

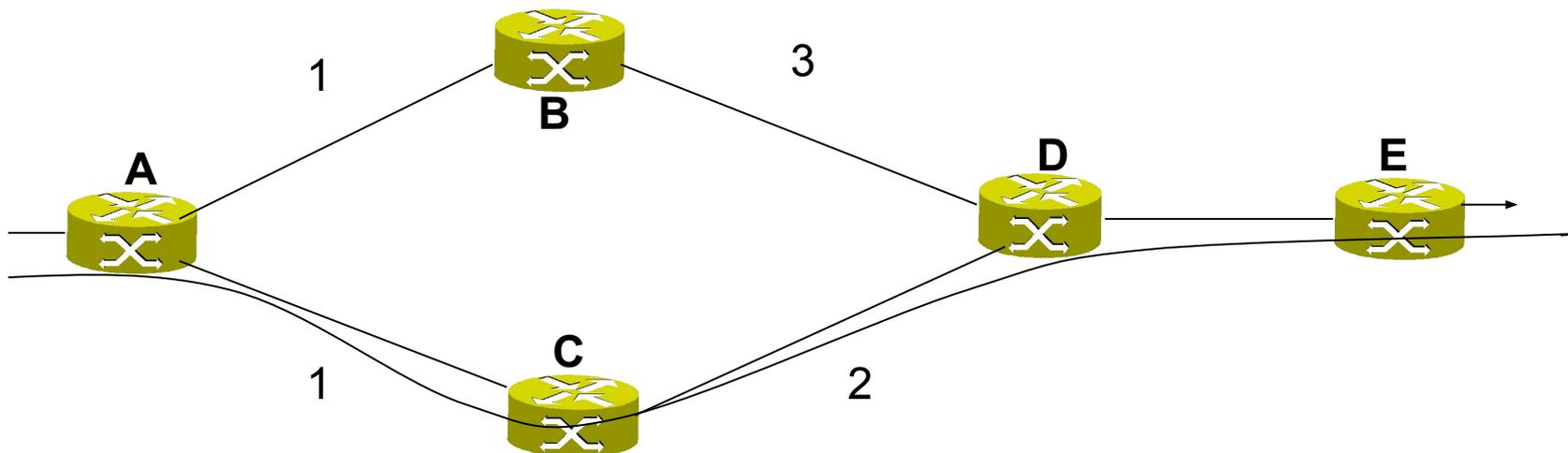
MPLS



MPLS

- MPLS—Multi-Protocol Label Switching
 - Multi-Protocol
 - Support multiple Layer-3 protocols, such as IP, IPv6, IPX, SNA
 - Label Switching
 - Label packets, and replace IP forwarding with label switching

- Появление MPLS обусловлено недостатками IP-маршрутизации: отсутствие балансировки нагрузки (кроме специальных настроек OSPF). Т.о. некоторые пути не используются, постоянное переназначение метрик приводит к нестабильности сети, управление трафиком посредством IGP слишком медленное, маршрутизация зависит только от топологии.

