

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 используется
- default: X==Y==75% пропускной 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*

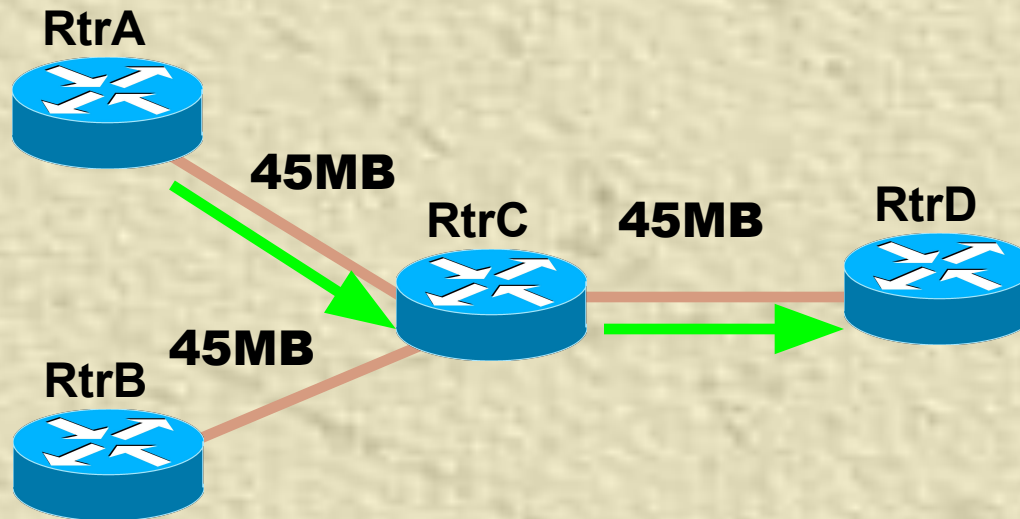
Priority

- 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

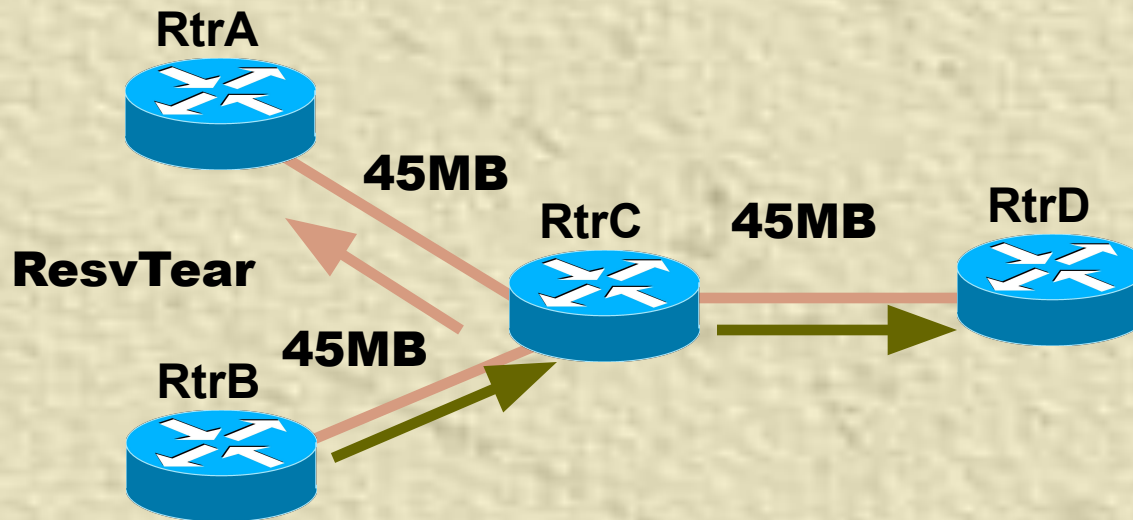
 = 40MB tunnel S=7, H=7

 = 40MB tunnel S=6, H=6



Priority

 = 40MB tunnel with S=7, H=7
 = 40MB tunnel with S=6, H=6



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

Administrative Weight

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

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

Administrative Weight

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

- Команда конфигурирования туннеля
- Default параметр - 'igrp'
- 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 зависимости от трафика, протекающего через туннель
- Настраиваемый таймер периода

Защита путей и каналов

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

Этап	От чего зависит его продолжительность	Время
Обнаружение отказа канала	Зависит от платформы	~ мкс (POS + APS)
Распространение информации об отказе	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 об отказе	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**

Задаются две опции для туннеля:

Основная – точный статический путь

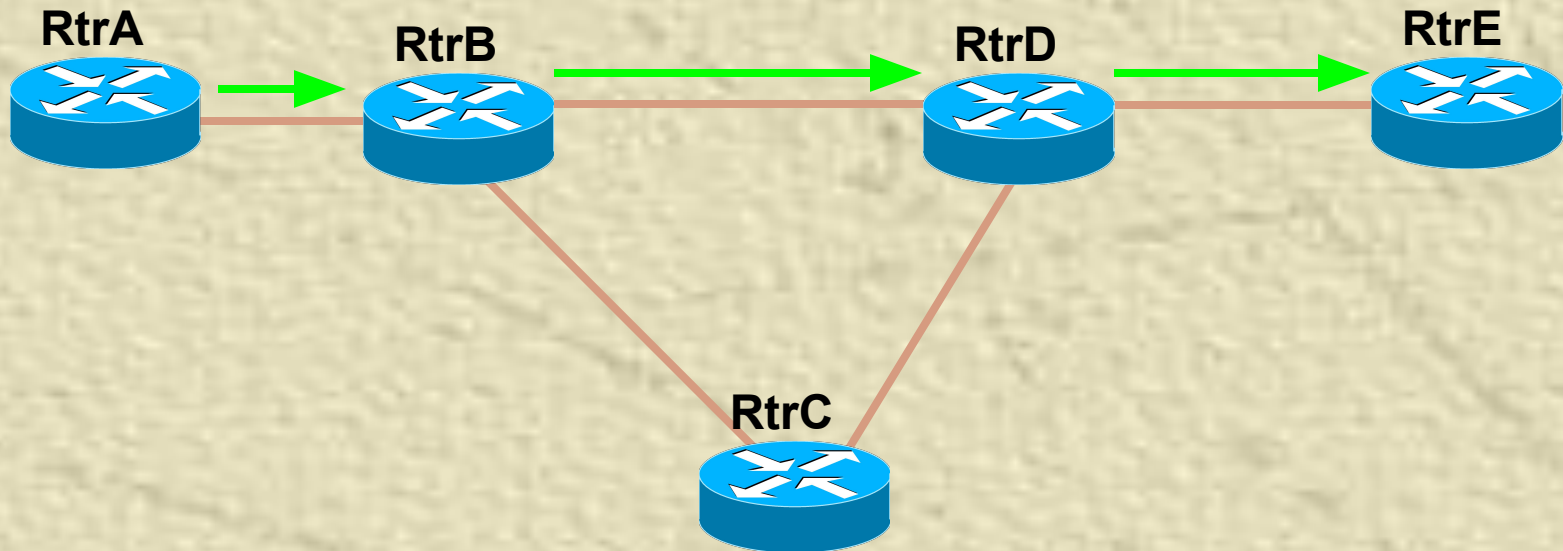
Резервная – динамически вычисляемый путь после отказа основного

