Возможности администратора повлиять на выбор пути

- Bandwidth
- Priority
- Administrative Weight
- Attributes & Affinity

Bandwidth

```
ip rsvp bandwidth <x> <y>
```

- Позволяет протоколу RSVP динамически резервировать до X Кбит/с пропускной способности на определенном интерфейсе
- X – верхний предел резервирования в Кбит/с
- Y – в MPLS не использкется
- default: X==Y==75% пропусной способности интерфейса

Priority

`tunnel mpls traffic-eng <S> {H}`

- Конфигурируется на интерфейсе типа tunnel
- S = setup priority (0-7) - установка
- H = holding priority (0-7) - удержание
- *0 – высший приоритет*

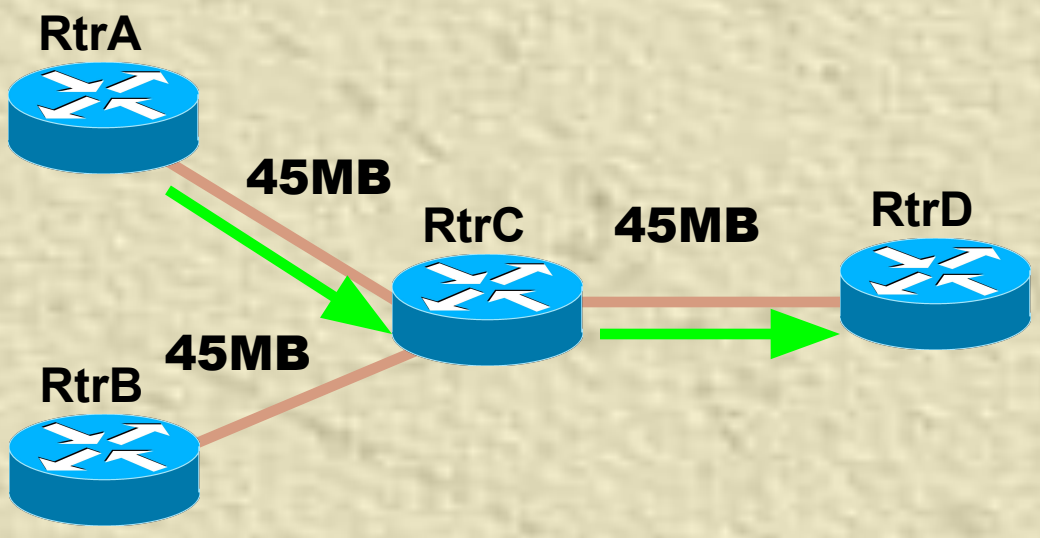
Priority

- Новый туннель с более высоким приоритетом установки может вытеснить (разорвать) туннель с более низким приоритетом удержания, если ему нужна пропускная способность старого туннеля
- Конфигурирование S<H не разрешается
- Default: S=7, H=7

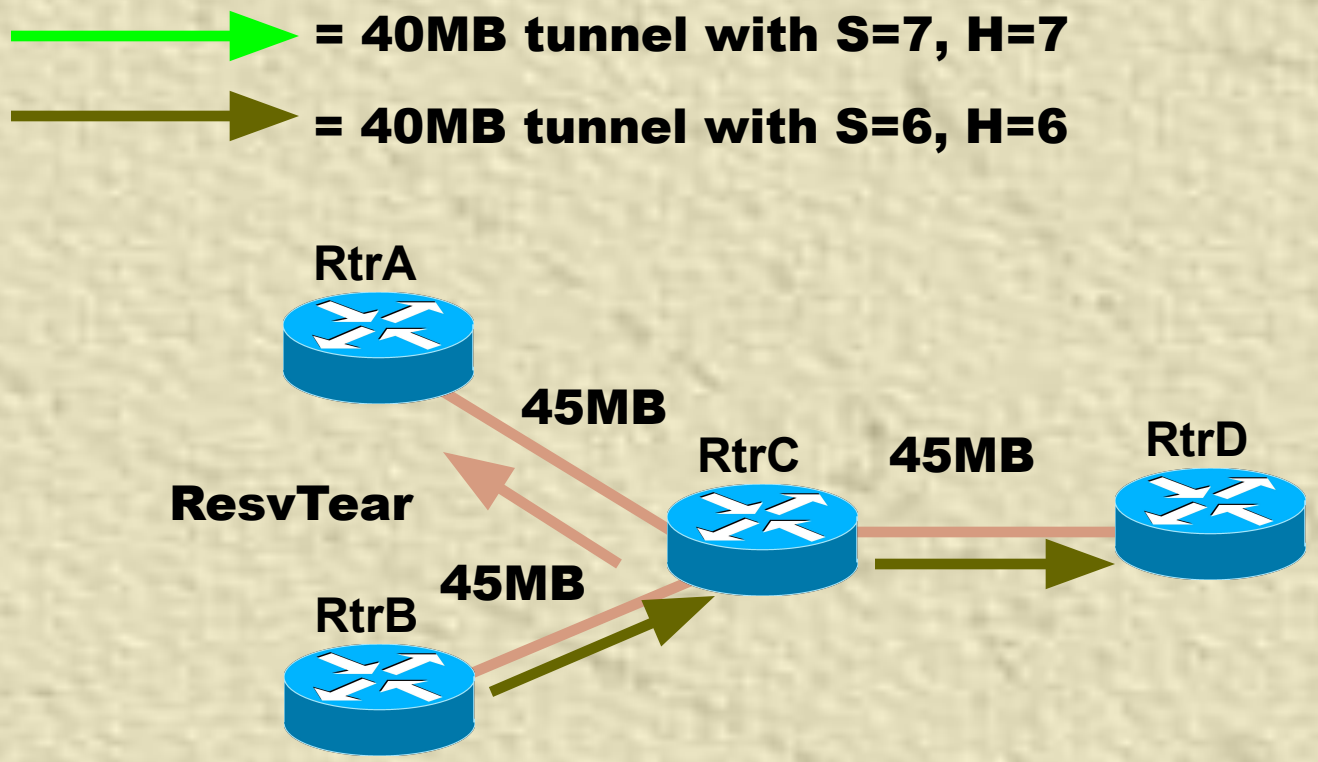
Priority

= 40MB tunnel S=7, H=7

= 40MB tunnel S=6, H=6



Priority



- RtrC посылает сообщение ResvTear протокола RSVP к RtrA, туннель разрушается

Administrative Weight

```
mpls traffic-eng
administrative-weight <X>
```

- Команда конфигурирования физического интерфейса
- X = 0, 1, … $(2^{32}-1)$
- Назначает метрику, которая заменяет метрику IGP

Administrative Weight

```
tunnel mpls traffic-eng
path-selection metric {te|igp}
```

- Команда конфигурирования туннеля
- Default параметр - ‘igp’
- Параметр ‘te’ приведет к использованию сконфигурированной административной метрики administrative-weight при выборе пути для туннеля
- Обычно используется при учете задержек каналов – чувствительная к задержкам метрика

Чувствительная к задержкам метрика

```
tunnel mpls traffic-eng path-selection
  metric {te|igp}
mpls traffic-eng administrative-weight
  <x>
```