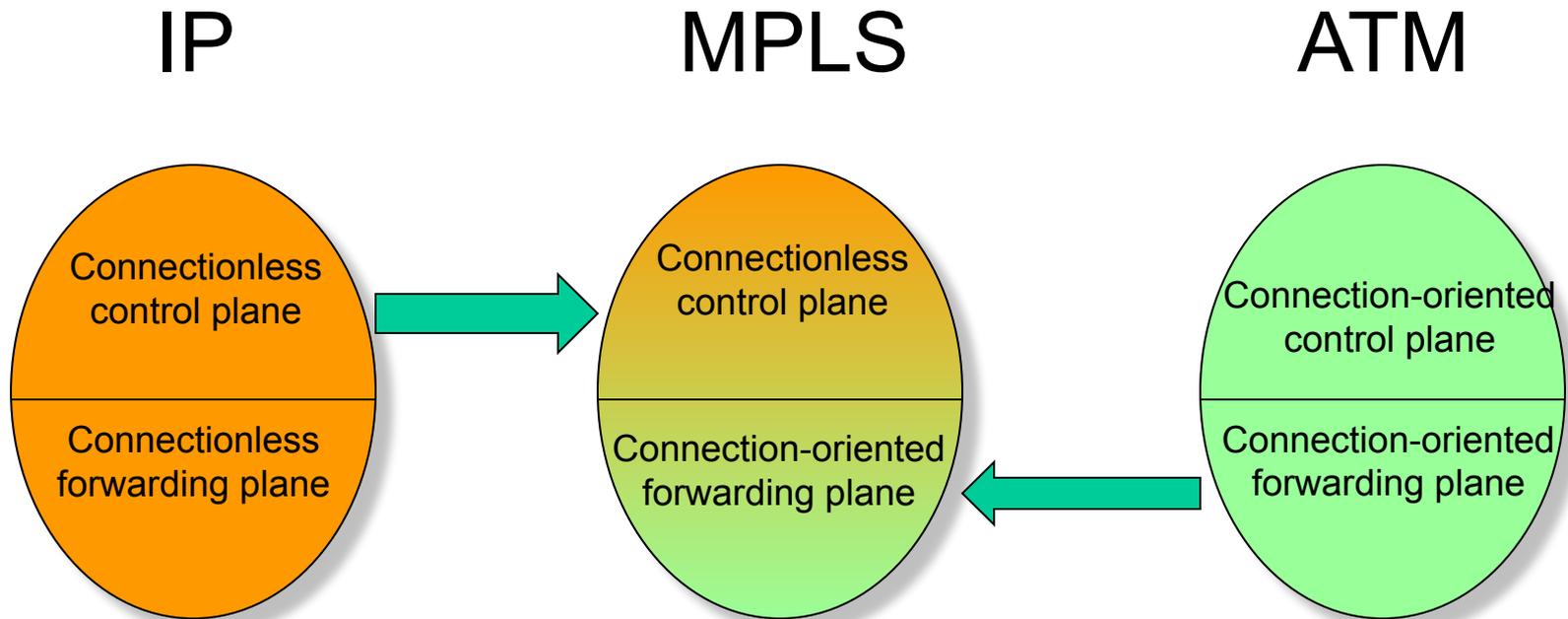


Пример: Используется путь A-C-D-E, путь A-B-D оказывается не загружен

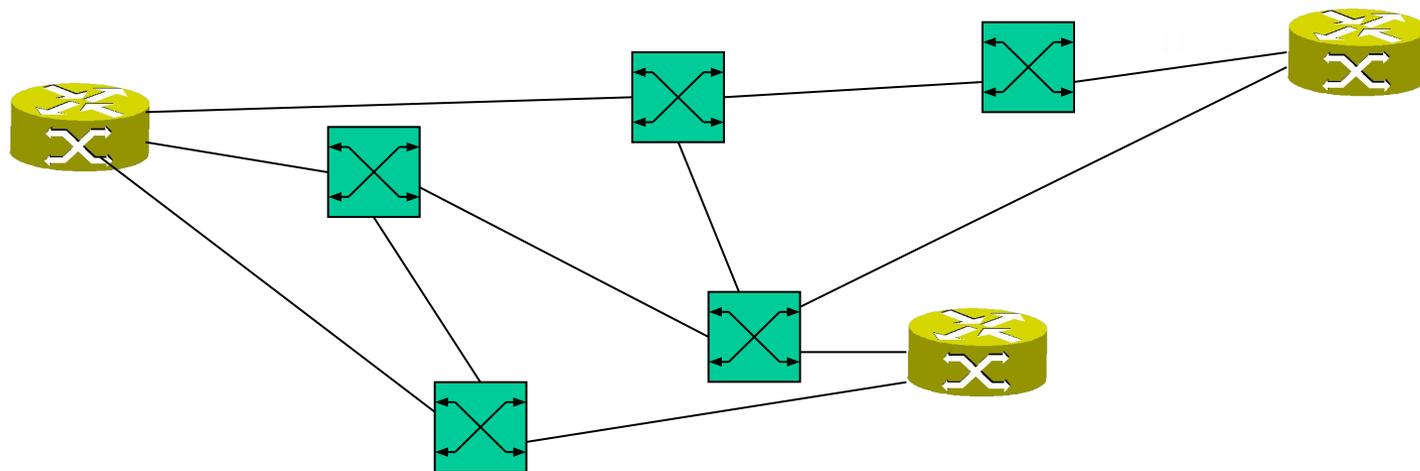
-
- **Multi Protocol Label Switching**
 - **MPLS** это эффективный механизм инкапсуляции
 - “**Labels**” прикрепляется к пакету (IP пакеты, AAL5 фреймы) для передачи данных
 - **MPLS** пакеты могут передаваться через любые layer 2 технологии, такие как ATM, FR, PPP, POS, Ethernet
 - С другой стороны layer 2 технологии могут передаваться через **MPLS** сеть
 - **MPLS** это технология для предоставления IP сервисов

- **Цель:** ускорить процесс маршрутизации IP-пакетов, расширить возможности обработки трафика в зависимости от типа приложения.
- **Идея:** коммутация меток. Каждый пакет снабжается меткой, которая несет в себе информацию о следующем узле сети. Метка добавляется к пакету (т. е. между 2 и 3 уровнем). Т.О. каждый пакет ассоциируется к определенным потоком.
- **Преимущества:** высокая скорость передачи пакетов за счет обработки метки короткого фиксированного размера (20 бит), анализ заголовка IP-пакета только на входе в MPLS-облако, эффективное управление трафиком, поддержка балансировки нагрузки, создание виртуальных каналов.

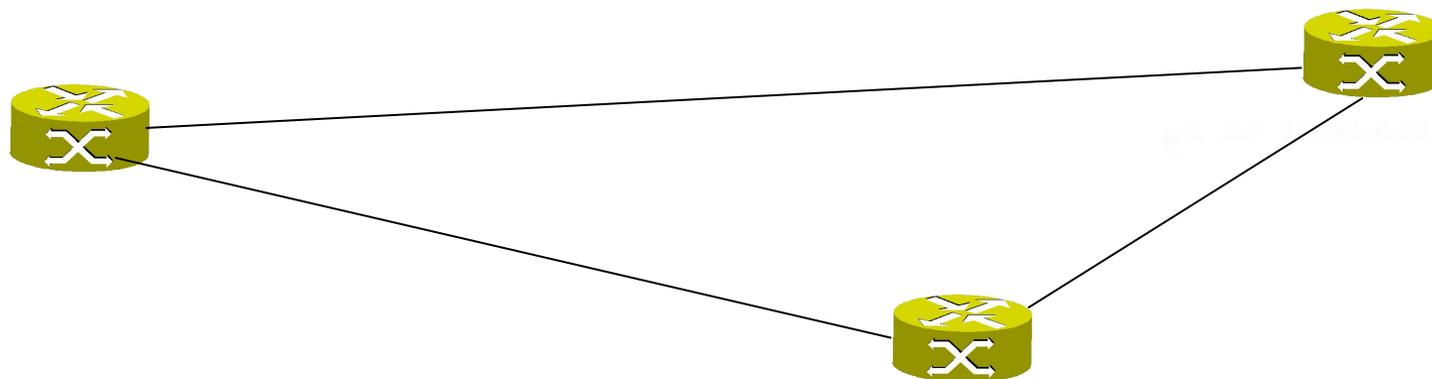
Origin: To Integrate IP with ATM



Физическая сеть



Логическая сеть



Заголовок метки для пакетной среды



Label=20 bits

COS/EXP=Class of Service, 3 bits

S=Bottom of Stack, 1 bit

TTL=Time to Live, 8 bits

Специальные метки

- Диапазон значений меток 0-15.
- Зарезервированы:
 - 0: явный ноль IPv4 – пакет должен быть освобожден от метки;
 - 1: метка предупреждения маршрута – пакет должен быть доставлен данному маршрутизатору;
 - 2: явный ноль IPv6 – пакет должен быть освобожден от метки;
 - 3: необходимость снятия метки, используется протоколами управления;
 - 4-15: свободны для использования.

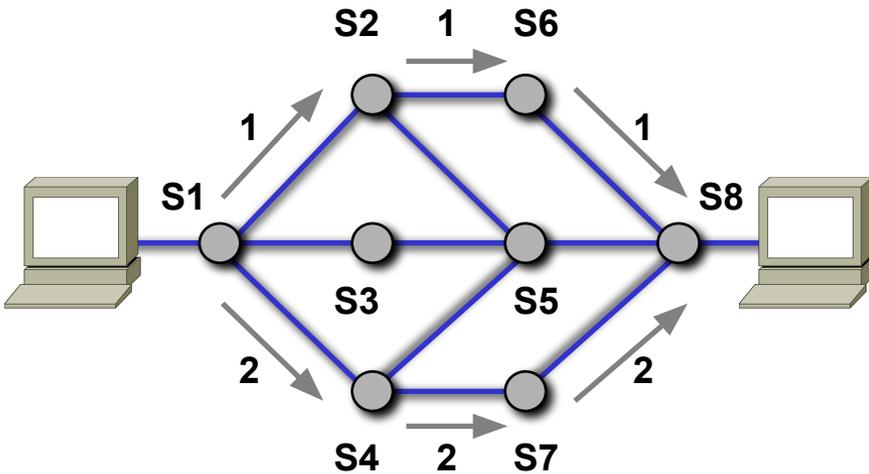
Способы назначения меток

- **Нисходящее назначение:** в направлении, обратном к потоку данных. Назначает исходящие метки.
- **Нисходящее назначение по требованию:** в направлении, обратном к потоку данных. Назначает исходящие метки по требованию предыдущего маршрутизатора.
- **Восходящее назначение:** по направлению потока данных. Назначает входящие метки.

Алгоритм обработки меток

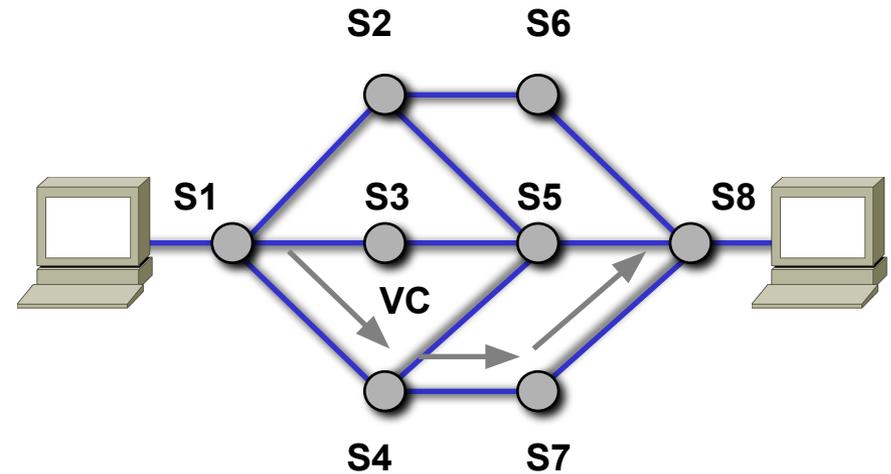
- Каждый узел содержит базу меток TIB (Tag Information Base) – т.е. таблицу перенаправлений, содержащую соответствие между полученной и исходящей меткой.
- Узел, получающий пакет, анализирует метку, ищет запись в TIB, изменяет метку на соответствующую и направляет на исходящий порт.
- Возможен мультикастинг: назначение на одну входящую метку несколько исходящих.

