

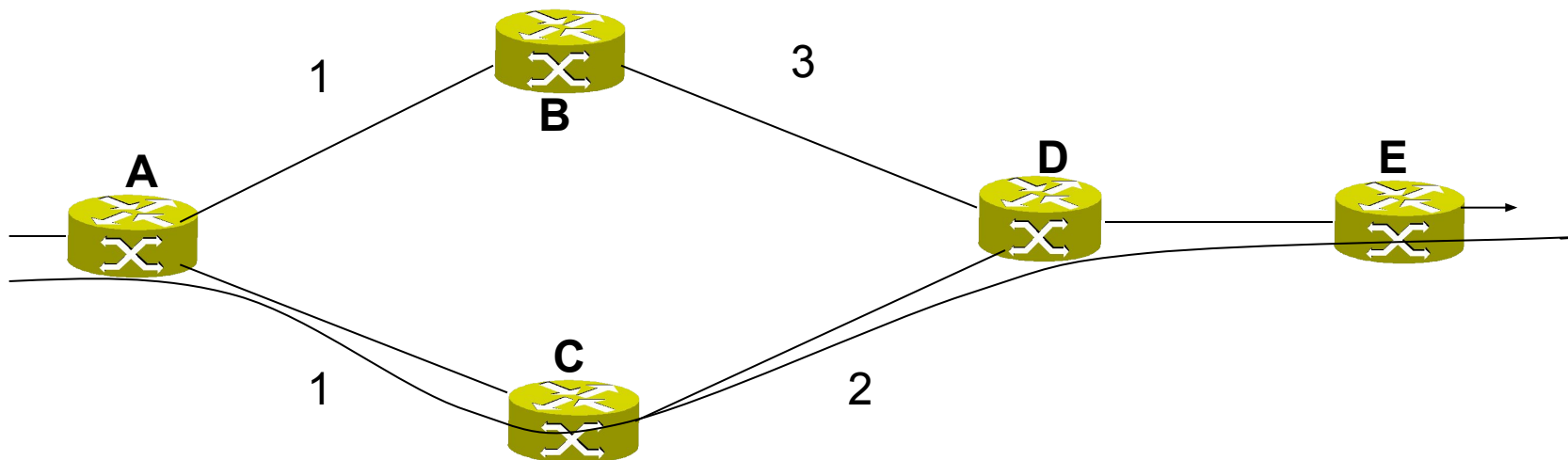
MPLS



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.

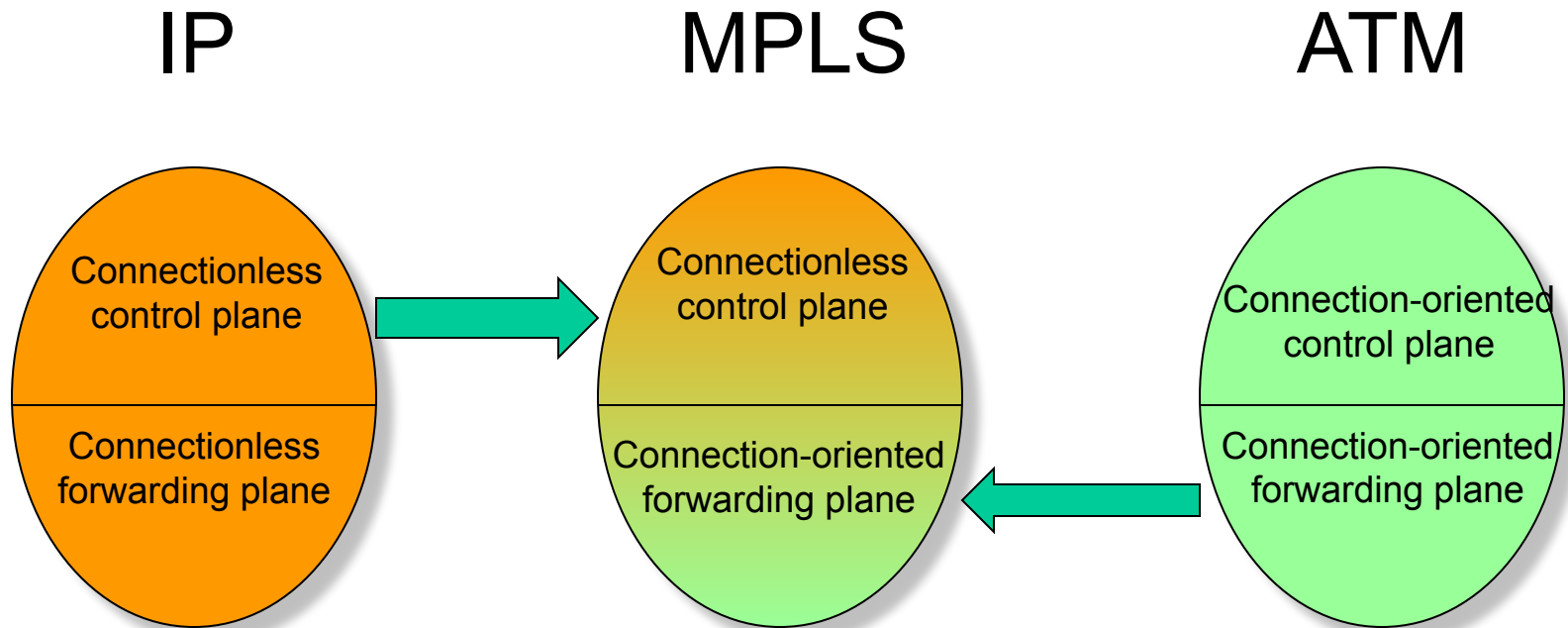


Пример: Используется путь A-C-D-E, путь A-B-D оказывается не загружен

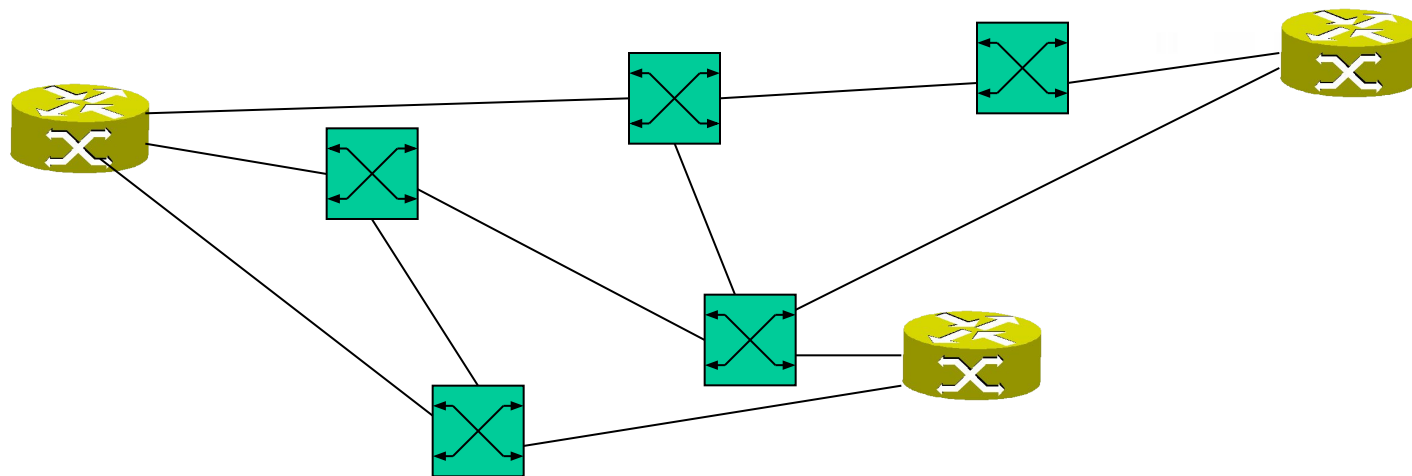
-
- **Multi Protocol Label Switching**
 - **MPLS** это эффективный механизм инкапсуляции
 - “**Labels**” прикрепляется к пакету (IP пакеты, AAL5 фреймы) для передачи данных
 - **MPLS** пакеты могут передаваться через любые layer 2 технологии, такие как ATM, FR, PPP, POS, Ethernet
 - С другой стороны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

