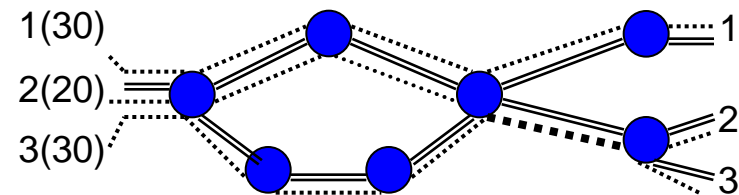


6. Многопротокольная коммутация по меткам (Multiprotocol Label Switching, MPLS) в реализации фрагментов Internet на базе ATM

6.1 Базовые идеи

Инжиниринг трафика

Протоколы маршрутизации класса IGP, такие как RIP и OSPF, действующие в пределах фрагмента (автономной системы) Internet, определяют один маршрут минимальной стоимости между окончательными системами. В определенных случаях это, как в структуре «рыба», противоречит требованиям QoS:



Пропускная способность каждой линии 100 Мбит/с, допустимый коэффициент использования $K_{исп} = 0.65$.

Потоки 1(30 Мбит/с) и 2 (20 Мбит/с) направляются по верхнему пути, в котором минимум хопов. Так же будет направлен и поток 3(30 Мбит/с), хотя при этом $K_{исп}$ близок к 1 (перегрузка).

Если же поток 3 идет по нижнему пути, то $K_{исп}$ для верхнего пути равен 0.5, для нижнего 0.3.

Получение приемлемого коэффициента использования определенного ресурса при распределении трафика по нескольким маршрутам обеспечивается *инжинирингом трафика (traffic engineering, TE)*.

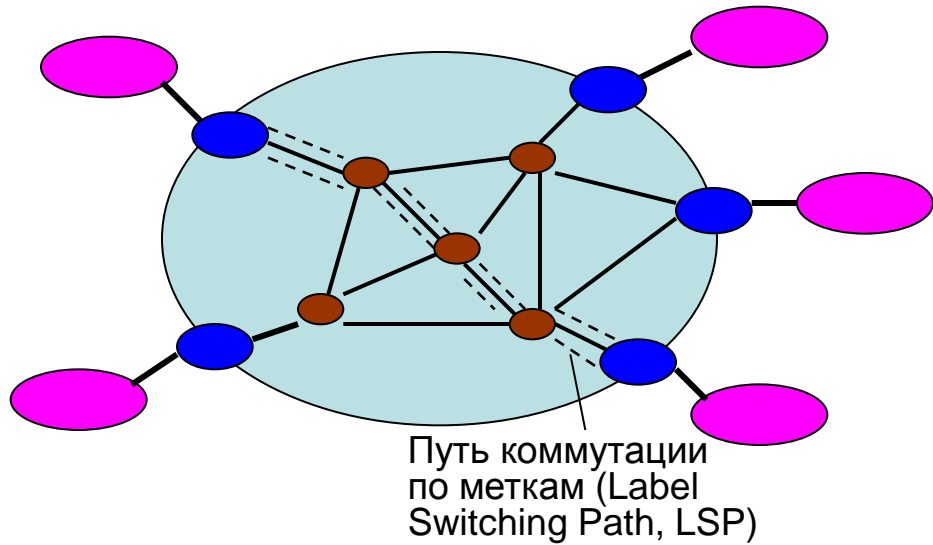
Коммутация по меткам


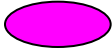


В обоих вариантах (IGP и TE) уровень качества обслуживания в большой степени зависит от эффективности процедур маршрутизации. Это особенно важно для доменов, которые объединяют сети, использующие IP-маршрутизацию, - через эти домены проходит множество потоков, и их магистральные маршрутизаторы нагружены операциями с таблицами большого объема.

Решение предполагает объединение технологий выбора маршрута Internet и быстрой коммутации потока ATM в одном устройстве. На принципиальном уровне оно универсально и может быть применено к другим сетевым технологиям соответствующей функциональности.

6.2 Принципы реализации технологии MPLS в составе Internet

6.2.1 Структура MPLS-домена



-  MPLS - домен
-  объединяемые сети с IP-маршрутизацией
-  Пограничный коммутирующий по меткам маршрутизатор (Label Switch Edge Router, LER)
-  Коммутирующий по меткам маршрутизатор (Label Switch Router, LSR)

В маршрутизаторах LER и LSR объединяются технологии IP-выбора марш-та и вирт. каналов.

Каждому IP-маршруту между двумя пограничными LER через промежуточные LSR, проложенному протоколом класса IGP, соответствуют два виртуальных соединения (дуплекс) – путь коммутации по меткам Label Switching Path (LSP). Он формируется предварительно с использованием протокола LDP (Label Distribution Protocol), и новый поток между LER запускается без установления соединения.