Connection-oriented Features



Connectionless: packet route

- Path 1 = S1, S2, S6, S8
- Path 2 = S1, S4, S7, S8
- The data reach their destination out of order along different paths

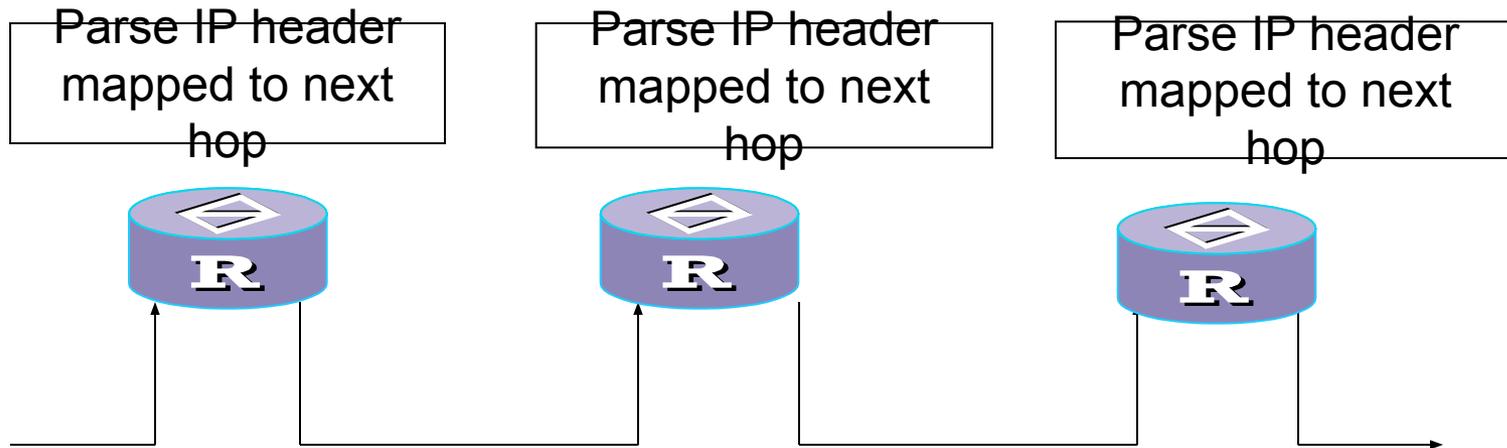


connection-oriented: cell switching

VC = S1, S4, S7, S8

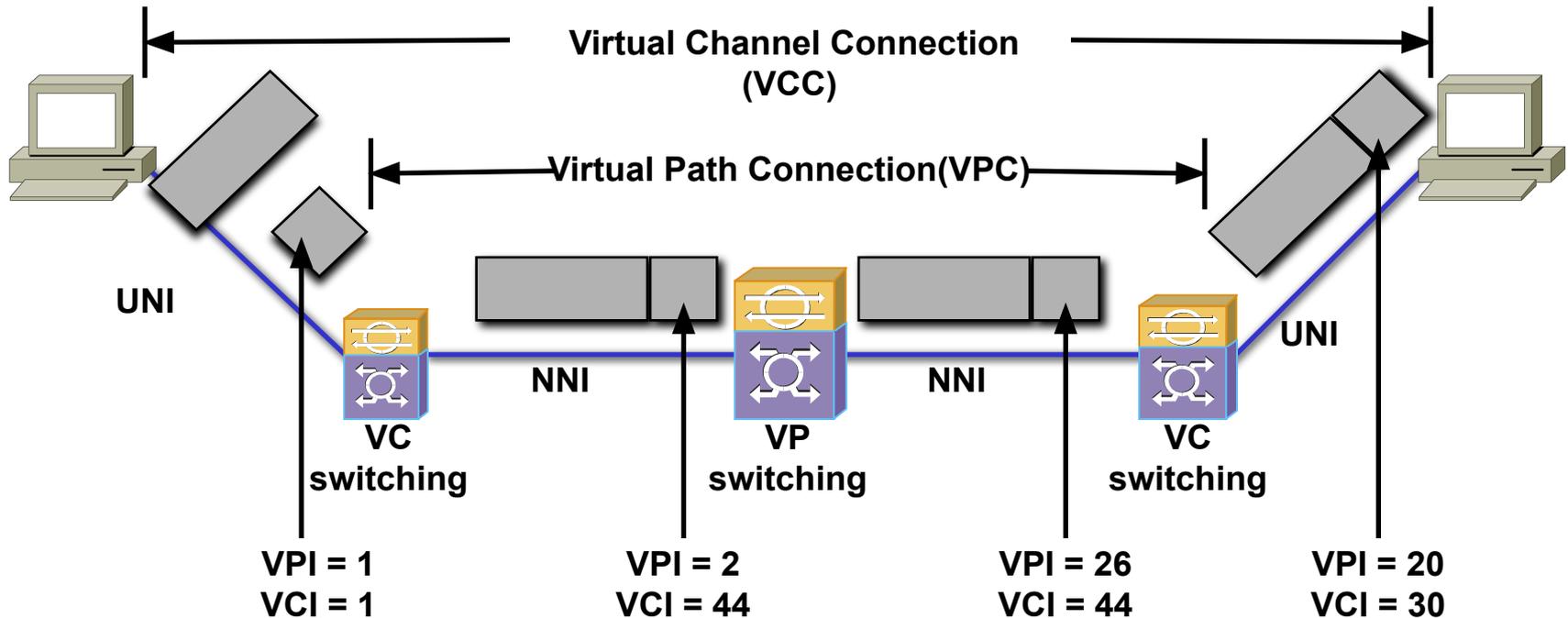
- The data reach their destination in order along the same connection
- Fixed time delay, easy to control
- Connection types: PVC SVC