- Сконфигурируйте admin weight == interface delay
- Сконфигурируйте VoIP туннели для использования метрики TE metric при выборе пути

Attributes & Affinity

- Атрибуты – 32 бита, описывающие некоторые свойства канала связи
- Affinity туннеля (сходство) – желание проложить туннель через каналы с определенными свойствами

Attributes & Affinity

```
mpls traffic-eng
 attribute-flags
 <0x0-0xFFFFFFFF>
```

- Команда физического интерфейса

Attributes & Affinity

```
tunnel mpls traffic-eng affinity
    <0x0-0xFFFFFFFF> {mask
    <0x0-0xFFFFFFFF>}
```

- Команда конфигурирования туннеля
- Маска определяет биты «интереса»
- Биты affinity определяют желаемые значения бит интереса:

0x2 mask 0xA - «меня интересуют биты 2 and 8; бит 2 должен быть установлен в 1, а бит 8 - в 0»

Attributes & Affinity

- Пример: чтобы исключить спутниковые каналы из туннеля для VoIP, нужно дать таки каналам атрибут 0x2, а туннель для VoIP сконфигурировать как ‘**`affinity 0x0 mask 0x2`**’

Auto-Bandwidth – динамическое изменение резервирования полосы

```
tunnel mpls traffic-eng auto-bw ?

  collect-bw Just collect Bandwidth info on this tunnel

  frequency  Frequency to change tunnel BW

  max-bw     Set the Maximum Bandwidth for auto-bw on this tunnel

  min-bw     Set the Minimum Bandwidth for auto-bw on this tunnel
```

- Команда конфигурирования туннеля
- Периодически изменяет зарезервированную полосу для туннеля в зависмости от трафика, протекакющего через туннель
- Настраиваемый таймер периода

Защита путей и каналов

- В обычной IP сети отказ канала приводит к простою в несколько секунд

Этап	От чего зависит его продолжительность	Время
Обнаружение отказа канала	Зависит от платформы	~ мкс (POS + APS)
Распространение информации оботказе	IGP таймеры	~5-30 сек
Вычисление нового пути	Размерность топологической базы, CPU	~1-2сек

Защита путей и каналов

- В сети MPLS нужно выполнить несколько больше действий для перехода на новый путь LSP

Этап	От чего зависит его продолжительность	Время
Обнаружение отказа канала	Зависит от платформы	~ мкс (POS + APS)
Распространение информации оботказе	IGP таймеры	~5-30 сек
Вычисление нового пути	Размерность топологической базы, CPU	~1-2 сек
Установка нового пути LSP	Размер сети	~1-5 сек

Стандартная защита пути в MPLS

tunnel mpls traffic-eng path-option 1 explicit name straight

tunnel mpls traffic-eng path-option 2 dynamic

Задается две опции для туннеля:

Основная – точный статический путь

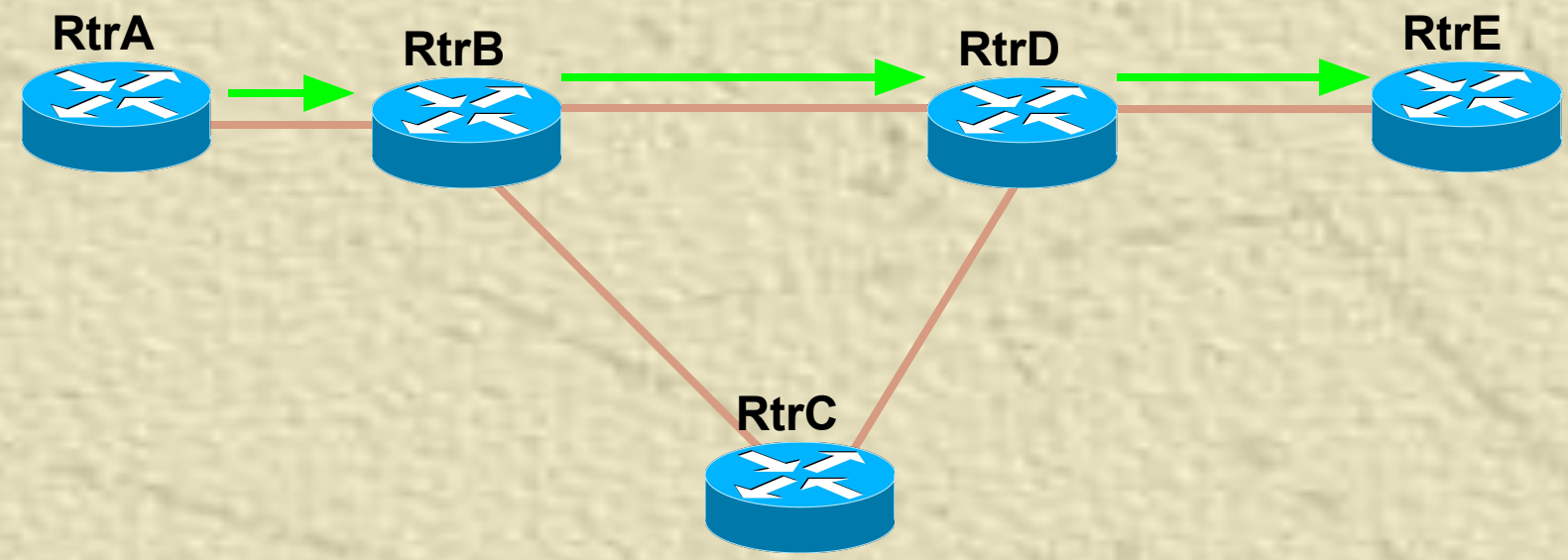
Резервная – динамически вычисляемый путь после отказа основого

Fast ReRouting (Cisco)– быстрый переход на новый путь

- Link Protection
  - Единственная схема, реализованная сегодня
- Node Protection
  - Разрабатывается
- Path Protection
  - Дальняя цель разработчиков

