

Основные принципы мультивещания

Содержание курса

1. Введение в мультивещание

2. Принципы мультивещательной маршрутизации

- Затопление (Flooding)
- Связующее дерево (Spanning Tree)
- Обратный путь пересылок (RPF)
- Дерево основанное на ядре (CBT)
- Плотный режим / разряженный режим
- Мультивещательные распределённые деревья
 - ✓ Исходные деревья
 - ✓ Разделяемые деревья
 - ✓ Двухнаправленные / Однонаправленные разделяемые деревья

Что такое мультивещание?

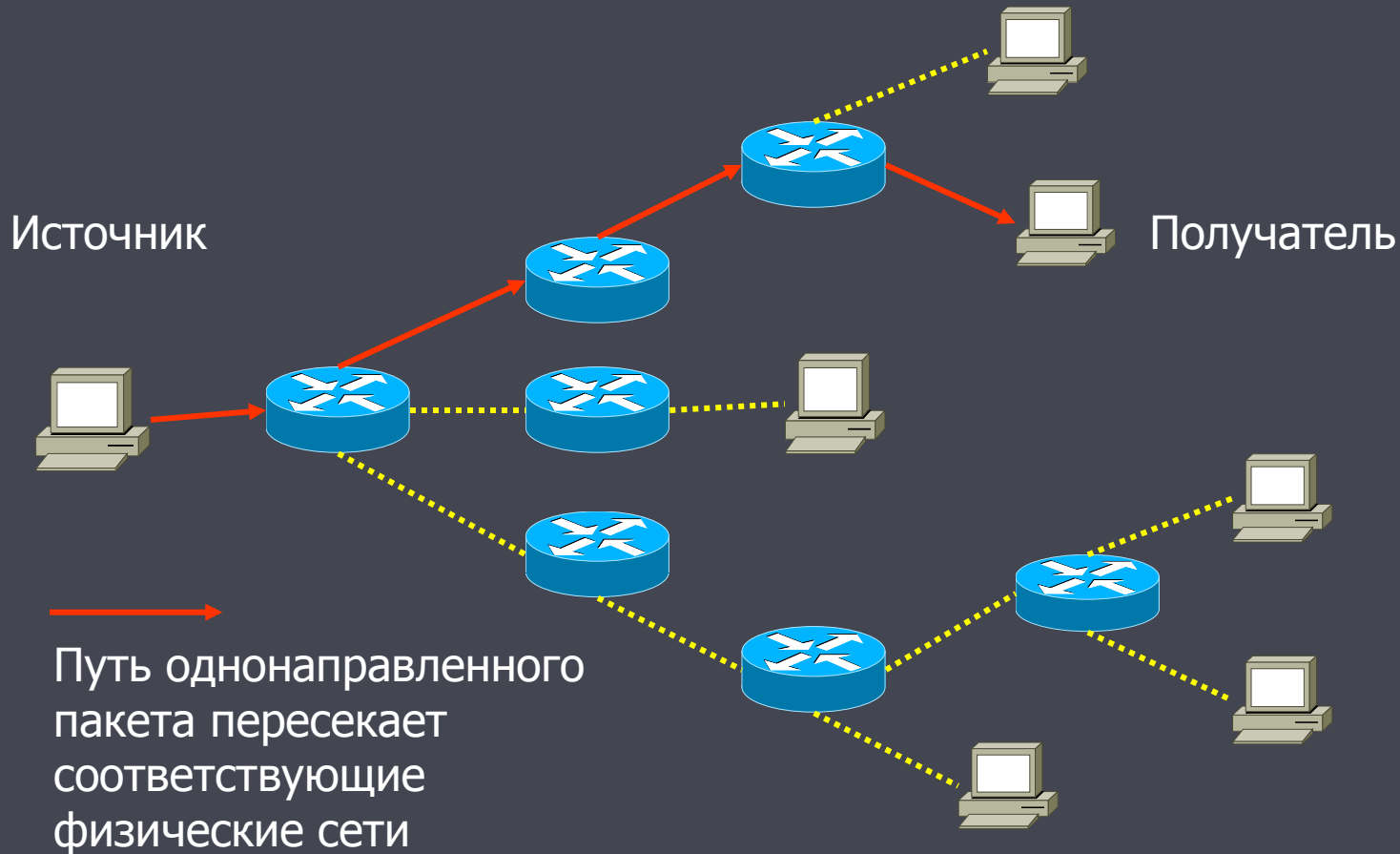
● Однонаправленная передача (Unicast)

- передача пакетов одному получателю
- передача точка-точка
- используется большинством приложений

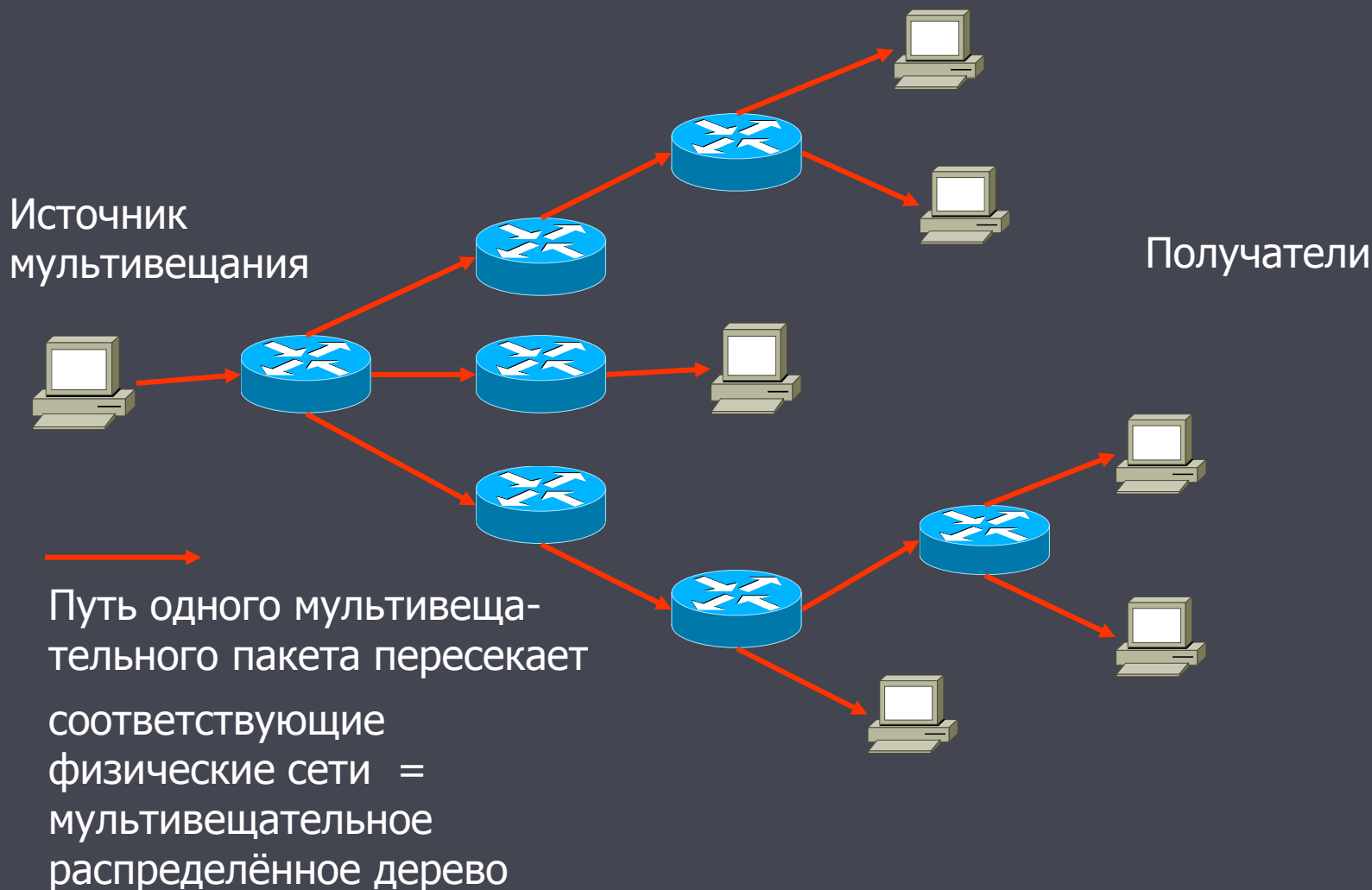
● Мультивещательная передача (Multicast)

- передача пакетов группе получателей
- передача точка-многоточка
- используется мультимедиа приложениями в экспериментальной среде в настоящее время
- будет основной технологией будущего для мультимедиа приложений (видео конференции, телевидения) в Интернет

Однонаправленная передача



Мультивещательная передача



Почему мультивещание?

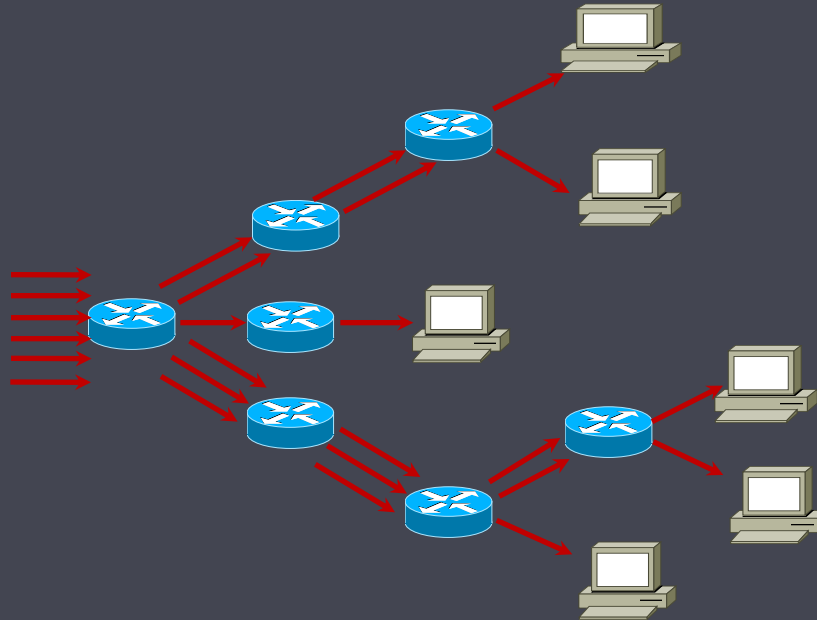
• Отправка группе получателей

- в принципе может быть сделано многократной посылкой копий одного и того же пакета, используя нормальную однонаправленную передачу
 - ✓ множественные однонаправленные пакеты
- тот же самый пакет появится не раз в одной физической сети

• По сравнению с множеством однонаправленных пакетов мультивещательные уменьшают

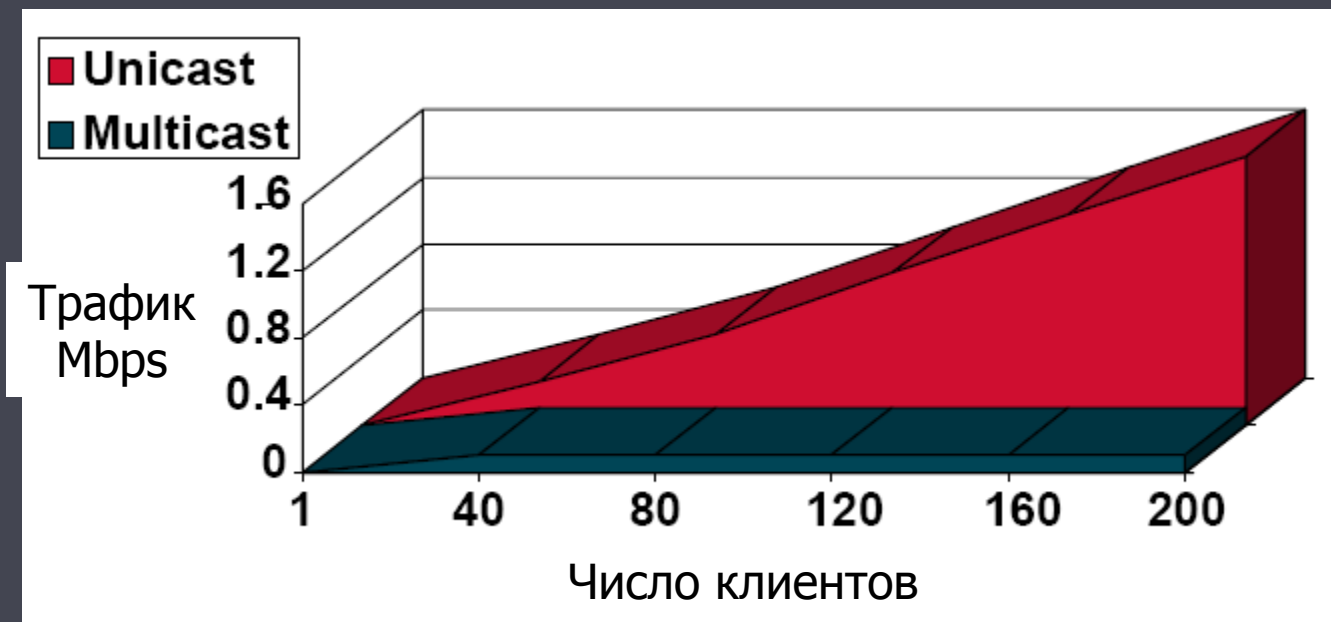
- затраты на пропускную способность канала
- загрузку сети
- процесс отправления и маршрутизации
- время доставки

Множественные однонаправленные пакеты



Сравнение Multicast и Unicast

- **Пример:** Все клиенты слушают один поток (8 Кбит/сек аудио)



Почему мультивещание?

- **Мультивещание хорошо подходит**
 - для мультимедиа конференций
- **Мультивещанием достигается**
 - более лёгкая обработка переменного числа слушателей, чем выполнение этого с набором адресов точка-точка
- **Мультивещание может использоваться**
 - когда индивидуальные адреса получателей неизвестны или изменяются
 - ✓ для определения местонахождения сервисов или функций
 - ✓ для рекламирования сервисов или функций
 - ✓ открытия ресурса

Почему мультивещание?