Traditional IP Forwarding



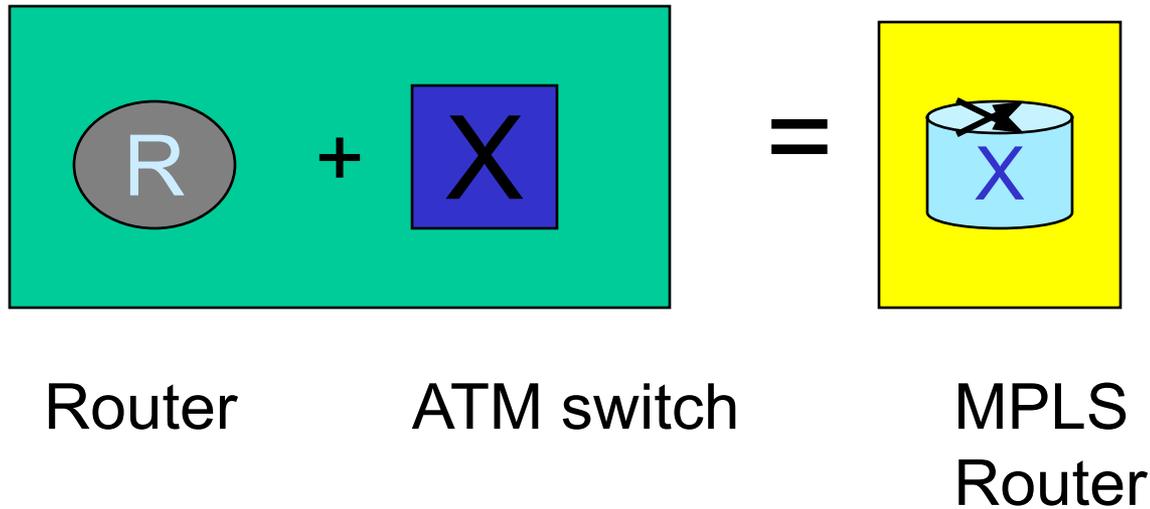
- IP заголовков анализируется на каждом этапе, в результате - низкая эффективность.
- Трудности реализации QoS и довольно низкая эффективность.
- Все маршрутизаторы должны знать все маршруты во всей сети.

ATM Switching Process



- **Connection-oriented**
- **Routing depending on link layer, based on VPI/VCI or label**
- **Ensure QoS and real-time service**

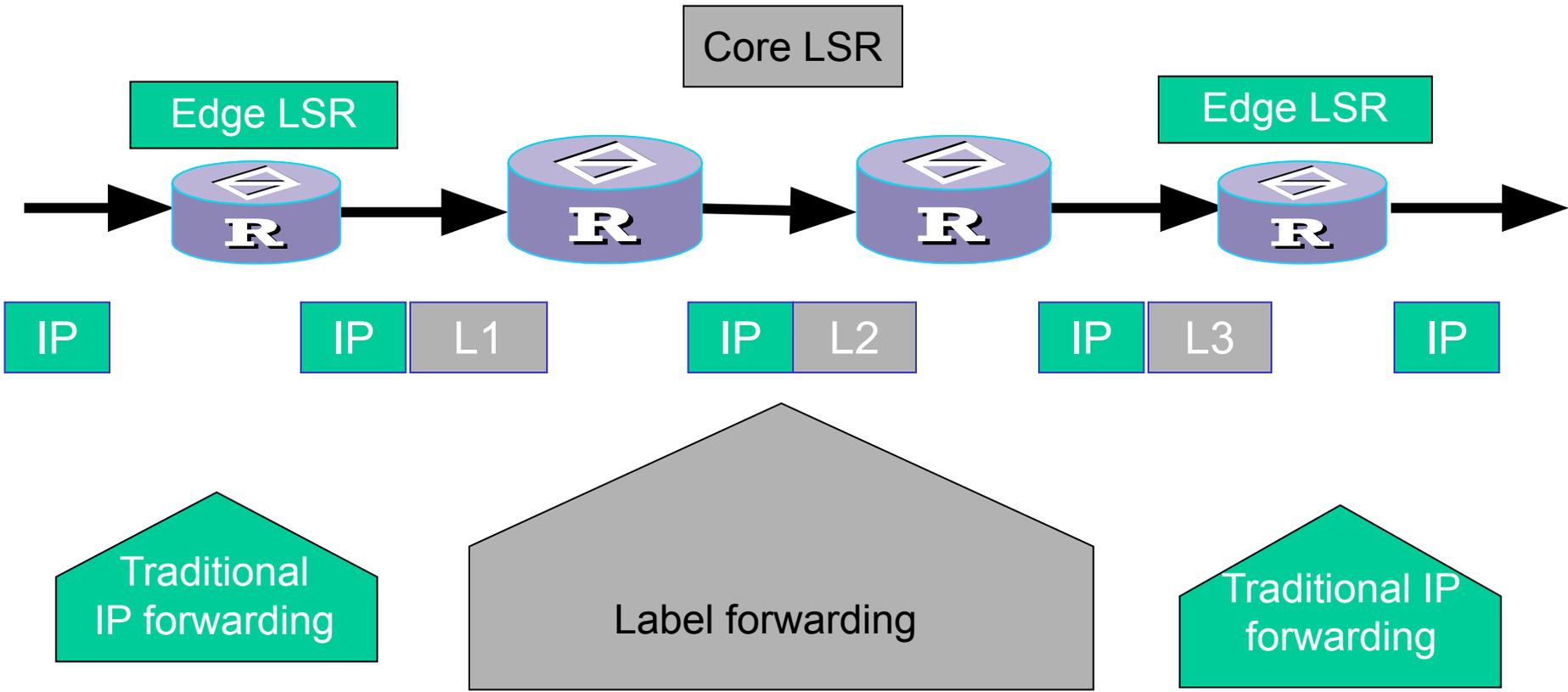
Technology Combining the Advantages of ATM and IP



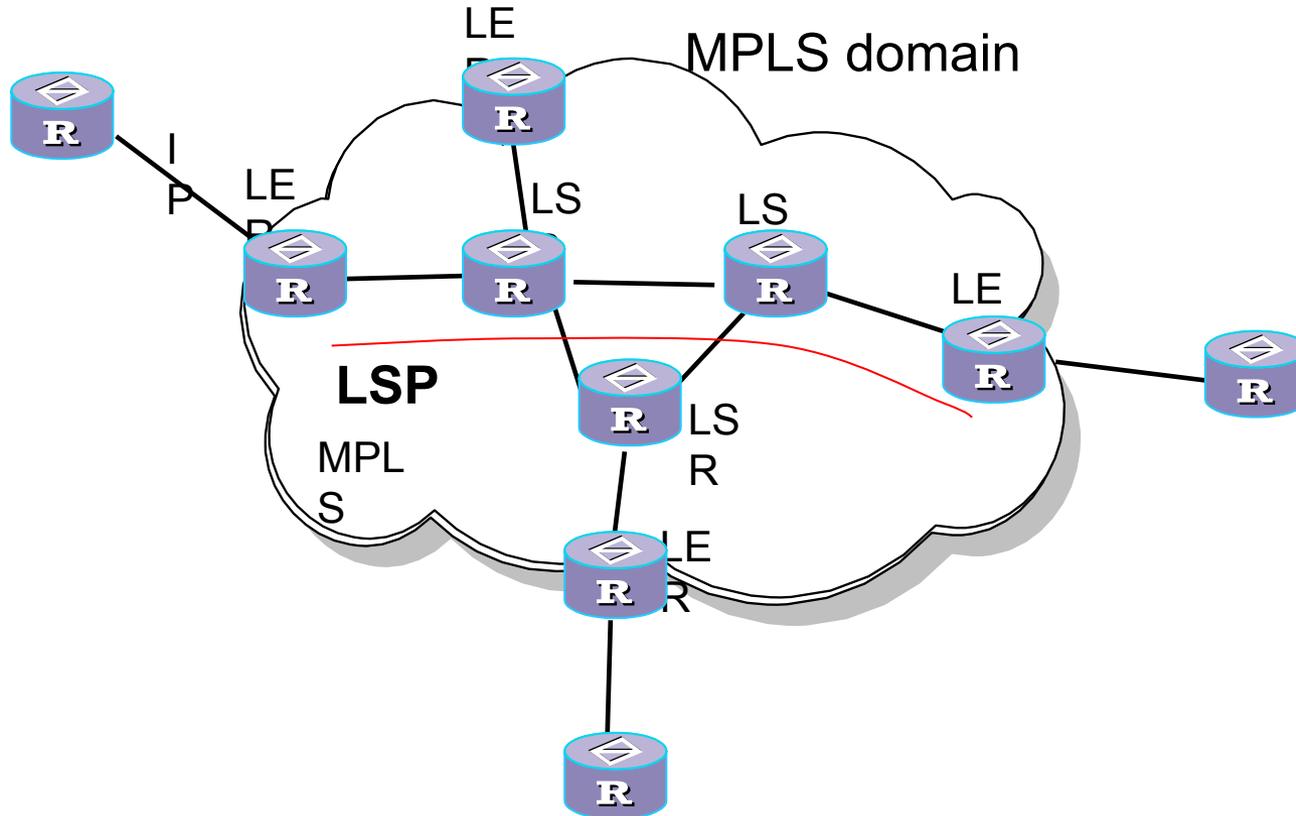
- Layer 3 routing – scalable and flexible
- Layer 2 switching – High reliability and traffic engineering management

