



Cisco Expo  
2007

# IP-технологии быстрой перемаршрутизации для IP- и MPLS-сетей (IPFRR)



**Михаил Захватов, инженер-консультант**

**[mzakhvat@cisco.com](mailto:mzakhvat@cisco.com); +7 495 961 1410**

**Enable Your Network  
Empower Your Business**

# Содержание

- Введение
- Основные понятия
- Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA)
- Адреса-исключения (Not-Via Addresses)
- IPFRR в IOS-XR
- Микроциклы
- Заключение

# Введение

- Ускоренная перемаршрутизация IP представляет собой семейство технологий, обеспечивающих ускоренную перемаршрутизацию на основе чистой парадигмы маршрутизации

Предварительный расчет аварийных/резервных маршрутов

Быстрое обнаружение отказа

Быстрое переключение с активного маршрута/NH/интерфейса на запасной

Защита IP, MPLS, одноадресного и многоадресного трафика IPv4/IPv6

# Введение

- Сервис аналогичен предоставляемому MPLS при использовании MPLS-TE-FRR

MPLS-FRR использует особый сигнальный протокол (RSVP) и инкапсуляцию

- IPFRR не использует сигнальные протоколы

Используется распространенная база данных состояний канала (LSDB)

Режим инкапсуляции не влияет на работу протокола

- Проблема микроциклов существует в обоих семействах технологий FRR (IP и MPLS)

# Компоненты IPFRR

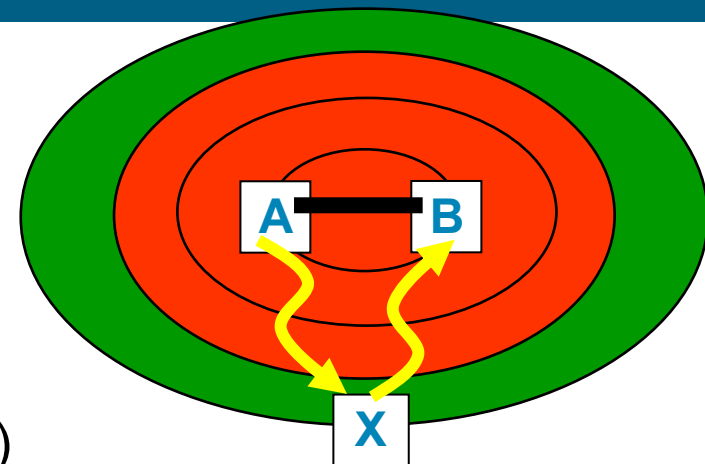
- Различные решения с одинаковыми возможностями FRR
  - IP, MPLS, одноадресный/многоадресный трафик, V4, V6
- Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA)
  - Не требуют функциональной совместимости
  - Не требуют сигнальных протоколов и расширений IGP
  - Охват зависит от топологии
  - Внедрение может осуществляться поэтапно или частично
- Адреса-исключения
  - Требуют функциональную совместимость
  - Требуют небольшого расширения IGP
  - Не требуют сигнальных протоколов и резервных путей
  - Покрытие – всегда 100%
  - Рассчитаны на отказы каналов, узлов и SRLG



# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ БЫСТРОЙ ПЕРЕМАРШРУТИЗАЦИИ IP



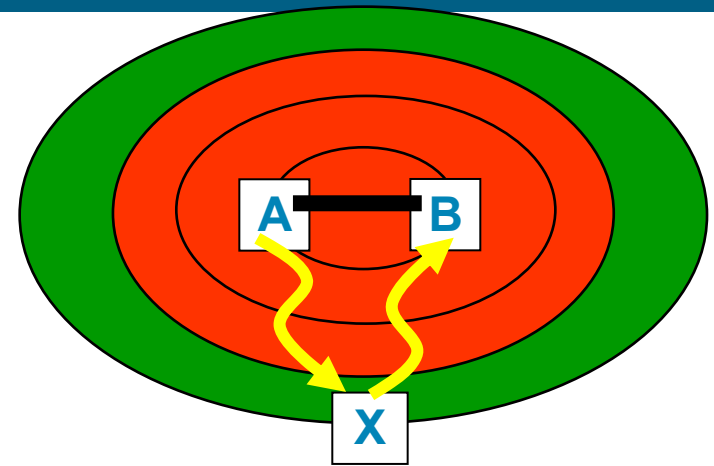
# Основные понятия IPFRR



- Изменения топологии, вызванные отказом канала А-В, влияют только на часть сети (красная область)
  - Воздействие распространяется до некоторого предела
  - Проект ускоренной конвергенции показывает, что размер затронутой области ограничен
  - Радиус – 5 хопов
- Вне этого подмножества маршрутизация не нарушается (зеленая область)
- Задача IPFRR – найти точку в сети, которая:
  - Не подвержена отказу
  - Доступна до и после отказа
  - Способна пересылать трафик любому получателю в обход канала А-В

Из этой точки все пакеты доставляются получателю, не проходя через отказавший участок (и не располагая информацией об отказе)

# Основные понятия IPFRR



- Комитет IETF получил несколько предложений

Точка выпуска, нисходящие маршруты, альтернативные бесцикловые маршруты, возвратные маршруты, адреса-исключения (Release Point, Downstream Routes, Loop-Free Alternates, U-Turns, Not-Via Addresses)

- Предложение Cisco:

Альтернативные бесцикловые маршруты (также называемые нисходящими маршрутами)

Адреса-исключения (Not-Via)

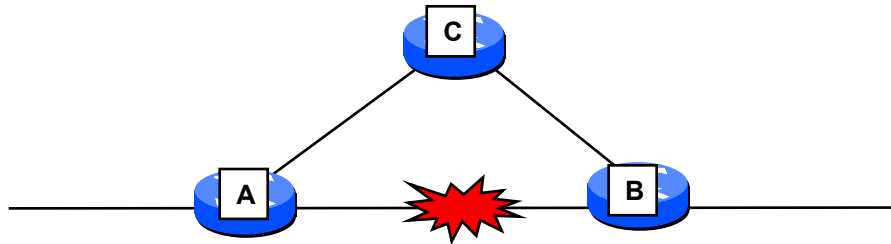
Упорядоченный/последовательный алгоритм (Ordered-SPF) SPF (для исключения микроциклов)



# АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ БЕСЦИКЛОВЫЕ МАРШРУТЫ



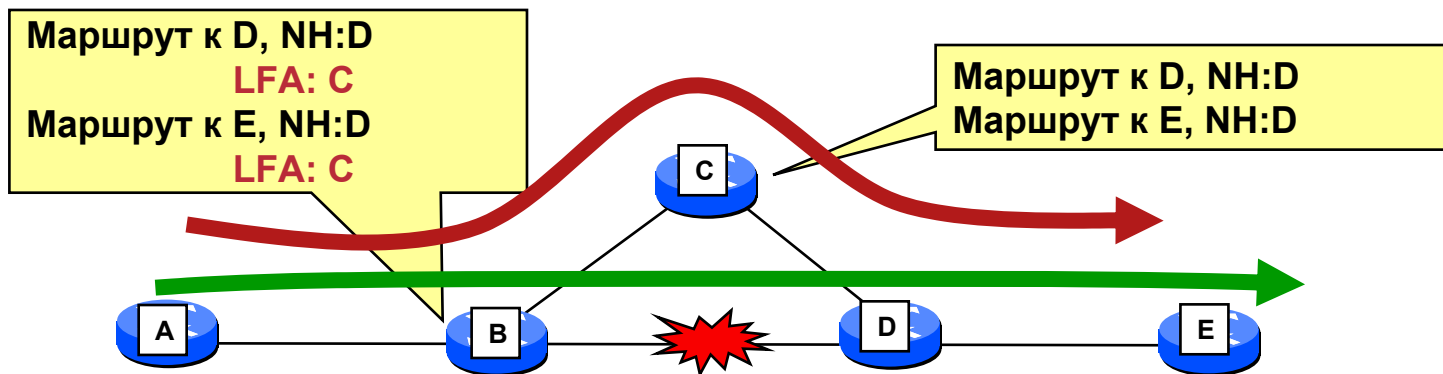
# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA) Общие понятия



- При отказе канала A-B узел A может надежно пересылать весь трафик, предназначенный для A-B, локально на узел C
- Очевидность решения не умаляет его практической
- Ключевые факторы – топология и связность сети

# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA)

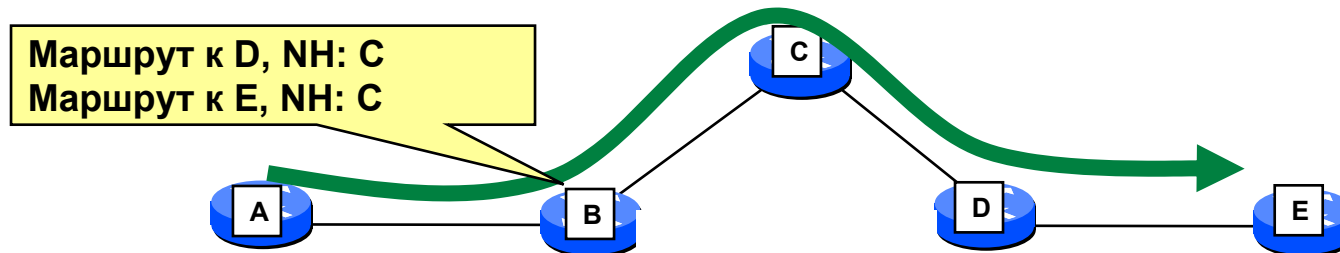
## Общие понятия



- LFA – это сосед, которого можно безопасно использовать в качестве альтернативного следующего хопа для защиты трафика
- Пример:
  - При отказе соединения B-D узел B может перевести затронутый отказом трафик на узел C
  - Цикла в топологии не возникает: C пересылает трафик к D, но **не** обратно к B
- Предварительное вычисление маршрута без использования новой топологической информации
  - В использует только собственную базу данных состояний каналов (OSPF или ISIS)

# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA)

## Общие понятия



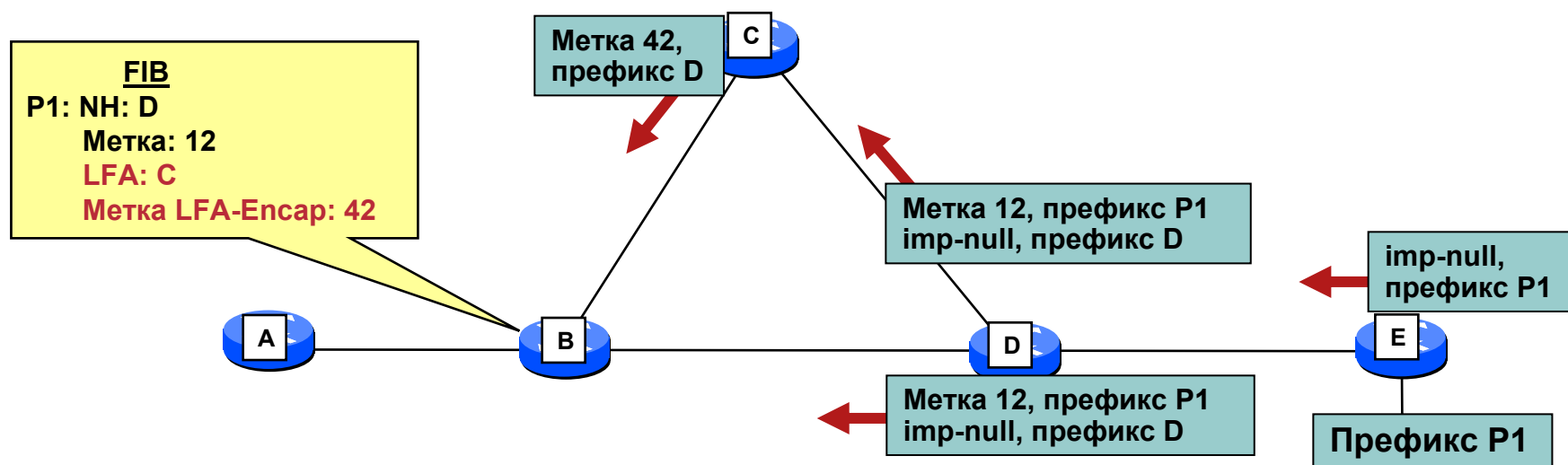
- После того как сходится IGP, обновляется next-hop/interface основного пути
- Также происходит перерасчет резервного пути исходя из новой топологии

# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA)

## Общие понятия

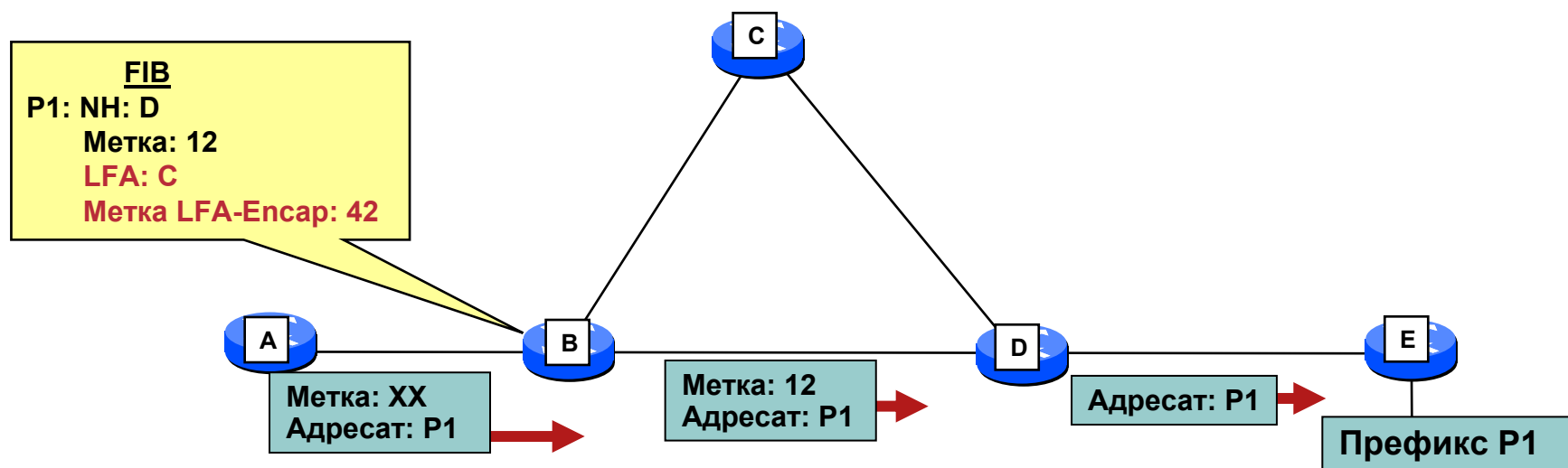
- LFA позволяют восстанавливать IP- и MPLS-трафик
- Многоадресный трафик с инкапсуляцией может быть защищен посредством LFA
  - Требуется новое правило RPF: RPF для заголовка инкапсуляции
- IP трафик просто перекоммутируется на LFA next-hop резервный next-hop/interface
- MPLS требует того, чтобы на исходящий пакете использовалась метка, объявленную маршрутизатором на резервном пути
  - Благодаря либеральному механизму назначения меток в LDP (Liberal Retention Mode) эти метки у нас есть

# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA) MPLS



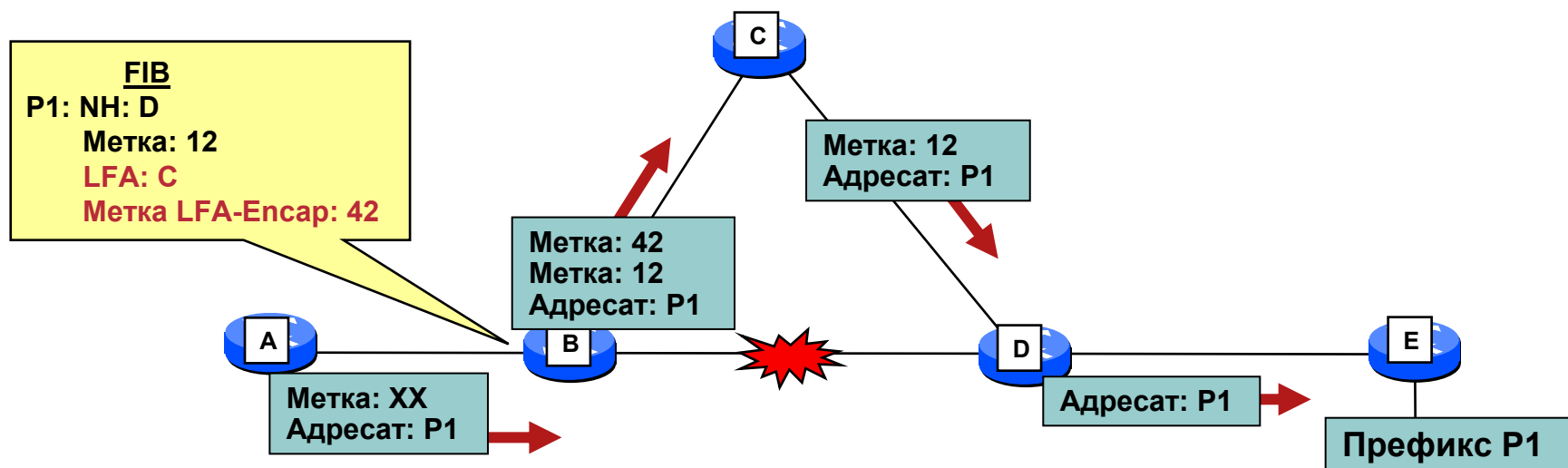
- Узел B вычисляет LFA информацию для IP и метку
  - Информация IP – из базы данных LSDB
  - Информация о метках – из LDP/LIB
  - Используется метка, объявленная LFA соседом

# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA) MPLS



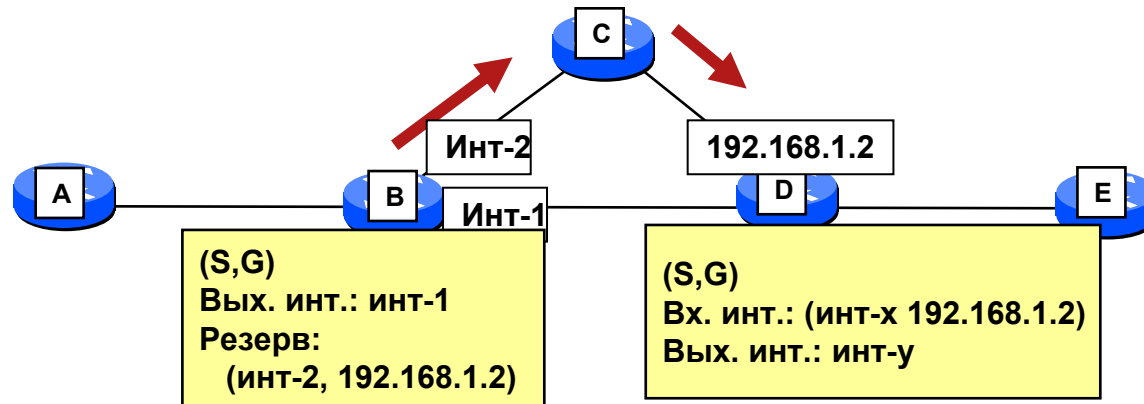
- В вычисляет LFA информацию для IP and метку
  - IP информация из LSDB
  - Информация о метке из LDP/LIB

# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA) MPLS



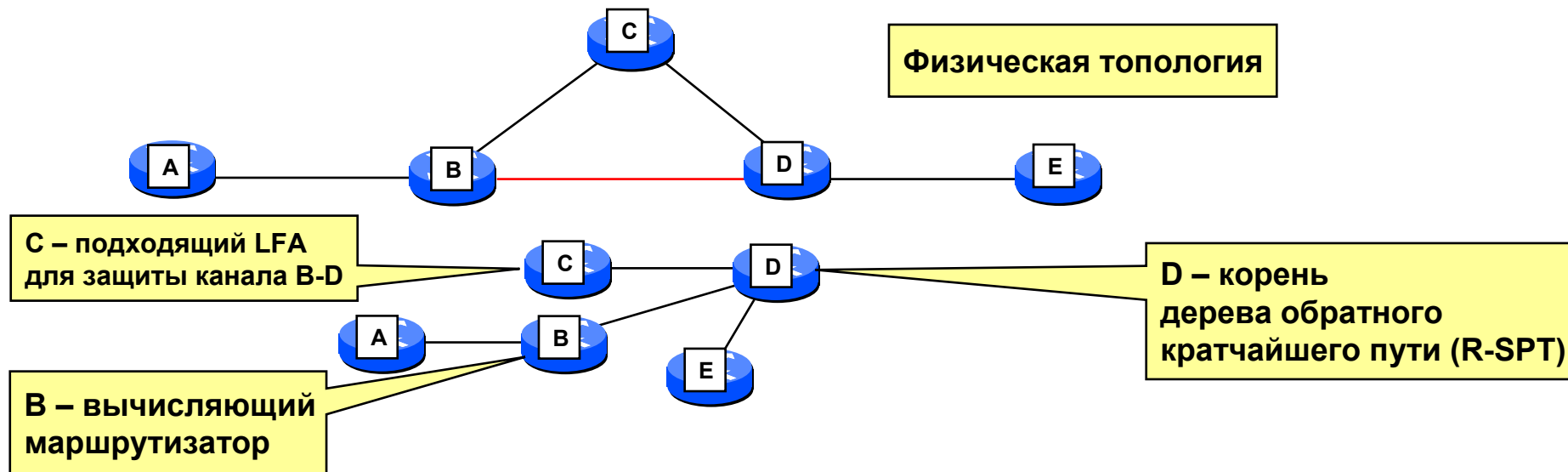
- При аварии пакеты инкапсулируются в направлении LFA соседа
- Используя метку полученную от LFA соседа
- Диапазон меток уникален на платформу (Per platform label space)
- Похоже на MPLS-FRR (но без сигнального протокола)

# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA) Многоадресная рассылка



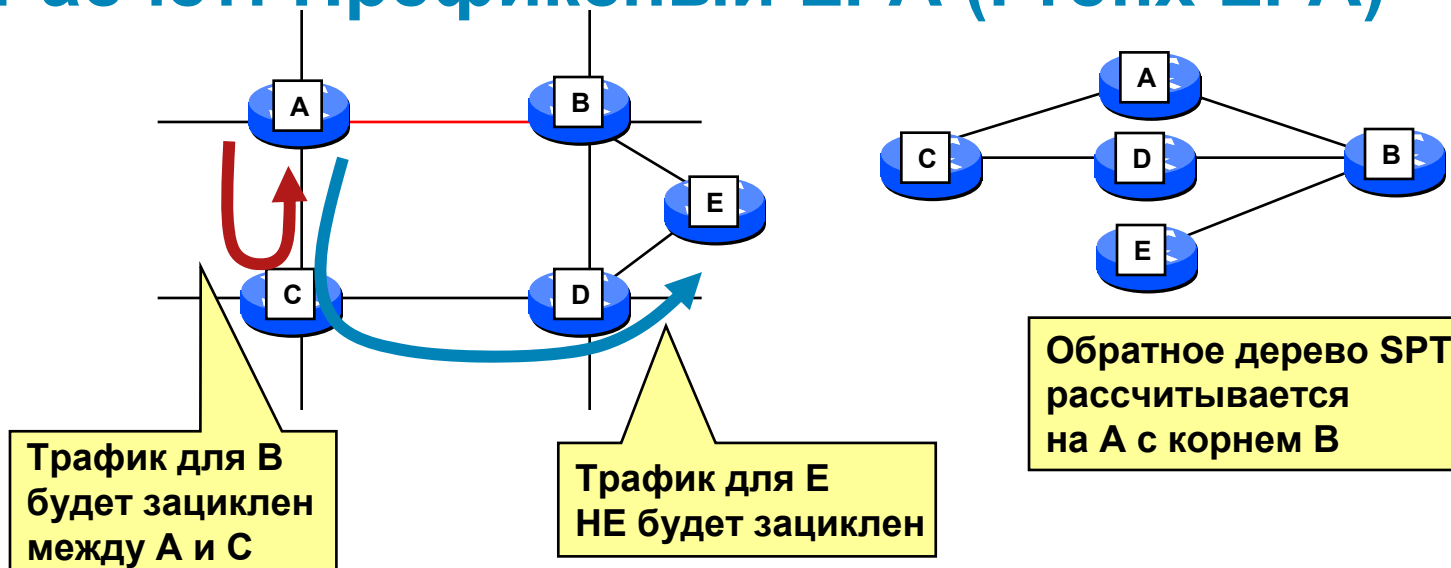
- Многоадресный трафик должен инкапсулироваться
  - Для RPF используется адрес получателя, связанный с защищенным интерфейсом
- Узел, получающий защищенный трафик, выполняет протокол RPF для инкапсулированных адресов источника и получателя
  - Привязка к защищенному интерфейсу

# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA) Расчет: каналный LFA (Link LFA)



- Канальные LFA рассчитываются по алгоритму кратчайшего обратного пути
  - Соседний узел на защищенном канале – корень R-SPT
- Узел В рассчитывает кратчайший обратный путь, корнем которого является D
- Алгоритм обратного SPF находит C в качестве приемлемого LFA для защиты канала B-D
  - поскольку C имеет канал к D, **не** проходящий через маршрутизатор В
- C – бесцикловый сосед узла В для **всего** трафика, проходящего через B-D

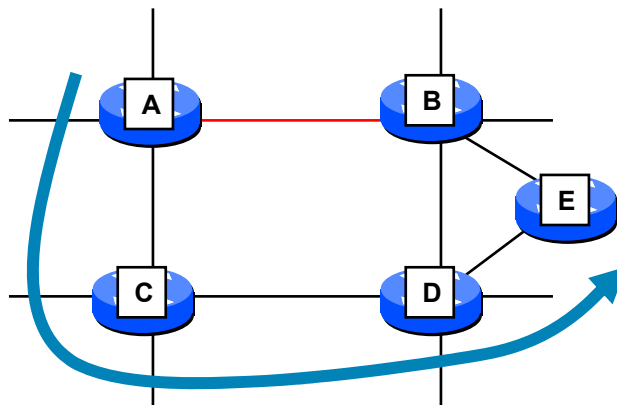
# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA) Расчет: Префиксный LFA (Prefix LFA)



- В рассмотренном выше примере для защиты **всего** трафика, проходящего по каналу A-B, нет приемлемых LFA
- Узел C **неприемлем** в качестве LFA, поскольку в обратном SPT присутствует путь из C в B через A (цикл)
- Однако C является приемлемым LFA для **подмножества** трафика  
Трафик, пересылаемый к/через E

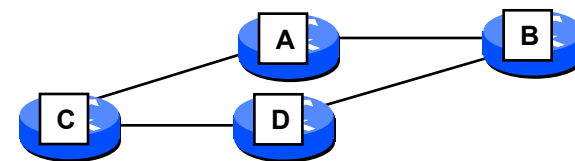
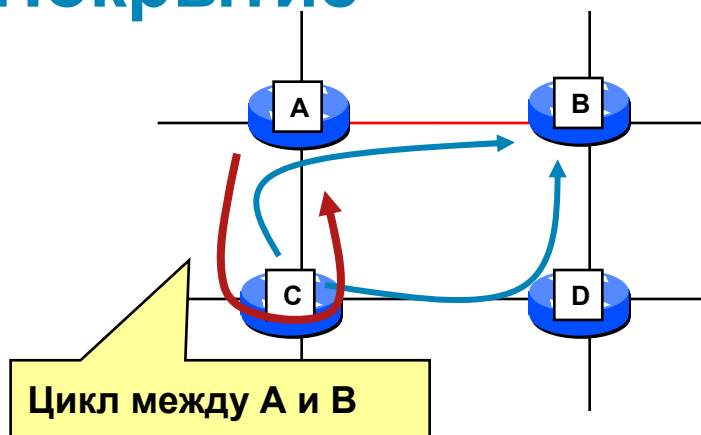
# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA)