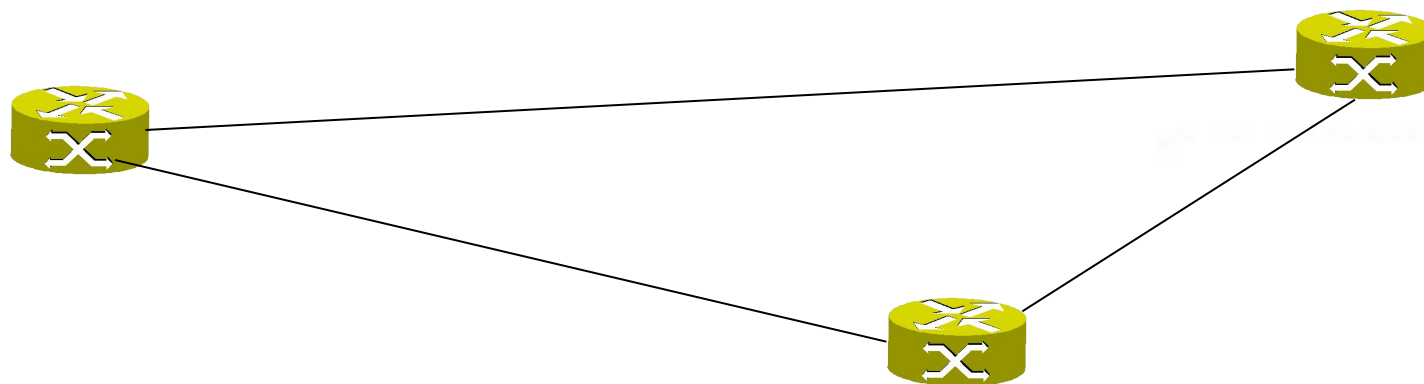
Origin: To Integrate IP with ATM



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.

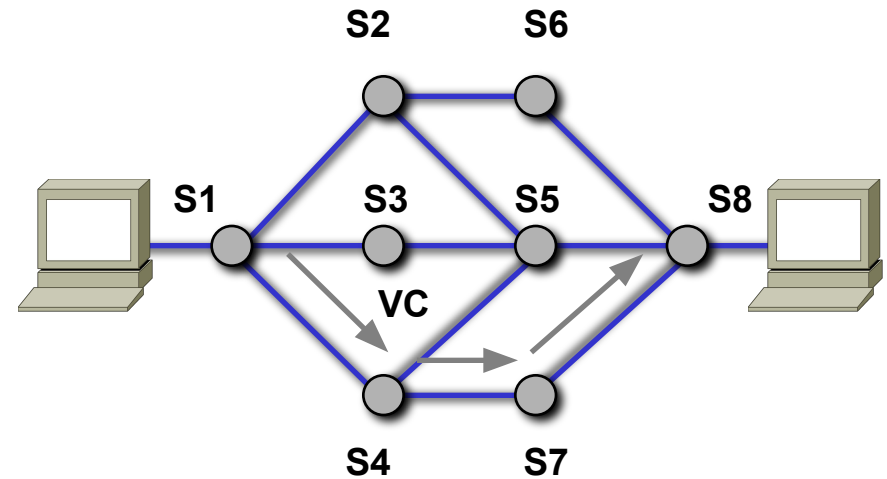
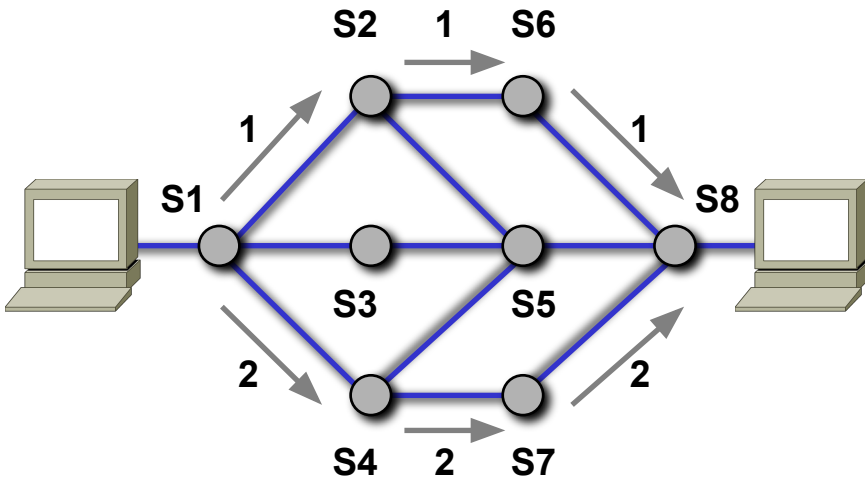
Способы назначения меток

- **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

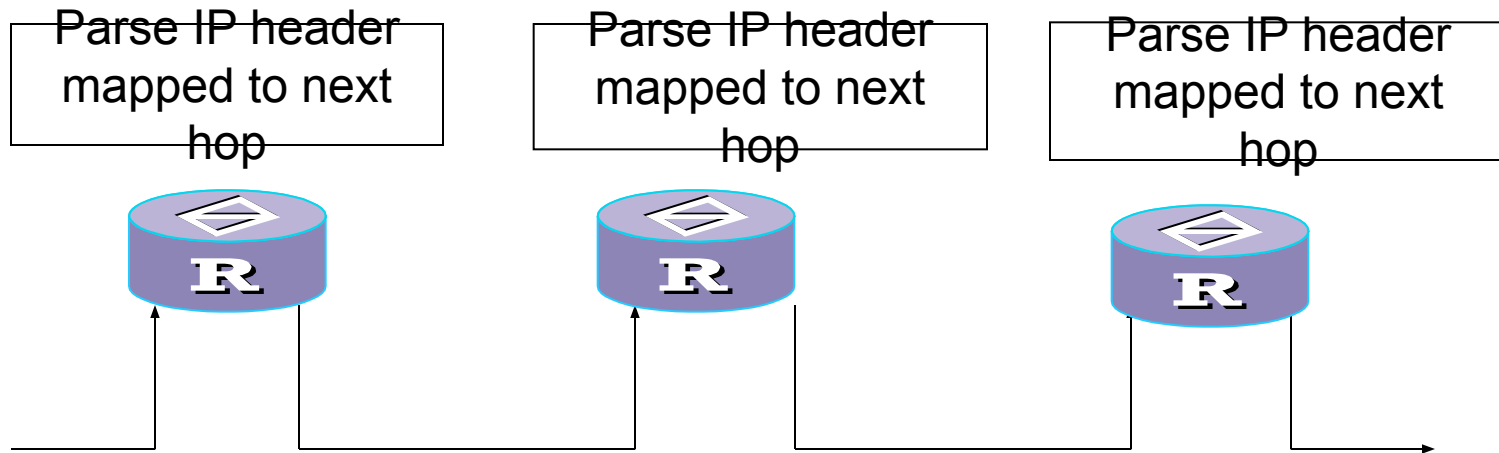
- Path 1 = S1, S2, S6, S8
- Path 2 = S1, S4, S7, S8
- The data reach their destination out of order along different paths