- **Для таких требований мультивещание проще и надёжнее, чем альтернативы**
 - ✓ централизованный каталог серверов
 - ✓ файлы конфигурации с администрированием сверху
 - ✓ исчерпывающий поиск
- **Мультивещание уже использовалось**
 - для открытия ресурсов в локальных сетях
 - ✓ например, поиск TFTP сервера, DNS сервера, BOOTP/DHCP сервера, все OSPF маршрутизаторы, все RIPv2 маршрутизаторы
 - ✓ используется ограниченный IP (255.255.255.255) или IP адреса класса D (224.x.x.x)
 - ✓ область мультивещания была ограничена локальными сетями
 - TTL установлен 1

Компоненты мультивещания

● Групповой адрес

- определяет multicast трафик для группы получателей

● Хост-источник

- отправитель мультивещательных пакетов
- использует групповой адрес в качестве адреса получателя

● Мультивещательные маршрутизаторы

- ответственные за пересылку multicast пакетов всем сетям, в которых находятся участники некоторой группы
- дублирование пакетов при необходимости

● Хосты-приёмники

- получатели multicast пакетов
- слушают адрес группы

MBONE

● MBONE

- экспериментальная опорная мультивещательная сеть Интернета
 - ✓ связанный набор мультивещательных маршрутизаторов
 - ✓ виртуальная сеть с оверлеем на Интернет
 - ✓ оверлейная сеть использует ее собственные мультивещательные протоколы маршрутизации
- multicast остров
 - ✓ состоит из multicast хостов и multicast маршрутизаторов
 - ✓ обеспечивает multicast сервис для тестирования мультимедиа приложений
- multicast острова связаны через туннели
 - ✓ виртуальные соединения точка-точка используют нормальную однонаправленную IP маршрутизацию для передачи, вложенного в IP, multicast трафика
 - ✓ туннели также несут multicast трафик маршрутизации, чтобы позволить multicast маршрутизацию в MBONE

Мультивещательная маршрутизация

- **Multicast маршрутизаторы должны уметь доставлять multicast датаграммы по сети**
 - несколько принципов для multicast маршрутизации были разработаны и проверены в MBONE в течение последних лет, чтобы получить опыт с IP мультивещанием
 - ✓ Затопление (Flooding)
 - ✓ Связующее дерево (SPT - Spanning Tree)
 - ✓ Обратная передача / Обратный путь пересылок / (RPF – Reverse Path Forwarding)
 - ✓ Дерево основанное на ядре (CBT – Core Based Tree)
 - ✓ Плотный режим / Неплотный режим
 - ✓ Мультивещательные распределённые деревья

Содержание

- **Введение в мультивещание**
- **Принципы мультивещательной маршрутизации**
 - Затопление (Flooding)
 - Связующее дерево (Spanning Tree)
 - Обратный путь пересылок (RPF)
 - Дерево основанное на ядре (CBT)
 - Плотный режим / Неплотный режим
 - Мультивещательные распределённые деревья
 - ✓ Исходные деревья
 - ✓ Разделяемые деревья
 - ✓ Двухнаправленные / Однонаправленные разделяемые деревья

“Затопление”

- **самый простой алгоритм multicast маршрутизации**
 - узел, получивший пакет, пересылает его соседним узлам
 - если пакет принимается первый раз
 - ✓ отправляется копия пакета всем узлам кроме входящего узла
 - если пакет является дубликатом
 - ✓ отказ от него
 - гарантирует, что пакет достигает всех адресатов сети
- **ИЗВЕСТНЫЙ МЕТОД**
 - например, используется для распространения LSA всем OSPF маршрутизаторам в области
 - например, распространение новостей “Usenet”

“Затопление”



“Затопление”

• принципы “затопления”

- не зависит ни от какого вида таблицы маршрутизации

• проблема “затопления”

- как избежать зацикливания и “broadcast-лавины”?
 - ✓ удалять избыточные пути (-> сделанные с связующим деревом) или удалять дублированные пакеты
- но как проверять на первом приёме данного пакета?

• OSPF решение

- LSA определяется порядковым номером (и возрастом)
- полученные LSA сравниваются с входящими в базу данных локального состояния канала (local link state)
- порядковые номера LSA используются для решения
 - ✓ что является первым (новым) LSA сообщением
 - ✓ что является дублированным (старым, уже сохранённым в базе данных) LSA сообщением

“Затопление”

● возможное решение IP мультивещания

- список недавно замеченных (последних замеченных) multicast пакетов
 - ✓ содержащих IP идентификатор, адрес группы multicast пакета
- входящие в список могут быть отброшены после достижения максимального времени жизни пакета
 - ✓ максимальное время жизни IP пакетов указано в TTL
- списки последних замеченных (last-seen)
 - ✓ гарантируется, что маршрутизатор не будет пересылать пакет дважды, но не гарантируется, что маршрутизатор будет получать пакет только один раз
- очень требователен к памяти
 - ✓ last-seen могут быть очень длинными в высокоскоростных сетях
- очень требователен к передаче
 - ✓ используются все возможные пути вместо одного
- НЕ РЕАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ

Содержание

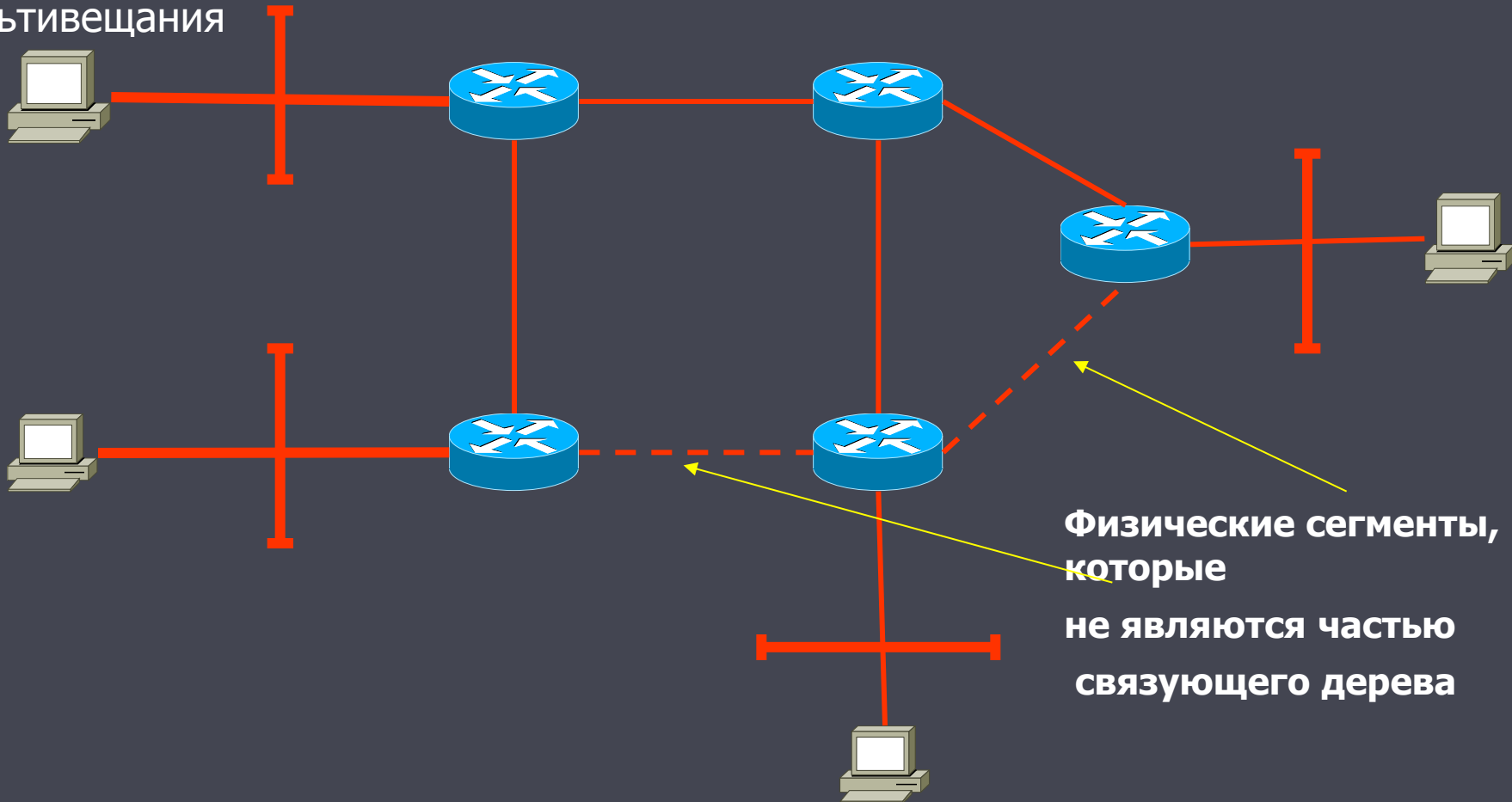
- Введение в мультивещание
- Принципы мультивещательной маршрутизации
 - Затопление (Flooding)
 - Связующее дерево (Spanning Tree)
 - Обратный путь пересылок (RPF)
 - Дерево основанное на ядре (CBT)
 - Плотный режим / Неплотный режим
 - Мультивещательные распределённые деревья
 - ✓ Исходные деревья
 - ✓ Разделяемые деревья
 - ✓ Двухнаправленные / Однонаправленные разделяемые деревья

Связующее дерево (Spanning Tree)

- **более эффективное решение, чем “затопление”**
 - предотвращение цикличности, отметкой некоторых сегментов сети как частей дерева и остальных сегментов как неиспользуемых
 - набор выбранных сегментов формирует дерево без циклов, которое связывает все узлы в сети
 - связь между мультивещательными маршрутизаторами, выполненная через протокол связующего дерева
 - мультивещательная датаграмма следует по дереву
 - ✓ не будет цикличной
 - ✓ все сети достижимы
 - ✓ посещает каждую сеть один раз
 - не зависит ни от какого вида таблиц маршрутизации

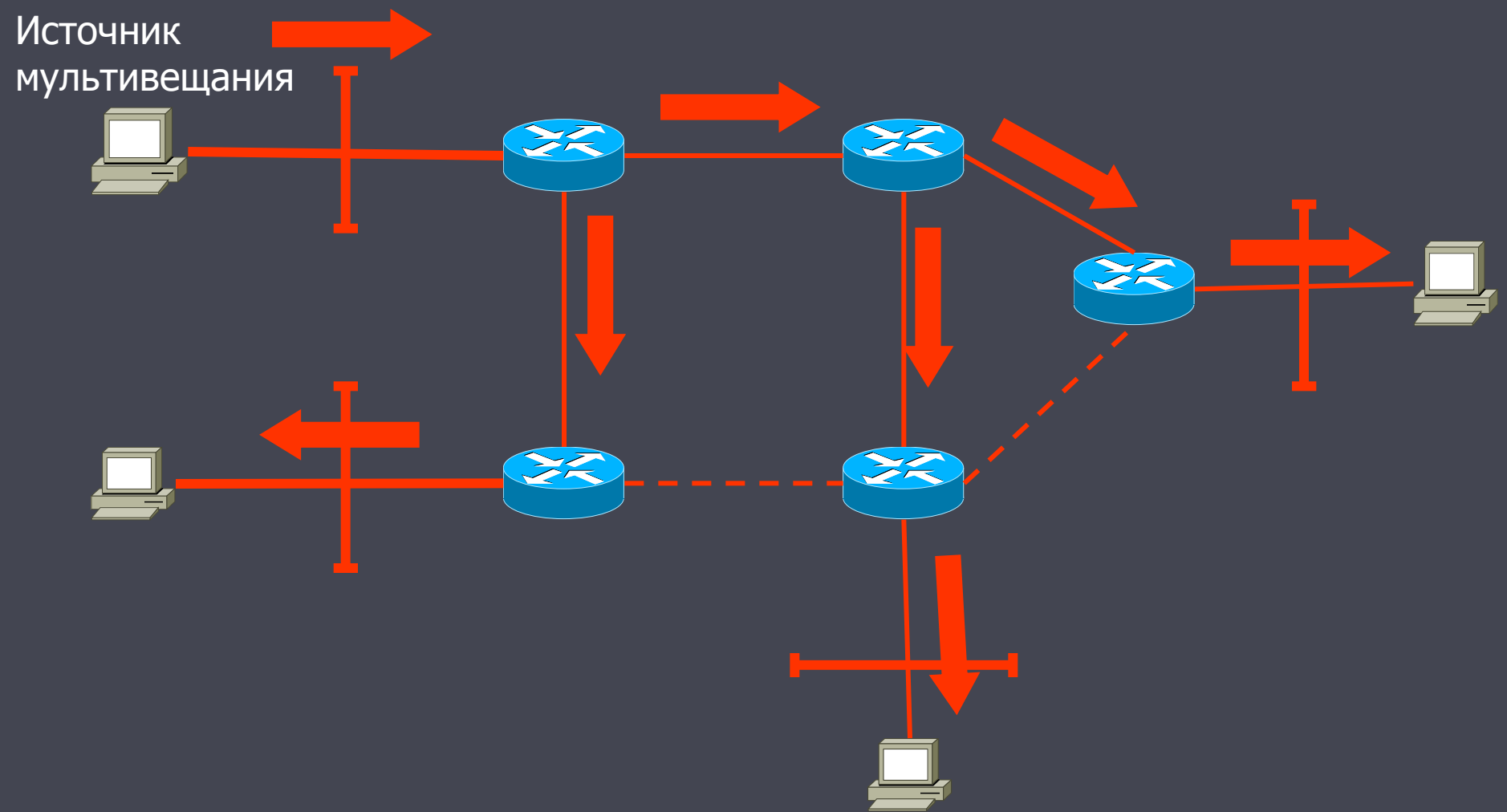
Связующее дерево

Источник
мультивещания



Физические сегменты,
которые
не являются частью
связующего дерева

Связующее дерево



Связующее дерево (Spanning Tree)

● ИЗВЕСТНЫЙ МЕТОД

- используется для прозрачности IEEE 802.2 MAC мостов
- связующее дерево строится во время инициализации сети
 - ✓ сначала выбирается корневой мост как центр связующего дерева
 - ✓ затем отмечаются сегменты сети, которые являются кратчайшими путями между любыми другими мостами и центром

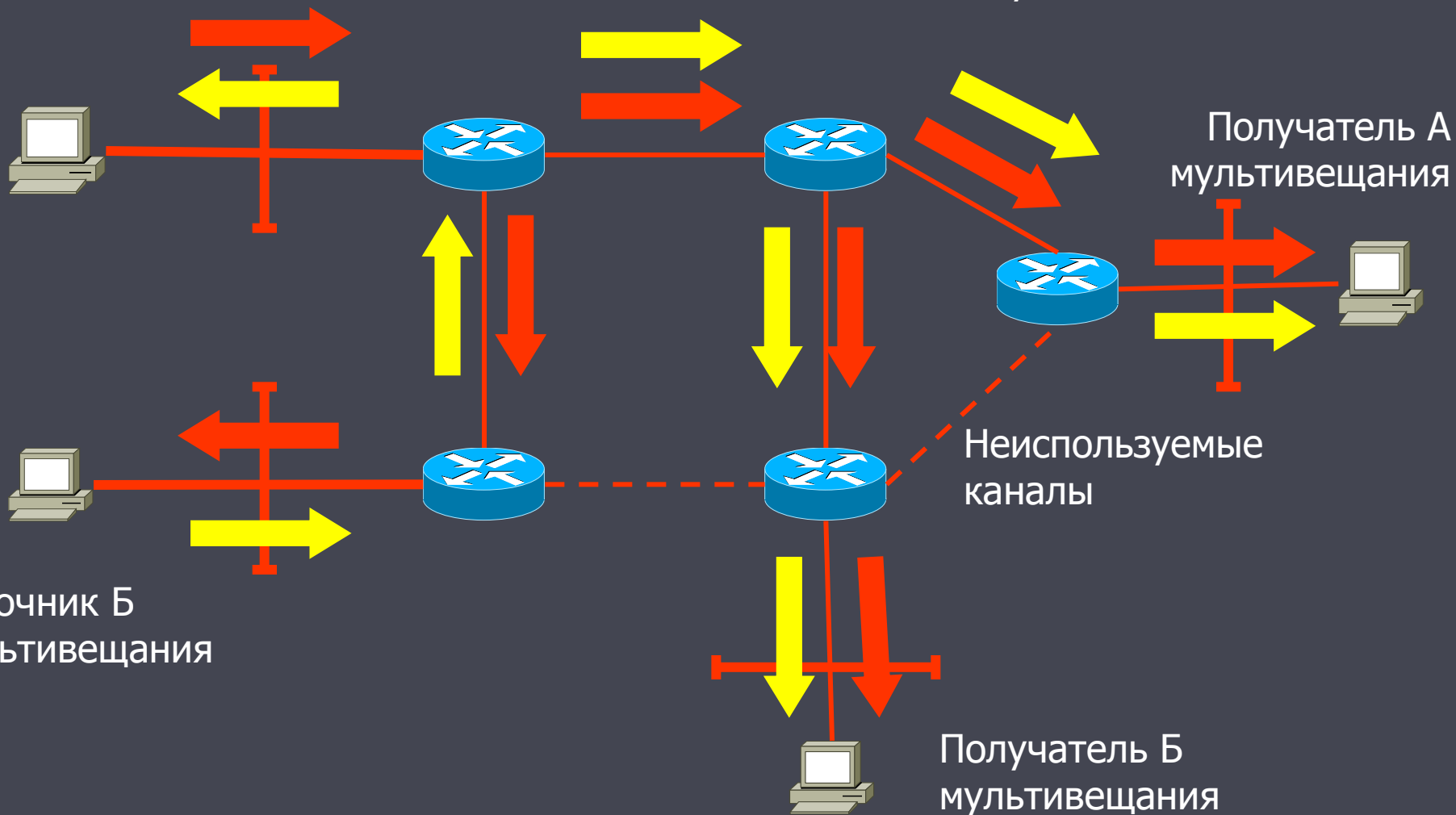
● ДВА НЕДОСТАТКА ДЛЯ МУЛЬТИВЕЩАНИЯ

- трафик концентрируется в то же самое подмножество сетевых сегментов
- принадлежность к группе не принята во внимание
 - ✓ приводит к не полностью оптимальному распространению пакетов