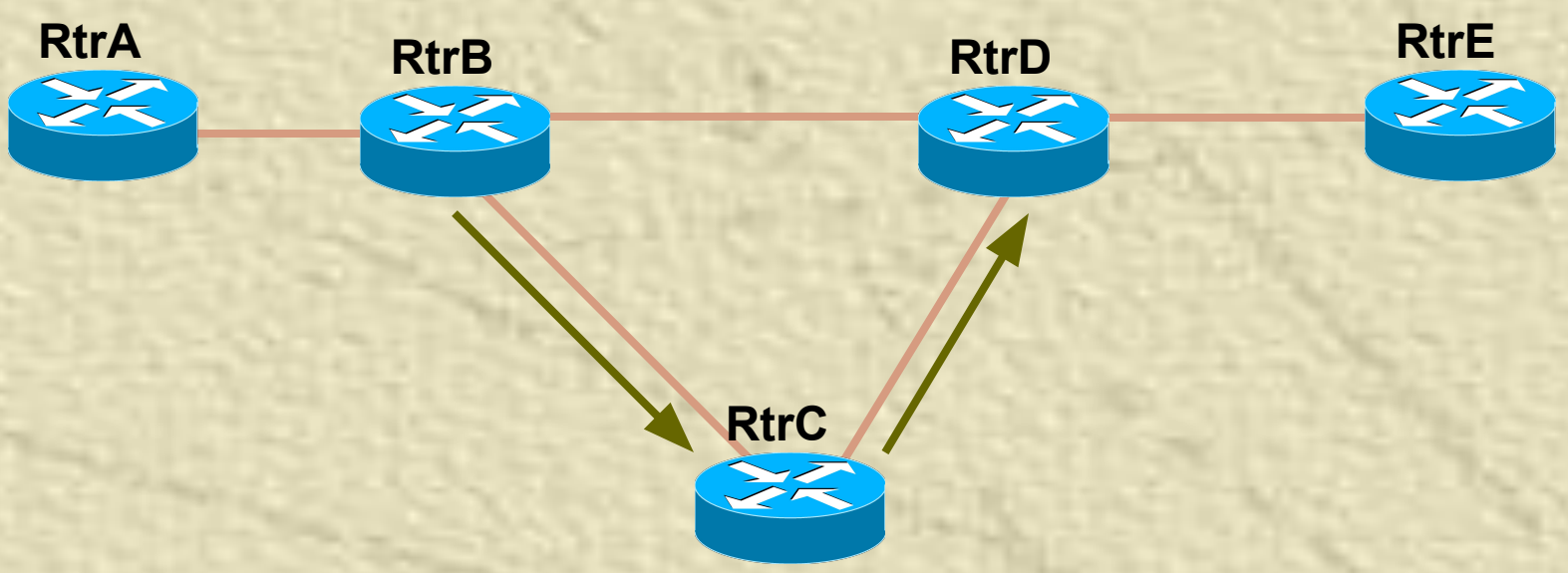
Link Protection

- TE туннель A->B->D->E



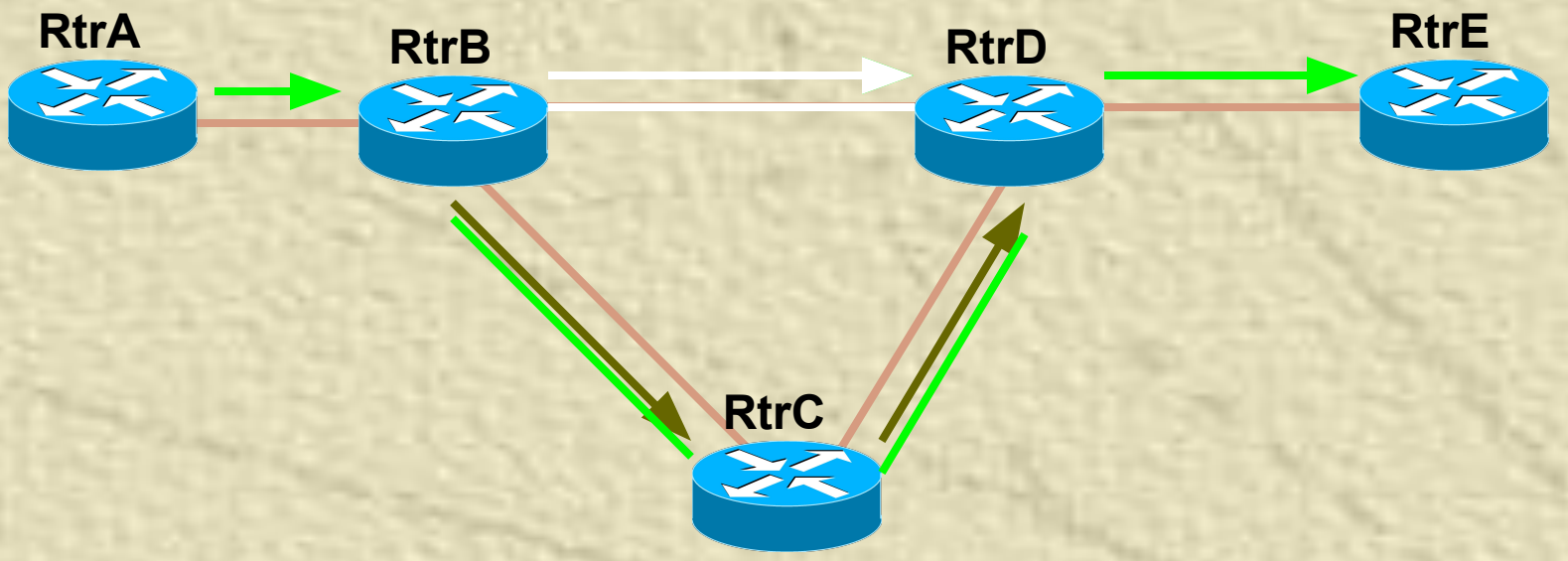
Link Protection

- B имеет предварительно установленный туннель к дальнему концу защищаемой линии (RtrD)
- B считает, что D использовал при привязывании метки глобальное (платформенно-специфическое) пространство меток



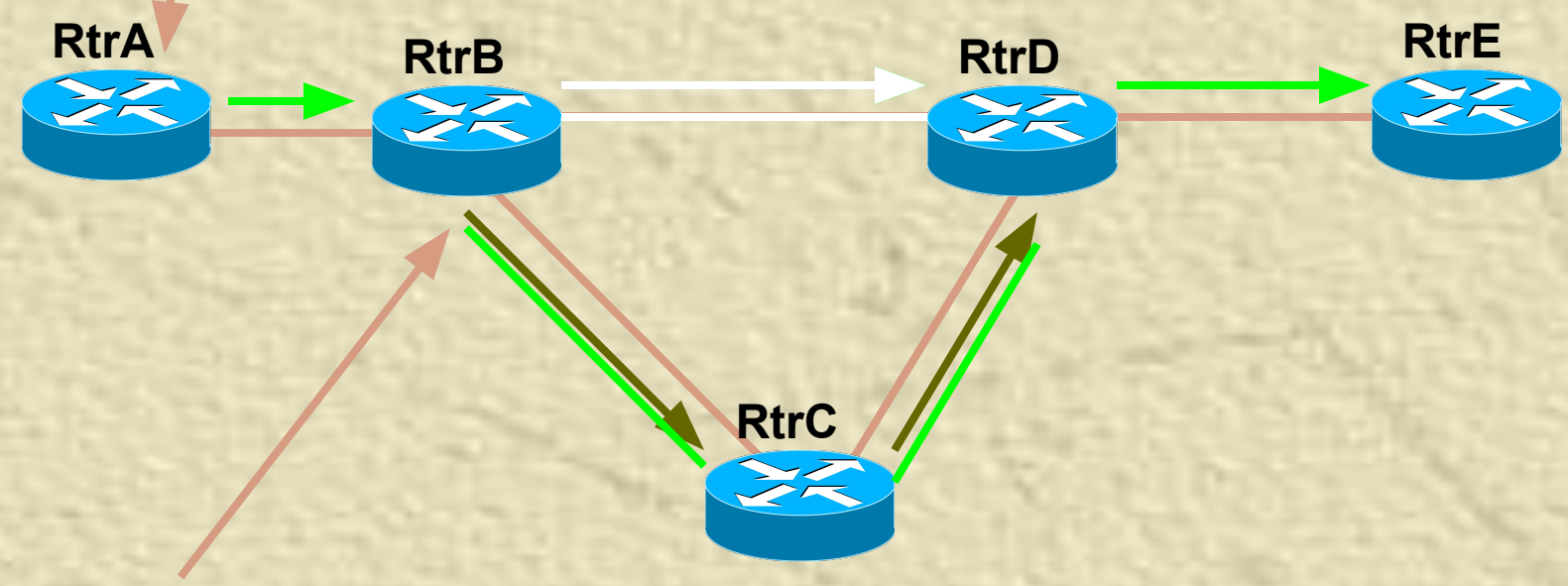
Link Protection

- Связь B->D отказывает, туннель A->E инкапсулируется в туннель B->D
- Резервный туннель используется до тех пор, пока A не вычислит новый путь для туннеля A->B->C->D->E (10-30 сек)