connection-oriented: cell switching

VC = S1, S4, S7, S8

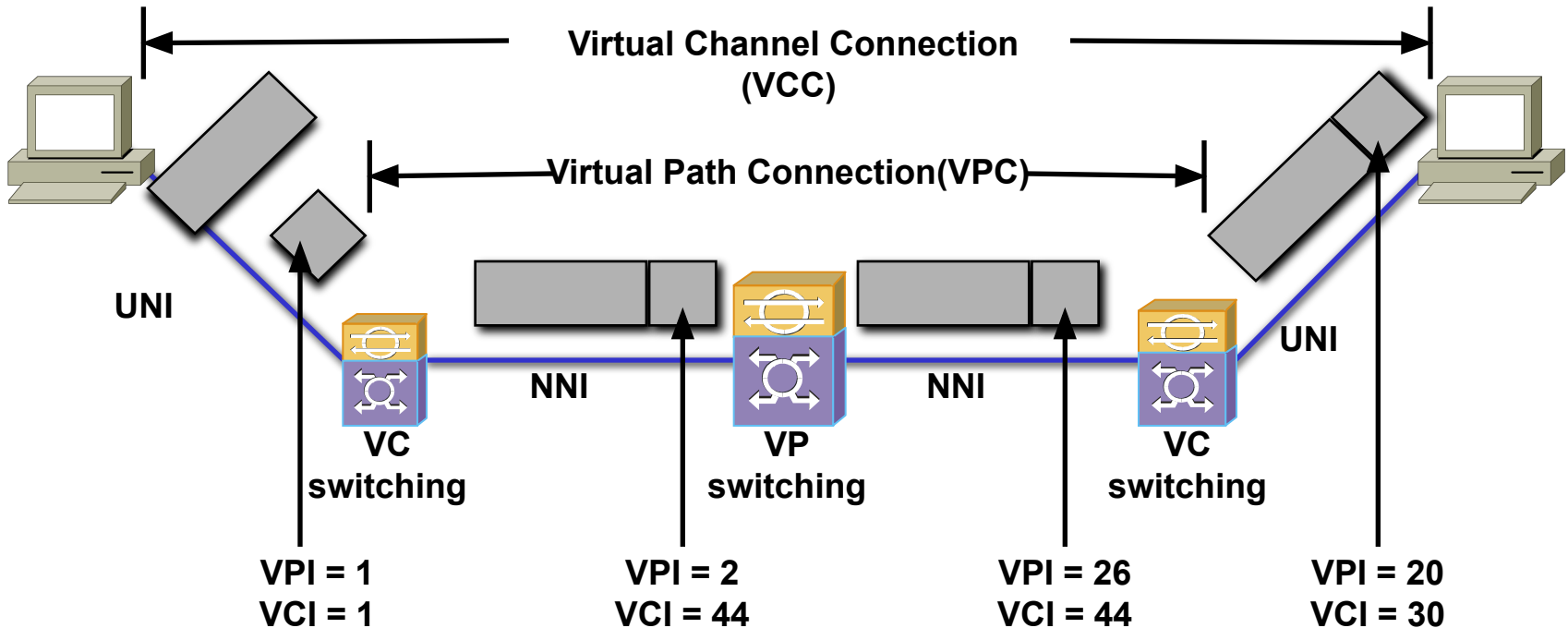
- The data reach their destination in order along the same connection
- Fixed time delay, easy to control
- Connection types: PVC SVC

Traditional IP Forwarding



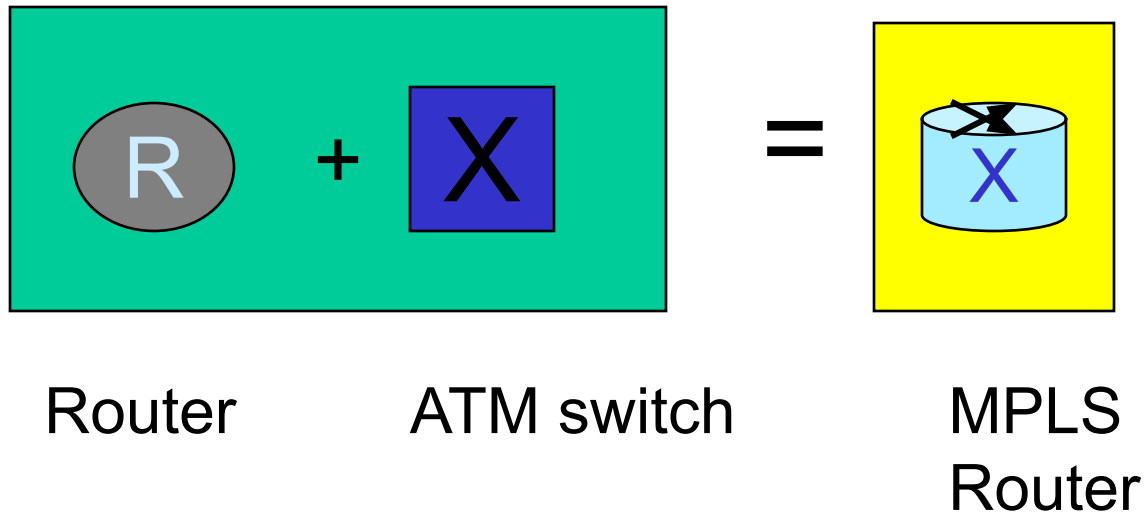
- IP заголовков анализируется на каждом этапе, в результате - низкая эффективность.
- Трудности реализации QoS и довольно низкая эффективность.
- Все маршрутизаторы должны знать все маршруты во всей сети.