## Расчет: Префиксный LFA (Prefix LFA)



- В случае отказа канала A-B маршрутизатор A может надежно пересылать узлу C весь трафик, изначально предназначавшийся для пересылки через D и E.
- Защита распространяется на подмножество трафика
  - Трафик, предназначенный D и E, защищен
  - Трафик, предназначенный B, защищен НЕ будет
- Не большая проблема, если к B не подключены пользователи
  - Если узел B – магистральный маршрутизатор, **не** являющийся источником клиентских префиксов

# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA) Покрытие



Обратное дерево SPT  
рассчитывается  
на A с корнем B

- LFA работает не во всех случаях
- Для маршрутизатора A **нет** маршрута LFA, позволяющего защитить канал A-B

Если маршрутизатор A начнет пересылать узлу C трафик, предназначенный для B, то узел C может вернуть этот трафик на A и вызвать зацикливание

Причина – алгоритм SPT в маршрутизаторе C будет обращаться к B через A

- LFA требует некоторой степени связности  
Обычно присутствует в магистралах

# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA)

## Резюме

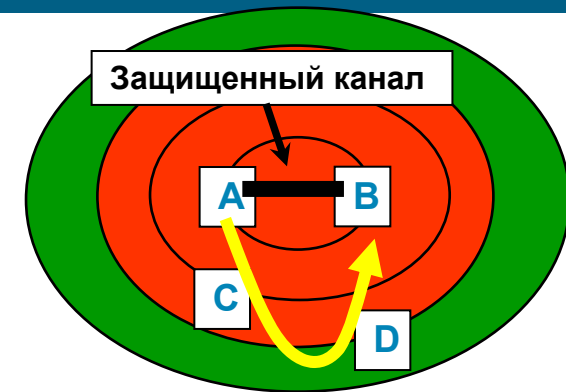
- Поддержка IP (v4/v6) и MPLS
- Возможность поддержки многоадресной рассылки путем инкапсуляции
- Общие механизмы обнаружения с MPLS-FRR
- Последовательное внедрение без жестких дат
  - Нет требований к функциональной совместимости
- Для маршрутов LFA требуется топология с высокой связностью
- Согласно анализу, топология годна в 70-85% случаев
  - Хорошее начало



# Адреса-исключения IPFRR

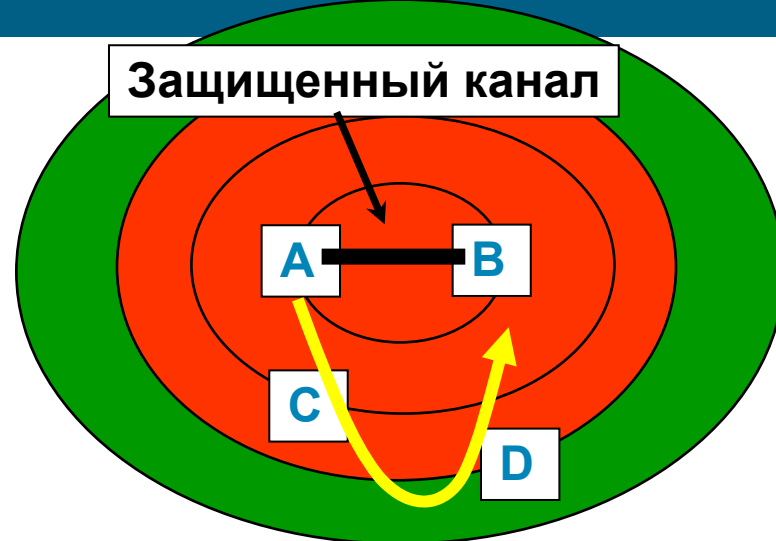


# Архитектура IPFRR Адреса-исключения



- В объявляет особый IP-адрес: адрес-исключение
- В маршрутизаторе В канал А-В теперь имеет два адреса  
Обычный IP-адрес  
Адрес-исключение (Not-Via), означающий:  
*Этот канал нельзя использовать для обращения к В  
(«путь к В лежит не через А»)*  
Назначение – обеспечить доступ к В в обход А
- А, С и D (и любые другие узлы сети) рассчитывают путь к адресу-исключению, объявленному узлом В
- Рассчитанный путь «к В в обход А» не содержит участка А-В

# Архитектура IPFRR Адреса-исключения



- Обнаружив сбой, узел A инкапсулирует трафик для адреса-исключения, объявленного узлом B и предварительно рассчитанного узлами A, C и D.
- Трафик инкапсулируется в обход отказа
  - Каждый участок пути рассчитал один и тот же путь к адресу-исключению
  - Всем узлам сети известно, что адрес-исключение узла B не использует маршрут A-B
- Путь с адресом-исключением может проходить через маршрутизаторы, затронутые сбоем
  - Семантика адреса-исключения в любом случае исключает отказавший канал

# Архитектура IPFRR

## Адреса-исключения

- Каждый маршрутизатор объявляет для каждого канала два IP-адреса
  - Обычный адрес и адрес-исключение
- Адреса-исключения получают метку MPLS, как и любые другие IP-префиксы
- Адреса-исключения играют особую роль
  - Доступ к источнику с определенным адресом без использования канала, которому присвоен адрес-исключение
- Каждый маршрутизатор в зоне маршрутизации получает и сохраняет пакеты состояния канала от других маршрутизаторов, содержащие:
  - сведения о топологии;
  - IP-адреса;
  - адреса-исключения.

# Архитектура IPFRR

## Расчет адресов-исключений

- Адреса-исключения предназначены **ТОЛЬКО** для восстановления передачи трафика
- После обычного расчета SPF каждый маршрутизатор должен рассчитать специальный SPF

Для каждого из адресов-исключений в базе данных LSDB

- Снизить сложность расчета адресов-исключений помогают несколько приемов оптимизации

Вычисления производятся в фоне по завершении процесса схождения

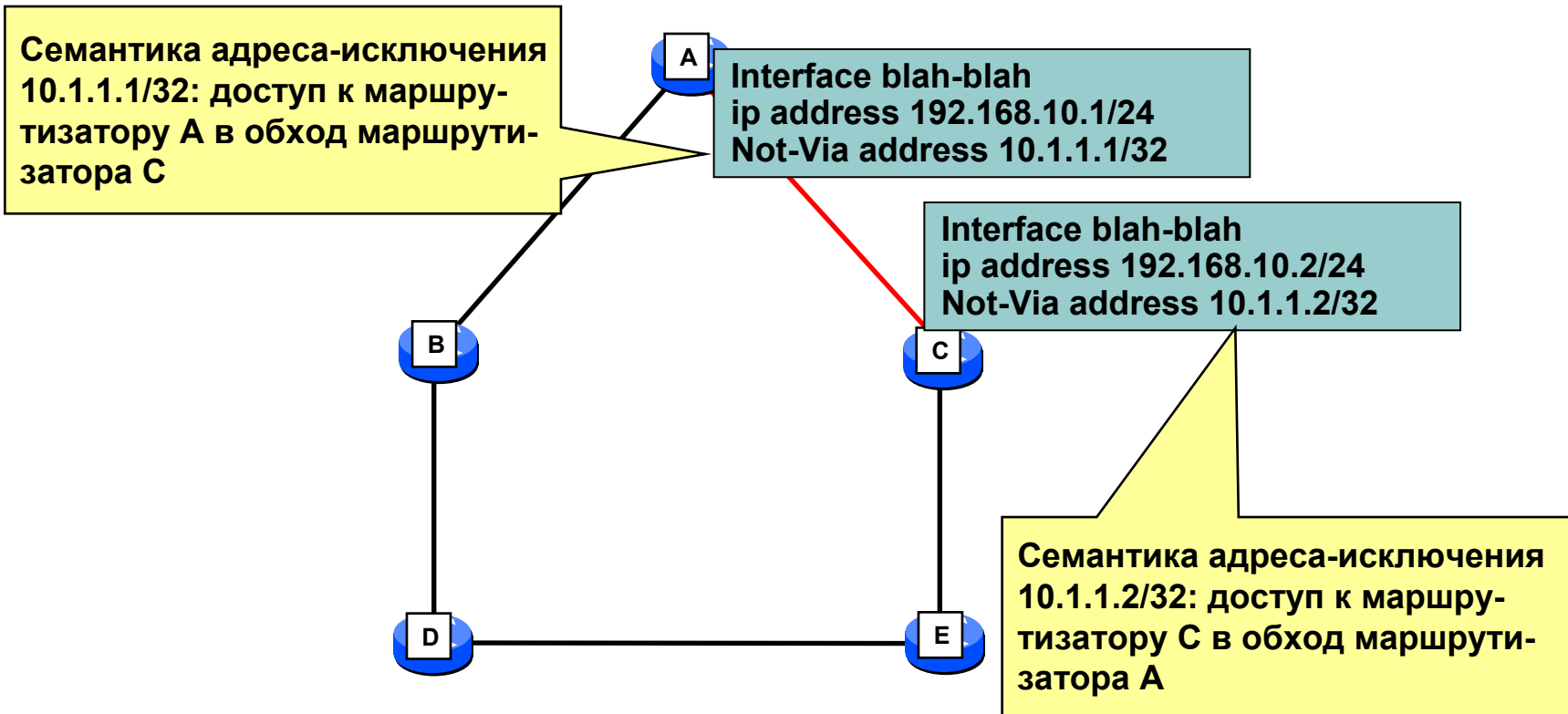
# Архитектура IPFRR

## Расчет адресов-исключений

- Оптимизация 1: требуется рассчитать только часть адресов-исключений
- Оптимизация 2: частичный алгоритм SPF (Incremental-SPF)
- Оптимизация 3: комбинирование адресов-исключений с LFA