Связующее дерево

Источник А
мультивещания

Интенсивно используемые каналы



Содержание

- Введение в мультивещание
- Принципы мультивещательной маршрутизации
 - Затопление (Flooding)
 - Связующее дерево (Spanning Tree)
 - Обратный путь пересылок (RPF - Reverse Path Forwarding)
 - Дерево основанное на ядре (CBT)
 - Плотный режим / Неплотный режим
 - Мультивещательные распределённые деревья
 - ✓ Исходные деревья
 - ✓ Разделяемые деревья
 - ✓ Двухнаправленные / Однонаправленные разделяемые деревья

Reverse Path Forwarding (RPF)

Обратный путь пересылок

• **недостатки связующего дерева**

- лучше использовать алгоритм маршрутизации, который строит дерево согласно местоположению источника -> исходного дерева
- руководствоваться Reverse Path Forwarding (RPF)

• **принцип RPF-проверки**

- если получен multicast пакет
 - ✓ обращают внимание на исходную сеть (S) и входящий интерфейс (I), через который поступил
- если интерфейс I является кратчайшим путём к S
 - ✓ отправка multicast пакетов всем интерфейсам кроме I
- иначе
 - ✓ отказ от пакета

Reverse Path Forwarding (RPF)

● RPF алгоритм multicast маршрутизатора

- использует таблицу маршрутизации, чтобы рассмотреть топологию сети
- вычисляет предполагаемое связующее дерево в (от) сети источника

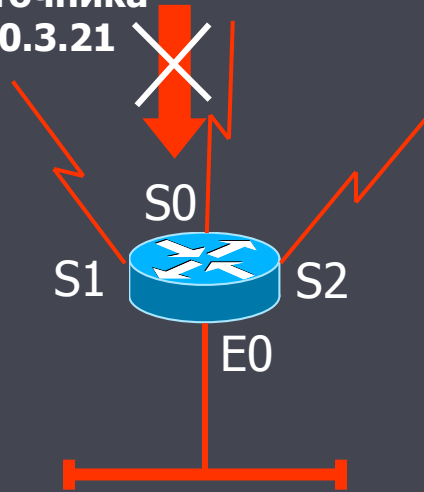
● таблица маршрутизации может быть

- отдельной multicast таблицей маршрутизации
 - ✓ вычисление кратчайшего пути от S до маршрутизатора
 - ✓ необходимо, когда сегменты сети не симметричны
 - отправка метрики пути отличной от метрики обратного пути
 - ✓ необходим отдельный процесс маршрутизации для мультивещания
- Обычной unicast таблицей маршрутизации
 - ✓ расчёт кратчайшего пути от маршрутизатора до S
 - ✓ достаточно, когда сегменты сети симметричны
 - ✓ однонаправленный процесс маршрутизации также может быть использован для мультивещания

RPF-проверка, основанная на Unicast таблице маршрутизации

RPF Проверка нашла ошибку!

Multicast пакет
от источника
151.10.3.21



Пакет прибыл не правильно
через интерфейс S0 !!!
Отказ от пакета

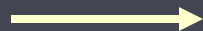
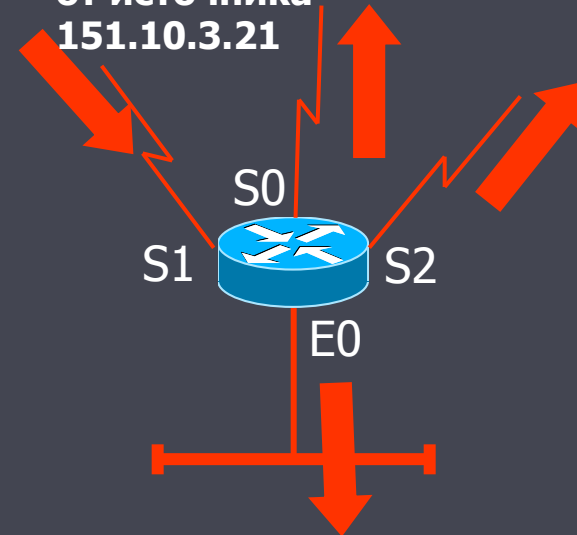


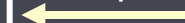
Таблица маршрутизации	
Сеть	Интерфейс
151.10.0.0/16	S1
198.14.32.0/24	S0
201.1.16.0/24	E0

RPF Успешная проверка!

Multicast пакет
от источника
151.10.3.21

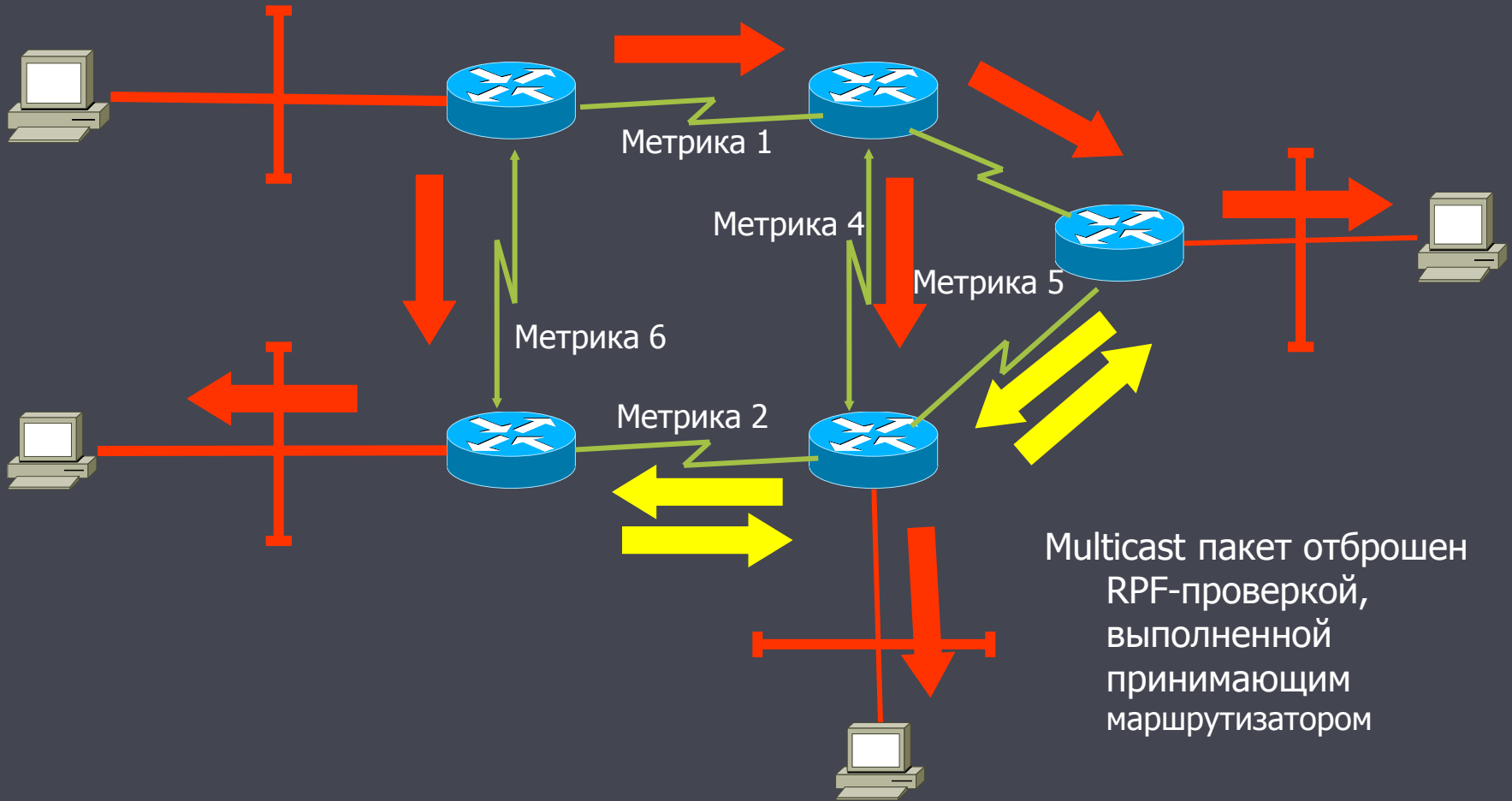


Пакет прибыл правильно
через интерфейс S1 !!!
Пересылка пакета



RPF Дерево для Группы A

Источник A
мультивещания

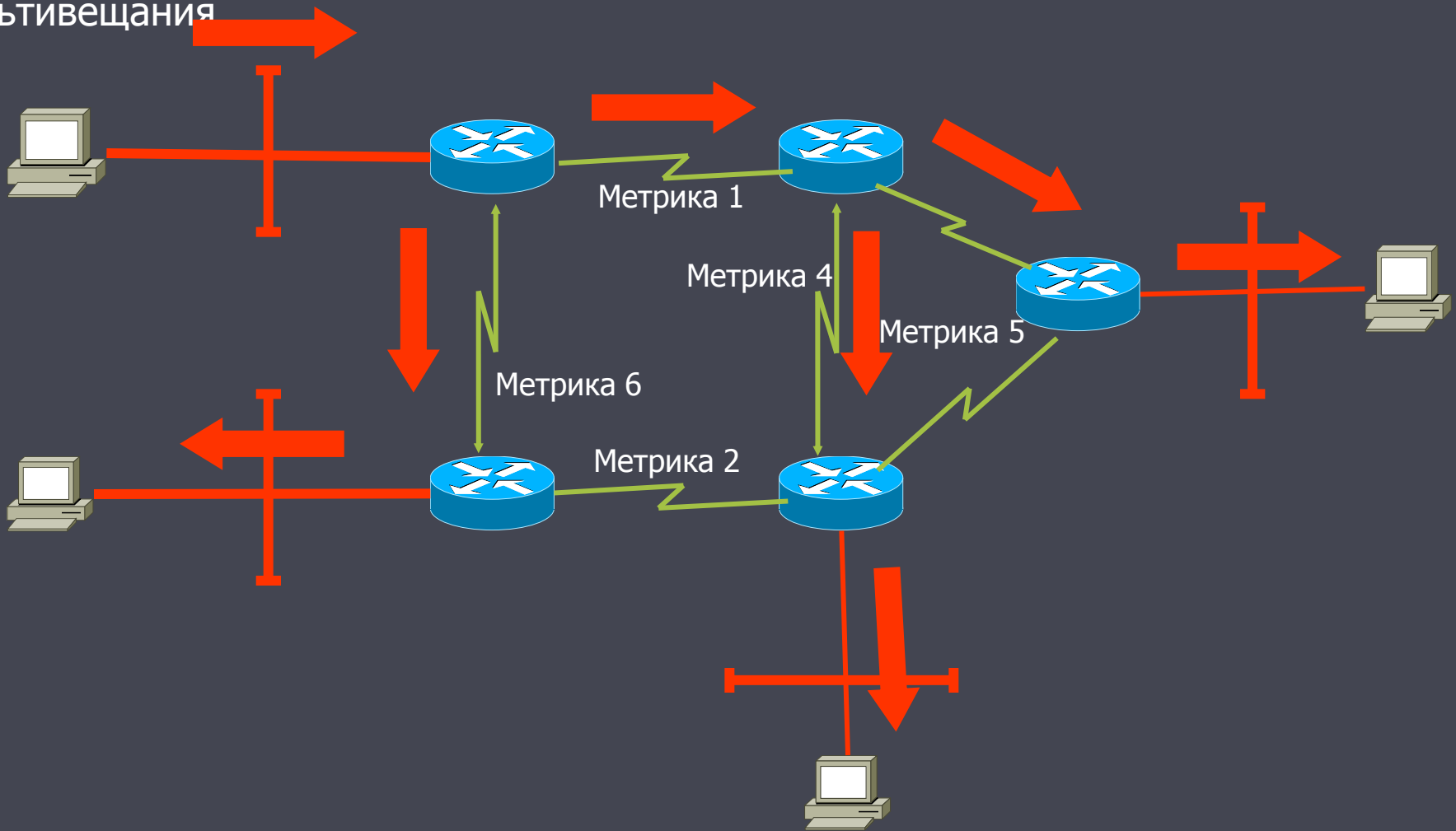


Reverse Path Forwarding (RPF)