ATM Switching Process



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

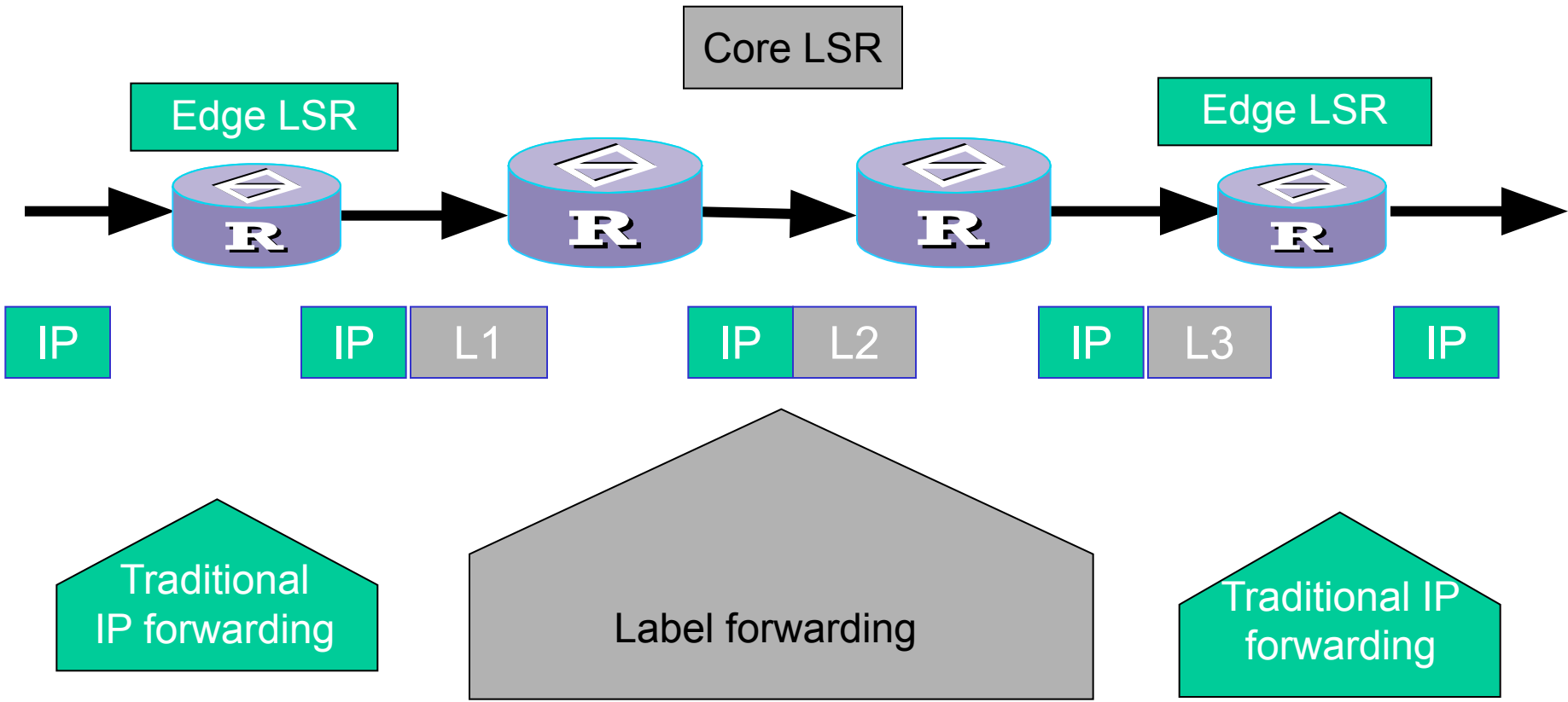
Technology Combining the Advantages of ATM and IP



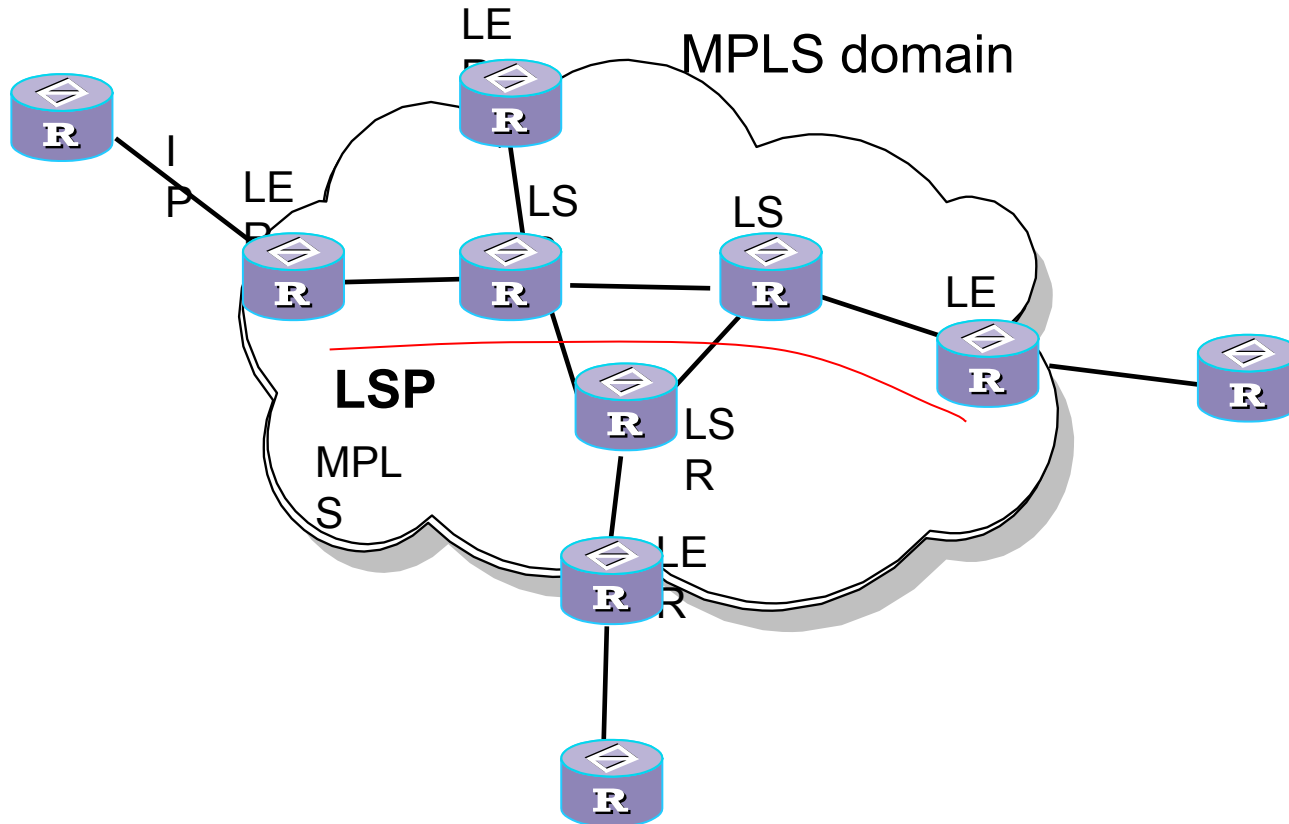
- Layer 3 routing – scalable and flexible
- Layer 2 switching – High reliability and traffic engineering management

