маршрутов OSPF.

Основные понятия



Фрагмент сети MPLS

Основные понятия

Комитет IETF определил три основных элемента технологии MPLS:

- метка;
- FEC (Forwarding Equivalence Class) – класс эквивалентности пересылки;
- LSP (Label Switching Path) – маршрут с коммутацией по меткам.

Метка – это идентификатор фиксированной длины, определяющий класс эквивалентности пересылки FEC.

Метки имеют локальное значение, т.е. привязка метки к FEC используется только для смежной пары маршрутизаторов.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Стек меток

Пакет, передаваемый по сети MPLS, как правило, содержит не одну, а несколько меток. Такой набор меток образует стек.

Основное назначение стека меток – поддержание древовидности множества трактов LSP, заканчивающихся в одном входном LSR, а, кроме того, в том, чтобы использовать метки при создании так называемых LSP- туннелей.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Класс эквивалентности пересылки FEC

FEC – это форма представления группы пакетов с одинаковыми требованиями к передаче.

Выбор маршрута передачи (LSP) можно организовать путем выполнения следующих двух групп функций в граничном маршрутизаторе LER:

- соотнесение пакета с определенным классом FEC при поступлении пакета в сеть MPLS;
- постановка в соответствие каждому классу FEC следующего шага маршрутизации.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Все пакеты такой группы обрабатываются одинаково на пути их следования к пункту назначения. Примером FEC могут служить все IP-пакеты с адресами пунктов назначения, соответствующими некоторому префиксу, например 212.18.6. Возможны также FEC на основе префикса адреса и еще какого-нибудь поля IP-заголовка, например тип обслуживания (ToS). Каждый маршрутизатор сети MPLS создает **таблицу**, с помощью которой определяет, каким образом должен пересылаться пакет.

Основные понятия

Эта **таблица**, которая называется информационной базой **LIV**, содержит используемое множество меток и для каждой из них – привязку "FEC-метка".

Класс FEC представляет собой **набор FEC-элементов**, каждый из которых идентифицируется **определенной меткой**.

При соотнесении пакетов по различным FEC большую роль играют IP-адреса, приоритеты обслуживания и другие параметры трафика.

Каждый FEC обрабатывается отдельно, что позволяет поддерживать требуемое качество обслуживания в сети MPLS.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Метод пересылки пакетов на основе пар "FEC-метка", принятый в MPLS, имеет ряд преимуществ перед методами, основанными на анализе заголовка блоков сетевого уровня. В частности, пересылку по методу MPLS могут выполнять маршрутизаторы, которые способны читать и заменять метки, но при этом либо вообще не способны анализировать заголовки блоков сетевого уровня, либо не способны делать это достаточно быстро.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Коммутируемый по меткам тракт LSP

– это последовательность MPLS-

маршрутизаторов. Набор пакетов, передаваемый по LSP, относится к одному FEC, и каждый маршрутизатор LSR в LSP-туннеле назначает для него свою метку. LSP-туннель создается внутри LSP-тракта. Следует отметить, что зачастую начало и конец туннеля не совпадают с началом и концом LSP-тракта. Как правило, туннель короче. Для каждого туннеля подсчитывается число пропущенных пакетов и байт.

Основные понятия

Иногда поток данных может быть настолько велик, что для него создается несколько LSP-туннелей между отправителем и получателем. В одном LSP может быть создано несколько LSP-туннелей с различными точками приема и передачи, а в каждом туннеле могут быть созданы LSP-туннели другого уровня. В этом проявляется иерархичность структуры MPLS. На сегодняшний день применение туннелирования реализовано во многих технологиях. Образование в виртуальном тракте туннелей, по которым проходят другие виртуальные тракты, основывается на инкапсуляции передаваемых пакетов в пакеты, следующие по этому тракту к данному адресу

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Принцип работы

Любой IP-пакет на входе в сеть MPLS относится к определенному классу эквивалентной пересылки FEC. Анализ заголовка IP-пакета и назначение FEC производится только один раз на входе в сеть.

Этап 1. Сеть автоматически формирует таблицы маршрутизации. В этом процессе участвуют маршрутизаторы или коммутаторы ATM (или Ethernet) с функциями маршрутизации IP, установленные в сети сервис-провайдера. При этом применяются внутренние протоколы маршрутизации, такие как OSPF или IS-IS.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Этап 2. Протокол распределения меток (Label Distribution Protocol — LDP) использует отраженную в таблицах топологию маршрутизации для определения значений меток, указывающих на соседние устройства.

В результате этой операции формируются маршруты с коммутацией по меткам (LSP).

Этап 3. Входящий пакет поступает на пограничный Label Switch Router (LSR, LER), который определяет, какие услуги 3-го уровня необходимы этому пакету (например QoS или управление полосой пропускания).

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

На основе учета всех требований маршрутизации и правил высокого уровня (policies), пограничный LSR выбирает и присваивает метку, которая записывается в заголовок пакета, после чего пакет передается дальше.

Этап 4. Устройство LSR, находящееся в опорной сети, считывает метки каждого пакета, заменяет старые метки новыми (новые метки определяются по локальной таблице) и передает пакет дальше. Эта операция повторяется в каждой точке передачи пакета по опорной сети.