Link Protection

- Конфигурирование туннеля в ingress LSP:
  - `tunnel mpls traffic-eng fast-reroute`



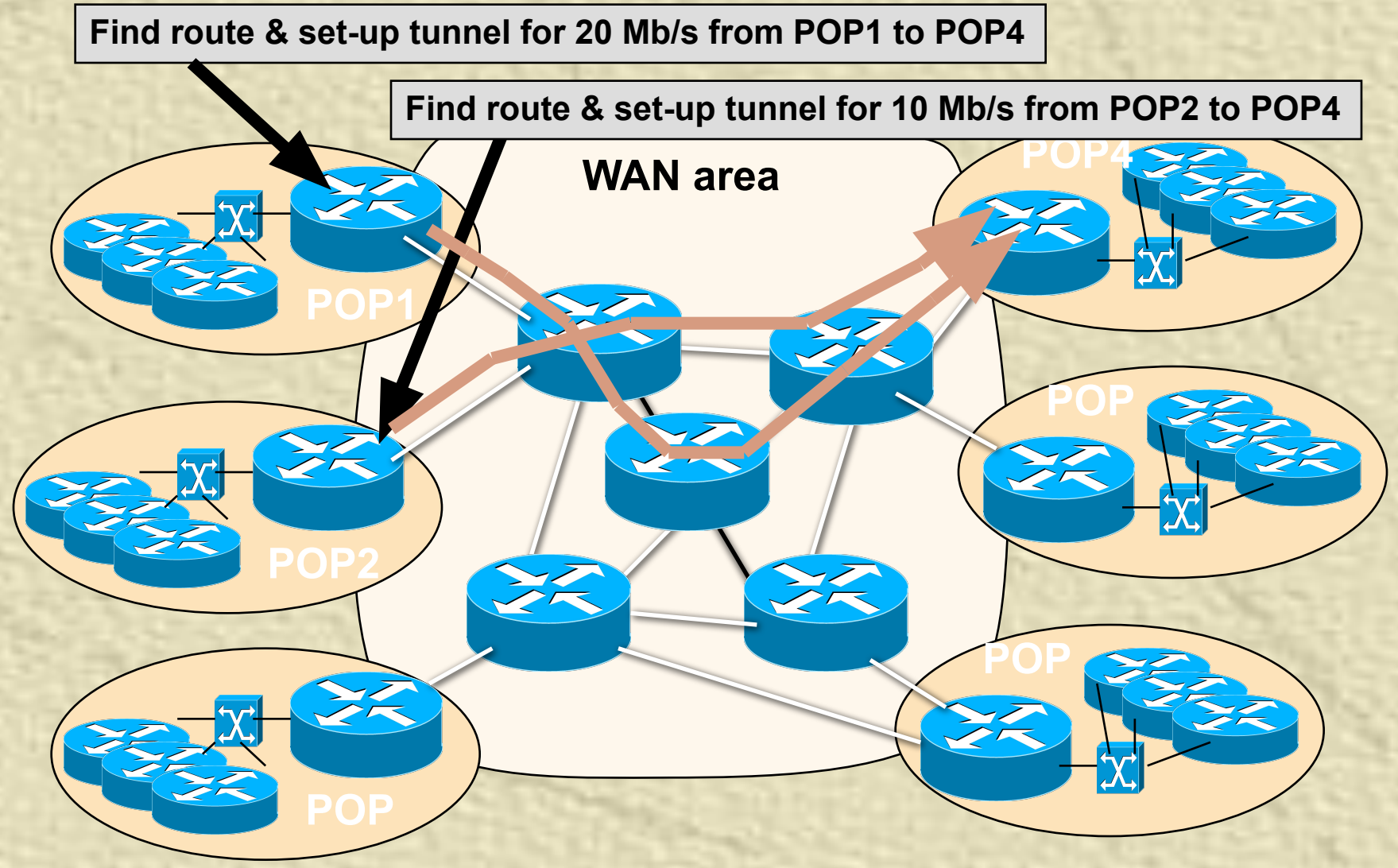
- **На защищаемой линии:**

  `mpls traffic-eng backup-path <backup-tunnel>`

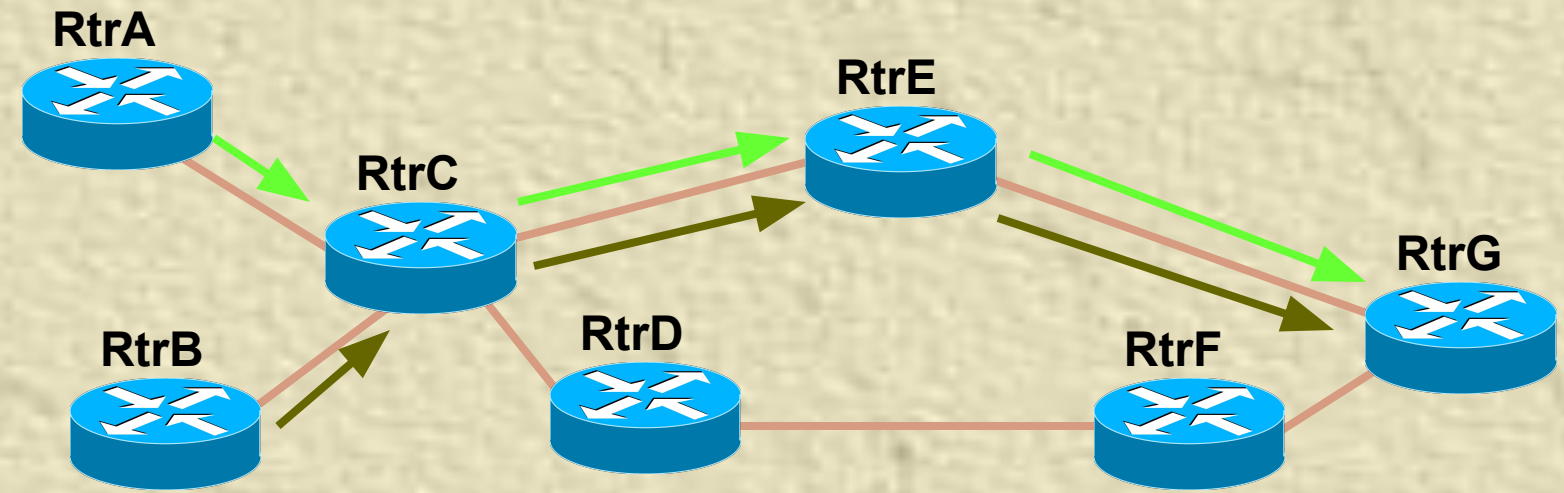
Два подхода к поддержке QoS в сетях MPLS