Fast ReRouting (Cisco)— быстрый переход на новый путь

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

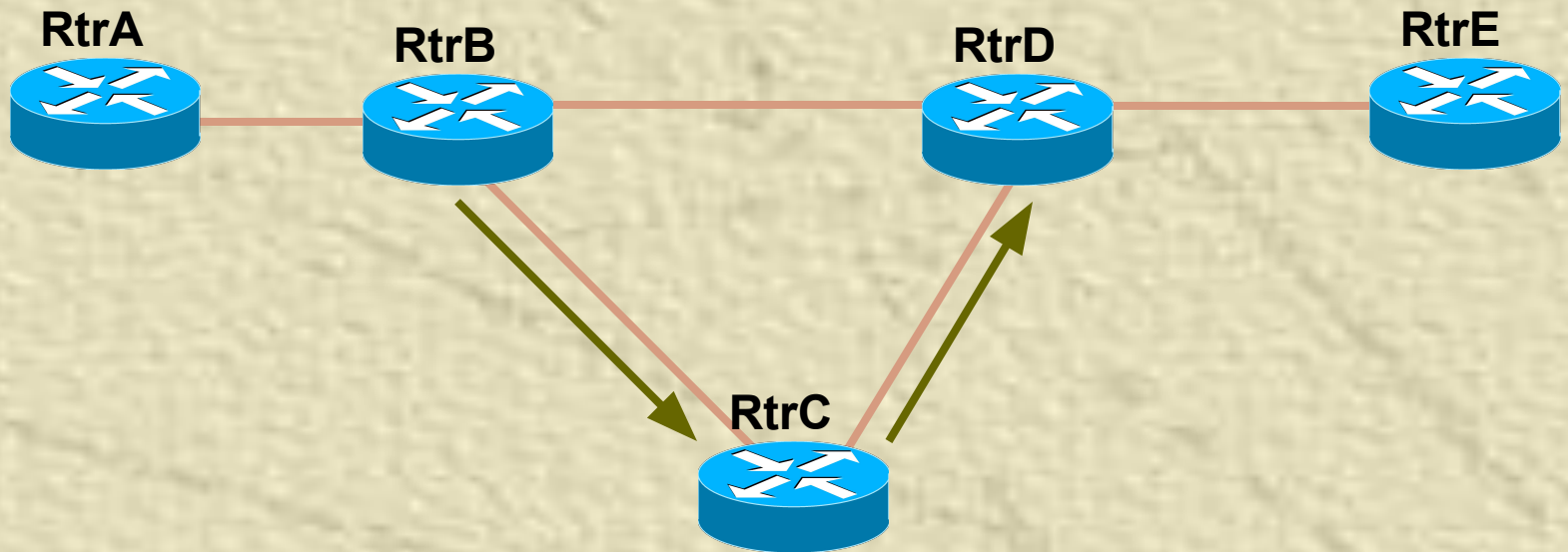
Link Protection

- TE туннель A->B->D->E



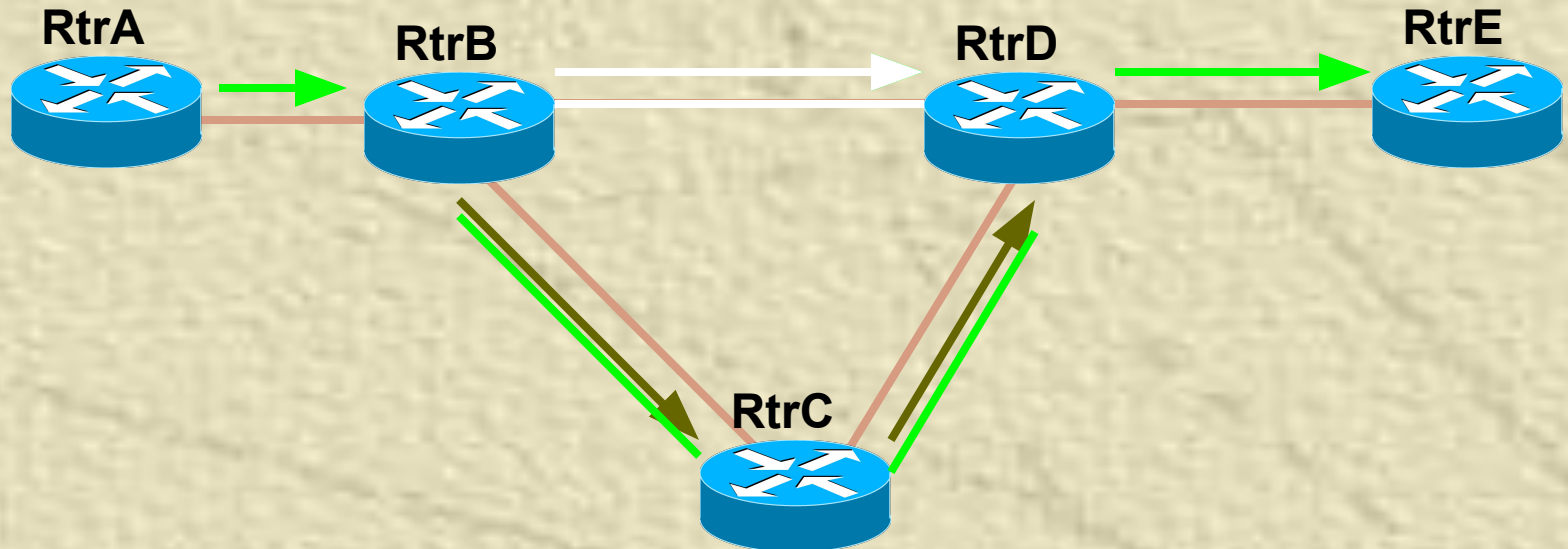
Link Protection

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



Link Protection

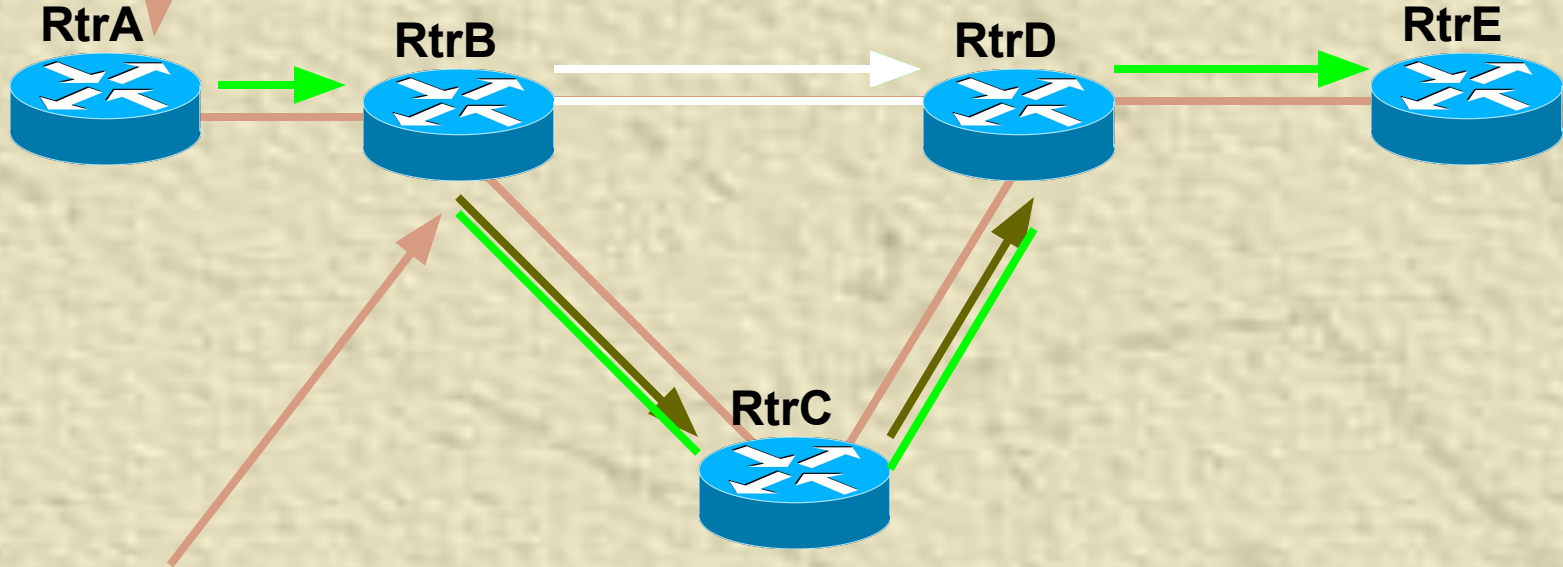
- Связь B->D отказывает, туннель A->E инкапсулируется в туннель B->D
- Резервный туннель используется до тех пор, пока A не вычислит новый путь для туннеля A->B->C->D->E (10-30 сек)



Link Protection

- Конфигурирование туннеля в ingress LSP:

- `tunnel mpls traffic-eng fast-reroute`



- На защищаемой линии:

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

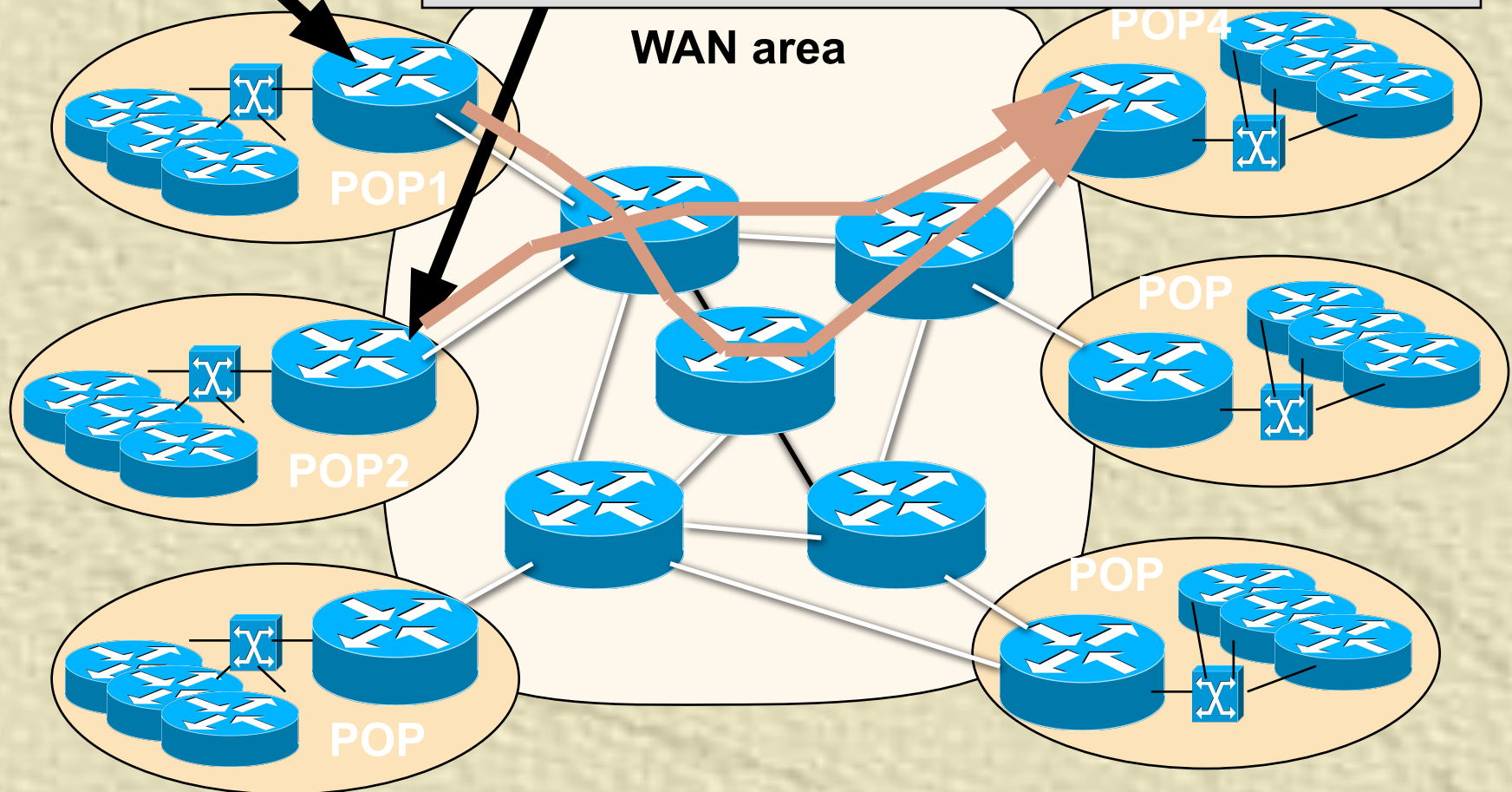
Два подхода к поддержке QoS в сетях MPLS

- **DS-TE: Diffserv-aware Traffic Engineering (L-LSP)**
 - Отдельные пути (и резервирование) для транков трафика разных классов Diffserv
 - 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