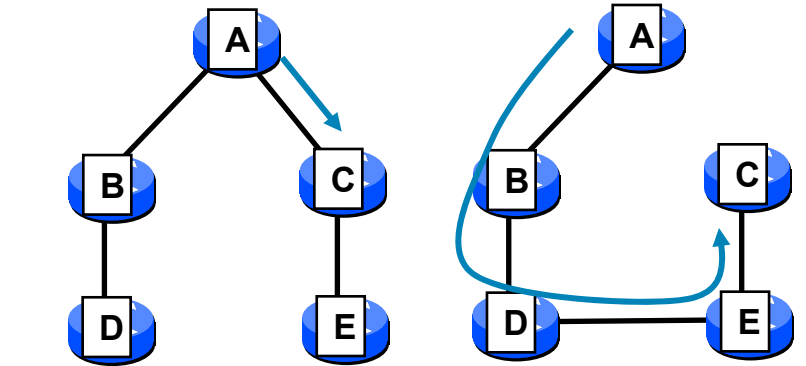
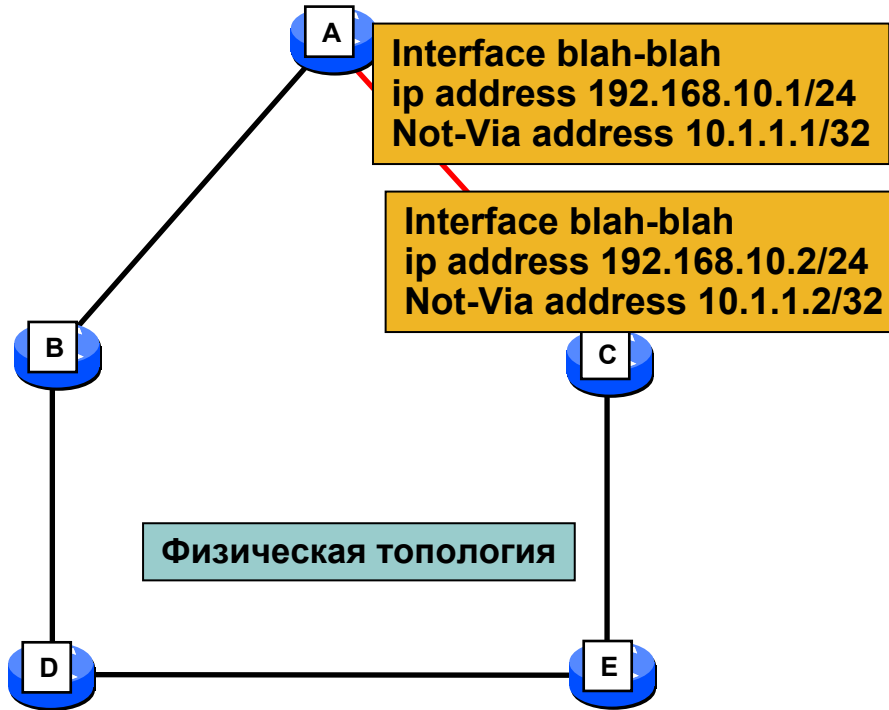
# Архитектура IPFRR

## Адреса-исключения



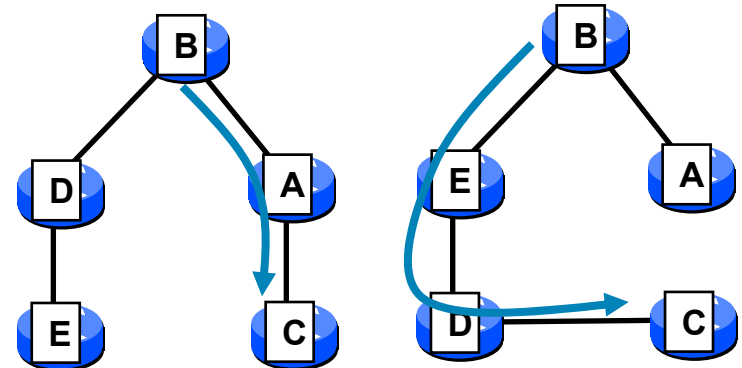
# Архитектура IPFRR

## Адреса-исключения



SPT маршрутизатора А

SPT маршрутизатора А для адреса-исключения 10.1.1.2



SPT маршрутизатора В

SPT маршрутизатора В для адреса-исключения 10.1.1.2

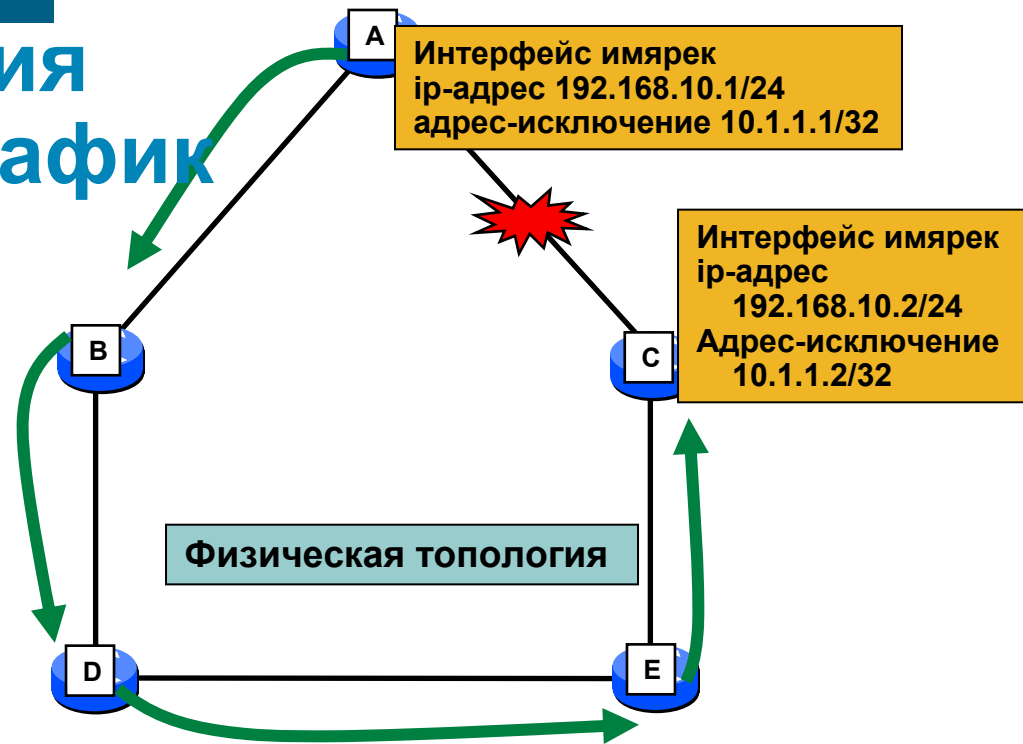
# Архитектура IPFRR

## Адреса-исключения

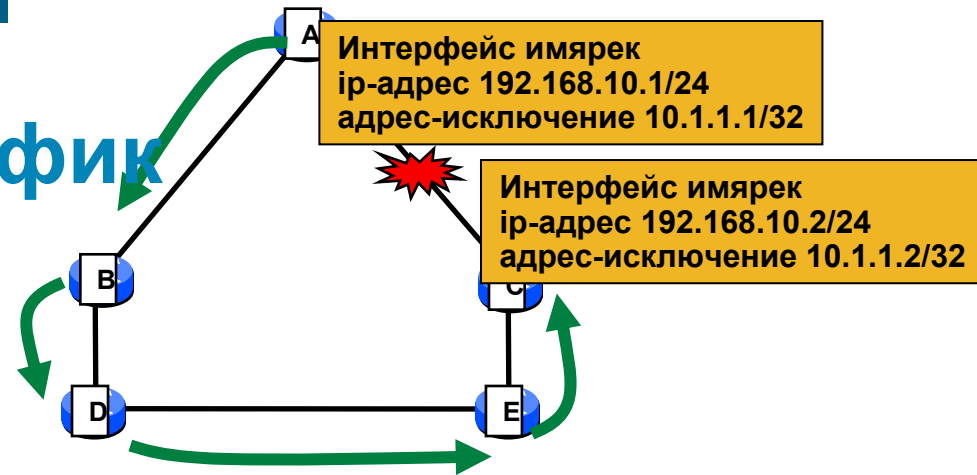
- Каждый маршрутизатор должен рассчитать:
  - Обычный SPF для топологии зоны маршрутизации
  - Для каждого из адресов-исключений, объявленных в сети
    - Удалить канал, которому присвоен адрес-исключение
    - Рассчитать I-SPF и путь к адресу-исключению
- По одному I-SPF для каждого адреса-исключения
  - Могут потребоваться сотни или тысячи расчетов I-SPF
  - Проблема? **Нет!**
  - Расчет I-SPF в таких условиях предельно оптимизирован
  - Моделирование на реальных топологиях дает ресурсоемкость, сопоставимую с 15 полными расчетами SPF для опорной сети из 600 узлов, в которой требуется защитить каждый канал