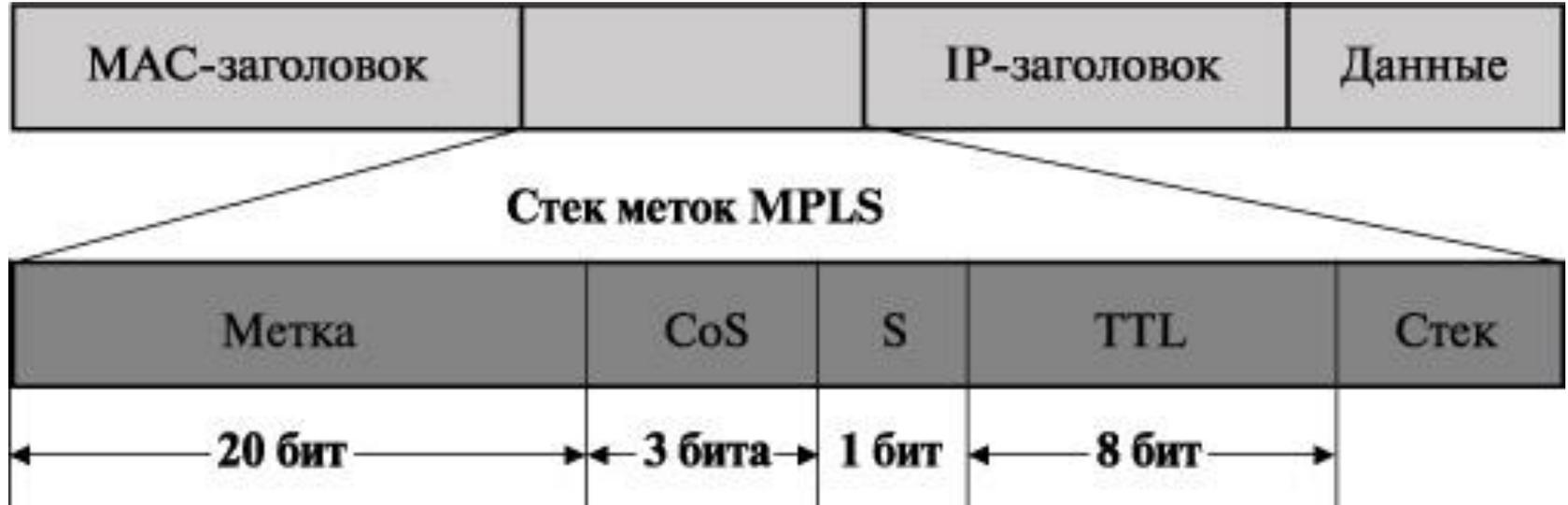
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Этап 5. На выходе пакет попадает в пограничный LSR, который удаляет метку, считывает заголовок пакета и передает пакет по месту назначения.

В магистральных LSR метка MPLS, содержащая информацию 3-го уровня, сравнивается с заранее рассчитанными таблицами коммутации. Это позволяет каждому устройству LSR автоматически оказывать каждому пакету необходимые IP-услуги.

Таблицы рассчитываются заранее, что снимает необходимость повторной обработки пакетов в каждой точке передачи.

Метки и механизмы MPLS



Формат записи стека меток

Метки и механизмы MPLS:

Метка представляет собой последовательность записей.

Каждая запись в стек имеет длину 4 октета.

Запись меток размещается после заголовка канального уровня, и перед заголовком сетевого уровня (например между Ethernet- и IP-заголовком). Верх стека записывается первым, а дно – последним. Сетевой заголовок следует сразу за записью стека меток с битом $S=1$.

Каждая запись стека меток содержит в себе следующие поля:

Метки и механизмы MPLS

Дно стека (S) является средством поддержки иерархической структуры стека меток MPLS. В заголовке последней (т. е. самой глубокой или нижней) метки бит $S=1$, а во всех остальных метках в стеке бит $S=0$..

Время жизни (TTL) Это 8-битовое поле служит для представления значения времени жизни пакета. Данное поле является механизмом, предотвращающим возможность бесконечной циркуляции пакетов по сети вследствие образования закольцованных маршрутов. Байт TTL находится в конце заголовка метки

Метки и механизмы MPLS

Экспериментальное поле (CoS) Это 3-битовое поле зарезервировано для экспериментальных целей (QoS), (для поддержки дифференцированного обслуживания разнотипного трафика и идентификации класса обслуживания). Первоначально это поле так и называлось – "Класс обслуживания" (CoS), и это название до сих пор широко распространено. При предоставлении дифференцированных услуг MPLS-сети это поле может указывать определенный класс обслуживания, например аналогичный классам DiffServ.

Метки и механизмы MPLS

Значение метки Это 20-битовое поле несет в себе код метки.