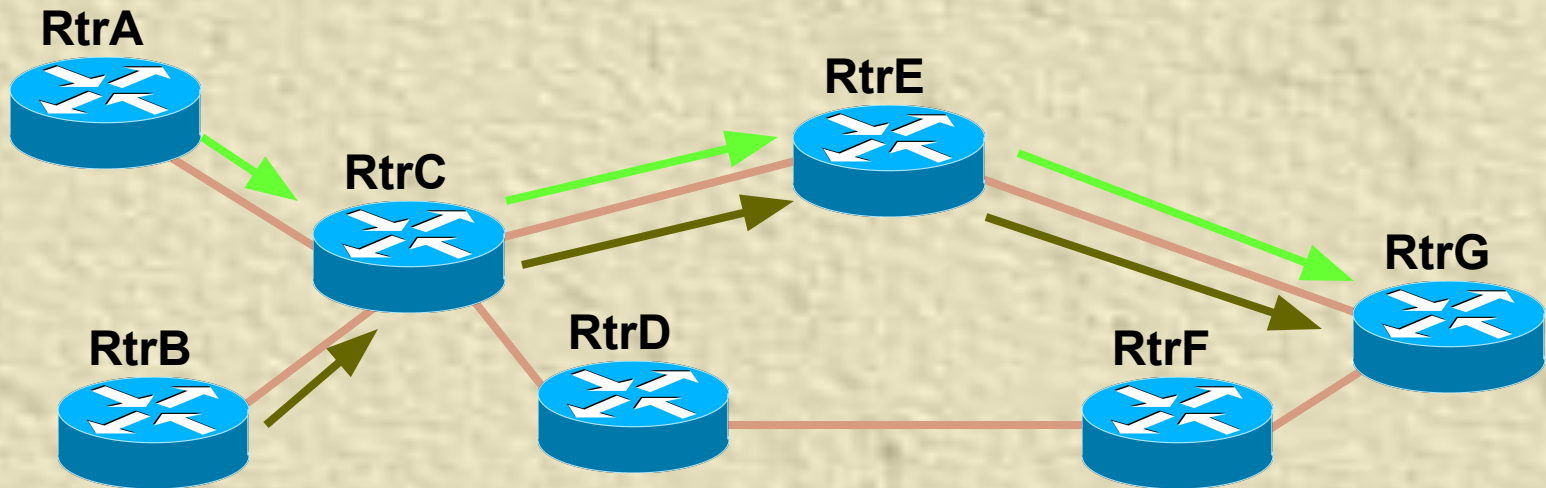
Резервирование полосы в ТЕ

Find route & set-up tunnel for 20 Mb/s from POP1 to POP4

Find route & set-up tunnel for 10 Mb/s from POP2 to POP4

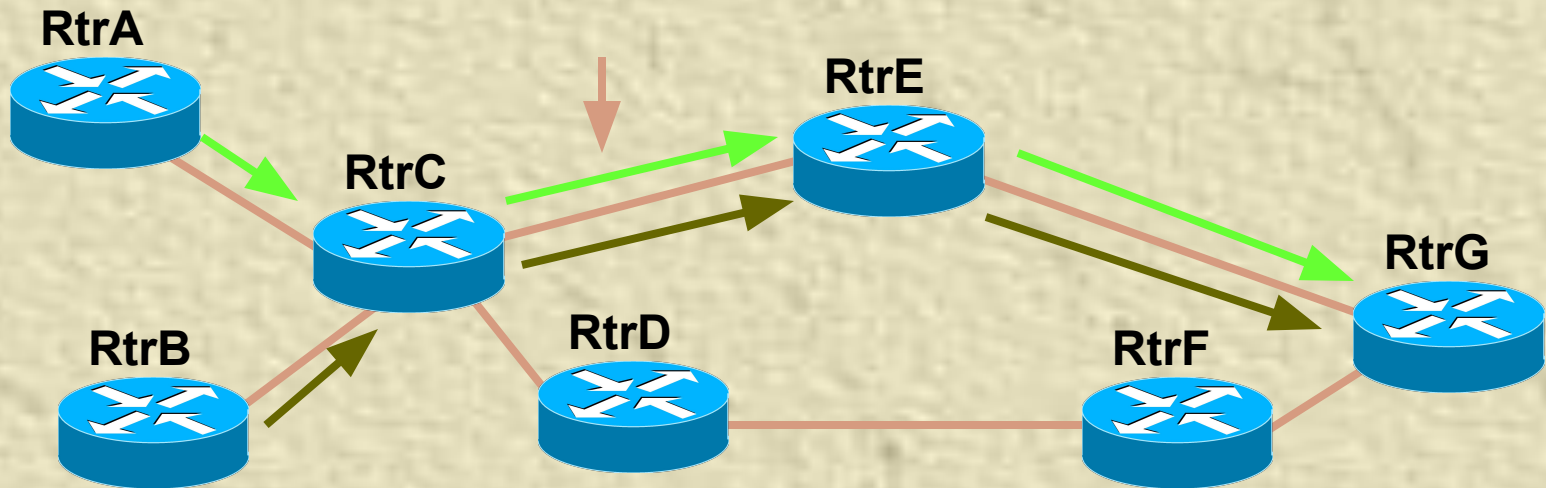