- DS-TE: Diffserv-aware Traffic Engineering (L-LSP)
  - Отдельные пути (и резервирование) для транков трафика разных классов DiggServ
  - Набор расширений протоколов, используемых для MPLS TE
  - Изменения в протоколах сигнализации (резервирование) – никаких новых механизмов QoS при передаче данных
  - Не дают гарантированного QoS
- MPLS DS (E-LSP)
  - DSCP -> EXP
  - EXP -> PHB конфигурируется вручную

Резервирование полосы в TE

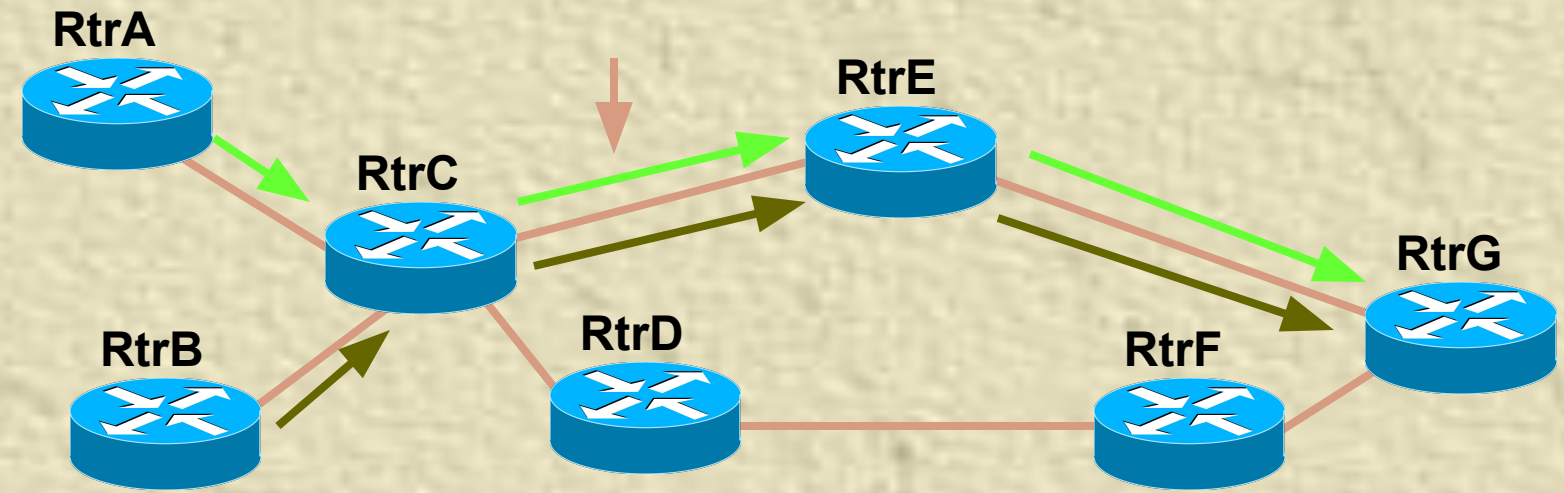


Пример проблемы с голосовым трафиком в MPLS TE



- 2 туннеля через связь C<->E
- 40MB каждый туннель
- 100MB свободной полосы на связи C<->E, 55 MB уже переносят голосовой трафик
- Что будет, если каждый туннель будет переносить по 20MB трафикаVoIP?

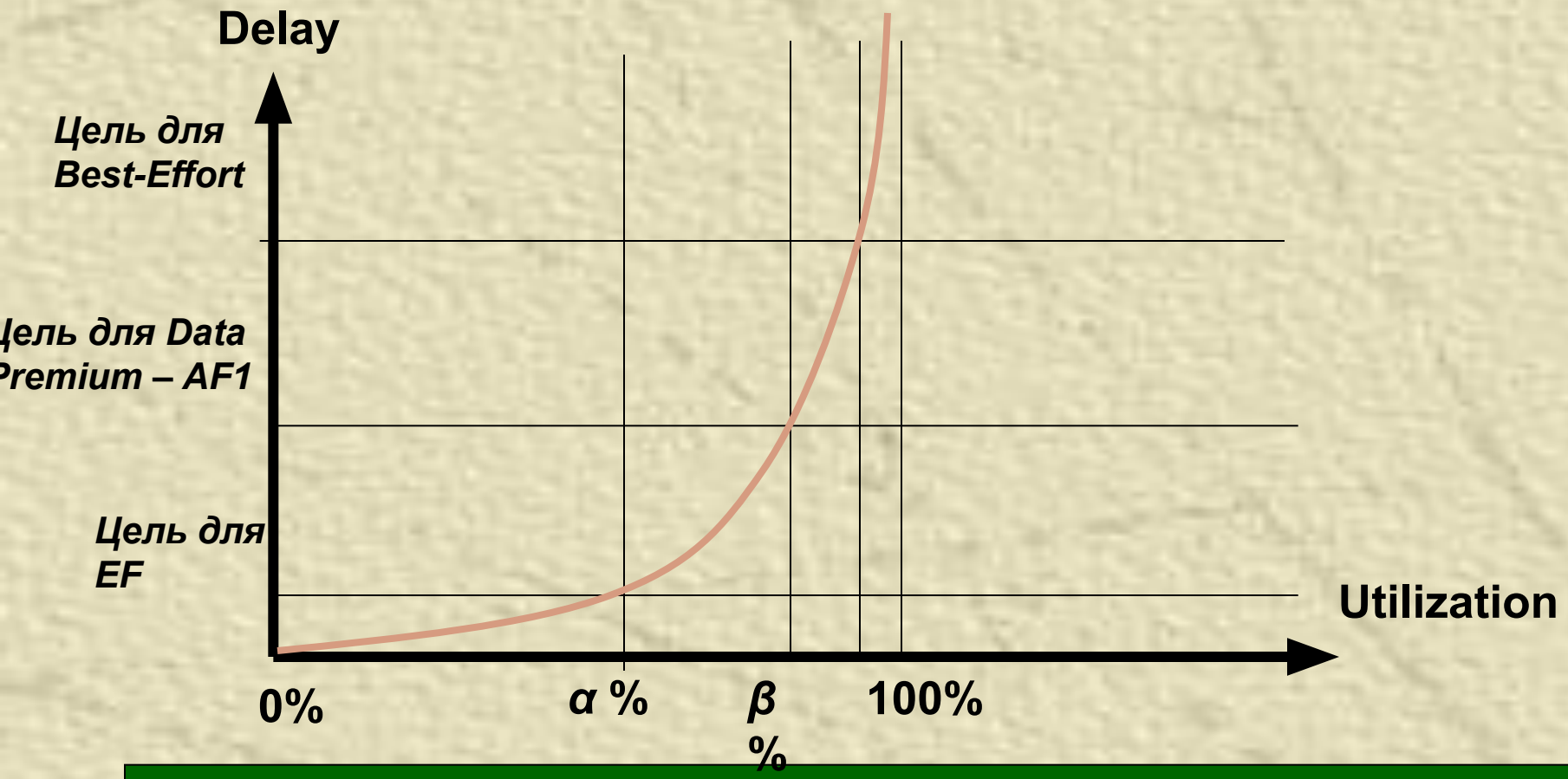
Пример проблемы с голосовым трафиком в MPLS TE