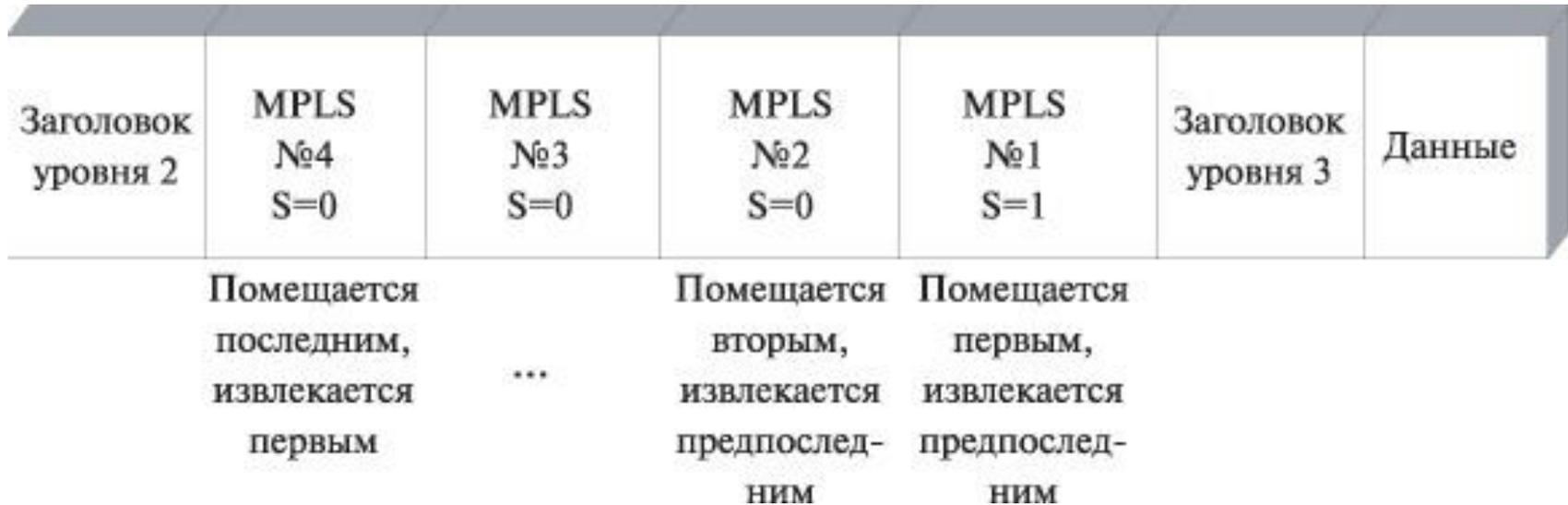
Когда получен помеченный пакет, анализируется значение метки наверху стека. В результате этого анализа определяется:

- следующий шаг, куда должен быть переадресован пакет;
- операция, которая должна быть выполнена со стеком меток до переадресации. Эта операция может быть заменой метки на вершине стека, или удалением записи из стека, или замещением верхней позиции в стеке и занесением туда затем одной или более новых записей

Метки и механизмы MPLS

Метки имеют только локальное значение и многократно переиспользуются в крупных сетях, поэтому исчерпать запас меток практически невозможно.

Стек меток MPLS



Формат записи стека меток

Возможность иметь в пакете более одной метки в виде стека позволяет создавать иерархию меток, что открывает дорогу многим приложениям.

Стек меток MPLS

MPLS может выполнить со стеком следующие операции: помещать метку в стек, удалять метку из стека и заменять метку. Эти операции могут использоваться для слияния и разветвления информационных потоков. Операция помещения метки в стек (push operation) добавляет новую метку поверх стека, а операция удаления метки из стека (pop operation) удаляет верхнюю метку стека.

Стек меток MPLS

Согласно правилам инкапсуляции меток, за меткой MPLS в пакете всегда должен следовать заголовок сетевого уровня. Так как MPLS начинает работу верхнего уровня стека, этот стек используется по принципу LIFO "последним пришел, первым ушел".

Заголовок MPLS № 1 был первым заголовком MPLS, помещенным в пакет, затем в него были помещены заголовки № 2, № 3 и, наконец, заголовок № 4. Коммутация по меткам всегда использует верхнюю метку стека (№ 4), и метки удаляются из пакета так, как это определено выходным узлом для каждого LSP, по которому следует пакет

Стек меток MPLS

Бит S имеет значение 1 в нижней метке стека и 0 – во всех остальных метках. Каждая метка стека имеет собственные значения поля EXP (эксперимент. поле, класс обсл.), S-бита и поля TTL. При использовании протоколов коммутации на уровне звена данных, таких как ATM и Frame Relay, верхняя MPLS-метка вписывается в поле идентификаторов этих протоколов. В тех случаях, когда MPLS обеспечивает пересылку IP-пакетов сетевого уровня и когда технология уровня звена данных не поддерживает собственное поле меток, MPLS-заголовок должен инкапсулироваться между заголовками уровня звена данных и сетевого уровня.

Протоколы MPLS

Протокол LDP (Label Distribution Protocol)

производит распределение меток по всем LSR.

В спецификации LDP к настоящему моменту установлены два типа элементов, с помощью которых может определяться FEC:

- Address Prefix – адресный префикс любой длины от нуля до полного адреса;
- Host Address – полный адрес хоста.

Решения о назначении меток могут основываться на критериях пересылки, таких как:

- одноадресная маршрутизация к получателю;
- оптимизация распределения трафика в сети;

Протоколы MPLS

- многоадресная рассылка;
- виртуальная частная сеть VPN;
- механизмы обеспечения качества обслуживания QoS и др.

Для распределения меток могут использоваться разные методы:

- метод на основе топологии (topology-based method); использует стандартную обработку протоколов маршрутизации (например OSPF и BGP);
- метод на основе запросов (request-based method); использует обработку управляющего протокола на основе запросов (например, протокола RSVP);

Протоколы MPLS

- метод на основе трафика (traffic-based method); запускает процедуру присвоения и распределения меток при получении пакета. Во всех этих случаях архитектурой MPLS предусматривается, что назначение метки, то есть ее привязку к определенному FEC, производит LSR, который является выходным пограничным маршрутизатором для пакетов этого FEC – нижний или нижестоящий LSR, а расположенный "выше по течению" LSR – верхний или вышестоящий LSR .

Протоколы MPLS

Таким образом, назначение меток всегда производится снизу, то есть в сторону, противоположную направлению трафика. Нижний LSR информирует соседние верхние LSR о том, какие метки он привязал к каждому FEC поступающих к нему пакетов. Этот процесс и называется распределением меток, а обеспечивает его протокол распределения меток LDP.