MPLS—multi-protocol label switching

Basic Working Process of MPLS



Basic MPLS Concepts



LSR: Label Switch Router

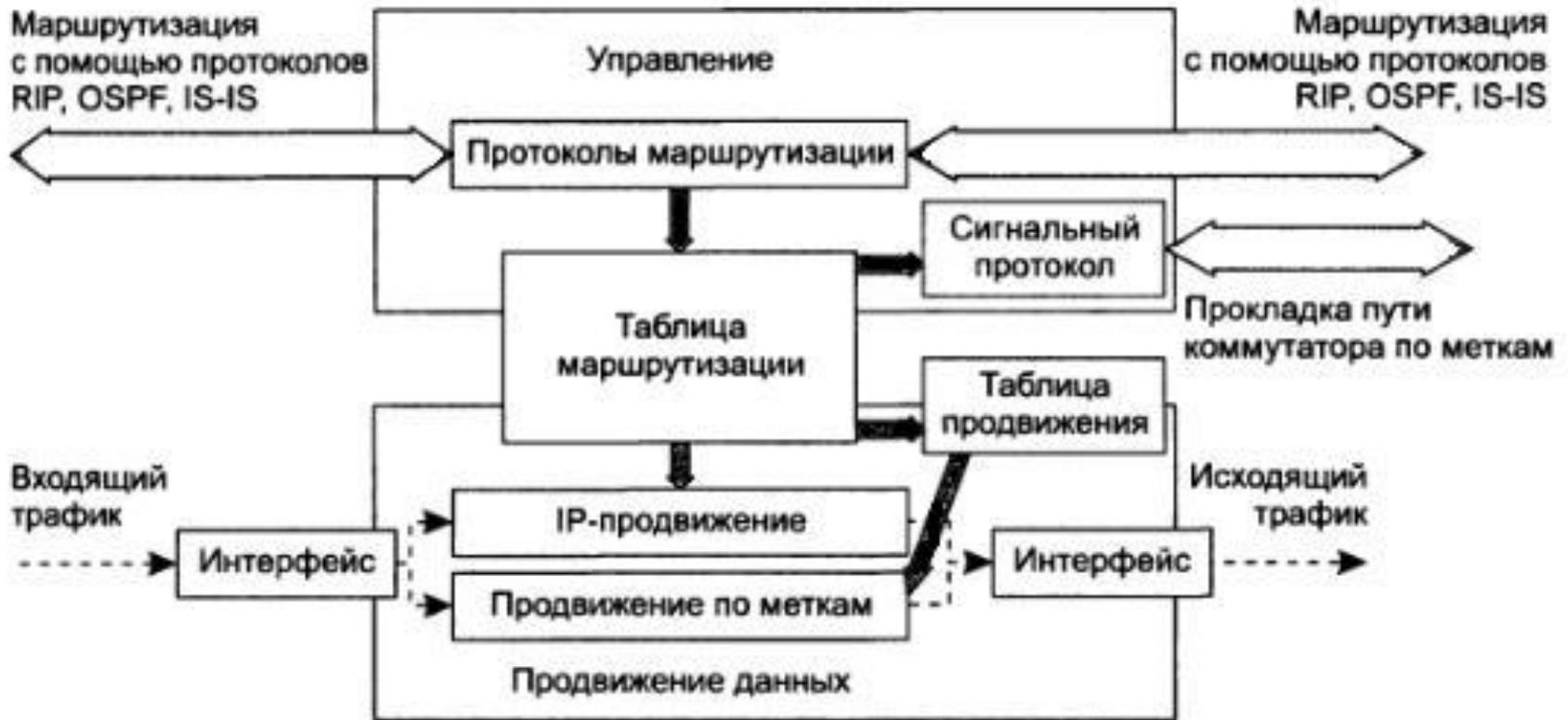
LER: Label Edge Router

LSP: Label Switch Path

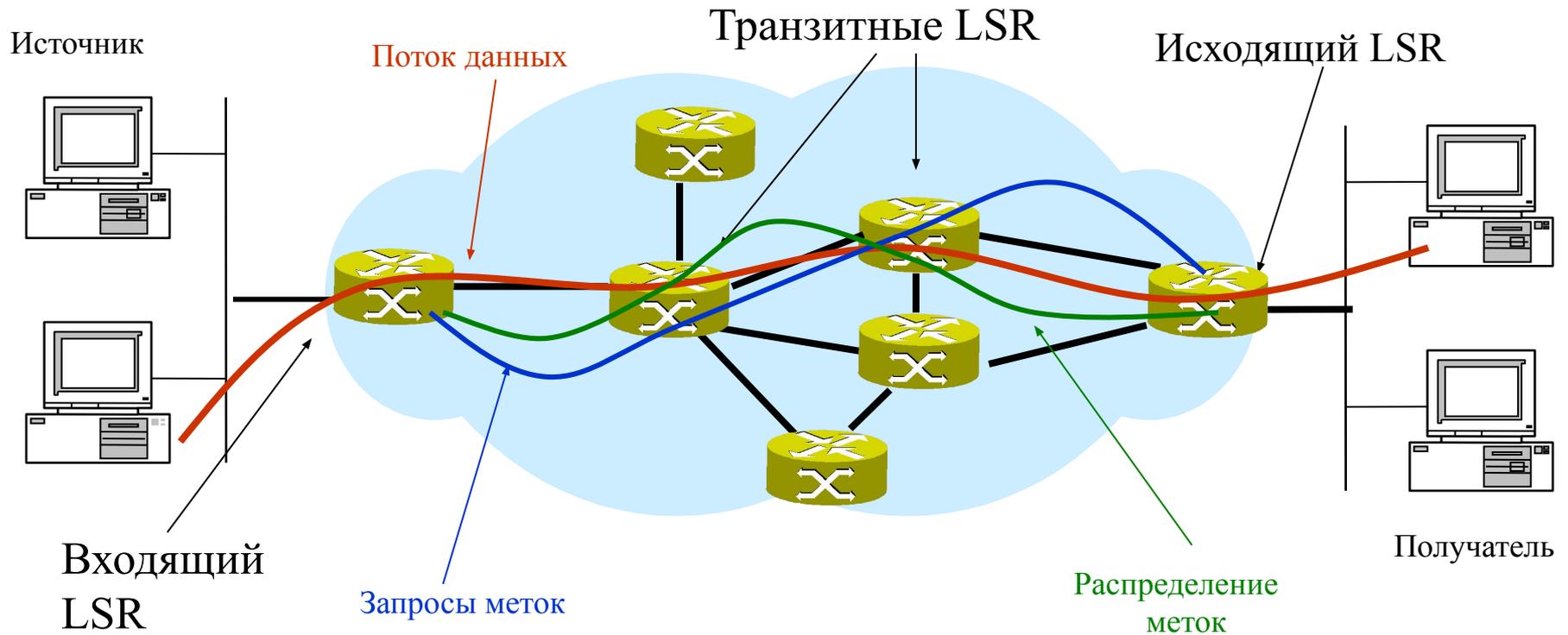
Архитектура IP-маршрутизатора



Архитектура LSR



Пример MPLS-сети

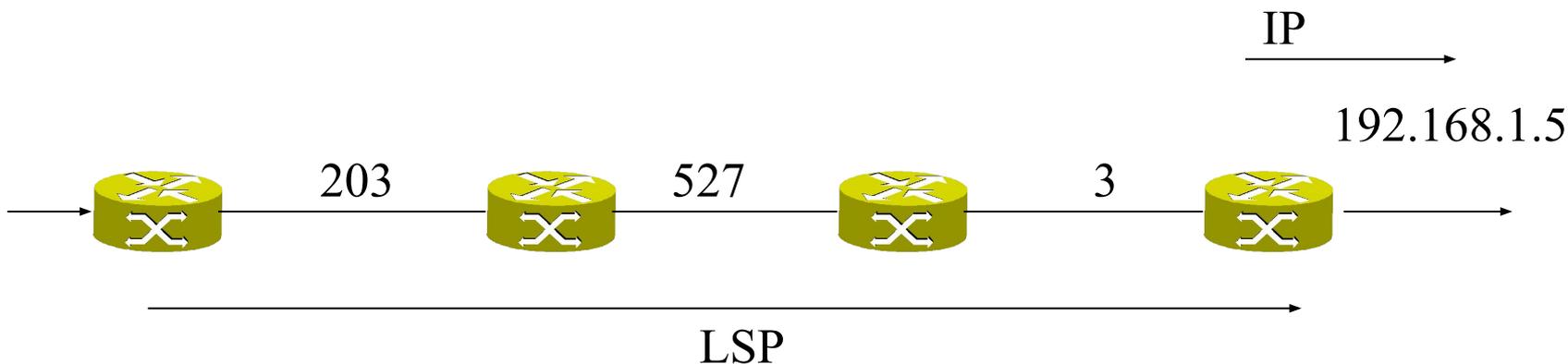


LSR (Label Switching Router) – маршрутизатор коммутации по меткам. Последовательность маршрутизаторов (LSR1, LSR2,..., LSRn), через которые проходят пакеты, принадлежащие одному потоку, образует виртуальный путь **LSP**, коммутируемый по меткам (Label Switching Path).

Передача пакета по LSP

- Входящий узел:
 - Получает IP-пакет с адресом получателя, например 192.168.1.5;
 - Определяет подсеть 192.168.1.0;
 - Добавляет метку к пакету, например, 203;
 - Отправляет пакет к следующему узлу
- Транзитный узел:
 - Получает пакет с меткой, просматривает таблицу коммутации;
 - Осуществляет смену меток, например, 203 на 527;
 - Передает пакет следующему узлу