Пример проблемы с голосовым трафиком в MPLS TE



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

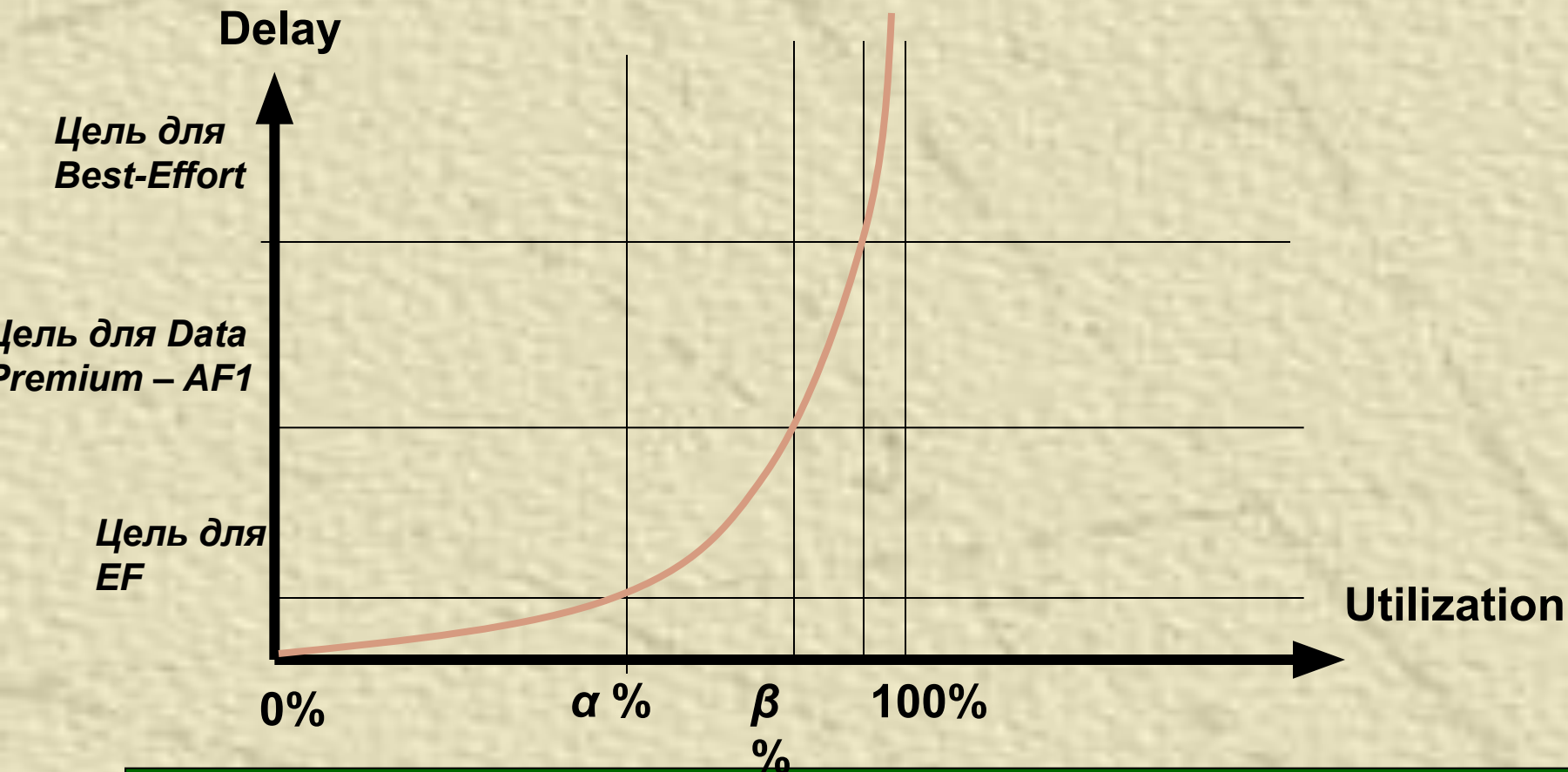
Пример проблемы с голосовым трафиком в MPLS TE