Протоколы MPLS

Таким образом, назначение меток всегда производится снизу, то есть в сторону, противоположную направлению трафика. Нижний LSR информирует соседние верхние LSR о том, какие метки он привязал к каждому FEC поступающих к нему пакетов. Этот процесс и называется распределением меток, а обеспечивает его протокол распределения меток LDP.

Протоколы MPLS

Таким образом, назначение меток всегда производится снизу, то есть в сторону, противоположную направлению трафика. Нижний LSR информирует соседние верхние LSR о том, какие метки он привязал к каждому FEC поступающих к нему пакетов. Этот процесс и называется распределением меток, а обеспечивает его протокол распределения меток LDP.

Протоколы MPLS

Могут применяться модификации существующих протоколов маршрутизации, позволяющие использовать их для передачи информации о метках, например протокол BGP, RSVP также имеет расширения, обеспечивающие поддержку обмена метками с уведомлением.

Но все же протокол распределения меток LDP был признан комитетом IETF наиболее удачным и, что еще важнее, хорошо специфицирован им. LDP устанавливает надежные транспортные соединения со смежными маршрутизаторами LSR по протоколу TCP.

Протоколы MPLS

Протокол распределения меток LDP представляет собой набор процедур и сообщений, при помощи которых LSR организует тракты коммутации по меткам, обмениваясь информацией о привязке меток в FEC с "соседними" LSR, создаёт и удаляет маршруты LSP.

Процедуры протокола LDP позволяют LSR, выполняющему этот протокол, создавать тракты LSP. Конечной точкой такого тракта является либо смежный LSR, имеющий прямую связь с данным LSR, либо выходной LSR, доступный этому LSR через некоторое количество транзитных LSR

Протоколы MPLS

Процессы обнаружения конечных точек этих двух типов называются соответственно **процессом базового обнаружения** и **процессом расширенного обнаружения**.

LDP создает двустороннюю связь двух смежных LSR, которые становятся одноранговыми узлами LDP, взаимодействующими друг с другом посредством LDP-сеанса.

При обмене между LSR информацией, связанной с привязкой "метка-FEC", используются четыре категории сообщений LDP:

Протоколы MPLS

- **сообщения обнаружения** (discovery messages), используемые для того, чтобы объявить и поддерживать присутствие LSR в сети;
- **сеансовые сообщения** (session messages), предназначенные для создания, поддержки и прекращения LDP-сеансов между LSR;
- **сообщения-объявления** (advertisement messages), используемые для создания, изменения и отмены привязки метки к FEC;
- **уведомляющие сообщения** (notification messages), содержащие вспомогательную информацию и информацию об ошибках.

Протоколы MPLS

Хотя "раздает" метки всегда нижний LSR, инициатором их распределения не обязательно должен быть он; процесс может инициировать и верхний LSR, направив к нижнему LSR соответствующий запрос; такой режим называется downstream on-demand. В той или иной сети может использоваться распределение меток либо только по запросам сверху, либо только по инициативе нижнего LSR (unsolicited downstream), либо и то и другое вместе. Для пересылки сообщений LDP используется протокол TCP (порт 646)

Протоколы MPLS

Распределение меток может быть **независимым** или **упорядоченным**.

В первом случае LSR может уведомить вышестоящий LSR о привязке метки к FEC до того, как получит информацию о привязке от нижестоящего LSR.

Во втором случае высылать подобное уведомление "наверх" разрешается только после получения таких сведений "снизу".

Нижний LSR распределяет метки не только по тем верхним LSR, которые имеют с ним прямые связи, может быть использован и для диалога двух LSR.

Протоколы MPLS

Протокол CR-LDP

Протокол LDP может следовать только таблицам маршрутизации IP. Чтобы преодолеть ограничение, было предложено расширение LDP, названное CR-LDR (Constraint-based Routing LDP, протокол распределения меток с учётом ограничений).

Протокол CR-LDP является вариантом LDP, в котором определены механизмы создания и поддержания трактов LSP с явно заданным маршрутом. Для создания тракта CR-LSP используется больше информации, чем можно получить от традиционных протоколов внутренней маршрутизации

Протоколы MPLS

RSVP для MPLS

RSVP, как и DiffServ, не найдя широкого самостоятельного применения, успешно влился в технологию MPLS, способствуя, наряду с CR-LDP, улучшению ее характеристик.

Первой из двух функций, возложенных на RSVP технологией MPLS, является распределение меток (вместо протокола LDP). Вторая, традиционная для RSVP роль заключается в поддержании QoS в сети MPLS. Вне зависимости от используемого протокола распределения меток, маршрутизаторы LSR должны согласовать между собой параметры QoS для каждого FEC.

Протоколы MPLS

Управление трафиком в MPLS (TE)

Протокол MPLS стратегически достаточен для управления трафиком, и существует возможность автоматизировать функции такого управления. Для этого сигнальные протоколы MPLS должны переносить информацию, которая необходима для работы механизмов управления трафиком, находящихся на прикладном уровне, а также создавать LSP с явно заданными маршрутами.

RSVP-TE;

CR-LDP.

Протоколы MPLS

В первом варианте протокол RSVP должен делать в сети MPLS то же, что он делает в сетях IP, а именно – обрабатывать информацию, связанную с QoS, и резервировать ресурсы. Необходимо лишь добавить к этому возможности распределения меток. Во втором варианте в протокол LDP добавлено несколько новых объектов, обеспечивающих перенос информации о QoS.