- Все остальные транзитные узлы производят аналогичные процедуры.
- Предпоследний узел:
 - Получает пакет с меткой, просматривает таблицу коммутации;
 - Снимает метку (последний узел запрашивает метку 3);
 - Отправляет пакет к последнему узлу.
- Последний узел отправляет IP-пакет получателю.

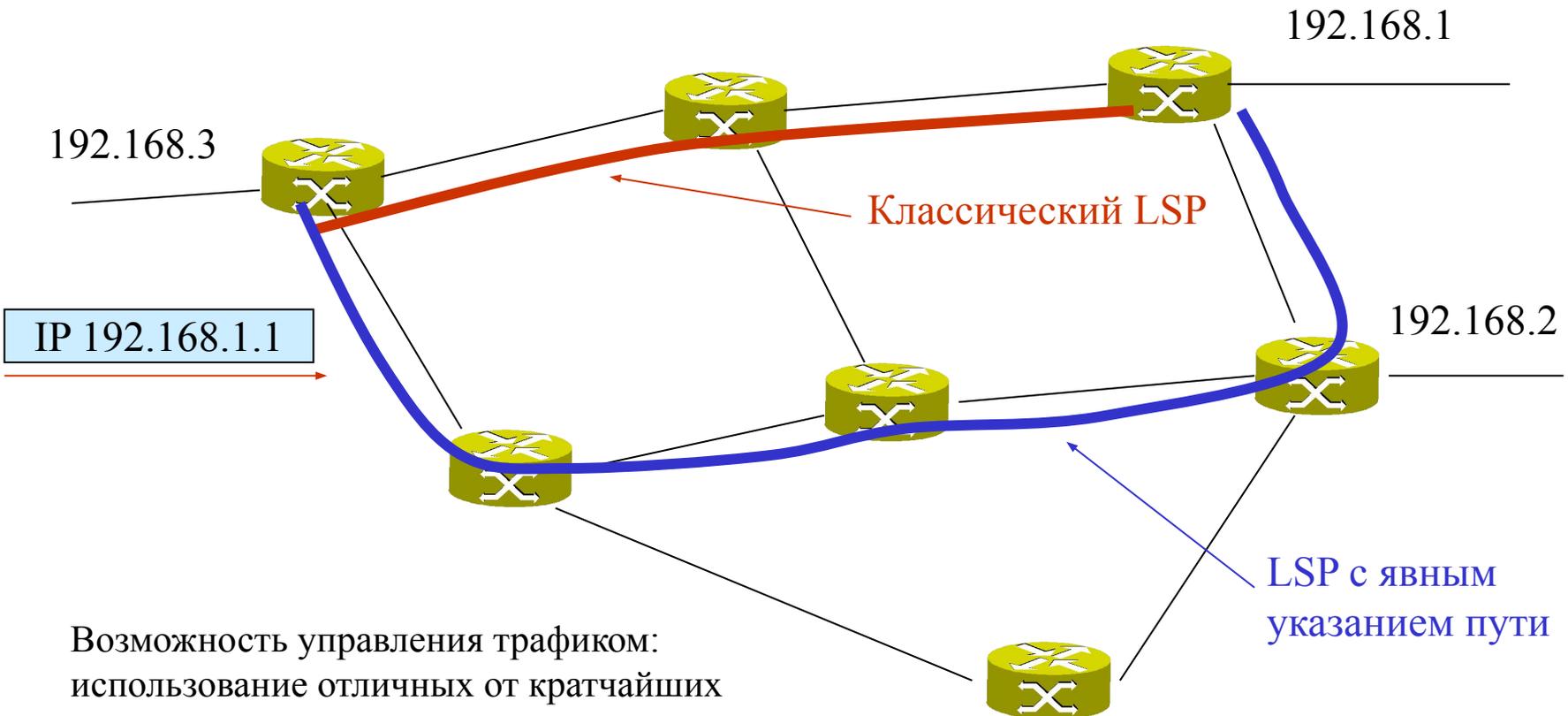


Типы виртуальных коммутируемых по метке путей - LSP

- Статический LSP
- Динамические LSP:
 - С использованием LDP (*Label Distribution Protocol* - специальный протокол распределения меток)
 - С явным маршрутом, RSVP (транзитные узлы маршрутизируются вручную или автоматически, без учета особенностей трафика)
 - С ограничениями, RSVP (транзитные узлы маршрутизируются автоматически, с учетом информации о топологии (например, OSPF), использование ресурсов сети (ограничение на количество узлов, требования к полосе пропускания, приоритет), требований данного LSR)

Статический LSP

Сообщение для установления пути маршрутизируется источником трафика.