# Адреса-исключения Одноадресный трафик

- При отказе канала маршрутизатор А инкапсулирует весь трафик, ранее пересылавшийся через маршрутизатор С, и пересылает его на адрес-исключение: 10.1.1.2
- Каждый маршрутизатор уже рассчитал путь для адреса-исключения 10.1.1.2, и рассчитанный путь **не** проходит через участок А-С
- Маршрут IP-трафика последовательно проходит узлы по направлению к маршрутизатору С
- Маршрутизатор С деинкапсулирует трафик и продолжает штатную пересылку IP/MPLS

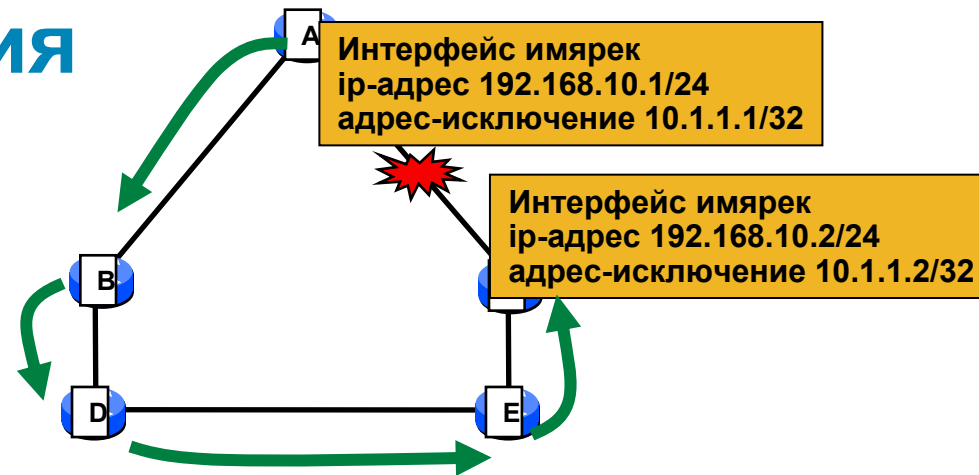


# Адреса-исключения Многоадресный трафик



- Многоадресный трафик пересылается в соответствии с состояниями многоадресной рассылки
  - Формируется посредством PIM
  - Для проверки входящих пакетов используются данные RPF
- Узел A защищает многоадресный трафик, используя адрес-исключение 10.1.1.2
  - Многоадресный трафик инкапсулируется и пересылается на C
- C декапсулирует входящий трафик, в котором указан адрес получателя 10.1.1.2
  - Многоадресный трафик сопоставляется с информацией RPF для состояния (S,G)
  - Поскольку адрес-исключение 10.1.1.2 ассоциирован с каналом A-C в маршрутизаторе C, проверка RPF завершается успешно
  - Альтернативой для многоадресного трафика является применение многоадресного адреса-исключения

# Адреса-исключения Трафик MPLS



- Трафик инкапсулируется с адресом-исключением
- Адрес-исключение известен всем узлам сети
- Каждый маршрутизатор присвоил и объявил метку LDP для каждого известного адреса-исключения
- Для трафика, инкапсулируемого с адресом-исключением, используется метка адреса-исключения

Пересылка MPLS в штатном режиме

# Архитектура IPFRR

## Адреса-исключения

- Защита распространяется на IP- и MPLS-трафик (v4/v6)

Одноадресный или многоадресный

- IP-трафик инкапсулируется с адресом-исключением в заголовке

IPinIP, GRE, L2TPv3, MPLS, ...

- MPLS-трафик инкапсулируется с меткой адреса-исключения

Адреса-исключения представляют собой IP-адреса, для которых посредством LDP могут быть объявлены метки

# Архитектура IPFRR

## Адреса-исключения

- Адреса-исключения требуют более ресурсоемких вычислений, чем LFA

Каждый маршрутизатор должен повторить расчеты I-SFP по числу адресов-исключений во всей сети

Для снижения вычислительной нагрузки предусмотрен ряд приемов оптимизации

Не все адреса-исключения требуется вычислять incremental SPF Используется

Моделирование в реальных сетях позволяет ориентироваться на 15-кратную ресурсоемкость обычного SPF

Готовность к использованию на практике

Пример. Расчет SPF для 800 узлов занимает 10 мс (PRP)

Расчет для всех адресов-исключений: 150 мс

Расчет адресов-исключений выполняется после схождения

# Архитектура IPFRR

## Адреса-исключения

- Адреса-исключения требуют функциональной совместимости маршрутизаторов в сети
- Защита посредством адресов-исключений обеспечивает 100% покрытие
  - IP и MPLS
  - Одноадресный и многоадресный трафик
  - V4 и V6 (используется база данных состояний каналов ISIS/OSPF)
- Адреса-исключения позволяют защитить трафик от:
  - выхода из строя канала;
  - отказа узлов;
  - сбоя SRLG.



# IPFRR-LFA с реализацией IOS-XR в инфраструктуре ISIS

## IOS-XR 3.5



# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA) Реализация IOS-XR

- IOS-XR 3.5

- Только одноадресный трафик IPv4

- Канальный LFA

Для всех маршрутов с одинаковым следующим узлом/интерфейсом используется один и тот же LFA

- Автоматическая защита параллельных каналов

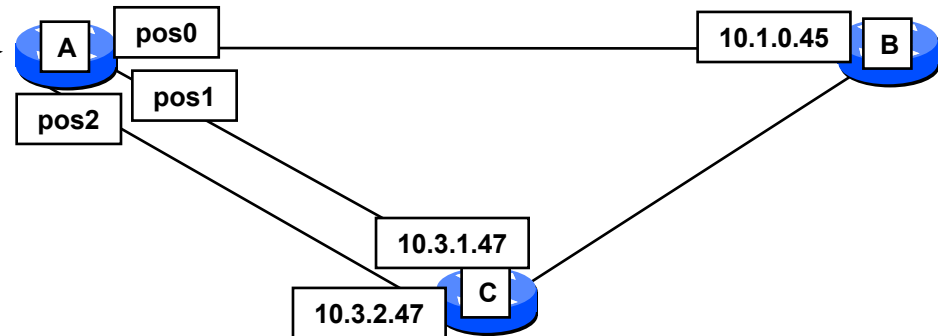
Каждый элемент ECMP защищает соседний элемент

- Только для ISIS

- Поддержка P2P и LAN

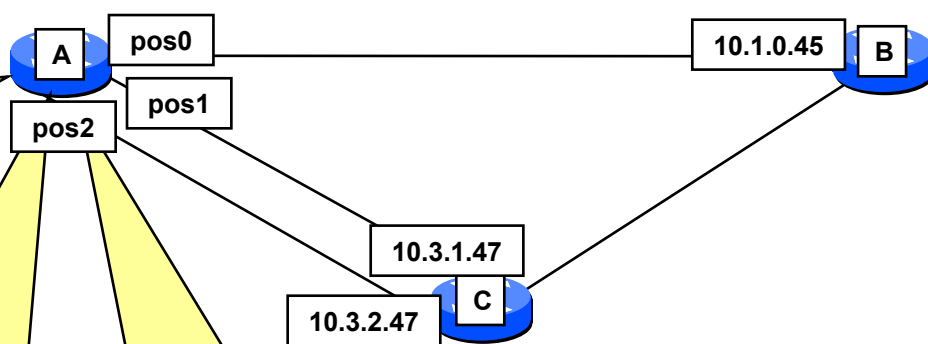
# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA)

```
interface POS0/3/0/0
ipv4 address 10.1.0.41/24
!
interface POS0/3/0/1
ipv4 address 10.3.1.41/24
!
interface POS0/3/0/2
ipv4 address 10.3.2.41/24
...
router isis blahblah
...
interface POS0/3/0/0
address-family ipv4 unicast
ipfrr lfa level 2
!
...
```



# Альтернативные бесцикловые маршруты (LFA)

```
interface POS0/3/0/0
ipv4 address 10.1.0.41/24
!
interface POS0/3/0/1
ipv4 address 10.3.1.41/24
!
interface POS0/3/0/2
ipv4 address 10.3.2.41/24
...
router isis blahblah
...
interface POS0/3/0/0
address-family ipv4 unicast
ipfrr lfa level 2
!
...
```



```
...
Neighbor: Router-B
IPFRR: LFA Neighbor: Router-C
LFA IPv4 address: 10.3.1.47
LFA Interface: PO0/3/0/1
...
```

```
:May 19 02:03:31.634: isis[333]: Standard (IPv4 Unicast) IPFRR-LFA: Begin of computation
:May 19 02:03:31.635: isis[333]: Standard (IPv4 Unicast) IPFRR-LFA: End of computation
```