55MB LLQ+40MB LLQ = 95 MB LLQ – на 25MB больше 50% канала – большие задержки голоса

- Проблема: один пул пропускной способности для интерфейса, нет возможности дифференцировать тип трафика!
- Решение: поддерживать несколько пулов

Задержка как функция коэффициента использования



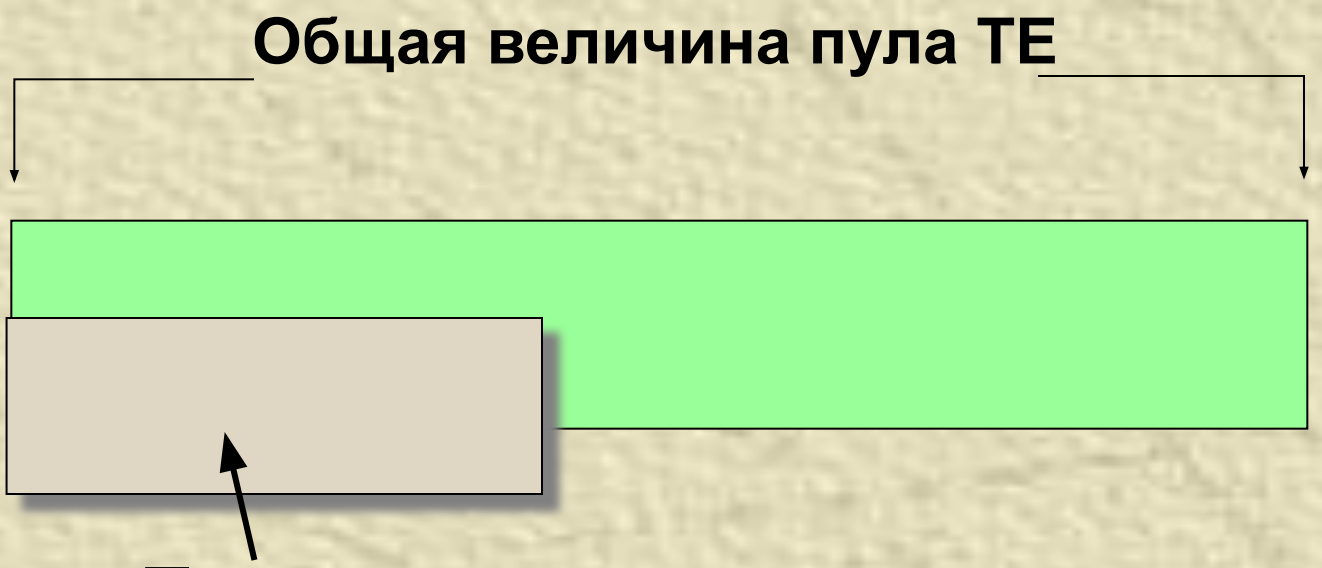
Если для EF трафика < *α* % , то задержка EF будет меньше *M1* ms
Если для AF1 трафика < *β* % , то задержка AF1 будет меньше *M2* ms

Diffserv-Aware Traffic Engineering

`ip rsvp bandwidth <x> sub-pool <y>`

- «эта связь имеет резервируемую полосу X, Y из которой – это sub-pool»
- Для приоритетного трафика доступно только Y Кбит/с, которые также входят в пул X

Пулы пропускной способности



Пул для приоритетного трафика, если он недоиспользован, то полоса отдается общему пулу

Diffserv-Aware Traffic Engineering

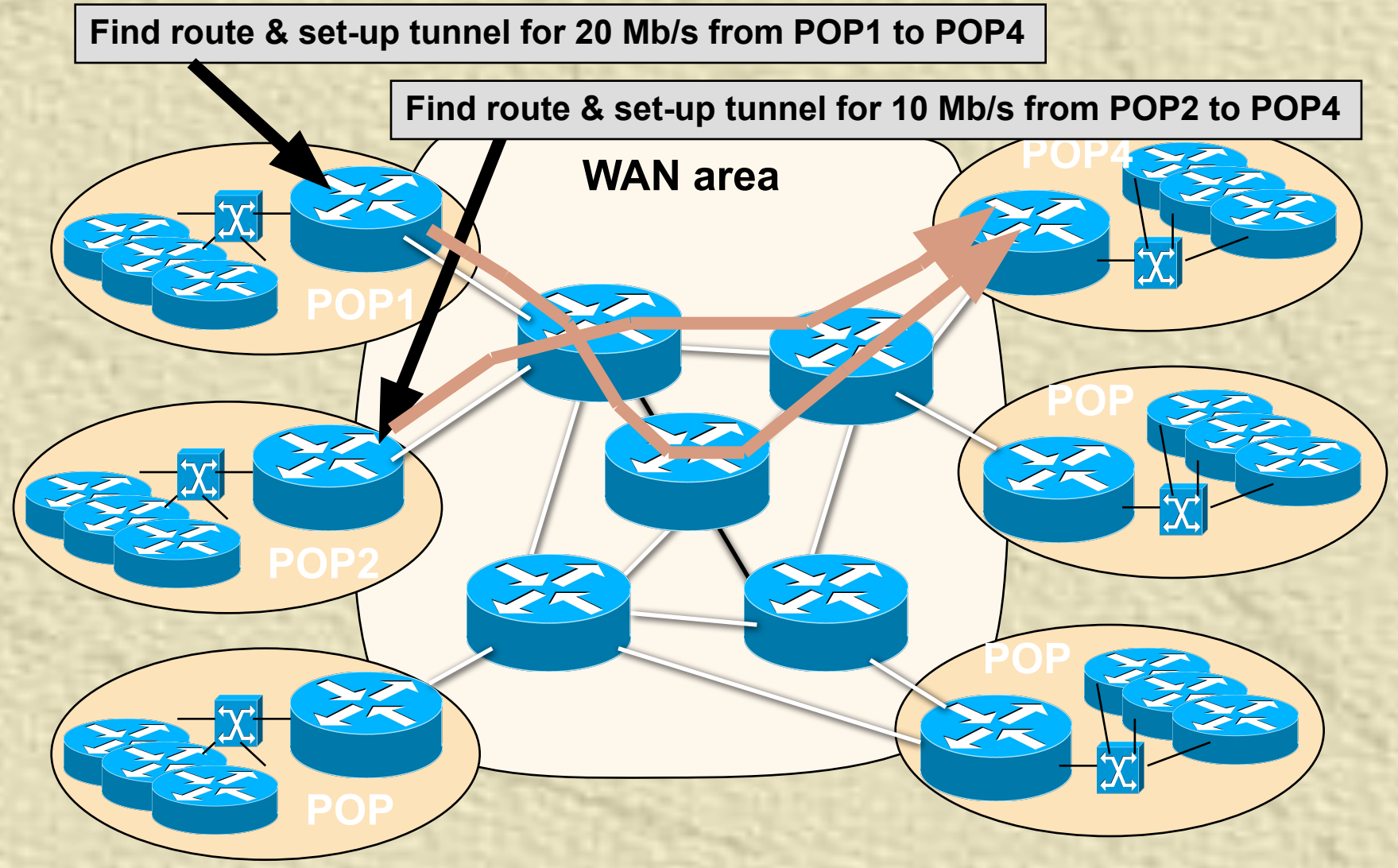
```
tunnel mpls traffic-eng bandwidth <x>
  sub-pool
```