На сегодняшний день оба протокола достаточно развиты.

GMPLS

Generalized MultiProtocol Label Switching – обобщённая многопротокольная коммутация по меткам.

Она распространяет основные идеи технологии MPLS, предназначенной для обработки IP, на оптические сети, построенные на основе технологии SDH и WDM.

В архитектуре MPLS предполагается, что маршрутизаторы LSR способны

- распознавать границы пакетов или ячеек,
- обрабатывать заголовки пакетов.

GMPLS

В GMPLS исходная архитектура распространена на LSR, которые не могут распознавать ни границы пакетов, ни границы ячеек, и, следовательно, не могут переадресовать данные на основе информации, содержащейся в заголовках пакетов или ячеек. Такие LSR в частности включают в себя приборы, где решение о переадресации принимается на основе временного домена, длины волны или номера физического порта.

Подобные LSR (точнее интерфейсы LSR) могут быть отнесены к следующим классам:

GMPLS

1. Интерфейсы, которые распознают границы пакетов/ячеек и могут переадресовать данные с учётом содержимого заголовка пакета/ячейки. Примерами могут служить интерфейсы маршрутизаторов, которые переадресуют данные на основе содержимого промежуточных заголовков, интерфейсы ATM-LSR, которые переадресуют данные на основе VPI/VCI ATM. Такие интерфейсы считаются способными коммутировать пакеты (**PSC - Packet-Switch Capable**).

GMPLS

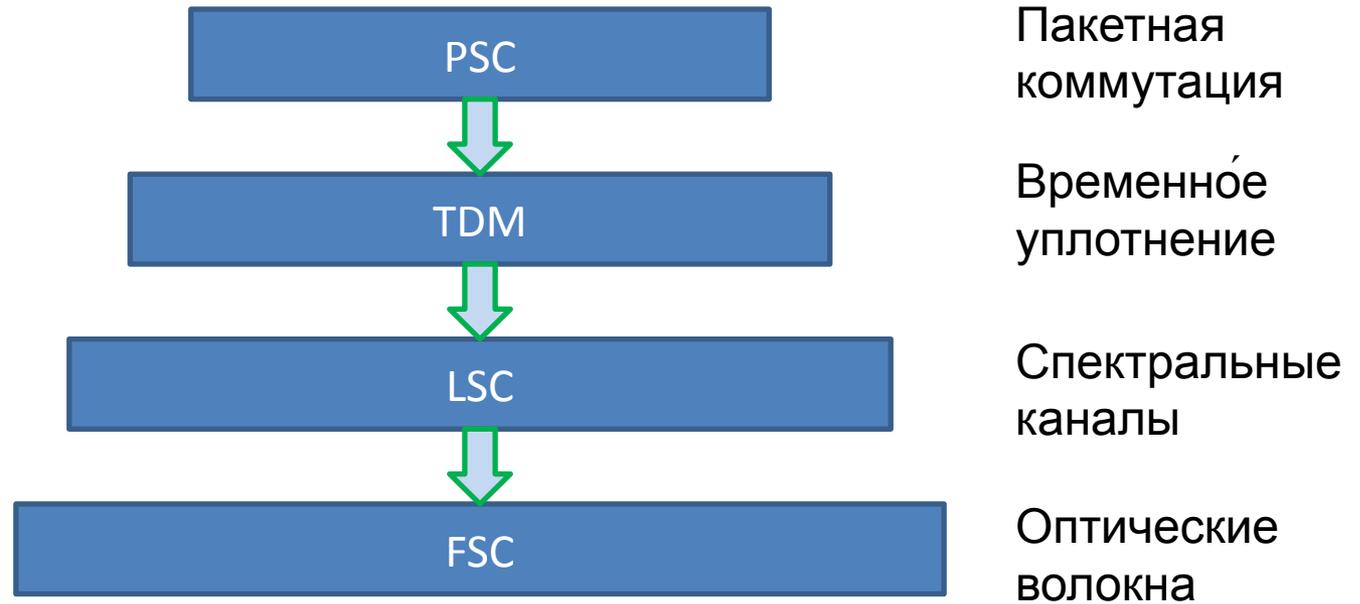
2. Интерфейсы, которые переадресуют данные на основе циклических временных доменов. Примером такого интерфейса является соединение SONET/SDH. Такие интерфейсы считаются мультиплексирующими по времени (**TDM**).
3. Интерфейсы, которые переадресуют данные на основе длины волны, на которой данные получены. Примером такого интерфейса являются оптические коммутаторы, которые работают на уровне отдельных длин волн. Такие интерфейсы считаются λ -переключателями **LSC (Lambda Switch Capable)**.

GMPLS

4. Интерфейсы, которые переадресуют данные на основе положения данных в реальном физическом пространстве. Примером такого интерфейса является оптическое подключение, которое работает на уровне одного (или нескольких) волокон. Такие интерфейсы считаются оптическими переключателями **FSC (Fiber-Switch Capable)**.

Использование концепции вложенных путей с коммутацией по меткам (LSP) позволяет системе масштабировать построение иерархии переадресаций. Наверху этой иерархии интерфейсы FSC, далее следуют интерфейсы LSC, затем TDM, и, наконец, PSC.