**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



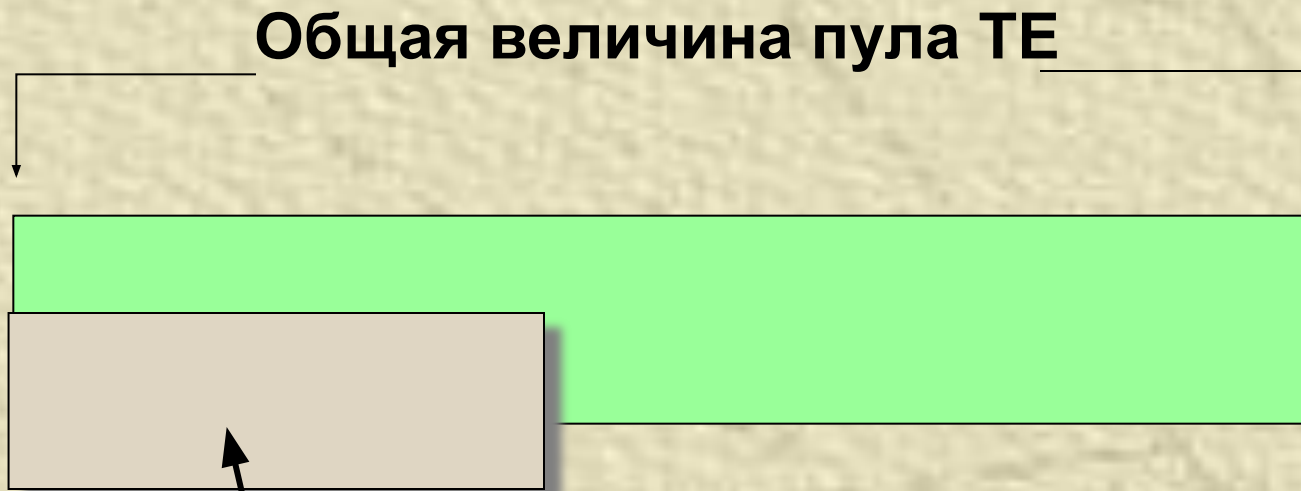
Если для EF трафика $< \alpha$ % , то задержка EF будет меньше $M1$ ms
Если для AF1 трафика $< \beta$ % , то задержка AF1 будет меньше $M2$ ms