- Создание туннеля для приоритетного трафика, который резервирует X Кбит/с из sub-pool
- Если в sub-pool уже нет достаточной полосы, то туннель не устанавливается
- Трафик с этой меткой направляется в приоритетную очередь

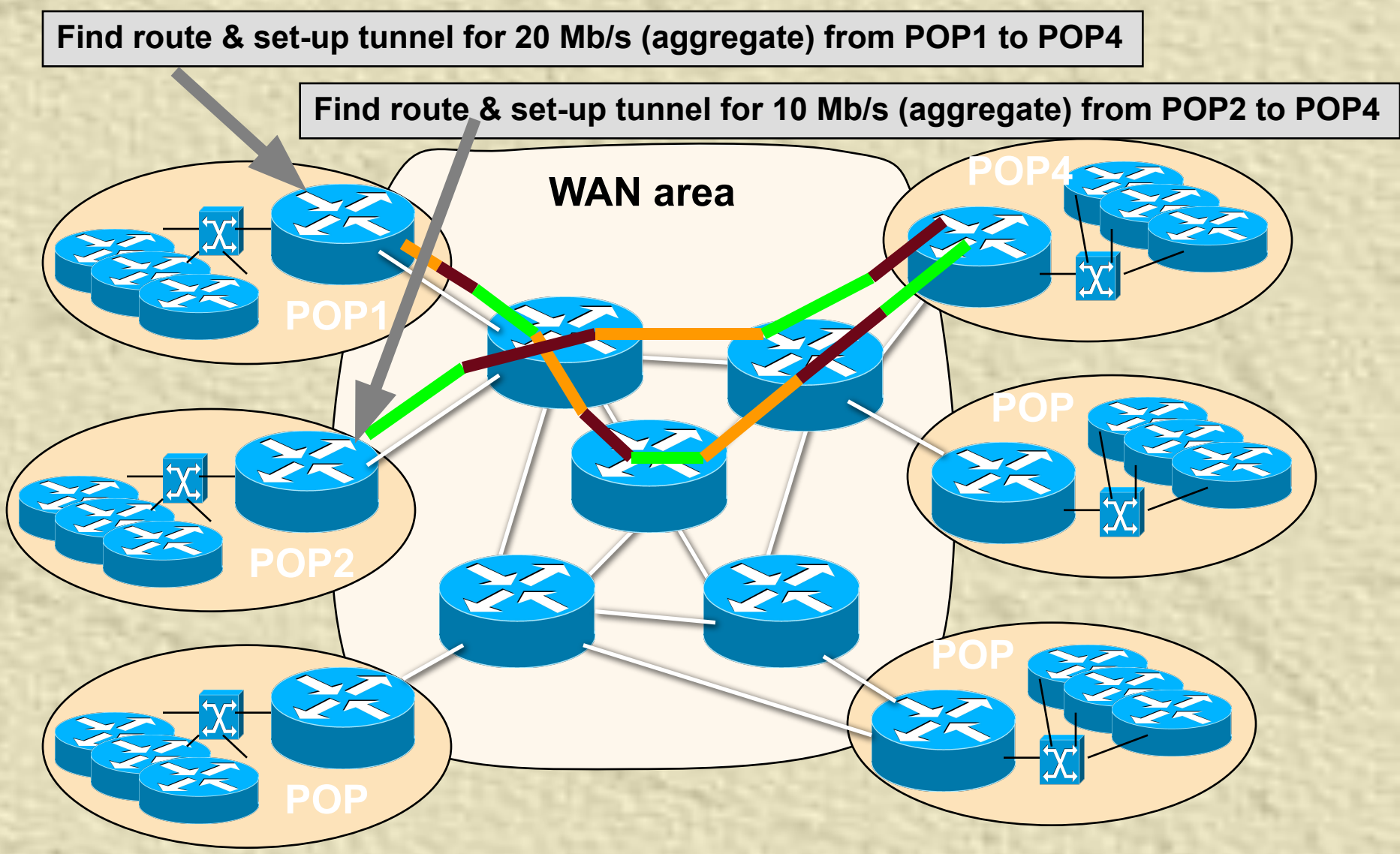
Стандартизация DS-TE

- Начало – середина 2000
- Internet Drafts:
  - draft-ietf-tewg-diff-te-reqts-00.txt
  - draft-ietf-mpls-diff-te-ext-01.txt
  - draft-ietf-ospf-diff-te-00.txt
  - draft-ietf-isis-diff-te-00.txt