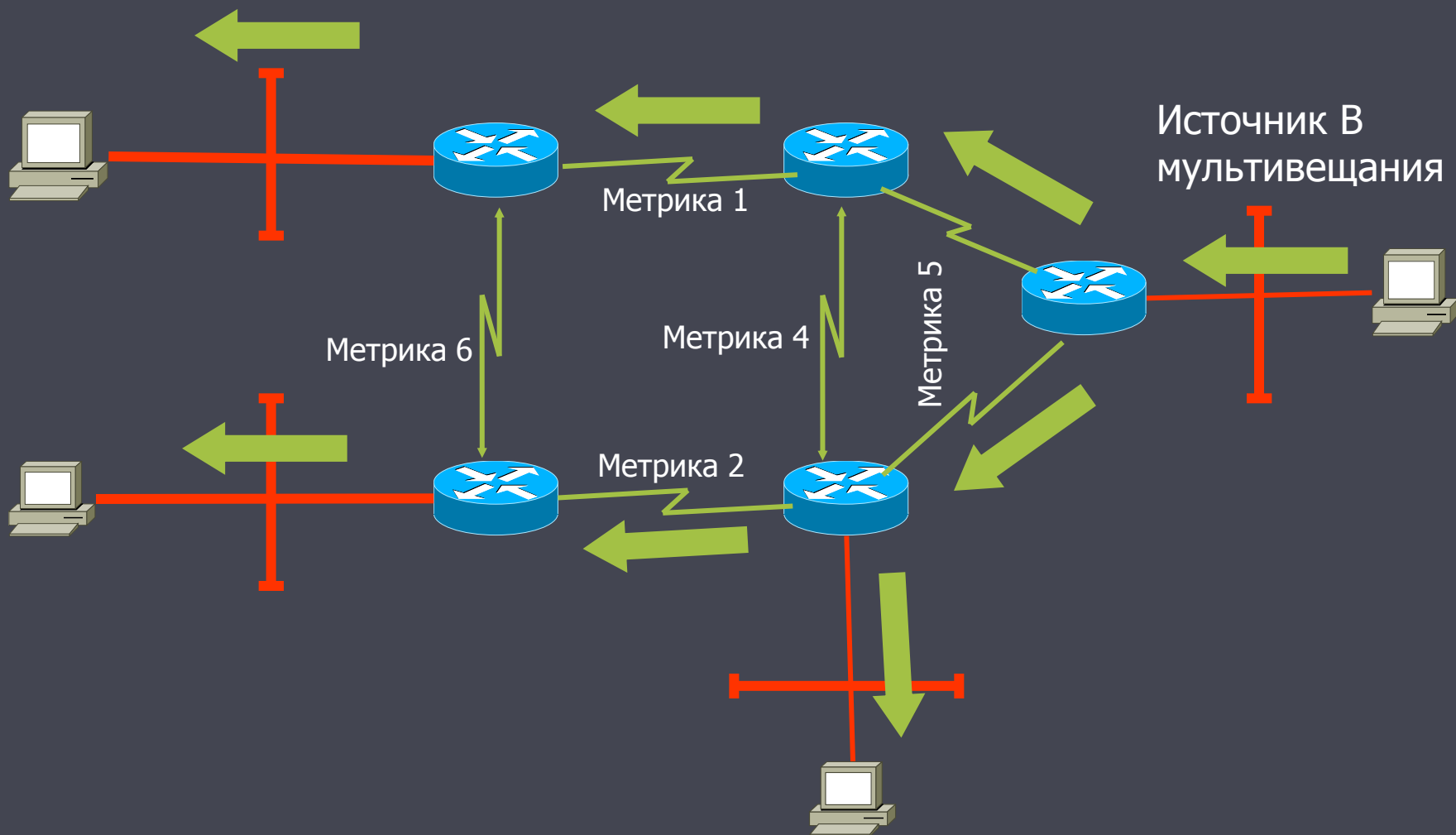
- **RPF алгоритм может быть улучшен**
 - если роутер смотрит «на один шаг вперед»
 - пакеты отправляются только тому соседнему роутеру
 - ✓ кратчайший путь к которому от источника S лежит через локальный роутер
 - ✓ т.е. роутер находится на кратчайшем пути между источником S и соседним роутером
 - Этот способ легко реализуем посредством unicast-протоколов маршрутизации, работающих согласно алгоритма состояния связей
 - ✓ когда используем link state метод маршрутизации аналогично OSPF
 - в OSPF протоколе, имеющем информацию о топологии сети, можно смотреть «на один шаг вперед»
 - ✓ требуется только один бит дополнительной памяти в источнике и интерфейсе
 - информация «на один шаг вперед» улучшает эффективность связи
 - ✓ избегаем мультивещательной передачи соседям, которые находятся дальше
 - сравнить это с примером "Затопления"

RPF Дерево для Группы A (один шаг вперёд)

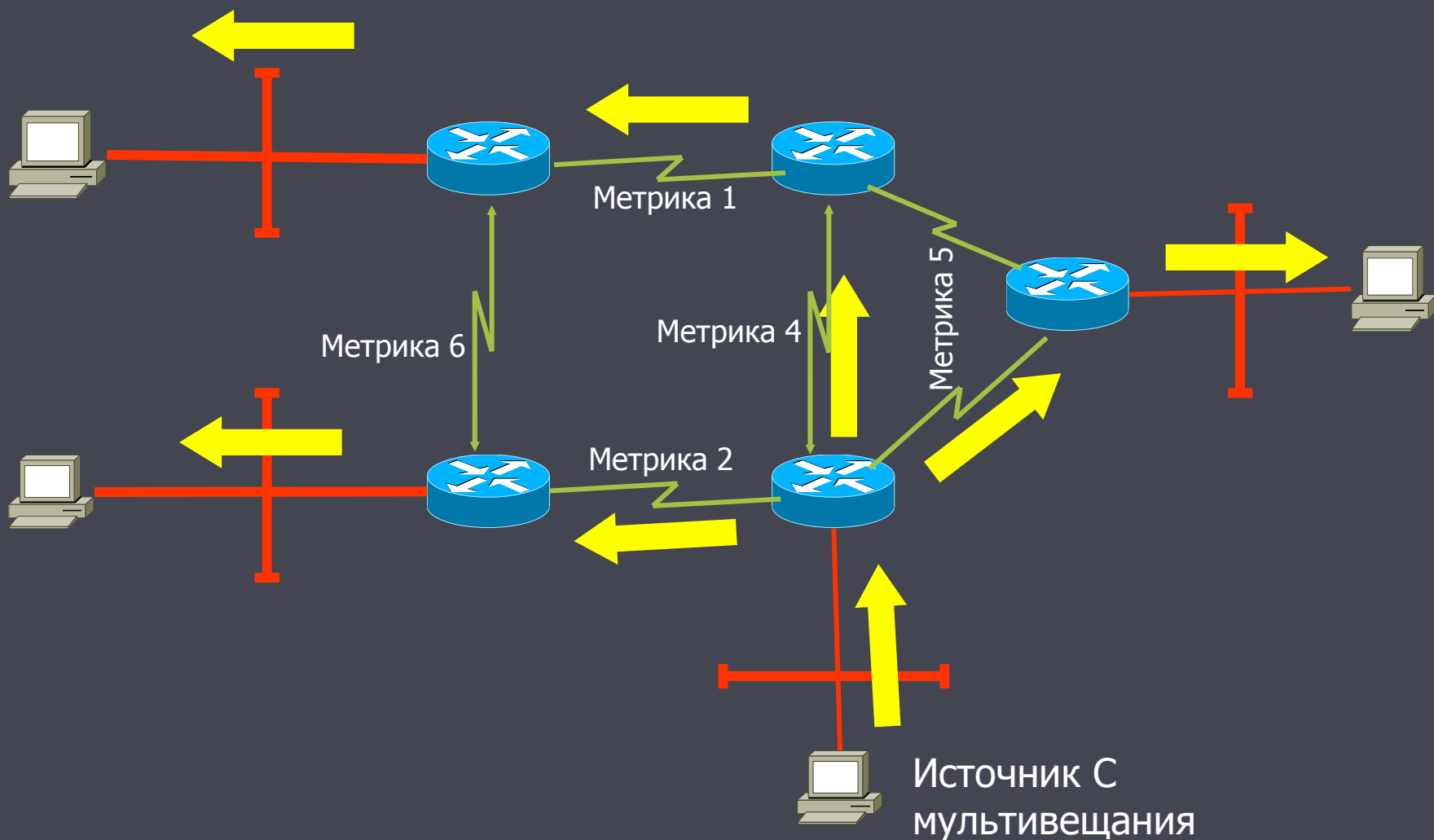
Источник A
мультивещания



RPF Дерево для Группы В (один шаг вперёд)

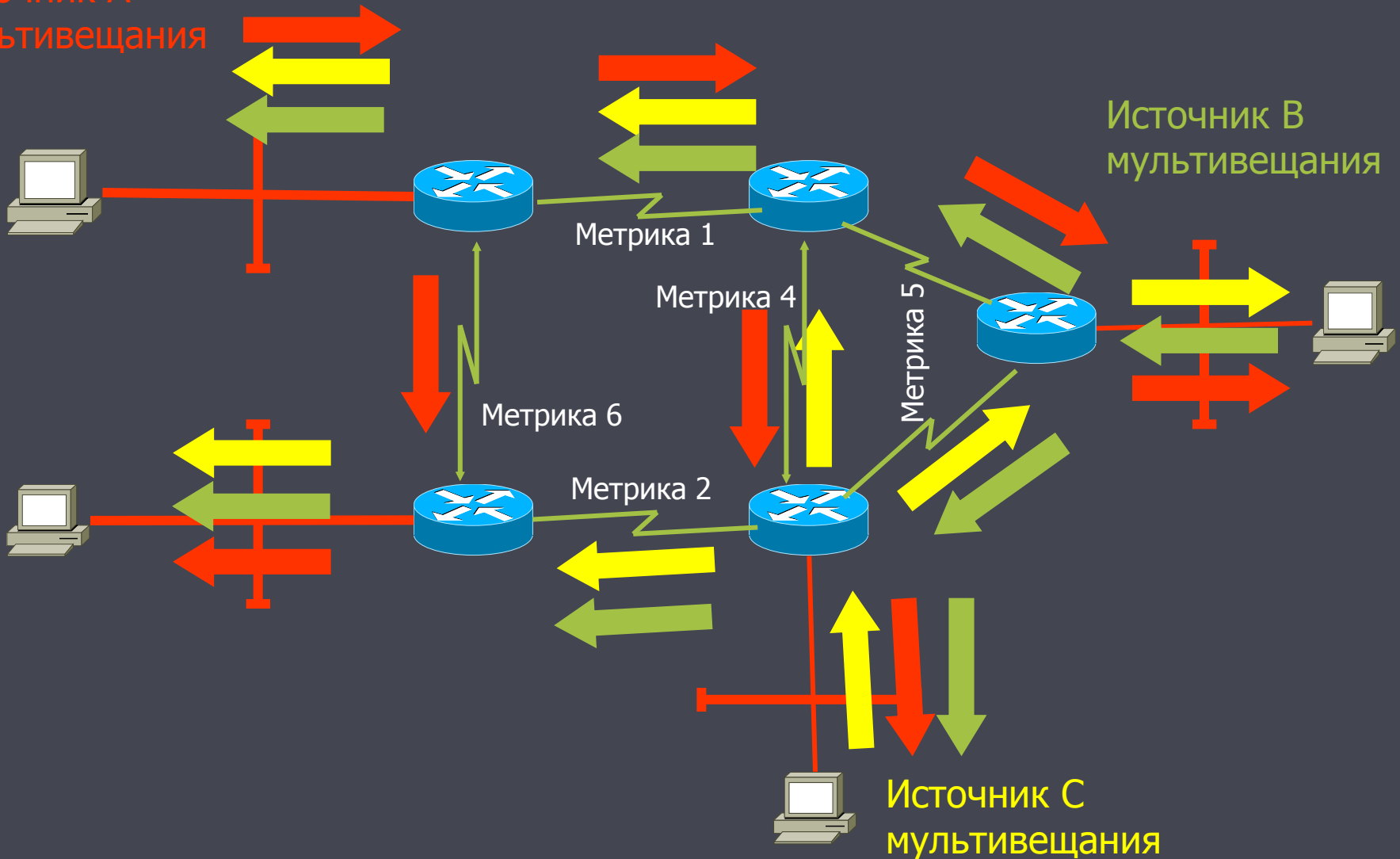


RPF Дерево для Группы С (один шаг вперёд)



RPF Дерево для Групп A, B, C

Источник A
мультивещания



Reverse Path Forwarding (RPF)

● RPF преимущества

- наиболее быстрая доставка, т.к. мультивещание осуществляется по кратчайшему пути от источника до получателя
- лучшее использование сети по сравнению с связующим деревом, потому что пакеты распространяются по множеству каналов

● оставшиеся проблемы

- принадлежность к группе не принята во внимание
 - ✓ является ли любая нижняя сторона участников группы деревом?
- пакеты распространяются через всю сеть

● общий опыт полученный из тестов

- multicast маршрутизаторы должны знать
 - ✓ если ли участники группы, прикрепленные к листьям сети
 - ✓ нужно ли мультивещание по ветвям дерева

RPF и урезанное (truncated) широковещание

- **один метод, чтобы узнать принадлежность в случае IP мультивещания**
 - IGMP (Internet Group Membership Protocol - межсетевой протокол управления группами)
 - протокол между multicast маршрутизатором и multicast приёмником в локальной сети
 - multicast маршрутизатор периодически проверяет, присутствуют ли участники multicast-группы в локальной сети или нет
- **если участников группы нет в листьях сети**
 - мультивещание для этой группы не должно передаваться по такой сети
 - “урезанное широковещание”

RPF с "Затоплением-flood" и "Отсечением-prune"

• вариант

- который также принимает во внимание принадлежность группе, когда строятся ветви дерева и используется отсечение веток посредством отсекающих сообщений (prune-сообщения) в обратном направлении в случае, если нет участников группы задействованных в листе

• принцип

- первый multicast пакет источника S распространяется ко всем узлам (multicast роутерам) сети → "затопление"
- узлы, которые не имеют точек за собой в RPF дереве, называются узлами листьев → граница сети
- узлы листьев используют IGMP для поиска участников группы
- если нет участников группы прикрепленных к листьям узла, посылается prune-сообщение (отсечение) обратно к предшествующему узлу

RPF с "Затоплением" и "Отсечением"

• принцип (продолжение)

- при приёме prune-сообщений (отсечение) предшествующий роутер не будет больше отправлять multicast пакеты для этой группы через этот интерфейс
- промежуточные роутеры запоминают приём prune-сообщений (отсечённых сообщений) с некоторого интерфейса
 - ✓ Переводят интерфейс в так называемое "тихое" состояние на определенный период времени
 - ✓ "тихое" состояние устаревает после истечения этого периода
- если prune-сообщения (отсечённые сообщения) будут получены через все выходные интерфейсы дерева, промежуточный роутер пошлет prune-сообщение ко всем предшествующим роутерам
- сокращённый метод используется, чтобы решить если multicast пакеты некоторой группы должны быть переданы на ветви дерева (уточнить перевод)

RPF с Присоединением (Grafting)

- **присоединение новых участников может быть выполнено**
 - присоединением (grafting)
 - ✓ если роутер распознаёт некоторую группу, которая уже была отсечена, то graft-сообщение посылается предшествующему маршрутизатору
 - ✓ graft-сообщение будет немедленно удалять соответствующее состояние для этой группы
 - ✓ следующий multicast пакет для этой группы будет передан следующему роутеру
 - или по таймеру удалением "тихий" состояний
 - ✓ после таймаута произойдет "затопления" multicast пакетами снова всей сети
 - ✓ и дерево будет обрезано согласно новому распределению принадлежности

RPF: «Затопление» первым пакетом

Источник
Multicast A



Получатель
Multicast A



Не получатель
Multicast A

→ Урезанное широковещание



Получатель
Multicast A

RPF: Отсечение (Pruning)