Возможность управления трафиком:
использование отличных от кратчайших
маршрутов, использование маршрутов согласно
заданным требованиям

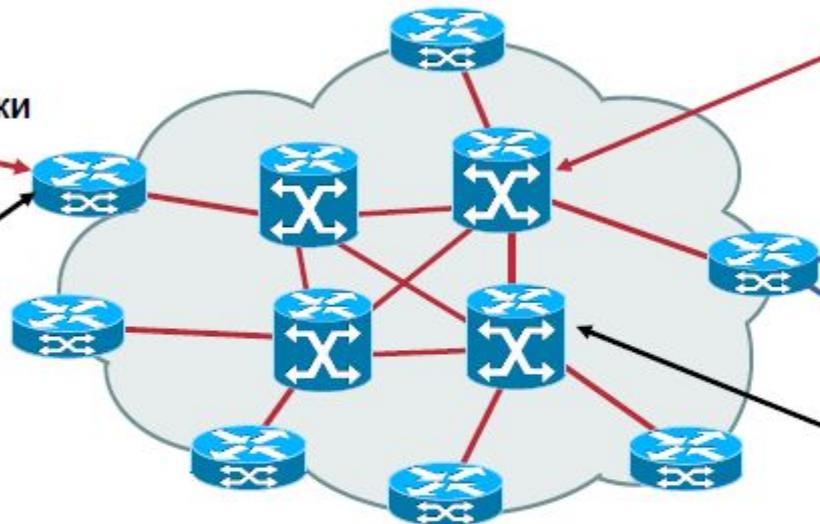
MPLS

Концепция и компоненты

На границе:

- Классификация пакетов
- Добавление метки

Edge Label Switch Router (ATM коммутатор или роутер)



В ядре:

- Коммутация на основе меток (НЕ по IP адресам)
 - Метка идентифицирует класс сервиса и конечную точку
- Label Swapping or Switching**

На границе:

- Метка снимается и пакет передается

Label Switch Router (LSR)

- Роутер
- ATM коммутатор + label switch controller

Протоколы:

- IGP в ядре
- MPLS заголовков (label)
- Label distribution protocol
- MP-BGP для VPNv4 маршрутов

Устройства:

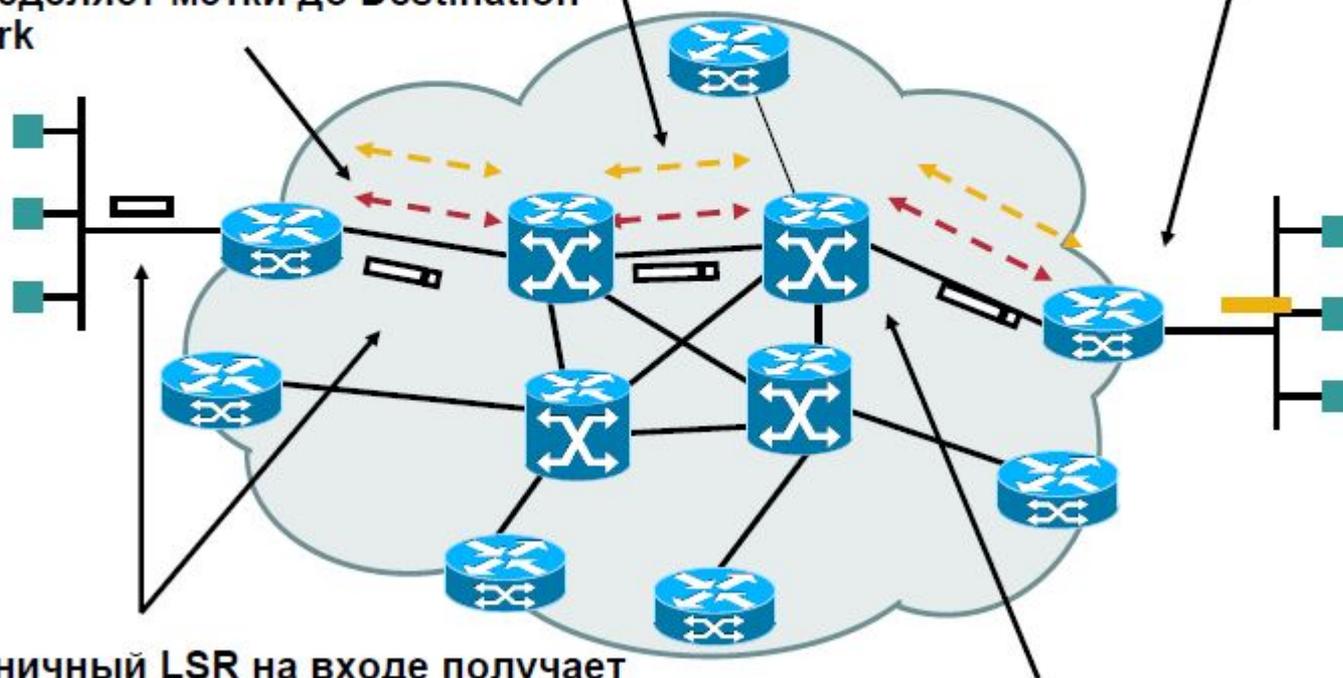
- Label switching routers
- Edge label switching routers

Как работает MPLS?

1a. Существующие протоколы маршрутизации (OSPF, IS-IS) устанавливают доступность сети