MPLS—multi-protocol label switching

Basic Working Process of MPLS



Basic MPLS Concepts

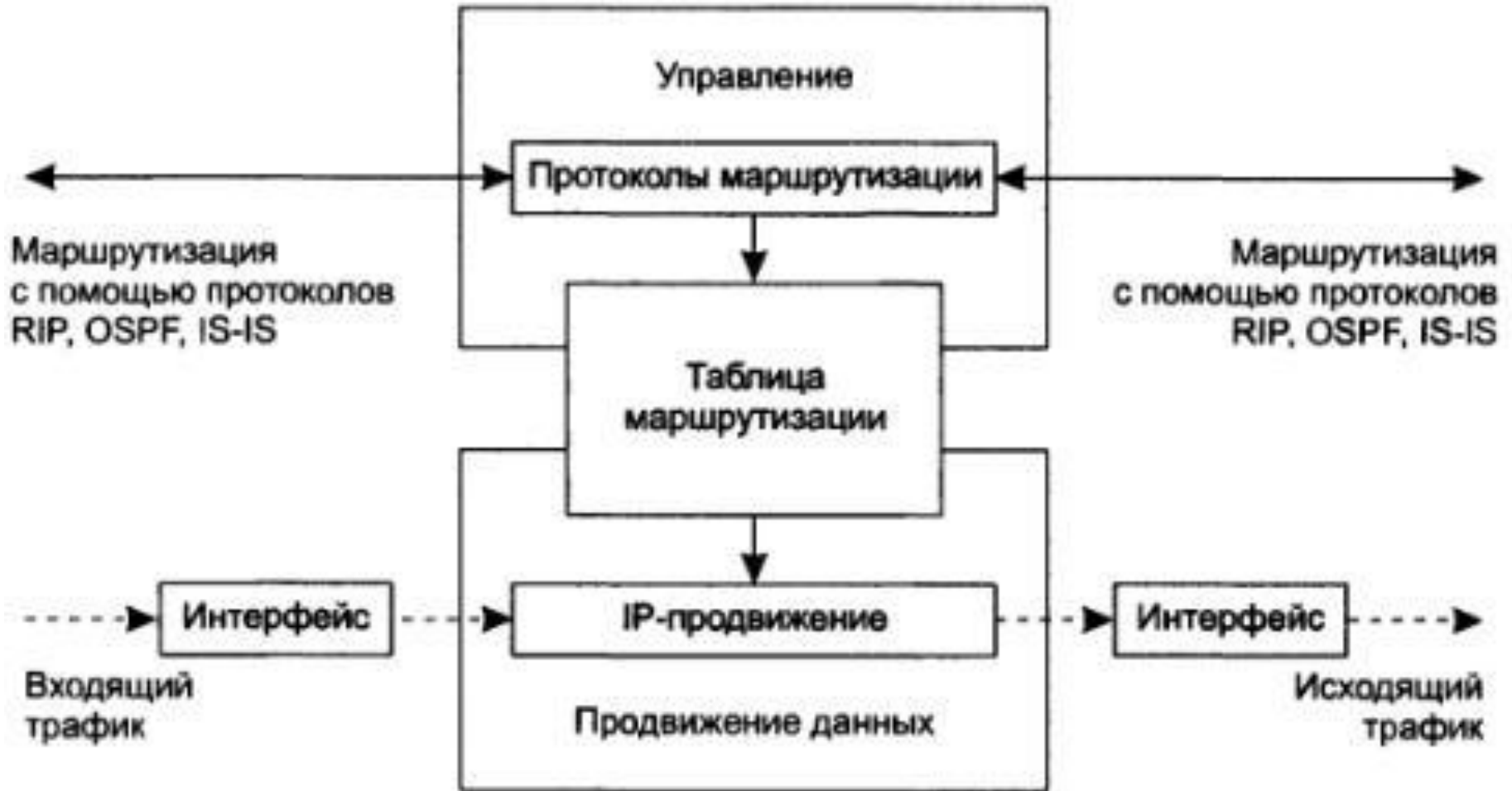


LSR: Label Switch Router

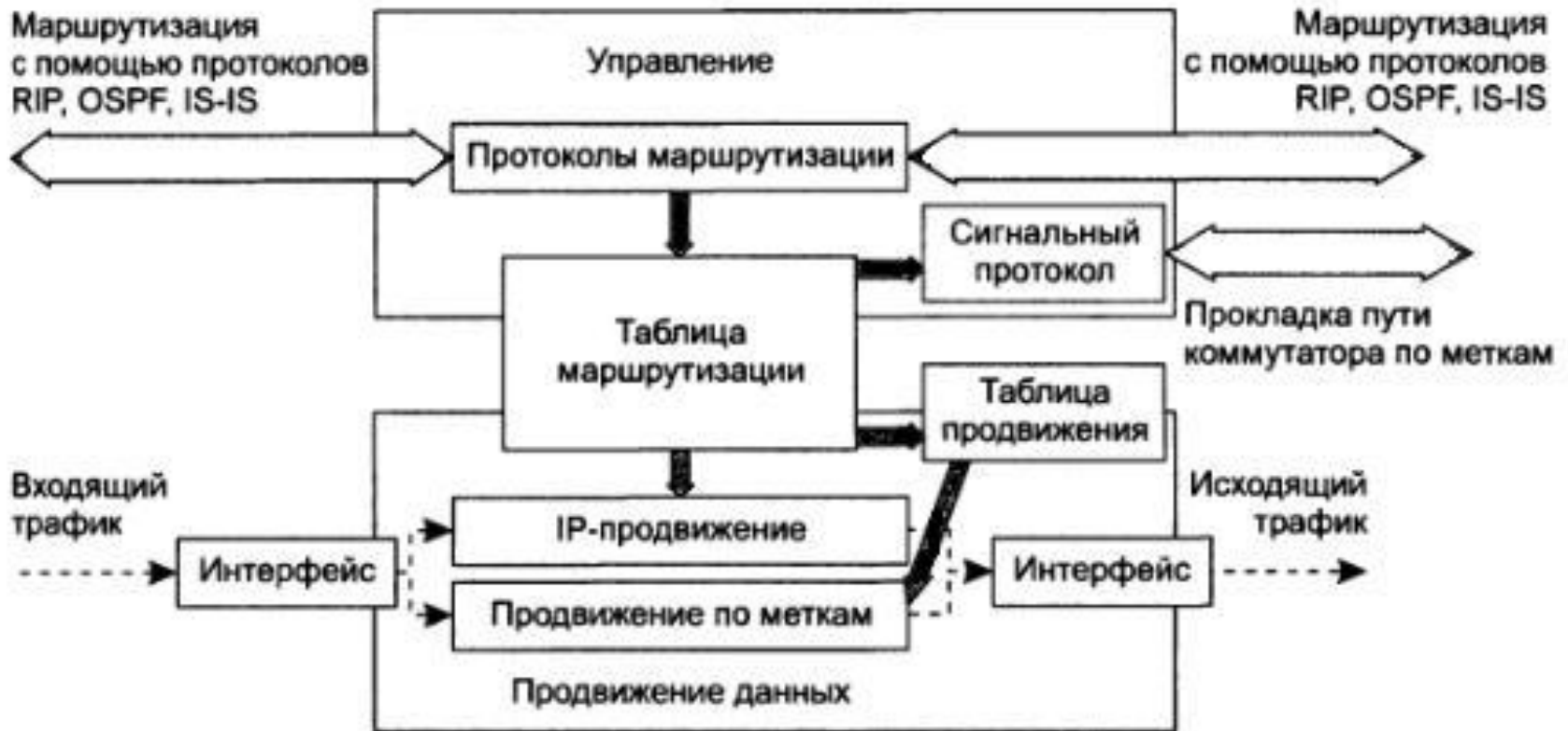
LER: Label Edge Router

LSP: Label Switch Path

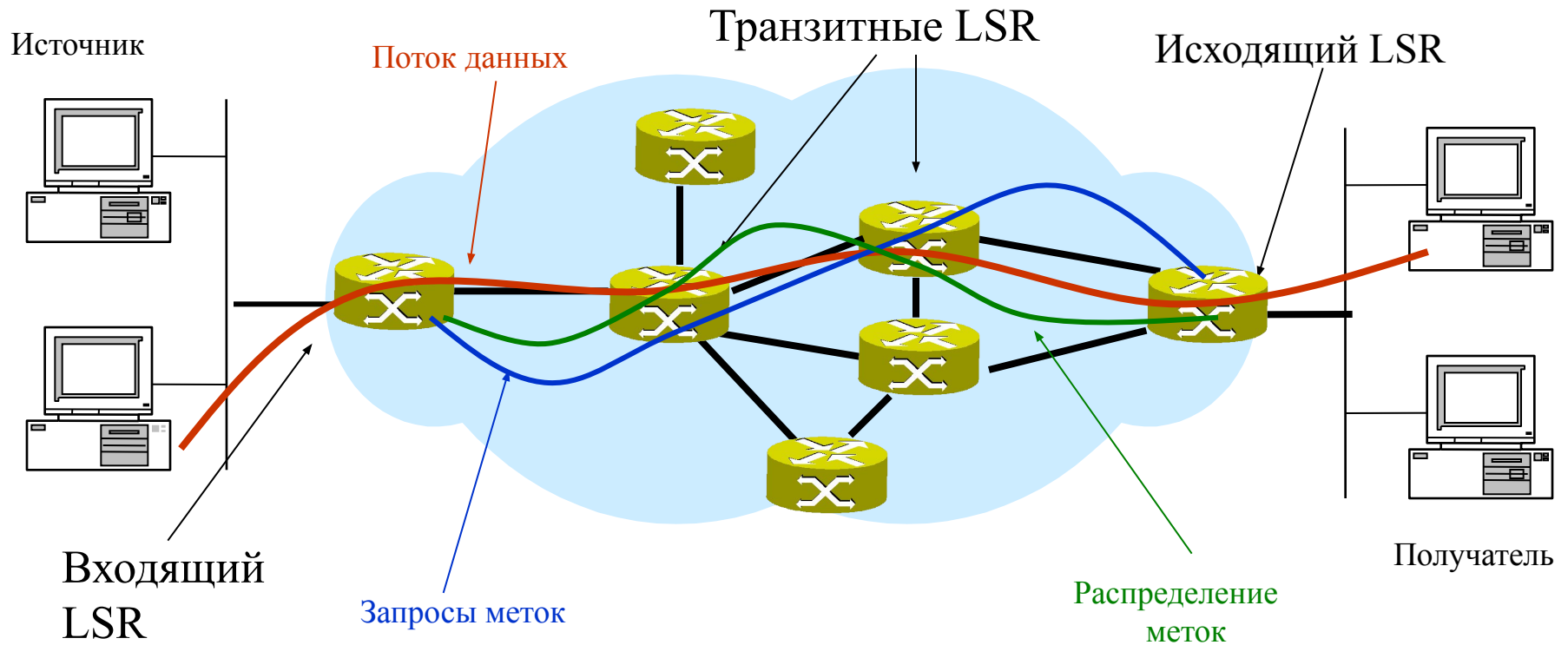
Архитектура IP-маршрутизатора



Архитектура LSR



Пример MPLS-сети