MPLS на базе ATM

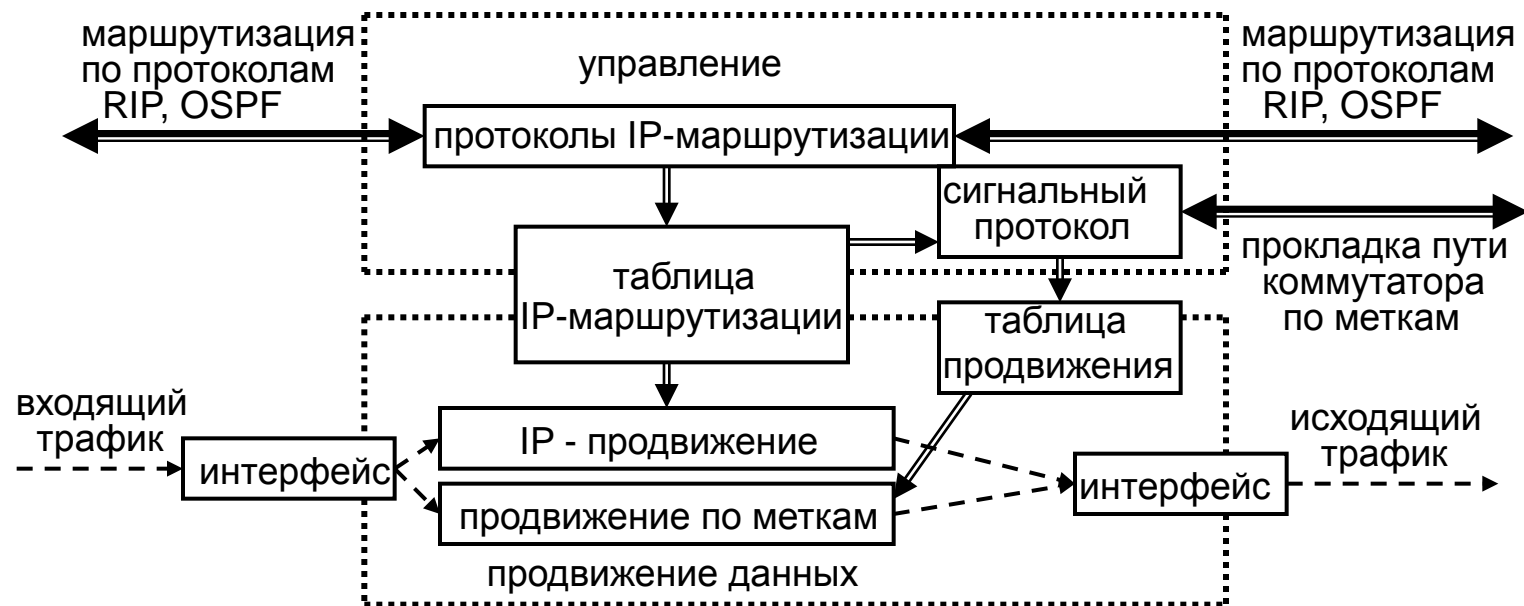


Остаток заголовка MPLS:
Время жизни (TTL)
Класс услуги (COS)
Признак дна стека (S)

Входной маршрутизатор LER преобразует IP-пакет в ячейки (метка располагается в поле VPI/VCI) и направляет их вдоль пути коммутации по меткам. Последний в пути LSR убирает метку и передает ячейку в выходной LER, который собирает IP-пакет из ячеек.

6.2.2 Маршрутизаторы MPLS-домена

Архитектура маршрутизатора



Верхняя часть схемы, реализуя протоколы класса IGP, формирует таблицу IP-маршрутизации, на основании которой выполняется IP-продвижение пакетов.

На базе таблицы IP-маршрутизации сигнальный протокол LDP строит таблицу продвижения по меткам, которая используется при передаче потока IP-пакетов, трансформированных в ячейки ATM.

Пример одноуровневой таблицы продвижения

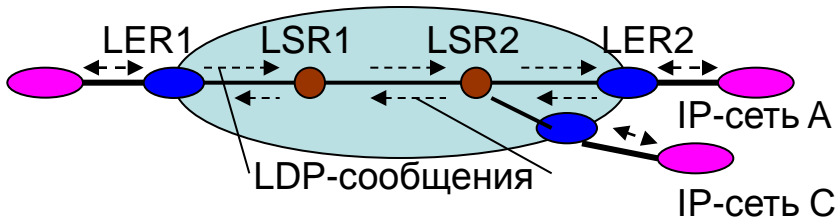
входной интерфейс	метка	следующий хоп	действия
ia	VPI/VCI-ia1	ob	VPI/VCI-ob1
ia	VPI/VCI-ia2	oc	VPI/VCI-oc1
...

ia – обозначение входного интерфейса
VPI/VCI-ia1, VPI/VCI-ia2 – обозначение меток, принятых на входном интерфейсе
ob, oc – обозначение выходных интерфейсов
VPI/VCI-ob1, VPI/VCI-oc1 – обозначение меток, передаваемых через выходные интерфейсы

6.3 Применение технологий MPLS

MPLS IGP

Ускорение продвижения пакетов соответственно топологии связи с IP-сетями *без учета интенсивности трафика*. Путь коммутации по меткам прокладывается протоколом LDP, если в таблице маршрутизации устройства LER появляется запись о новой IP-сети, внесенная протоколом IGP или администратором