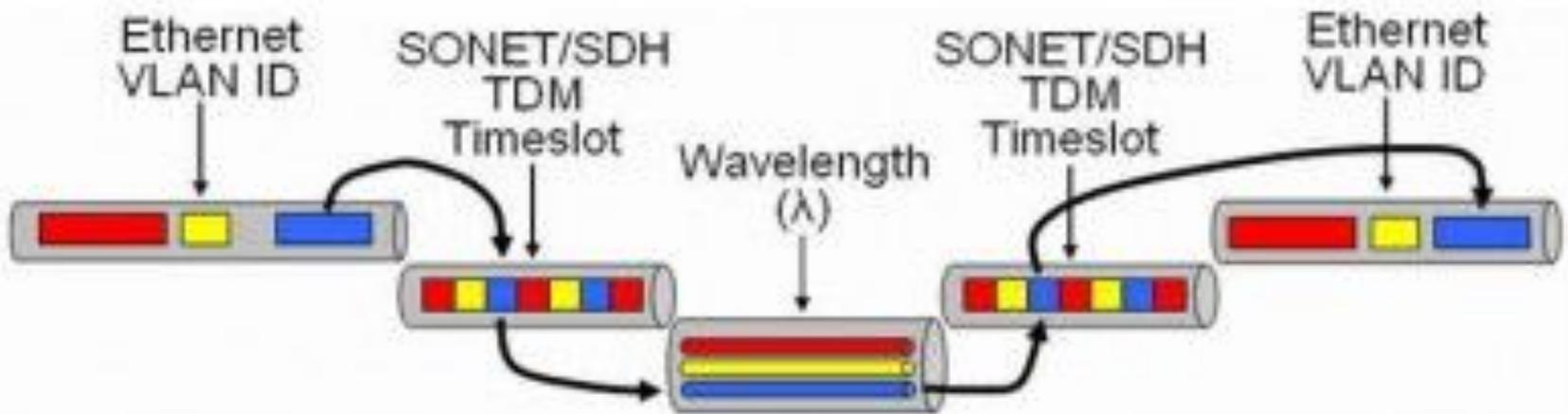
GMPLS



Таким образом, LSP, который имеет на входе и выходе интерфейс PSC, может образовывать цепи вложения с другими LSP, формируя LSP, который начинается и завершается интерфейсом TDM.

GMPLS

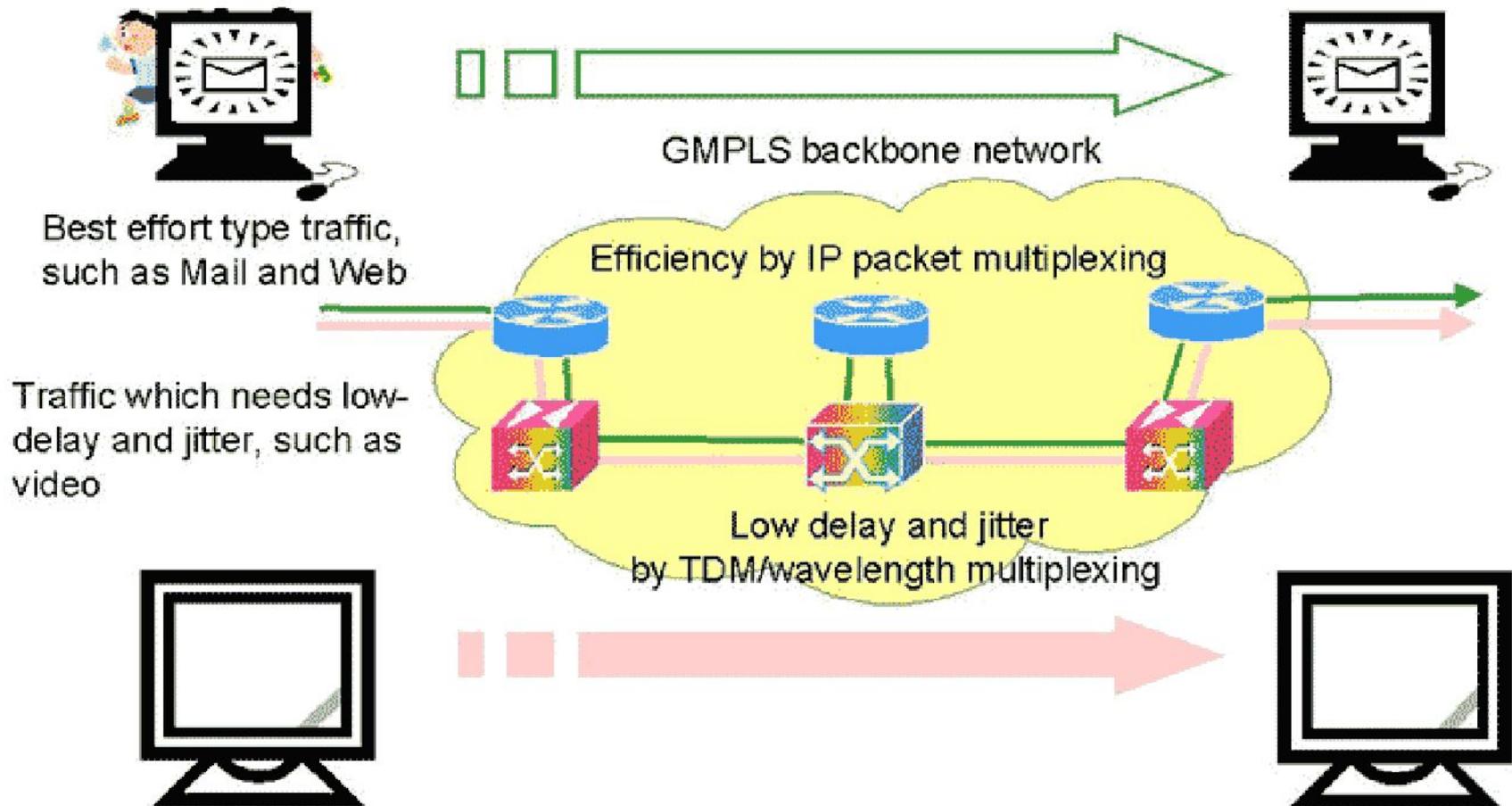
Этот LSP, в свою очередь, может вкладываться (вместе с другими LSP) в LSP, который начинается и завершается интерфейсом LSC, который в свою очередь вкладывается совместно с другими LSP в LSP, который начинается и завершается интерфейсом FSC.