Источник
Multicast A



Pruning
сообщение



Не получатель
Multicast A

→ Урезанное широковещание

Получатель
Multicast A



Получатель
Multicast A

RPF: Активное состояние

Источник
Multicast A



Получатель
Multicast A

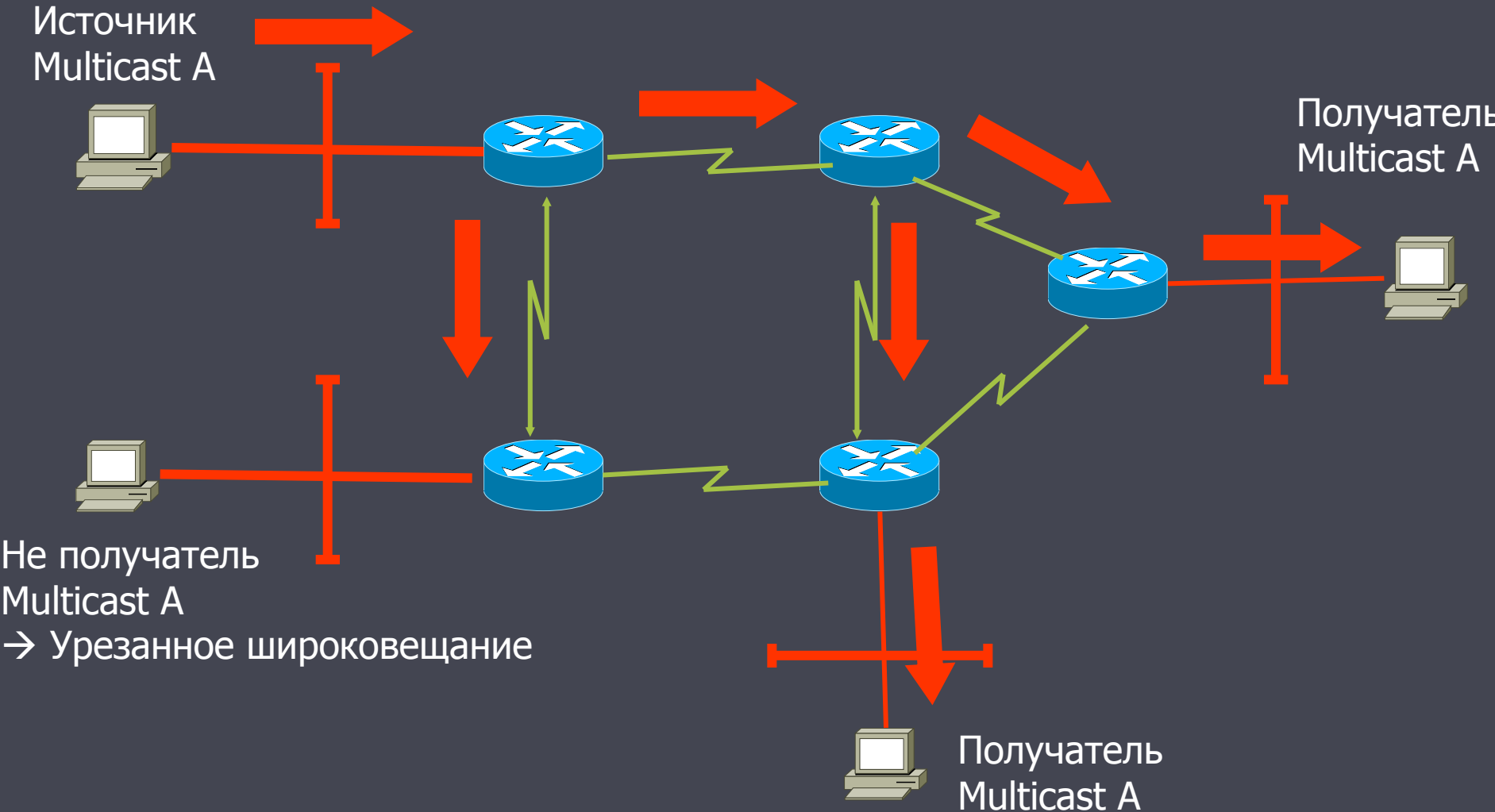


Получатель
Multicast A

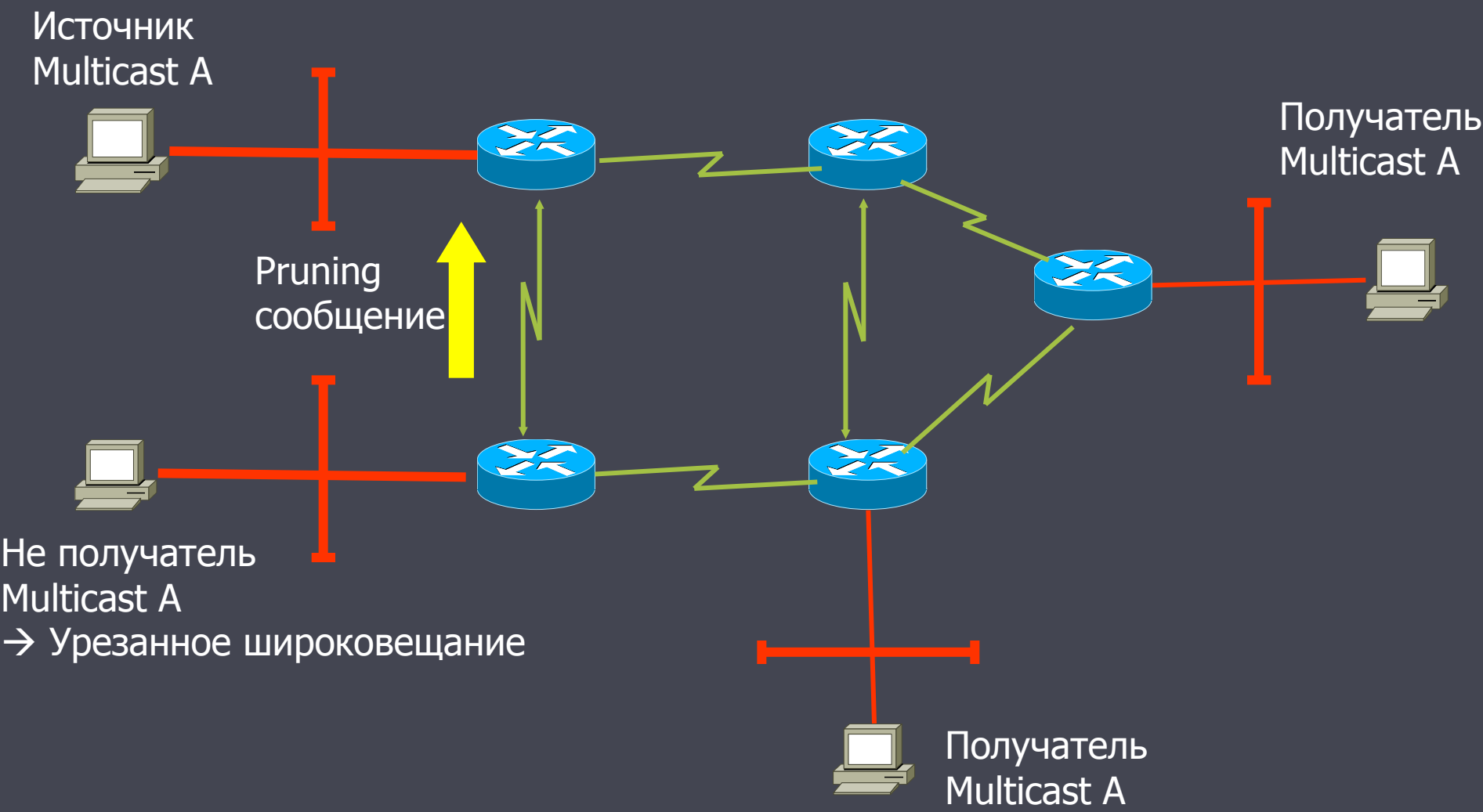
Не получатель
Multicast A

→ Урезанное широковещание

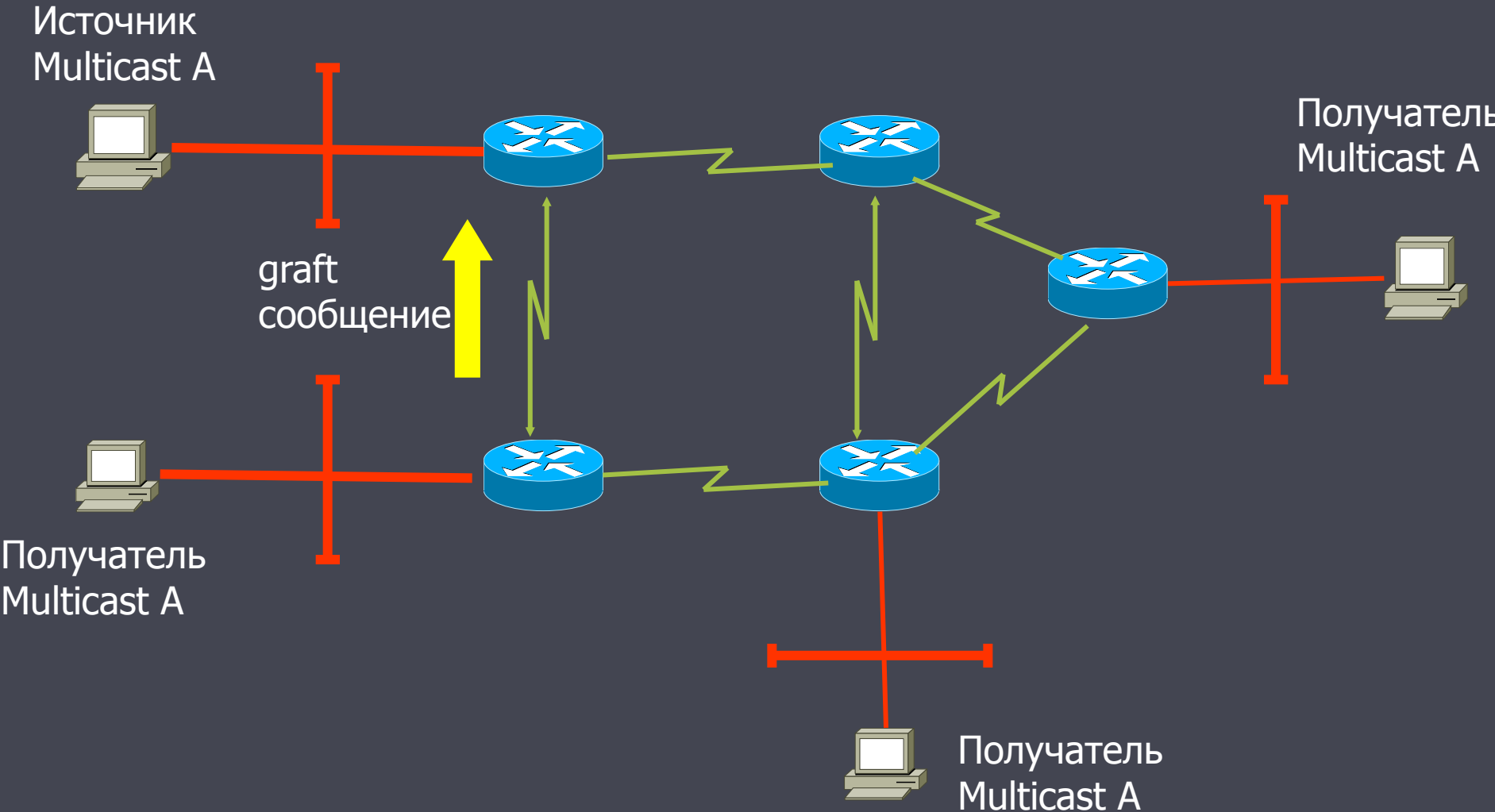
RPF: Состояние "Истечение Времени Жизни"



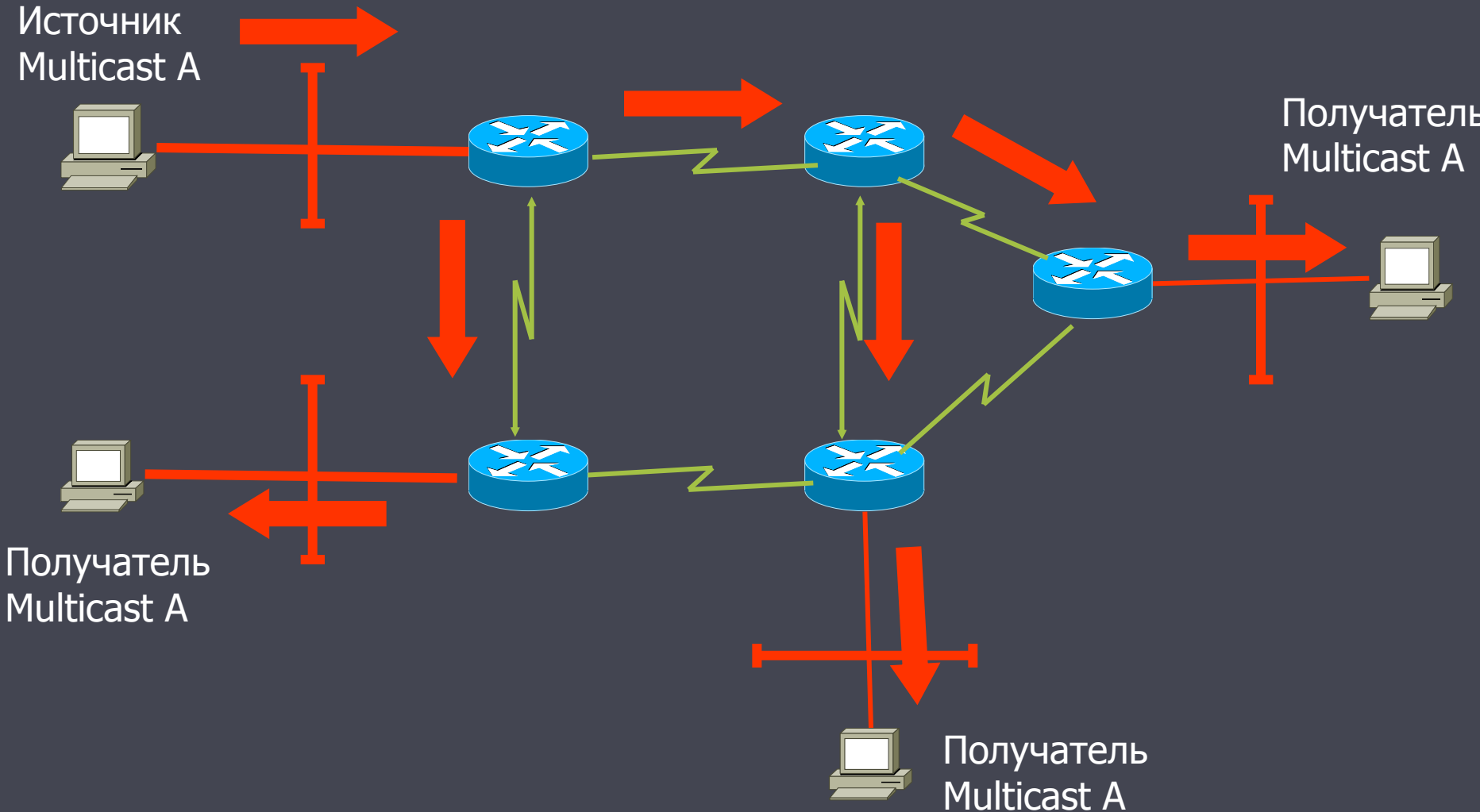
RPF: Повторное отсечение (Pruning)



RPF: с присоединением (Grafting)



RPF: Доставка следующего пакета



RPF с "Затоплением" и "Отсечением"

❶ недостатки

- первым пакетом "затопляется" вся сеть
- роутеры должны хранить информацию о состоянии группы и источнике
- состояние должно быть сохранено временно
 - ✓ изменяется при подключении и отсоединении участников и при изменении топологии сети
 - ✓ поэтому каждое состояние ограничено временем жизни
 - ✓ если время жизни превышено, то состояние удаляется
 - ✓ следующий multicast пакет будет снова затопляющим
 - ✓ "soft состояния" создаются даже если нет получателей
- multicast пакеты для данного источника периодически затопляют всю сеть для обновления или установки состояний