1b. Label Distribution Protocol (LDP) Распределяет метки до Destination Network

4. Граничный LSR на выходе убирает метку и доставляет пакет



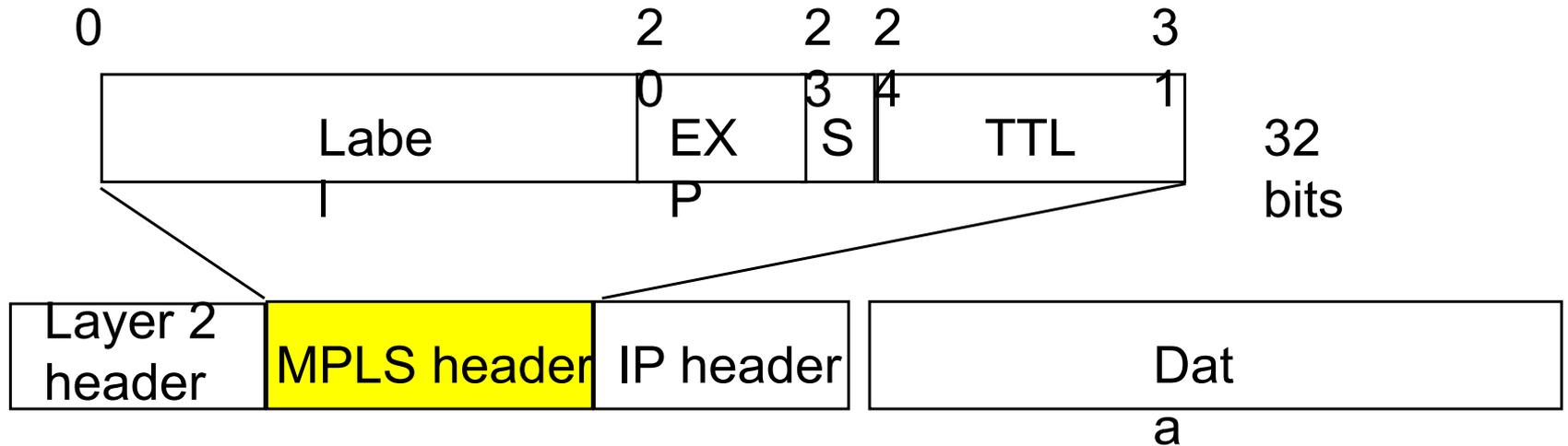
2. Граничный LSR на входе получает пакет, выполняет Layer 3 сервисы, добавляет метку к пакету

3. LSR коммутуют пакеты на основании меток

Преимущества MPLS

- Замещает IP заголовок короткой меткой с фиксированной длиной, которая используется как основа транспортировки с целью повышения скорости продвижения
- Лучше интегрирует IP с преимуществами ATM
- Обеспечивает дополнительные услуги без ущерба для эффективности:
 - VPN
 - Traffic engineering
 - QOS

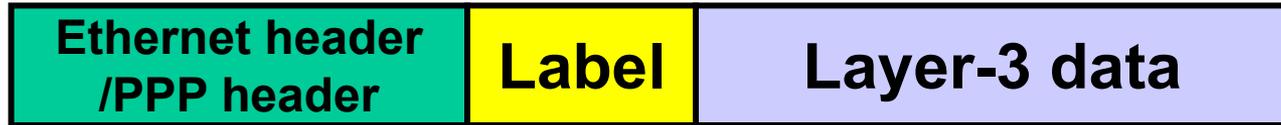
MPLS Encapsulation Format and Label



- **Two types of MPLS encapsulation for ATM and FR:**
 - ▣ **shim encapsulation: similar to other link layers**
 - ▣ **Cell mode: VC (VPI/VCI for ATM, DLCI for FR) is directly used as the label**

Label Position in Packet

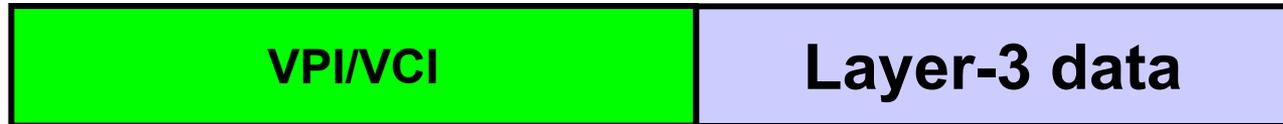
Ethernet
/SONET
/SDH packet



Frame mode
ATM packet



Cell mode
ATM packet



Инкапсуляция

**PPP заголовок
(Packet over SONET/SDH)**

PPP Header

Label

Layer 2/L3 Packet

Одна или несколько меток добавляются к пакету

LAN MAC заголовок

MAC Header

Label

Layer 2/L3 Packet

ATM MPLS Cell заголовок

GFC

VPI

VCI

PTI

CLP

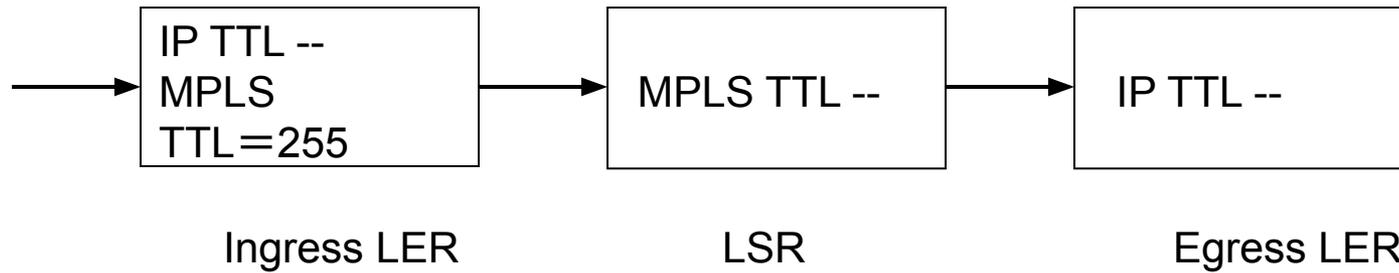
HEC

DATA

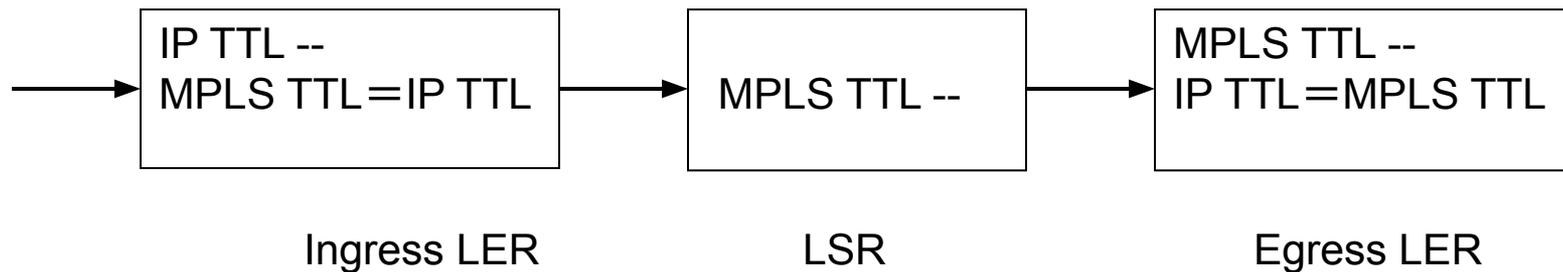
Label

MPLS TTL Processing

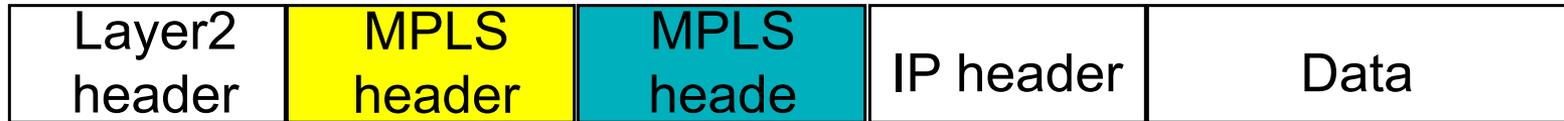
Regard the entire MPLS domain as one hop



Include MPLS TTL in IP TTL



Label Stack



r

Теоретически, стек меток допускает безграничное вкладывание, что обеспечивает бесконечную поддержку услуги. Это - просто величайшее преимущество технологии MPLS