GMPLS

Обобщённый MPLS отличается от традиционного MPLS тем, что он поддерживает множество различных типов коммутации: TDM, λ , и волоконную коммутацию. Поддержка дополнительных видов коммутации требует расширения базовых функций MPLS и, в некоторых случаях, добавления дополнительных функций. Эти изменения и добавления оказывают влияние на то, как осуществляются запросы и транспортировка меток, как пересылаются сообщения об ошибках и как выполняется синхронизация на входе и на выходе.

GMPLS



Передача информации различных классов в сетях
GMPLS

GMPLS

Для расширения области применения MPLS в сферу оптики и временных доменов, необходимо несколько новых форм меток. Эти новые формы меток называются "обобщёнными метками". Обобщённая метка содержит достаточно информации, чтобы позволить принимающему узлу программировать коммутацию вне зависимости от типа этого соединения.

GMPLS

Обобщённая метка расширяет функциональность традиционной метки, допуская представление не только меток, которые транспортируются соответствующими информационными пакетами, но также меток, которые идентифицируют временные домены, длины волн, или физические волокна (пространственное мультиплексирование). Например, обобщённая метка может содержать данные, которые представляют (a) одно волокно из пучка, (b) один волновой диапазон в волокне, (c) одну длину волны из диапазона (или волокна), или (d) набор временных доменов для заданной длины волны (или волокна).

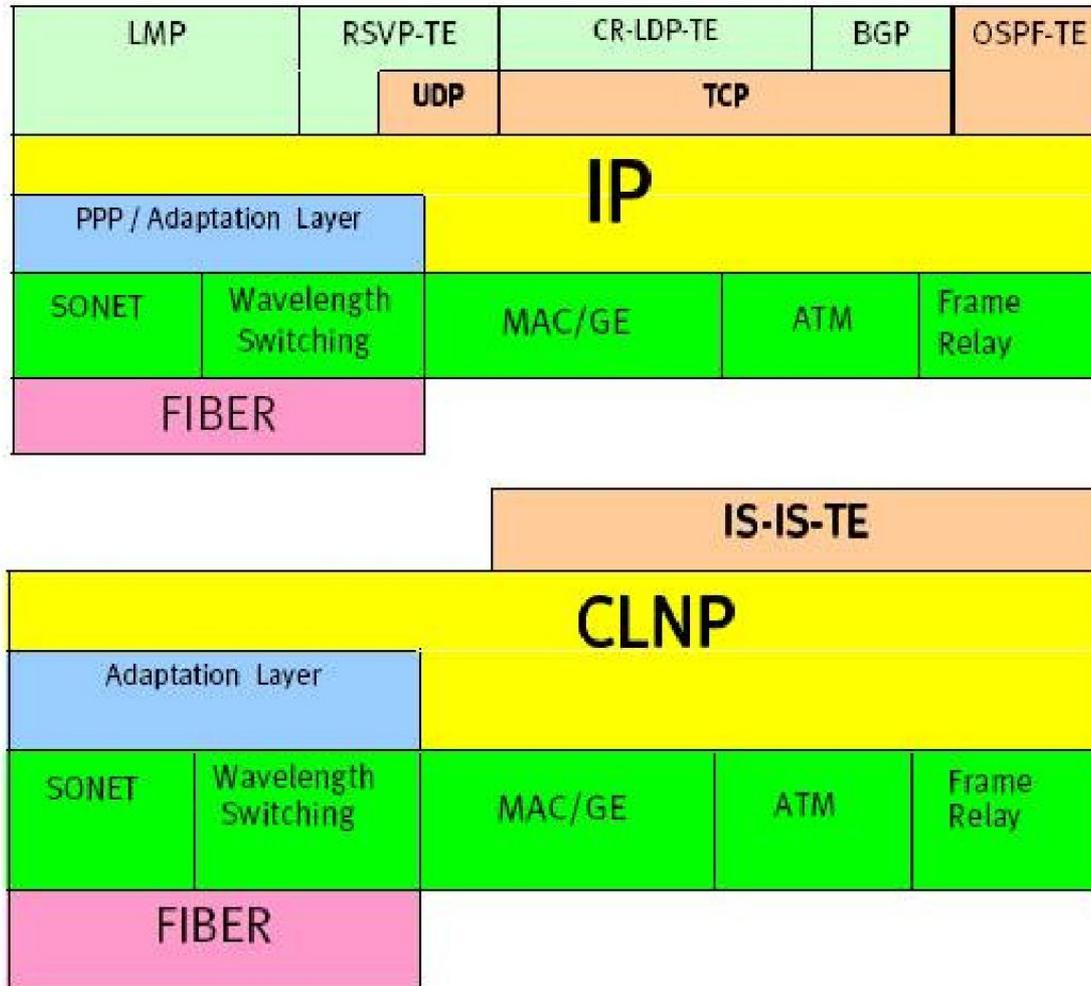
GMPLS

Метка может также нести данные о базовой метке MPLS, метке Frame Relay, или метке ATM (VCI/VPI).