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

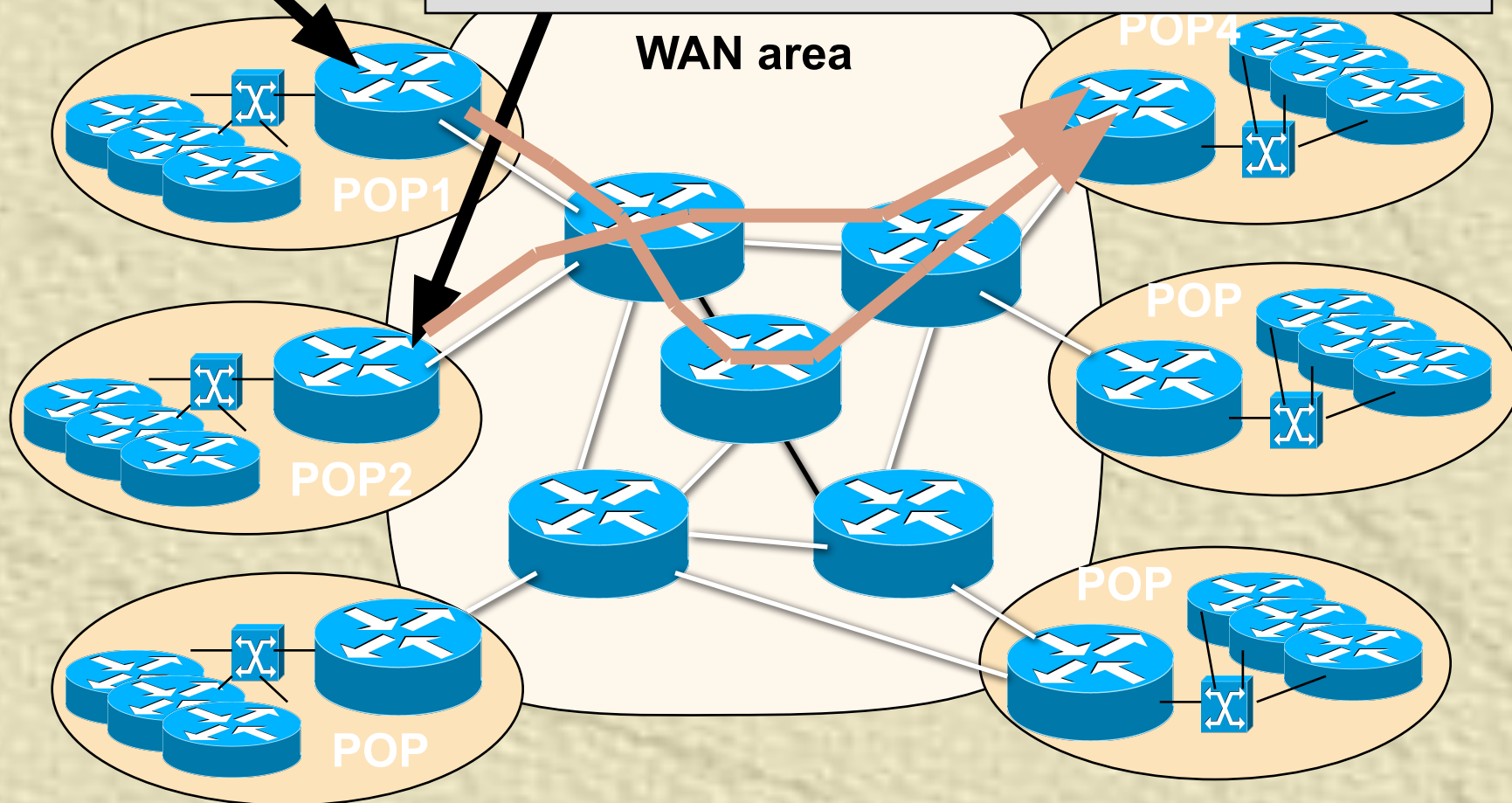
Стандартизация DS-TE

- 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

Find route & set-up tunnel for 20 Mb/s from POP1 to POP4

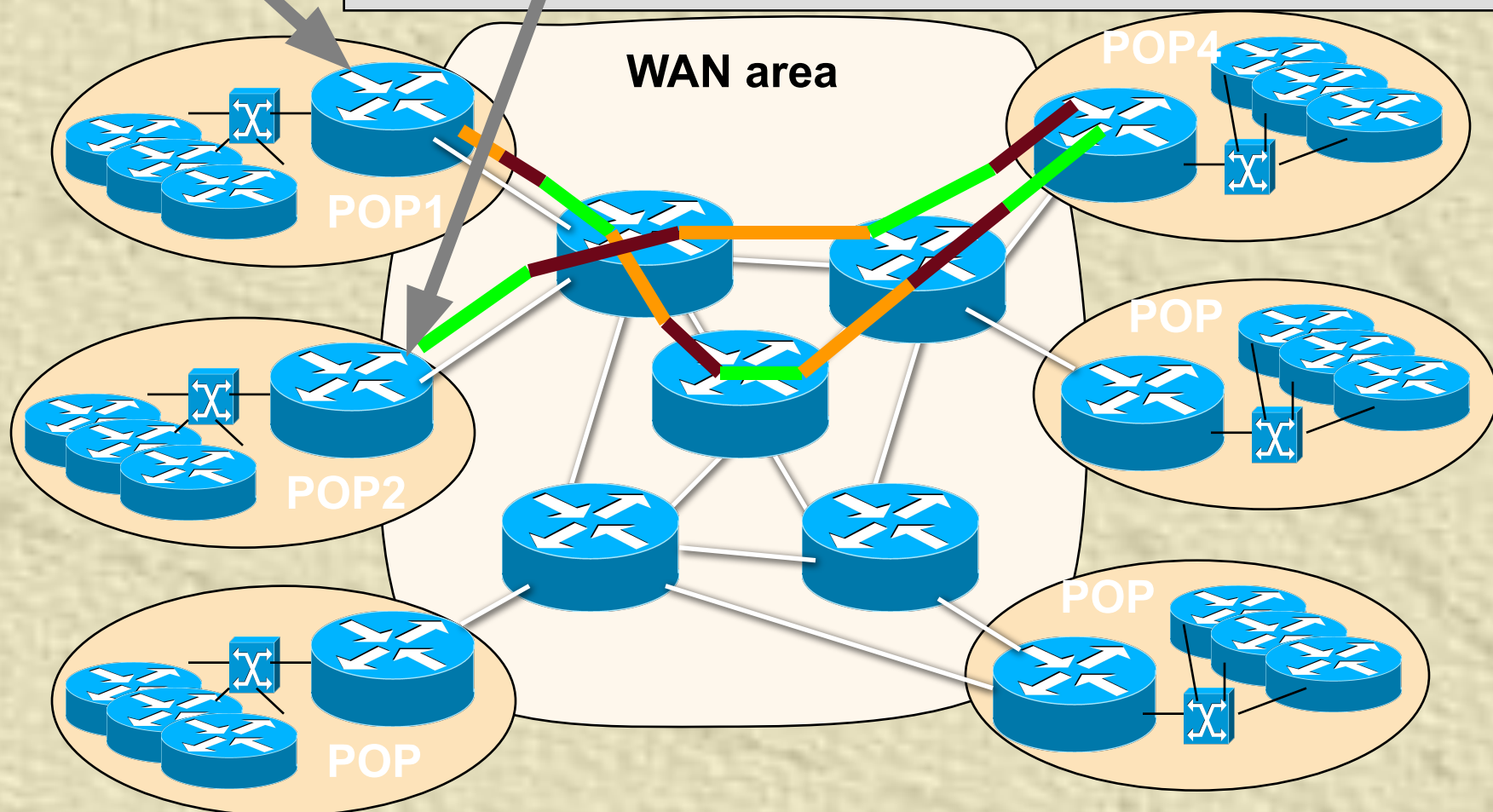
Find route & set-up tunnel for 10 Mb/s from POP2 to POP4