RPF и Изменение маршрута

● В случае изменения топологии

- unicast-маршрутизация или специальная multicast-маршрутизация будут сходиться
- пакеты будут следовать новыми короткими путями
- состояния старых путей будут стареть
- multicast-пакеты “затопляющие”
- отсечение (pruning) будет формировать новые состояния по новым путям

Содержание

- Введение в мультивещание
- Принципы мультивещательной маршрутизации
 - Затопление (Flooding)
 - Связующее дерево (Spanning Tree)
 - Обратный путь пересылок (RPF)
 - Дерево основанное на ядре (CBT)
 - Плотный режим / Неплотный режим
 - Мультивещательные распределённые деревья
 - ✓ Исходные деревья
 - ✓ Разделяемые деревья
 - ✓ Двухнаправленные / Однонаправленные разделяемые деревья

Деревья Основанные на Ядре (CBT – Core Based Trees)

● RPF с затоплением и отсечением

- периодическая передача по всей сети
 - ✓ чтобы вызывать отсечение и сохранить активные состояния
- CBT потенциальное решение этой проблемы

● исходный принцип CBT

- устанавливается точка в сети - центр multicast-группы
 - ✓ ядро, общий корень, точка рандеву (Core-, Rendezvous Point - RP)
- участник отправляет join-сообщение к ядру, используя кратчайший путь к ядру
- промежуточные роутеры обрабатывают join-сообщение
 - ✓ если группа уже установлена и входящий интерфейс отмечен
 - ✓ если группа не существует, для этой группы устанавливается "hard" состояние, join-сообщение пересылается дальше к ядру

Деревья Основанные на Ядре – продолжение (CBT – Core Based Trees)

● исходные принципы CBT (продолжение)

- в этом случае соединённые участники формируют ядро дерева для некоторой группы
 - ✓ сравнимо с созданием исходного дерева между ядром как источником и всеми участниками группы
- если источник передаёт multicast-пакеты
 - ✓ при first-hop пакеты инкапсулируются multicast-роутером в специальные регистр-пакеты и доставляются hop-by-hop к ядру, используя нормальную unicast-передачу
- ядро будет извлекать multicast-пакет из регистр-пакета
 - ✓ и мультивещание продолжится по уже установленному ядру дерева тем же способом, как по обычному исходному дереву

Деревья Основанные на Ядре – продолжение (CBT – Core Based Trees)

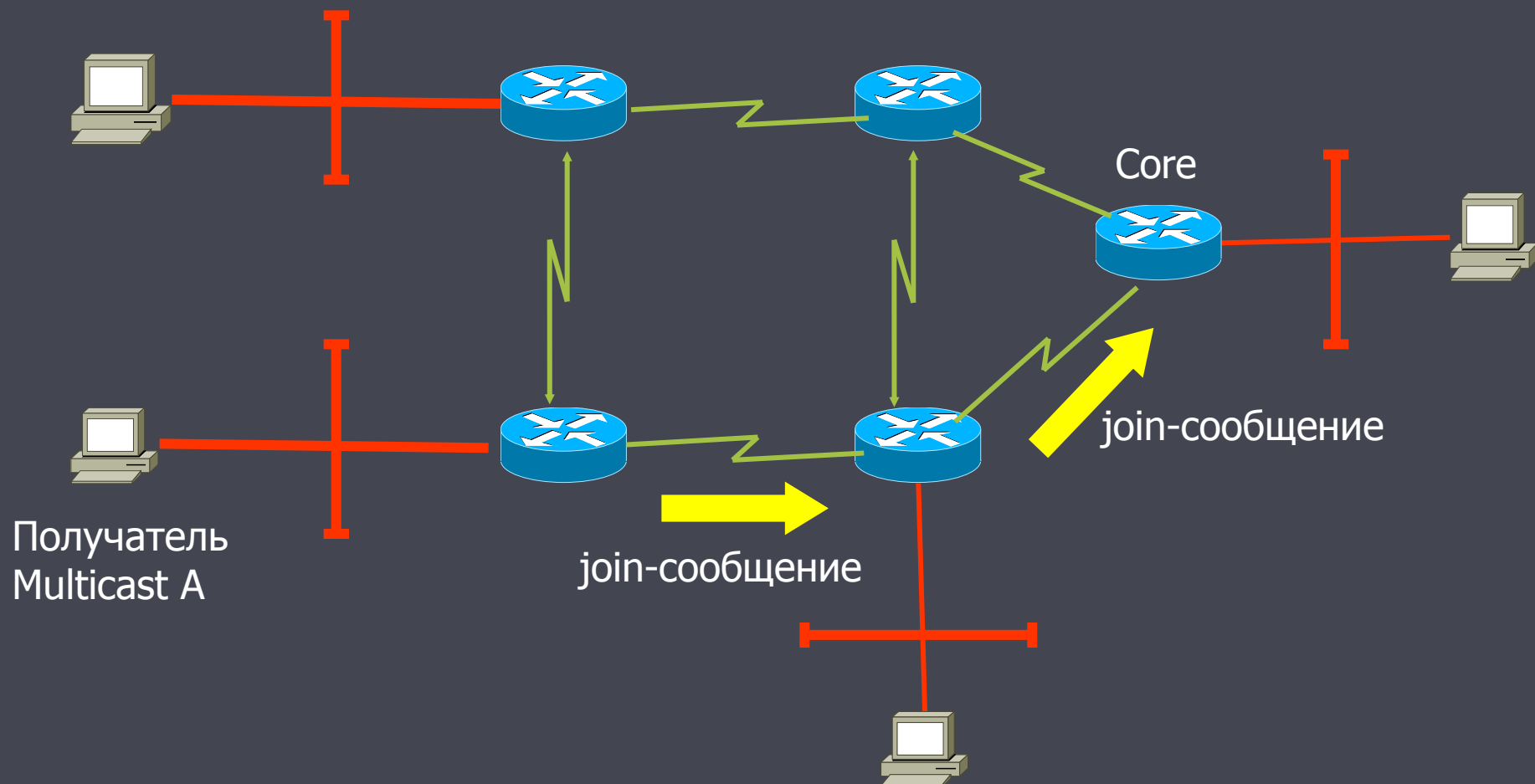
• преимущества СВТ

- ядро дерева одно и то же для всех источников
 - ✓ поэтому информация о состоянии необходима только в группе $\{ *, G \}$
 - ✓ (RPF нуждается в паре состояний группа/источник),
 - Описывают SPT парой (S,G) , где S – IP-адрес источника, а G – групповой адрес приемника
- первый пакет не будет “затапливающим” для сети и периодическое “затопление” для обновления не нужно
 - ✓ “hard-состояния” допускаются и повторяются после таймаута
 - ✓ состояния создаются по требованию (если есть приёмник)
- может зависеть от unicast-маршрутизации, для вычисления кратчайшего пути

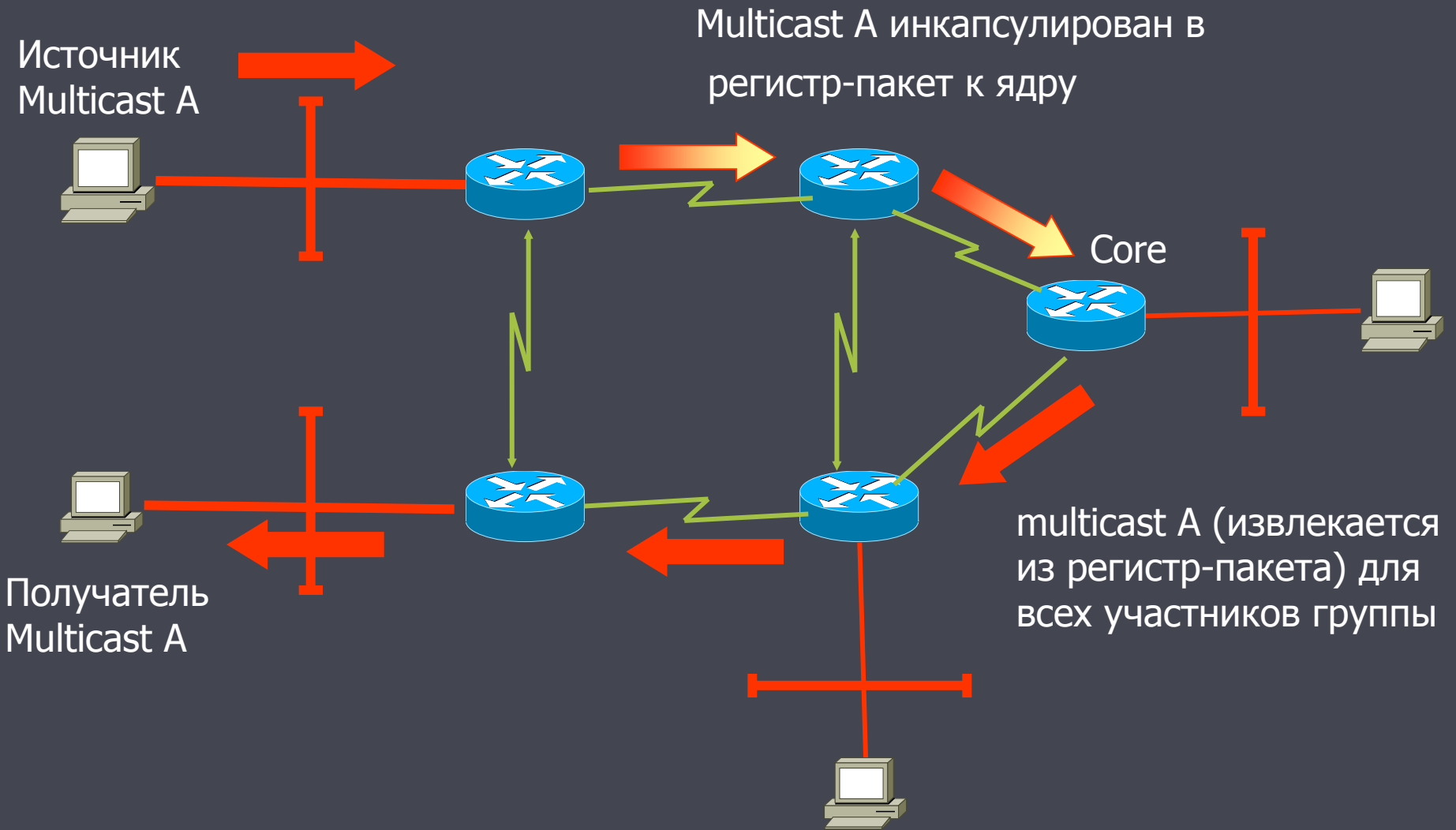
• недостатки СВТ

- путь может быть не оптимальным для некоторого multicast-трафика
- трафик всех источников использует один и тот же набор связей, что означает концентрацию multicast-трафика

СВТ: Присоединение (Joining)



RPF: Доставка следующего пакета



СВТ и изменение маршрута

● В случае изменения топологии

- unicast-маршрутизация или специальная multicast-маршрутизация будут сходиться
- join-пакеты будут отправляться по кратчайшему пути к ядру
- результатом будет новое дерево до ядра
- пакеты будут следовать по новому дереву

Содержание

- Введение в мультивещание
- Принципы мультивещательной маршрутизации
 - Затопление (Flooding)
 - Связующее дерево (Spanning Tree)
 - Обратный путь пересылок (RPF)
 - Дерево основанное на ядре (CBT)
 - Плотный режим / Разряженный режим (Dense mode / Sparse mode)
 - Мультивещательные распределённые деревья
 - ✓ Дерево кратчайших маршрутов
 - ✓ Разделяемые деревья
 - ✓ Двухнаправленные / Однонаправленные разделяемые деревья

Типы Multicast-протоколов

● **Плотный-режим (Dense mode)**

- Поведение затопления и отсечения
 - ✓ Multicast-трафик “затопляет” всю сеть
 - ✓ Маршрутизаторы без слушателей “отрезают” ветви для остановки трафика
 - ✓ Отсечённые ветви могут быть присоединены, чтобы уменьшить время присоединения
- Схоже с радио ширококвещанием
- Лучше всего для большого числа участников в большом количестве мест

● **Разряженный – режим (Sparse mode)**

- Явное поведение соединённых
 - ✓ предполагается, что никому не нужен трафик, если не спрашивают
 - ✓ маршрутизаторы с активными слушателями формируют дерево, чтобы получить трафик
- Лучше всего для нескольких участников в небольшом количестве мест

Содержание

- **Введение в мультивещание**
- **Принципы мультивещательной маршрутизации**
 - Затопление (Flooding)
 - Связующее дерево (Spanning Tree)
 - Обратный путь пересылок (RPF)
 - Дерево основанное на ядре (CBT)
 - Плотный режим / Разреженный режим (Dense mode / Sparse mode)
 - Мультивещательные распределённые деревья
 - ✓ Дерево кратчайших маршрутов (source trees)
 - ✓ Разделяемые деревья (shared trees)
 - ✓ Двухнаправленные / Однонаправленные разделяемые деревья

• Дерево кратчайших маршрутов

- каждый Multicast-источник является корнем однонаправленного связующего дерева
- поскольку дерево использует кратчайшие маршруты
 - ✓ Такое дерево называют “деревом кратчайших маршрутов”
 - SPT (Shortest Path Tree) – дерево кратчайших маршрутов
- для каждого источника свое SPT
- Записывается/обозначается : (S, G) , где
 - ✓ S - IP адреса всех источников
 - ✓ G - multicast-адрес группы
- обычно применяются для RPF с “flood” и “prune”
 - ✓ обратите внимание: маршрутизатор должен сохранить одно состояние в паре источник/группа

• используются в IP multicast протоколах маршрутизации

- DVMRP, PIM

Дерево кратчайших маршрутов для Источника A → (S,G)

Дерево → (192.1.1.1, 224.1.1.1)