# АЛГОРИТМ ИСКЛЮЧЕНИЯ МИКРОЦИКЛОВ – ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ SPF (Ordered)



# Микроциклы и IGP

- Микроциклы – известная и неизбежная часть при сходимости любого протокола маршрутизации
- Микроциклы возникают из-за различного времени сходимости различных маршрутизаторов

Чем быстрее происходит схождение IGP, тем меньше различия во времени и тем меньше микроцикл

- Микроциклы существовали в IGP изначально

Они становятся проблемой только в определенных ситуациях

- Доработки для ускорения сходимости нейтрализуют влияние микроциклов
- Микроциклы влияют на любую сеть
  - IP
  - MPLS

# Микроциклы и IGP

- Микроциклы не нарушают обычной сходимости, но **могут** вызвать проблемы при использовании FRR (для IP или MPLS)
- Быстрая сходимость
  - Максимальный период существования микроцикла – сотни миллисекунд; последствия незначительны
- FRR
  - Появление микроциклов продолжительностью более 50 мс не позволяет решить задачу FRR

# Микроциклы

- Микроциклы могут возникать как при падении, так и при восстановлении каналов
- Микроциклы «тормозят» эффективность быстрой перемаршрутизации  
IP, MPLS
- Выявление сбоя и перенаправление трафика за несколько миллисекунд не имеет смысла, если последующие сотни миллисекунд теряются в микроцикле
- Каждую топологию можно проанализировать, оценив для нее эффект микроциклов

# Алгоритм исключения микроциклов

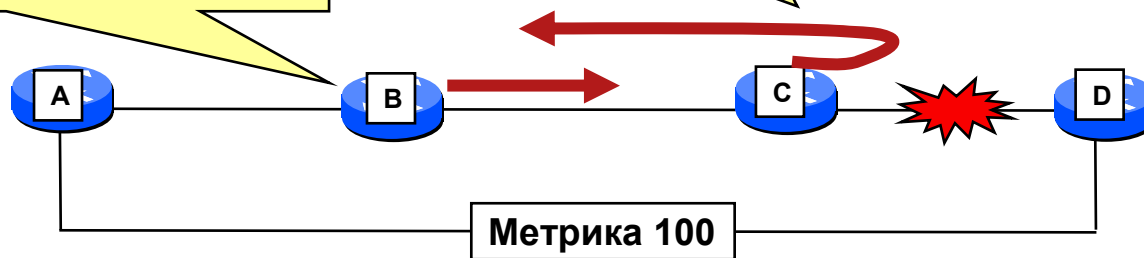
- Решение существует: ordered SPF
- Для каждого маршрутизатора планируется время обновления FIB с целью исключить микроцикл
- Алгоритм интуитивно понятен
  - Падение канала: чем ближе к месту сбоя, тем позднее должно произойти обновление FIB
  - Восстановление: чем ближе к восстановленному участку, тем скорее должно произойти обновление FIB
- Потенциальное применение – реализация бесперебойного отключения и восстановления интерфейсов (hitless shutdown и no-shutdown)
  - Плановые отключения

# Микроциклы

## Событие - падение канала

На этом этапе маршрутизатор В может не успеть завершить вычисления и продолжает считать, что кратчайший путь к D проходит через С. ЦИКЛ !!!

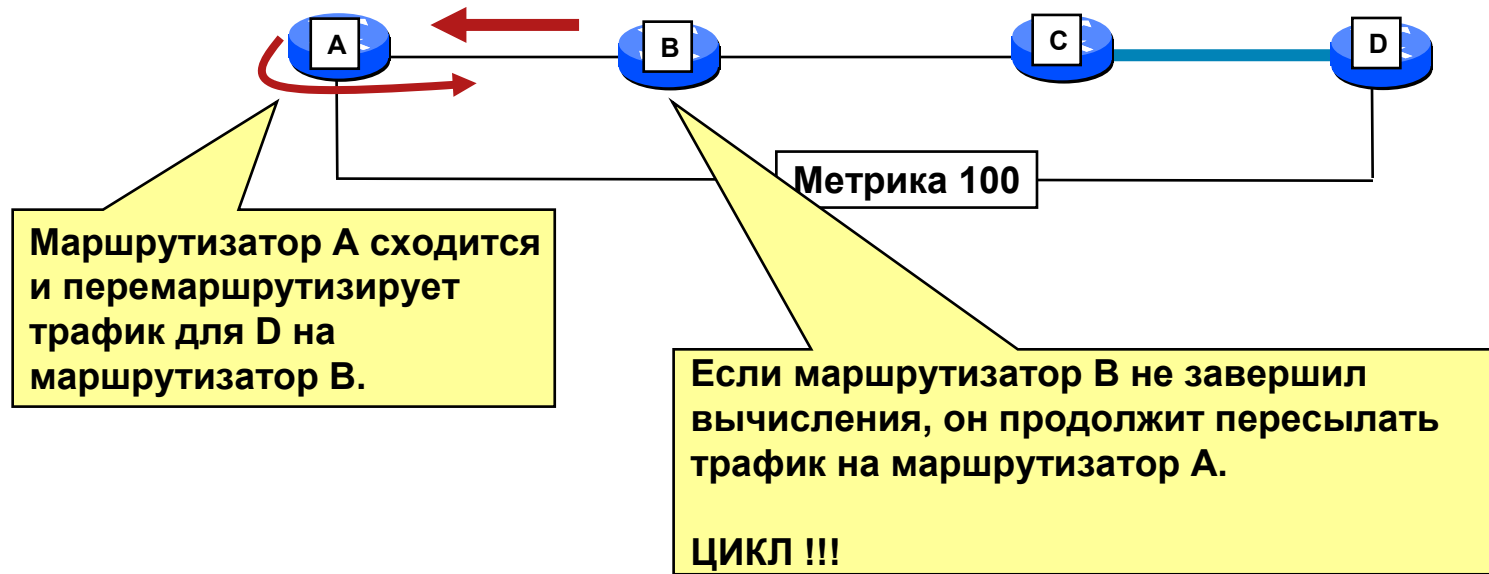
Маршрутизатор С перемаршрутизирует трафик на узел В



- Кратчайший путь из A к D – A-B-C-D (метрика 30)
- Синхронное схождение всех узлов является маловероятным
- Ordered SPF обеспечивает сходимость маршрутизаторов в правильном порядке

# Микроциклы

## Событие – восстановление канала



- При восстановлении канала C-D оба маршрутизатора C и D формируют пакеты состояния соединения с новой информацией о смежности
- Ближайшие к месту изменения канала маршрутизаторы с большей вероятностью завершат схождение раньше других узлов

# Микроциклы Ordered SPF



- Сходимость и перемаршрутизация на каждом узле связаны:
  - С положением узла в дереве кратчайшего маршрута
  - С удаленностью от события на канале
- Узлы должны дождаться схождения своих нижестоящих соседей
  - Период ожидания рассчитывается алгоритмом исключения микроциклов
- Канал упал – плохие новости
  - Чем ближе узел к каналу, тем дольше должен быть его период ожидания
- Восстановление канала – хорошие новости
  - Чем ближе узел к каналу, тем короче должен быть его период ожидания

# Ordered SPF

- Последовательный алгоритм SPF выполняется каждым маршрутизатором
- Последовательный алгоритм SPF определяет порядок схождения каждого маршрутизатора
- Порядок определяет продолжительность паузы, которую маршрутизатор должен выдержать перед схождением

Используется расчет обратного кратчайшего пути (SPF)

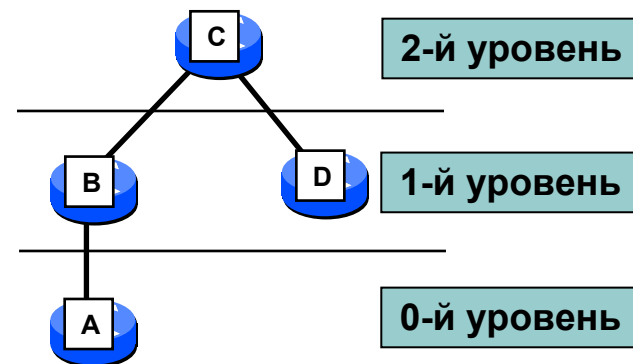
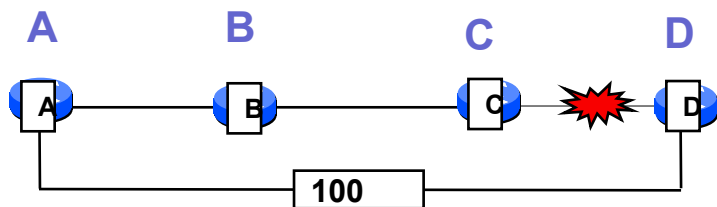
- Ожидание можно ускорить