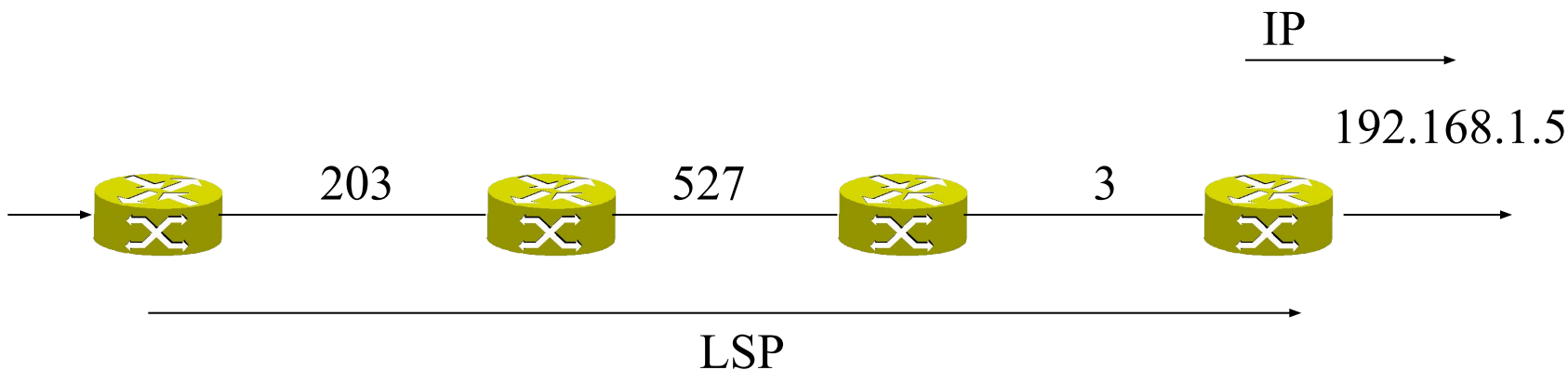


LSR (Label Switching Router) – маршрутизатор коммутации по меткам. Последовательность маршрутизаторов (LSR1, LSR2,..., LSRn), через которые проходят пакеты, принадлежащие одному потоку, образует виртуальный путь **LSP**, коммутируемый по меткам (Label Switching Path).

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.