Обобщённая метка не идентифицирует класс, к которому принадлежит метка. Это определяется возможностями мультиплексирования канала, где используется метка.

Обобщённая метка несёт в себе лишь метку одного уровня, т.е., она не является неиерархическим объектом. Когда требуется несколько уровней меток (LSP внутри LSP), каждый тракт LSP должен быть сформирован отдельно.

GMPLS



Архитектура уровней GMPLS для протоколов TCP/IP и OSI

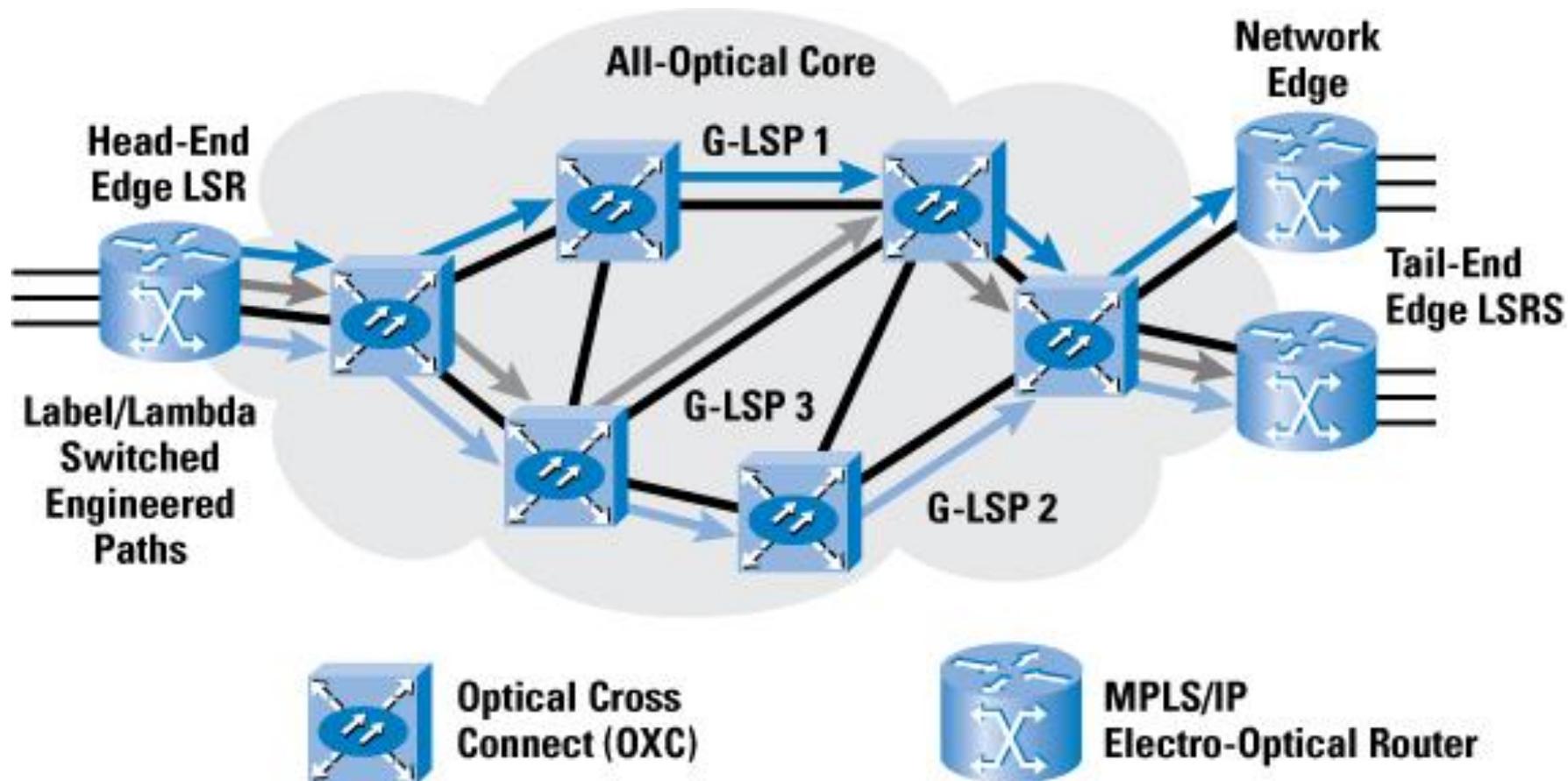
GMPLS

Технология GMPLS применяется главным образом на крупных магистральных сетях с интеграцией уровней первичной сети (оптического уровня: FS, WDM, и уровня временного мультиплексирования: SDH, OTN)

и вторичной сети (уровень пакетной коммутации). Полноценное внедрение GMPLS требует тесного взаимодействия оборудования и программного обеспечения этих уровней. Пока ещё это достижимо при использовании оборудования одного производителя.

На основе технологии GMPLS (в том числе) строятся интеллектуальные оптические сети ASON (Automatic Switched Optical Network).

GMPLS



Пример топологии сети гибридной (пакетной и оптической) коммутации на основе технологии GMPLS

GMPLS

В настоящее время GMPLS проходит стадию опытной эксплуатации и тестовых внедрений. Коммерческих сетей на основе GMPLS в России пока нет.

Для интересующихся - по тематике GMPLS есть множество литературы в сети Интернет.