Сеть TE и MPLS Diff-Serv

Find route & set-up tunnel for 20 Mb/s (aggregate) from POP1 to POP4

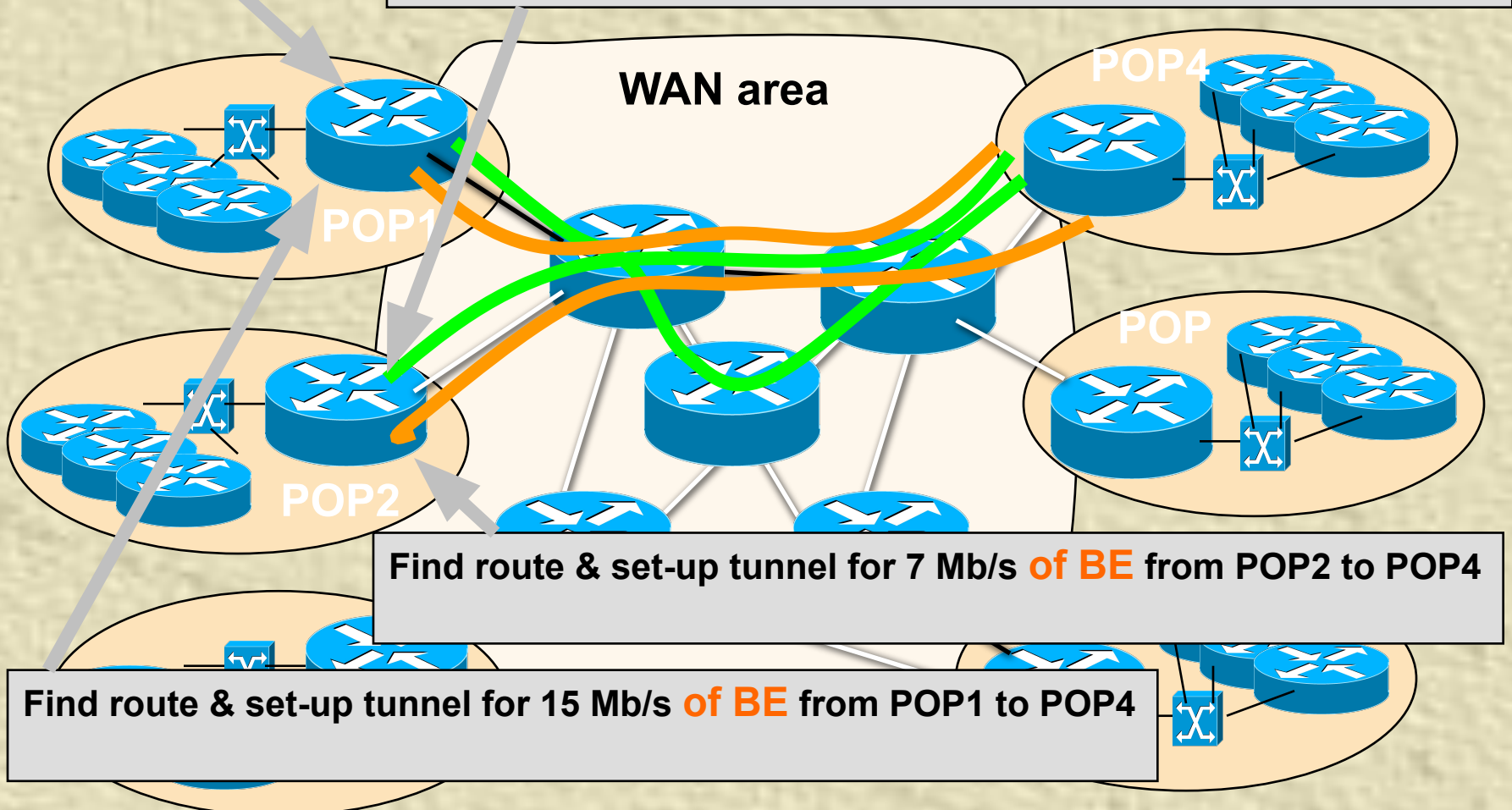
Find route & set-up tunnel for 10 Mb/s (aggregate) from POP2 to POP4



DiffServ Aware Traffic Engineering

Find route & set-up tunnel for 5 Mb/s **of EF** from POP1 to POP4

Find route & set-up tunnel for 3 Mb/s **of EF** from POP2 to POP4



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

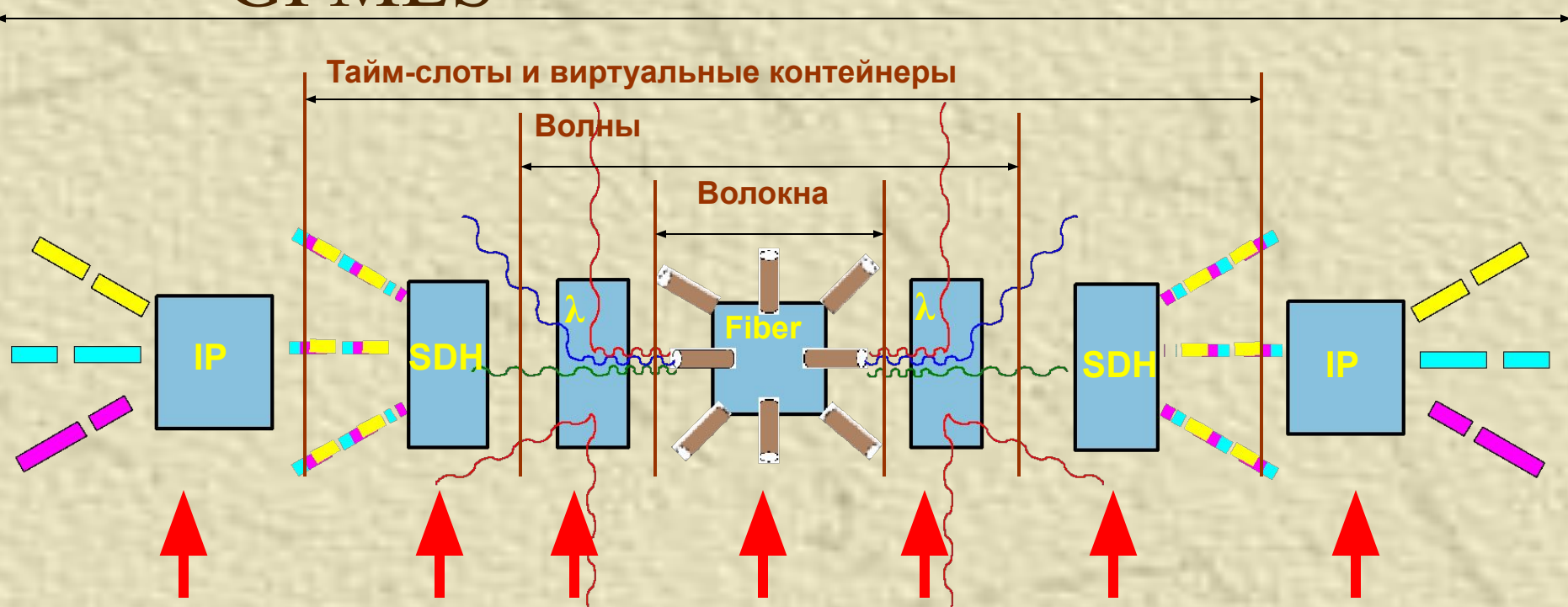
Протокол сигнализации из архитектуры GMPLS позволяет динамически сформировать оптический путь через SDH-мультиплексоры и DWDM кросс-коннекторы – гигабиты по требованию

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

IP-пакеты



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