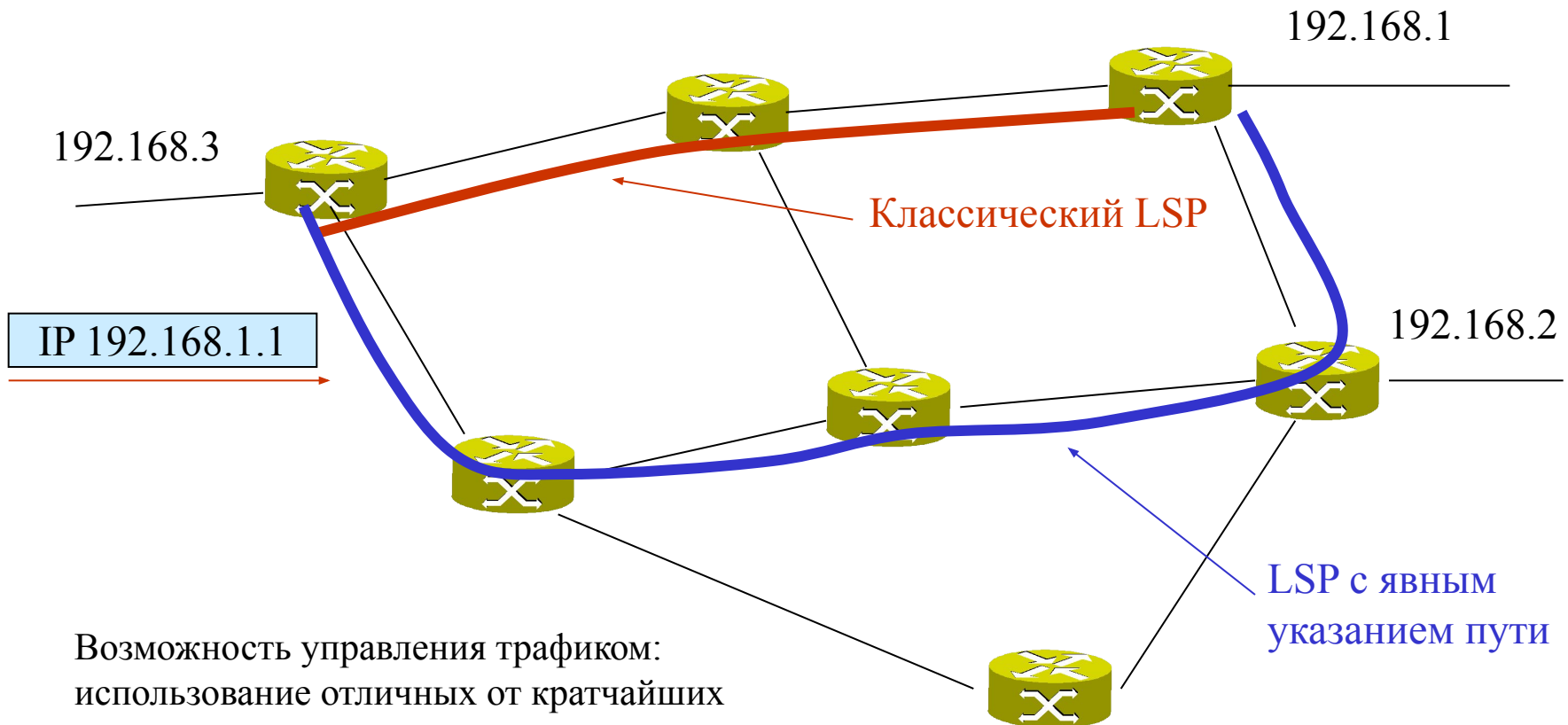


Типы виртуальных коммутируемых по метке путей - LSP

- 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

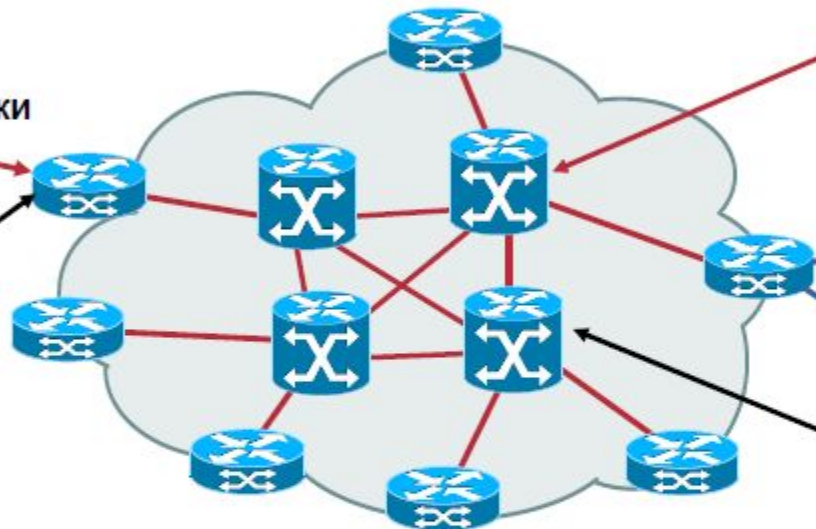
MPLS

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:

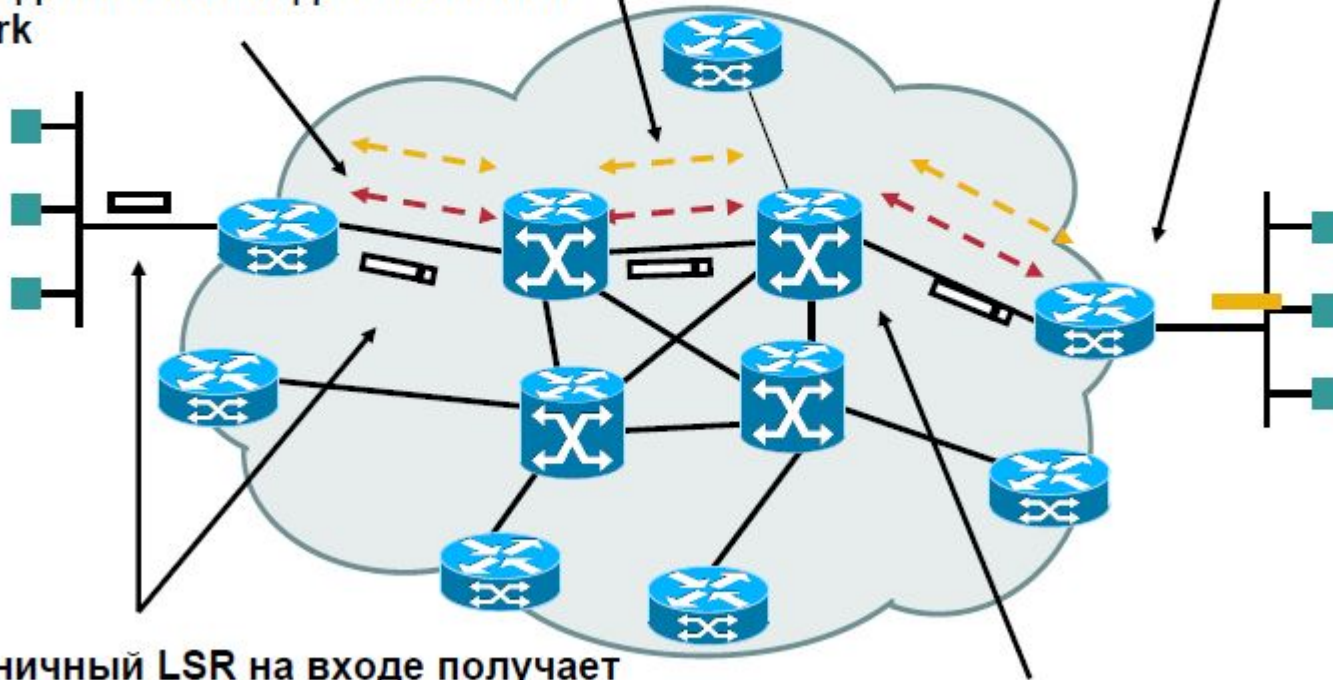
- Label switching routers
- Edge label switching routers