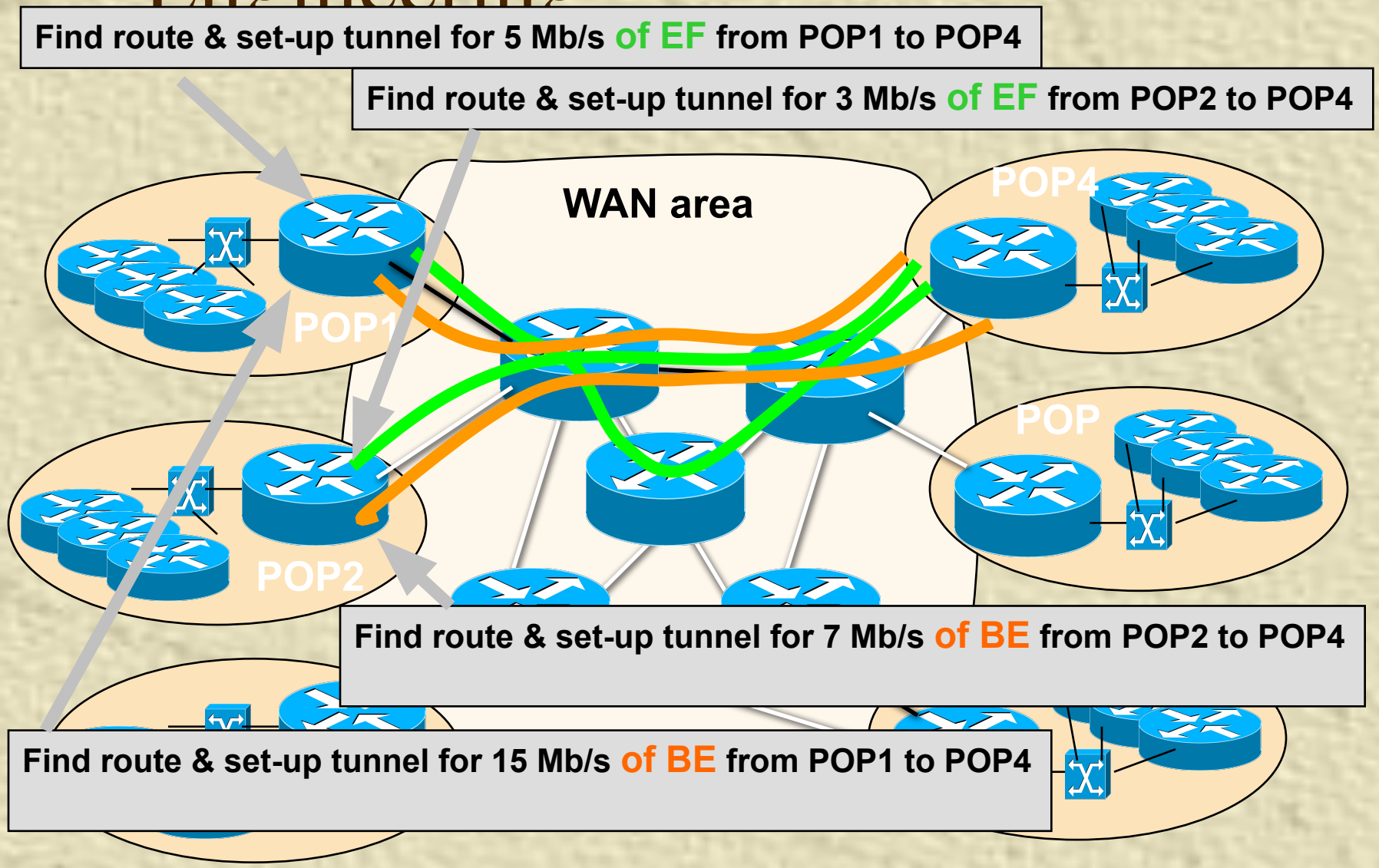
Сеть TE - Best Effort



Сеть TE и MPLS Diff-Serv



DiffServ Aware Traffic Engineering



Обобщенная коммутация на основе GMPLS

Единицы коммутации:

Тайм-слоты и виртуальные контейнеры SDH/PDH

Световые волны (лямбды) DWDM

•Оптические волокна (порты)

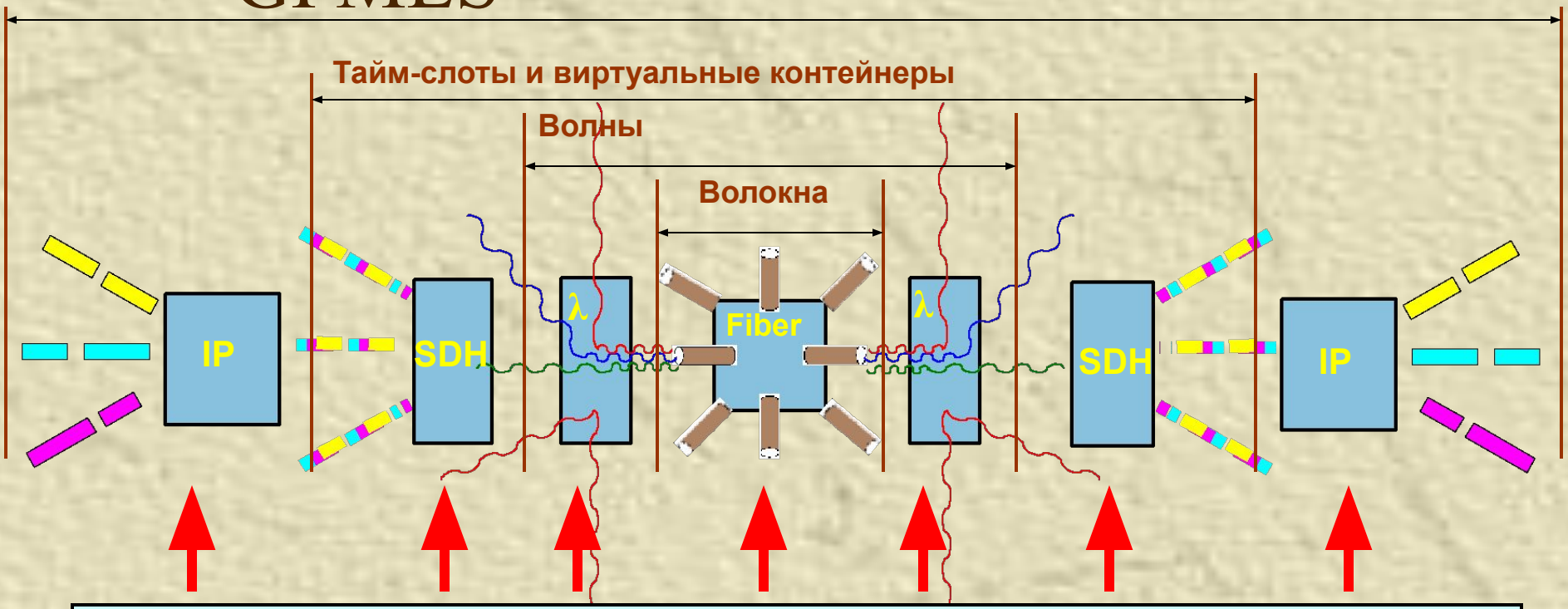
Метка GMPLS представляет собой условный номер волокна, длины волны или тайм-слота в виртуальном контейнере

Протокол сигнализации из архитектуры GMPLS позволяет динамически сформировать оптический путь через SDH-мультиплексоры и DWDM кросс-коннекторы – гигабиты по требованию

Устройства узнают топологию сети и состояния каналов по традиционным протоколам маршрутизации сетей IP: OSPF и IS-IS с расширениями

Переход на заранее определенный резервный маршрут – десятки миллисекунд, как в SDH

Иерархия уровней коммутации в GPMLS



Сигнализация GMPLS управляет расстановкой меток в разнотипном оборудовании – общая плоскость управления

Пути вкладываются друг в друга:

- **Пути IP-пакетов объединяются в SDH/PDH пути**
- **SDH/PDH пути объединяются в пути оптических волн**
- **Пути оптических волны объединяются в волокна**

Стандартизация GMPLS

- Начальная стадия разработки стандартов – Internet Draft

- В разработке участвуют многие ведущие производители магистрального оптического оборудования – Nortel, Alcatel, Lucent, Siemens, Cisco, Juniper, CIENA и многие другие

- Форум Optical Internetworking Forum разработал проект спецификации пользовательского интерфейса доступа к оптическому ядру – Optical UNI

- Совместимость реального оборудования по интерфейсу Optical UNI была продемонстрирована в ходе конференции-шоу SuperComm-2001. В демонстрации использовалось оборудование 25 производителей, в том числе Nortel, Lucent, Cisco, Alcatel, CIENA, Sycamore