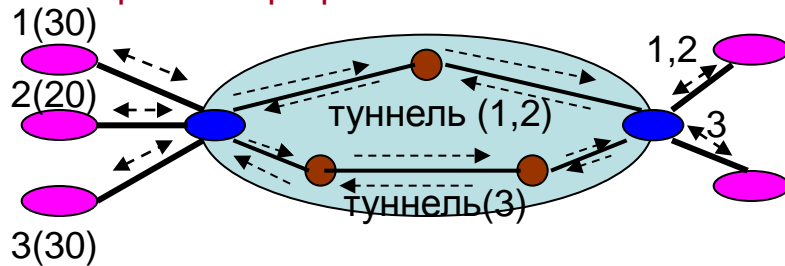


Пример: появление записи об IP-сети A в таблице LER1. Передача LDP-запроса от LER1 с меткой о формировании прямого пути к следующему маршрутизатору LSR1. Продолжение пути коммутации до пограничного LER2. LER2 передает выделенную метку обратного пути к LSR2. Продолжение обратного пути коммутации до LER1. Сформирован двусторонний путь между IP-сетями A и B.

При добавлении пути коммутации от LER1 до IP-сети C оба потока агрегируются в единый класс эквивалентности продвижения (Forwarding Equivalence Class, FEC) на хопах LER1-LSR1-LSR2.

MPLS TE

Пути коммутации по меткам обеспечивают пропускную способность на хопах сети в соответствии с инжинирингом трафика.



Предыдущий пример («рыба»): при пропускной способности всех линий 100 Мбит/с коэффициент использования линий верхнего пути равен 0.5, нижнего – 0.3. Путь коммутации по меткам в этой технологии называется «туннелем» и заказывается администратором; для каждого туннеля администратор задает параметры подлежащего передаче трафика (необходимость профилирования в LER).

Строгий TE-туннель: заказываются все маршрутизаторы на пути и параметры пропускной способности.

Свободный TE-туннель: заказываются пограничные маршрутизаторы, промежуточные автоматически определяются от начального LER по данным о состоянии связей, формируемых протоколом IGP.

Резервирование ресурсов в туннеле: проводится по намеченной трассе туннеля протоколом RSVP TE - получив сообщения протокола, узлы трассы вычитают заказанную пропускную способность из свободной.

6.4 Стек меток

Стек меток, находящийся в ячейке, позволяет связывать одноуровневые MPLS-сети разных провайдеров в общую иерархическую структуру

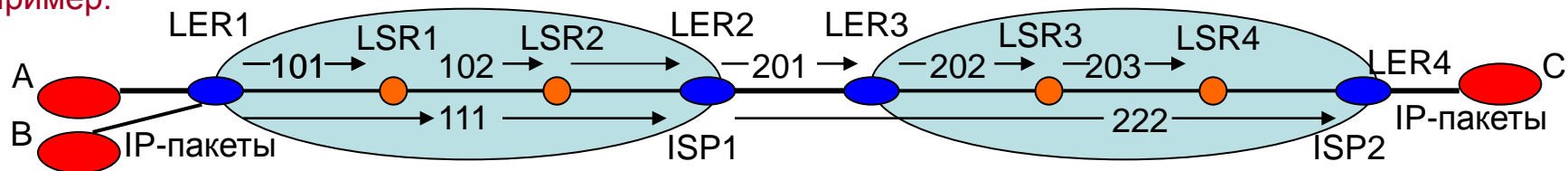
Элемент стека (в варианте MPLS ATM): метка MPLS (VPI/VCI) и остаток заголовка с битом S (дно стека.)

Предполагается, что текущая метка в заголовке ATM-ячейки расположена в верхушке стека.

Операции над стеком:

1. <заменяющая метка> Присвоить текущую метку ATM-ячейке.
2. Push
<новая метка> _____ Опустить текущую метку и находящееся под ней содержание стека на одну позицию;
_____ присвоить новую текущую метку,
3. Swap <новая метка> _____ Заменить старую метку новой (для дна стека).
4. Pop
_____ Вытолкнуть верхушку стека, поднять содержание стека на одну позицию.

Пример:



IP-сети A, B соединяются с сетью C двумя MPLS-сетями, принадлежащими провайдерам ISP1 и ISPS2.

В них создаются внутренние пути (нижний уровень иерархии) LER1- LER2 и LER3 - LER4.

Для передачи от A к C создается верхний уровень с меткой 111 для сети ISP1 и меткой 222 для ISP2.

	Входной интерфейс	метка	следующий хоп	действия
LER1	iler	-	oler	111. S Push 101
LSR1	ilsr	101	olsr	102
LSR2	ilsr	102	olsr	Pop
LER2	iler	111	oler	Swap 222.S Push 201

LER3	iler	201	oler	202
LSR3	ilsr	202	oler	203
LSR4	ilsr	203	oler	Pop
LER4	IP-пакеты к C, собранные из ATM-ячеек с меткой 222.S			