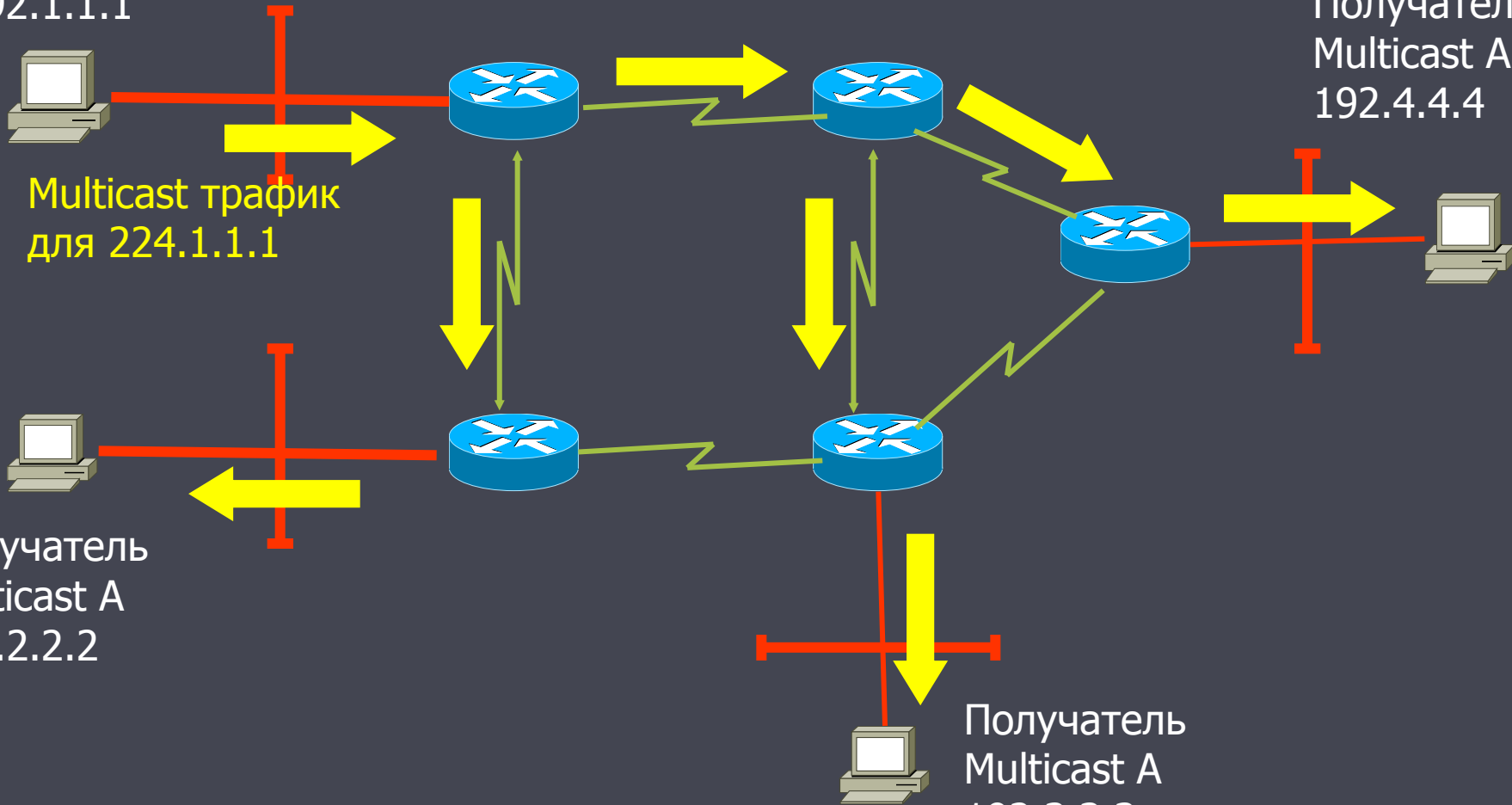
Источник
Multicast A
192.1.1.1

Получатель
Multicast A
192.4.4.4

Multicast трафик
для 224.1.1.1

Получатель
Multicast A
192.2.2.2

Получатель
Multicast A
192.3.3.3

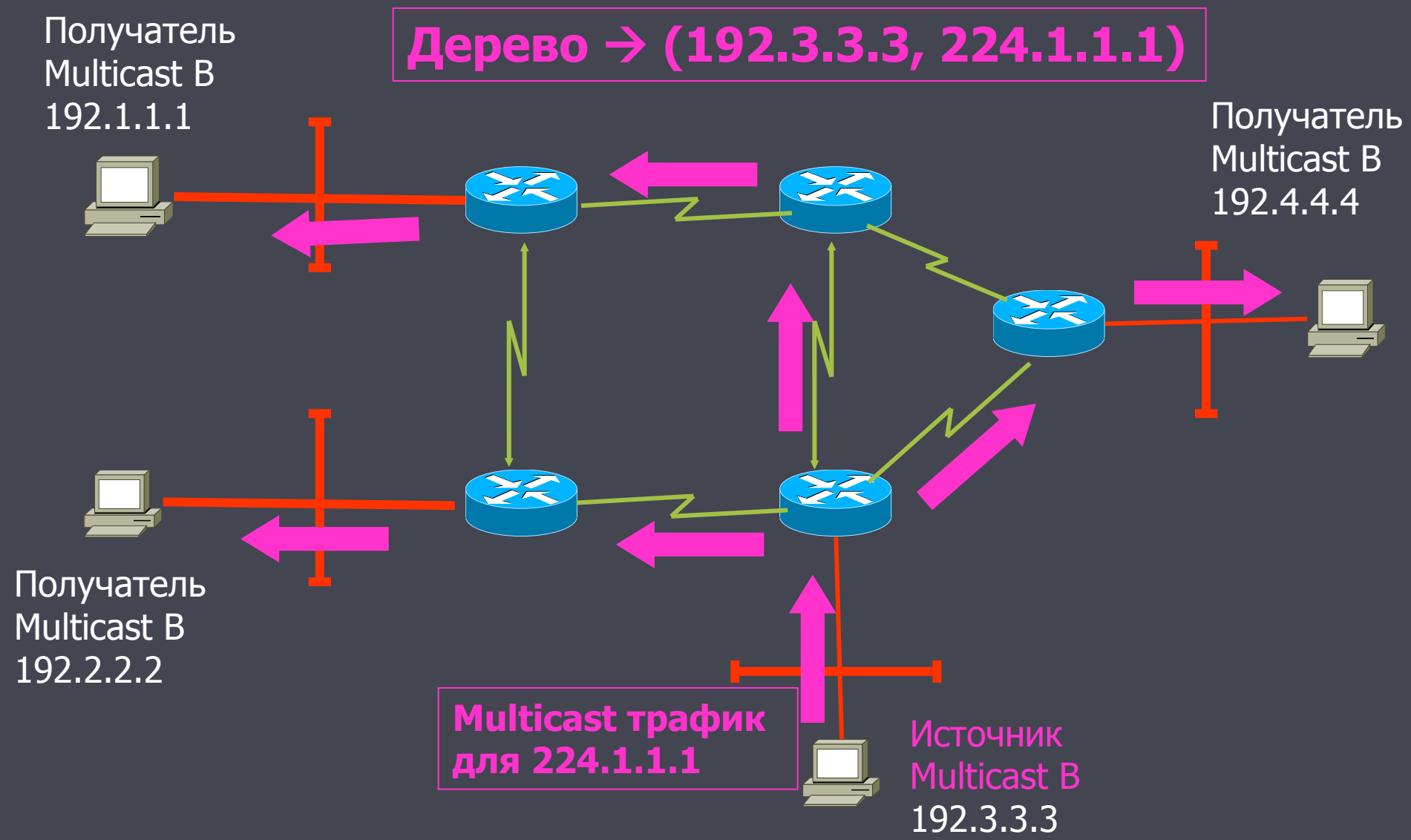


Дерево кратчайших маршрутов для Источника С → (S,G)

Дерево → (192.4.4.4, 224.1.1.1)



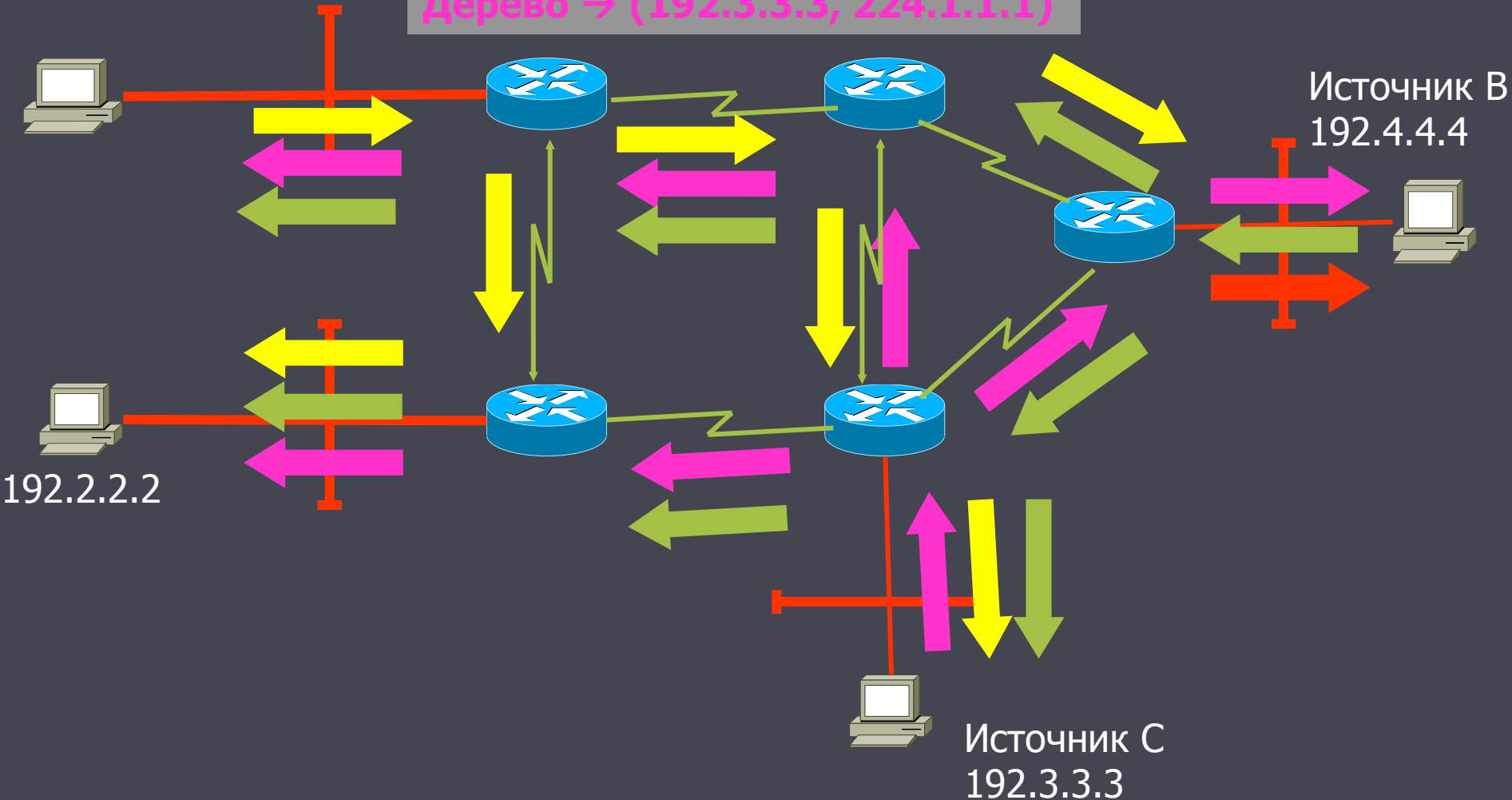
Дерево кратчайших маршрутов для Источника В → (S,G)



Дерево кратчайших маршрутов для Источников А, В и С → (S,G)

Источник А
192.1.1.1

Дерево → (192.1.1.1, 224.1.1.1)
Дерево → (192.4.4.4, 224.1.1.1)
Дерево → (192.3.3.3, 224.1.1.1)



Содержание

- **Введение в мультивещание**
- **Принципы мультивещательной маршрутизации**
 - Затопление (Flooding)
 - Связующее дерево (Spanning Tree)
 - Обратный путь пересылок (RPF)
 - Дерево основанное на ядре (CBT)
 - Плотный режим / Разреженный режим (Dense mode / Sparse mode)
 - Мультивещательные распределённые деревья
 - ✓ Дерево кратчайших маршрутов
 - ✓ Разделяемые деревья (shared trees)
 - ✓ Двухнаправленные / Однонаправленные разделяемые деревья

Мультивещательные распределённые деревья – Разделяемые деревья

● Разделяемые деревья

- источник не корень
- корень где-нибудь в сети
- центр называют "RP-точкой встречи" (Rendezvous Point - RP)) или "Ядро"
- одно дерево в multicast-группе для всех источников
 - ✓ все источники совместно используют одно дерево
- обозначение: (*, G)
 - ✓ * ... означает все источники
 - ✓ G ... multicast-адрес группы

● 2 типа:

- двунаправленные (используют в CBT-Core Based Tree)
- однонаправленные (используют в PIM-SM)

Мультивещательные распределённые деревья – Разделяемые деревья

● Принцип

- участник посылает join-сообщение к корню, используя
 - кратчайший путь к ядру
 - промежуточные маршрутизаторы обрабатывают join-сообщение
 - ✓ если группа уже установлена, то входящий интерфейс отмечен
 - ✓ если группа не существует, то состояние этой группы обработано и join-сообщение пересылается дальше к корню
- в этом случае соединение участников создаёт разделяемое дерево для некоторой группы

Мультивещательные распределённые деревья – Разделяемые деревья

• Преимущества

- разделяемое дерево одно для всех источников (*, G)
 - ✓ поэтому информация о состоянии необходима только в группе (RPF нуждается в паре состояний группа/источник)
- первый пакет не будет “затоплять” всю сеть и периодическое затопление для обновления тоже не требуется
 - ✓ “hard-состояния” допускаются и повторяются после таймаута
 - ✓ состояния создаются по требованию (если есть приёмники)
- может зависеть от unicast-маршрутизации для вычисления кратчайшего пути

• Недостатки

- путь может быть не оптимальным для некоторого multicast-трафика
- размещение корня – ключ к быстродействию
- трафик всех источников использует один набор связей, это означает, что multicast-трафик концентрируется около корня

Типы Разделяемых Деревьев

- **Двунаправленные разделяемые деревья**
 - multicast-трафик следует и вверх и вниз по дереву

- **Однонаправленные разделяемые деревья**
 - multicast-трафик сначала приносится к корню и затем вниз разделяемого дерева