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



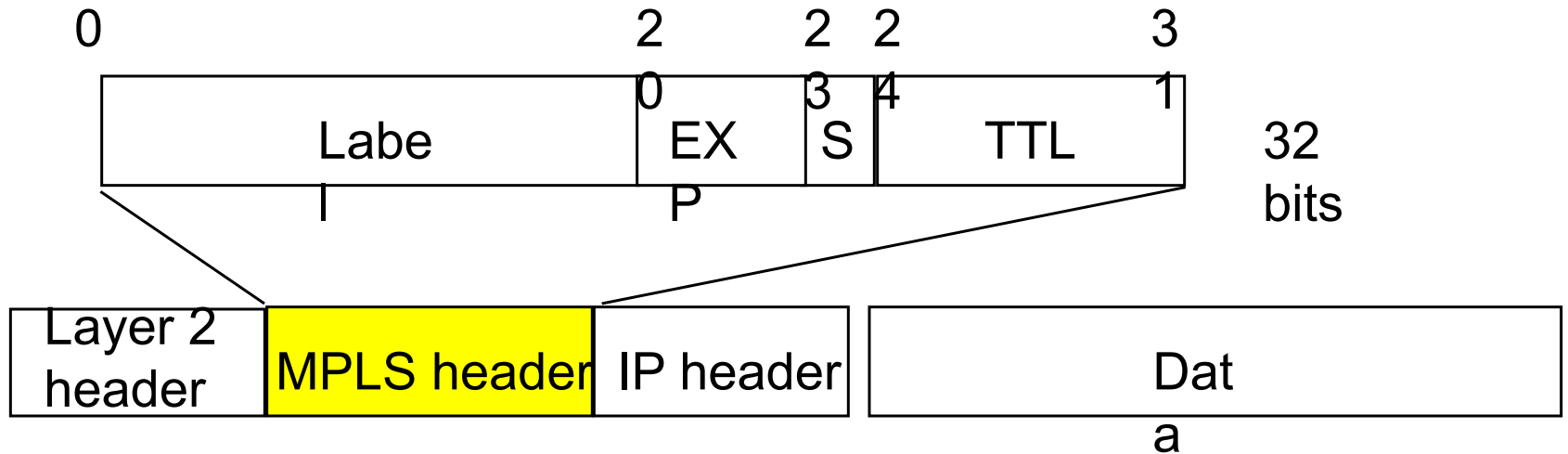
2. Граничный LSR на входе получает пакет, выполняет Layer 3 сервисы, добавляет метку к пакету

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

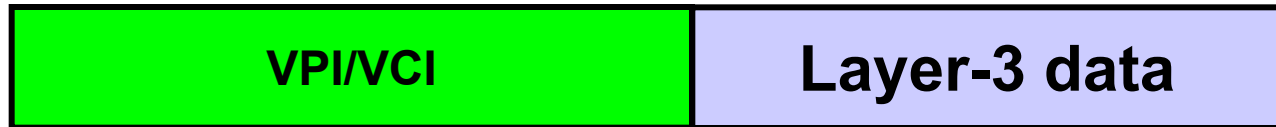
Ethernet
/SONET
/SDH packet



Frame mode
ATM packet



Cell mode
ATM packet



Инкапсуляция

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

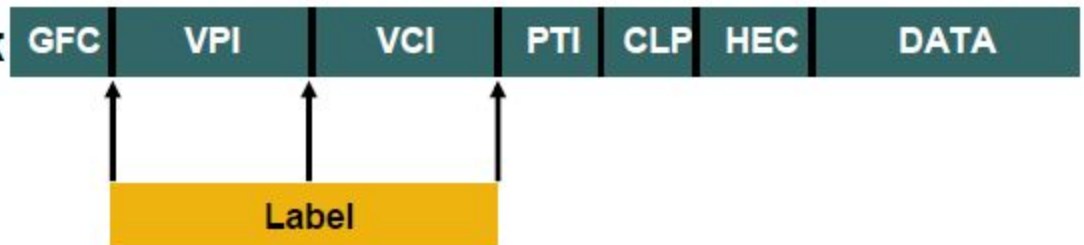


Одна или несколько меток добавляются к пакету

LAN MAC заголовок

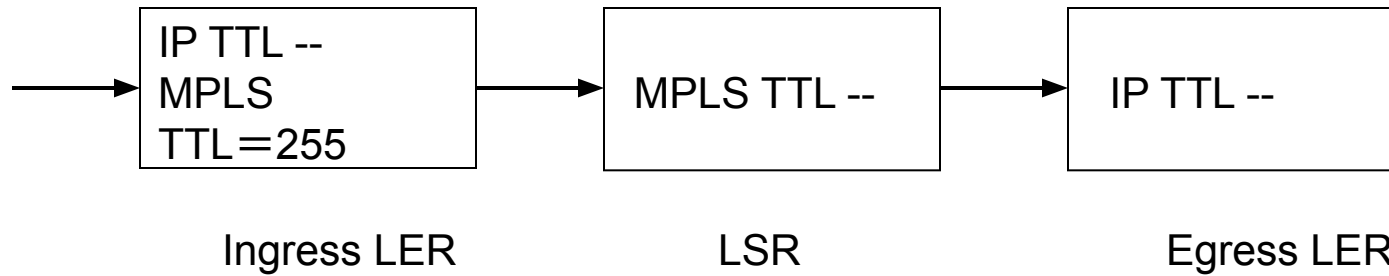


ATM MPLS Cell заголовок

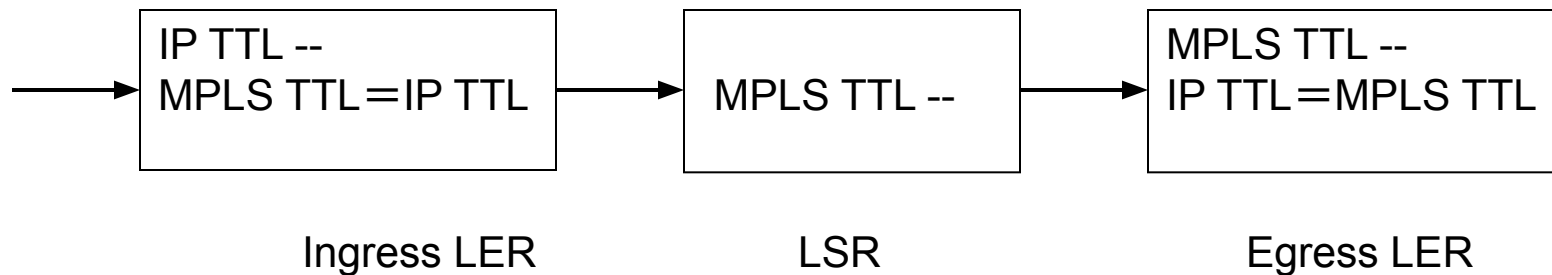


MPLS TTL Processing

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