Сообщения о завершении схождения

Маршрутизаторам не потребуется ждать фиксированное время

# Последовательный алгоритм SPF

## Событие разъединения / планового отключения

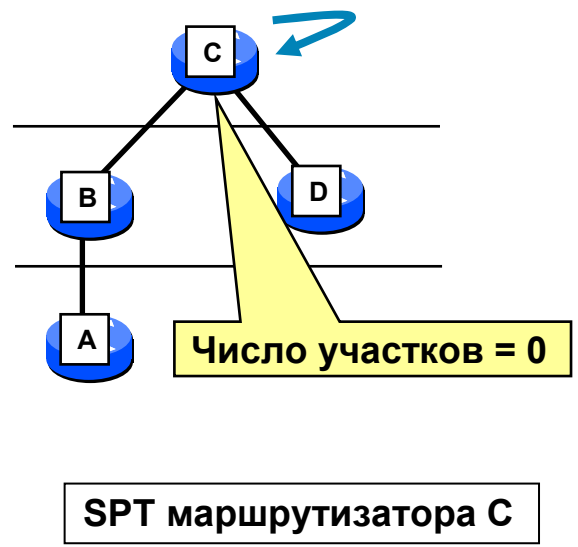
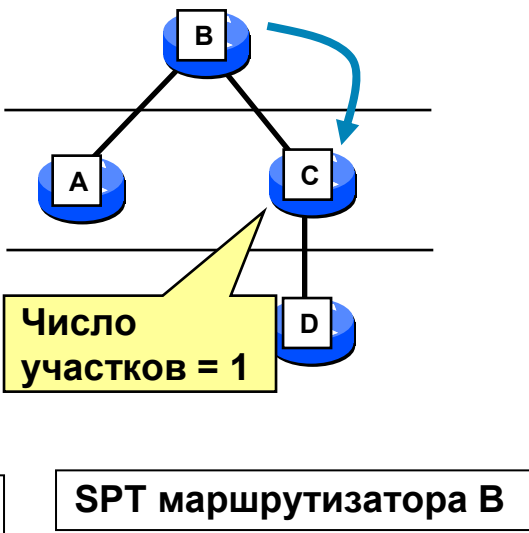
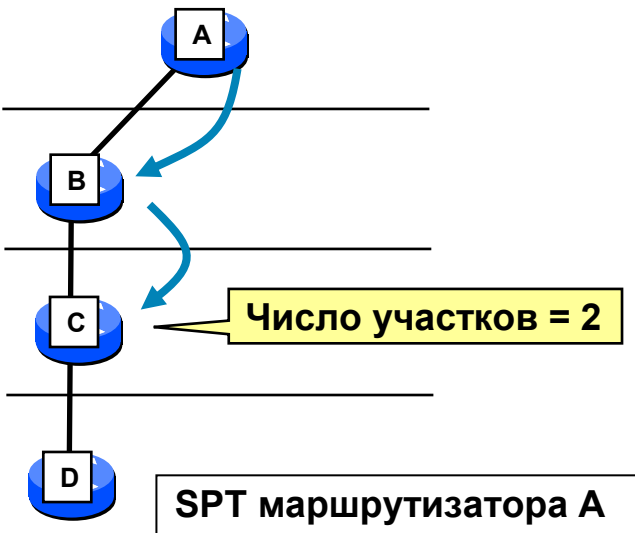
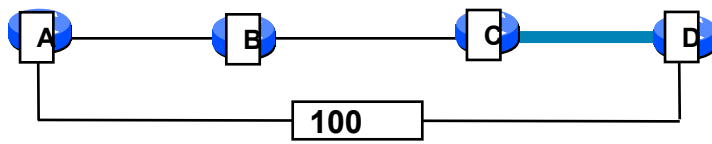


Расчет обратного SPT  
в каждом маршрутизаторе

- Каждый маршрутизатор выполняет расчет обратного дерева Reverse-SPT (до сбоя) и определяет свое положение в дереве
- Каждый маршрутизатор подсчитывает число нижестоящих уровней
- Каждый уровень – один период задержки
  - Маршрутизатор C ----> задержка = 2
  - Маршрутизатор B ----> задержка = 1
  - Маршрутизатор A ----> задержка = 0
  - Маршрутизатор D ----> задержка = 0

# Последовательный алгоритм SPF

## Событие восстановления



- Каждый маршрутизатор сходится в соответствии с новой топологией  
 Рассчитывается новое дерево SPT
- Каждый маршрутизатор обходит новое дерево SPT до отыскания узла, подключенного к восстановленному каналу  
 Каждый участок ----> единица задержки
- Порядок схождения для вышеприведенного примера: С и D, В, А



# ЗАКЛЮЧЕНИЯ



# IPFRR и последовательный алгоритм SPF

## Заключения

- Первый предел – доли секунды (subsecond)  
Ускоренный (FAST) IGP: реализован и применяется
- Второй предел – 300 мс  
Ускоренный (FAST) IGP: Реализация возможна при тщательной проработке методики внедрения
- Третий предел – 50 мс  
MPLS FRR  
Зрелая и апробированная технология  
IPFRR  
Перспективная технология Cisco и IETF  
LFA, адреса-исключения

# IPFRR и последовательный алгоритм SPF

## Заключения

- LFA

  - Простое решение

  - Нет требований к функциональной совместимости

  - Нет сигнального протокола

  - Нет расширения IGP

  - Обрабатывается только изменение состояния канала

  - Охват зависит от топологии

- Адреса-исключения

  - Требуется функциональная совместимость

  - Не сигнализируется путь восстановления

  - Небольшое расширение IGP

  - Защита от отказа каналов, узлов, SRLG

  - Охват – 100% в любой топологии

# IPFRR и последовательный алгоритм SPF

## Заключения

- Микроциклы

Родственные технологии:

Ускоренная сходимость

IPFRR и MPLS FRR

Плавное отключение (Graceful Shutdown)

Зависимость от топологии. Влияние может быть минимальным.

Последовательный алгоритм SPF решает проблемы:

событий падения канала;

событий восстановления канала;

планового/плавного отключения (каналов, узлов)

# IETF

## Текущая работа

- Последние IETF Drafts в документах Routing Area Working Group: <http://www.ietf.org/html.charters/rtgwg-charter.html>

draft-ietf-rtgwg-ipfrr-framework-07

draft-ietf-rtgwg-ipfrr-notvia-addresses-01

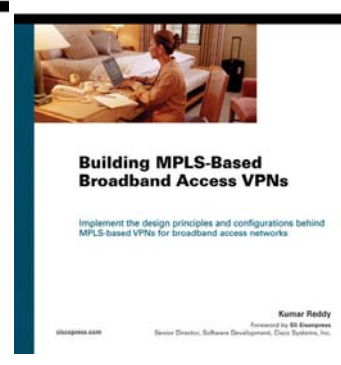
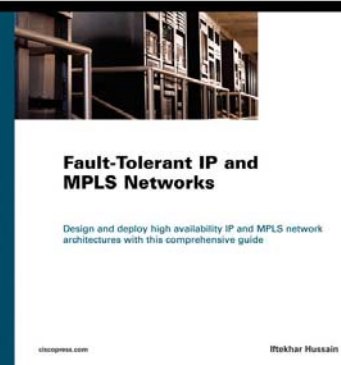
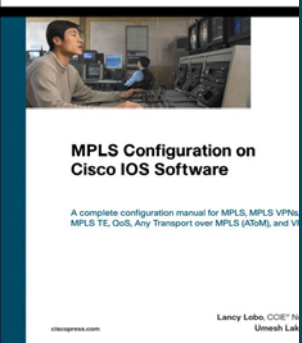
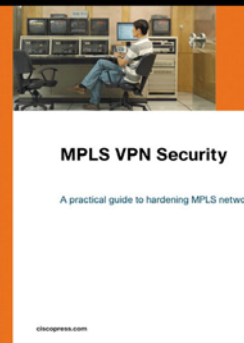
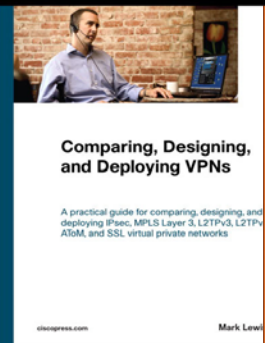
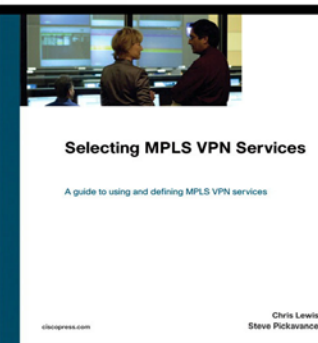
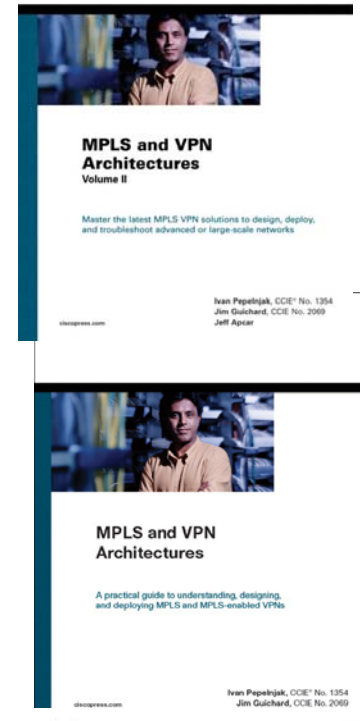
draft-ietf-rtgwg-ipfrr-spec-base-09.txt

draft-ietf-rtgwg-lf-conv-frmwk-01.txt

draft-ietf-rtgwg-ordered-fib-01.txt

# Рекомендуемая литература

- Selecting MPLS VPN Services
- Comparing, Designing, and Deploying VPNs
- MPLS VPN Security
- MPLS Configuration on Cisco IOS Software
- Fault-Tolerant IP and MPLS Networks
- Building MPLS-Based Broadband Access VPNs
- MPLS and VPN Architectures, Volume II
- MPLS and VPN Architectures



# Cisco Expo



**CISCO**