Содержание

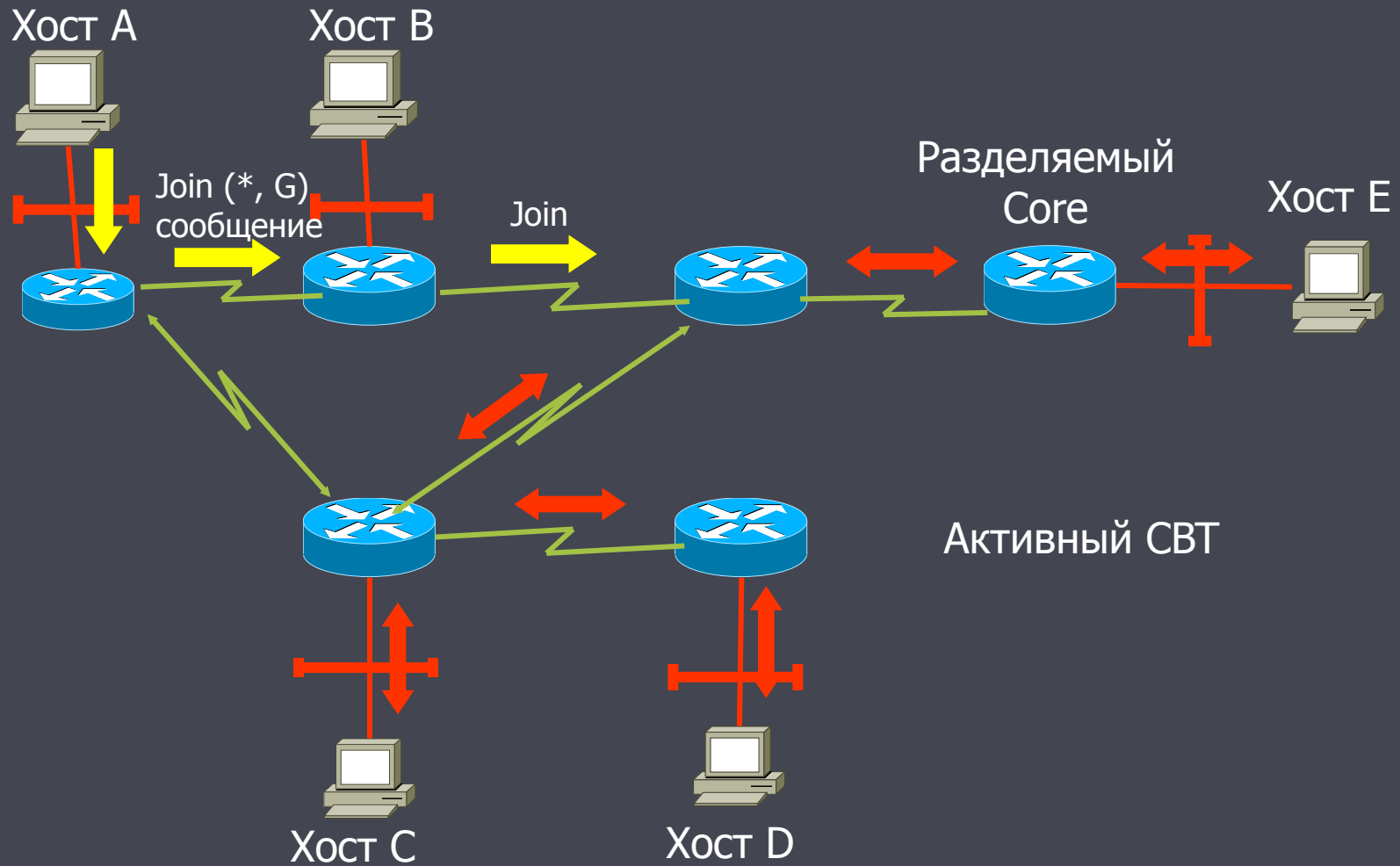
- Введение в мультивещание
- Принципы мультивещательной маршрутизации
 - Затопление (Flooding)
 - Связующее дерево (Spanning Tree)
 - Обратный путь пересылок (RPF)
 - Дерево основанное на ядре (CBT)
 - Плотный режим / Разреженный режим (Dense mode / Sparse mode)
 - Мультивещательные распределённые деревья
 - ✓ Дерево кратчайших маршрутов
 - ✓ Разделяемые деревья
 - ✓ Двунаправленные / Однонаправленные разделяемые деревья

Двунаправленные Разделяемые Деревья

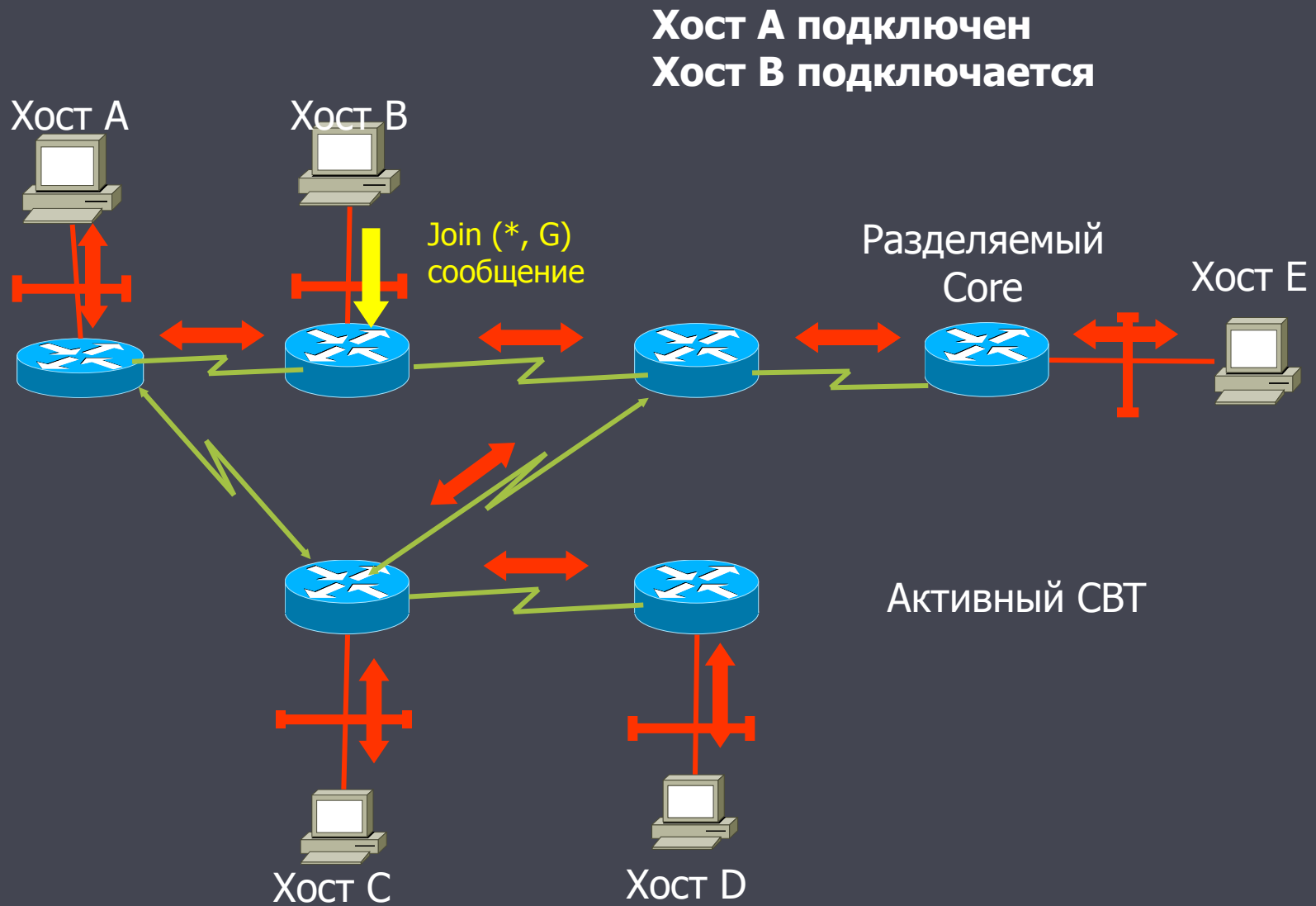
- **Двунаправленные Разделяемые Деревья**
 - multicast-трафик пересылается и вверх и вниз по дереву
 - маршрутизатор сохраняет список участвующих интерфейсов группы
 - ✓ входящий пакет пересылается всем другим интерфейсам активным для этой группы
 - источник только хост, который не присоединился к группе, unicasts-трафик через IP-in-IP туннель к ядру
 - неоптимальные пути увеличивают задержку времени, если ядро расположено плохо
 - дерево основанное на ядре, CBTV1, CBTV2, CBTV3
 - ✓ не реальное сетевое исполнение

Двунаправленные Разделяемые Деревья

Join механизм:
Хост А подключается к СВТ

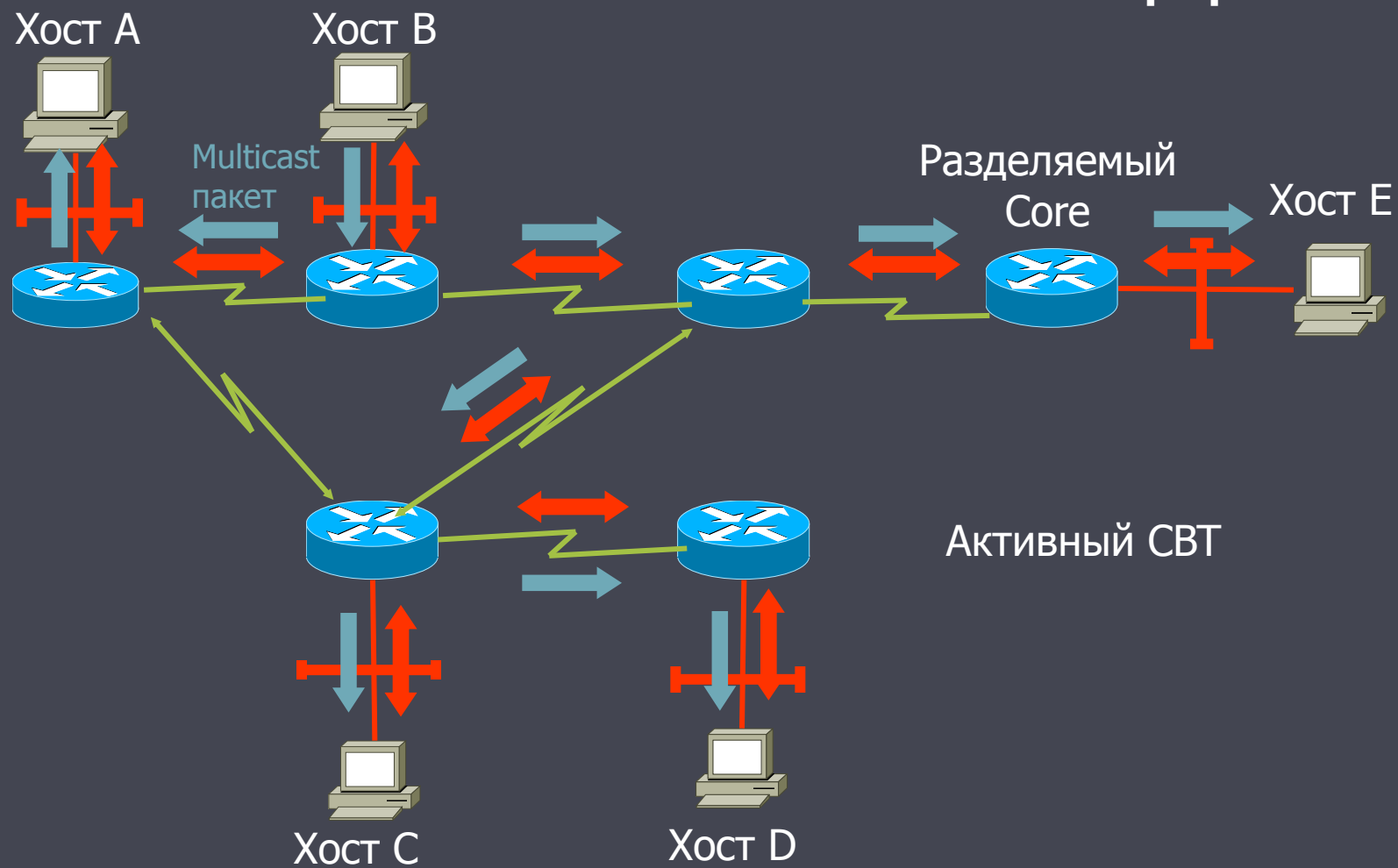


Двунаправленные Разделяемые Деревья



Двунаправленные Разделяемые Деревья

Финальное дерево: Хост В
посылает Multicast трафик



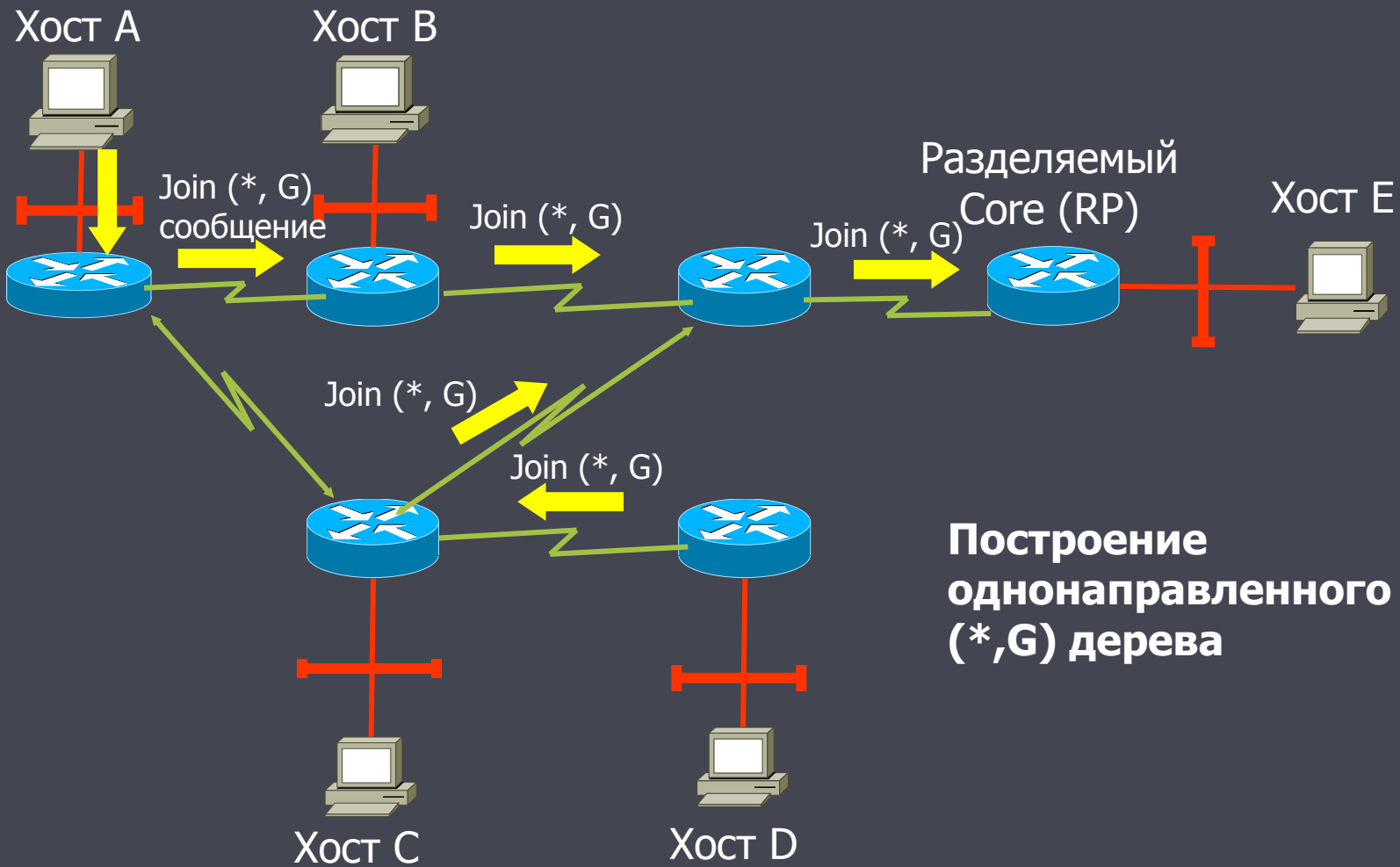
Однонаправленные Разделяемые Деревья

● Однонаправленные Разделяемые Деревья

- multicast-трафик сначала пересылается к корню, затем идёт вниз по дереву ко всем участникам группы
 - ✓ распределённое дерево сравнивается с созданием дерева основанного на источнике, между корнем как источником и всеми участниками группы.
 - ✓ Помните, одно дерево в группе для каждого источника!
- Как доставить трафик к корню?
 - ✓ unicast IP-in-IP туннелированием
 - пакеты инкапсулируются first-hop multicast-маршрутизатором в специальные регистр-пакеты и доставляются hop-by-hop к ядру, используя нормальную unicast передачу.
 - ✓ или отдельным (S,G) - Деревом
 - корень присоединяется через SPT к источнику, чтобы перемещать multicast-трафик к корню. Используется Независимый Multicast Протокол (PIM – Protocol Independent Multicast)
- Корень пересылает трафик вниз по дереву

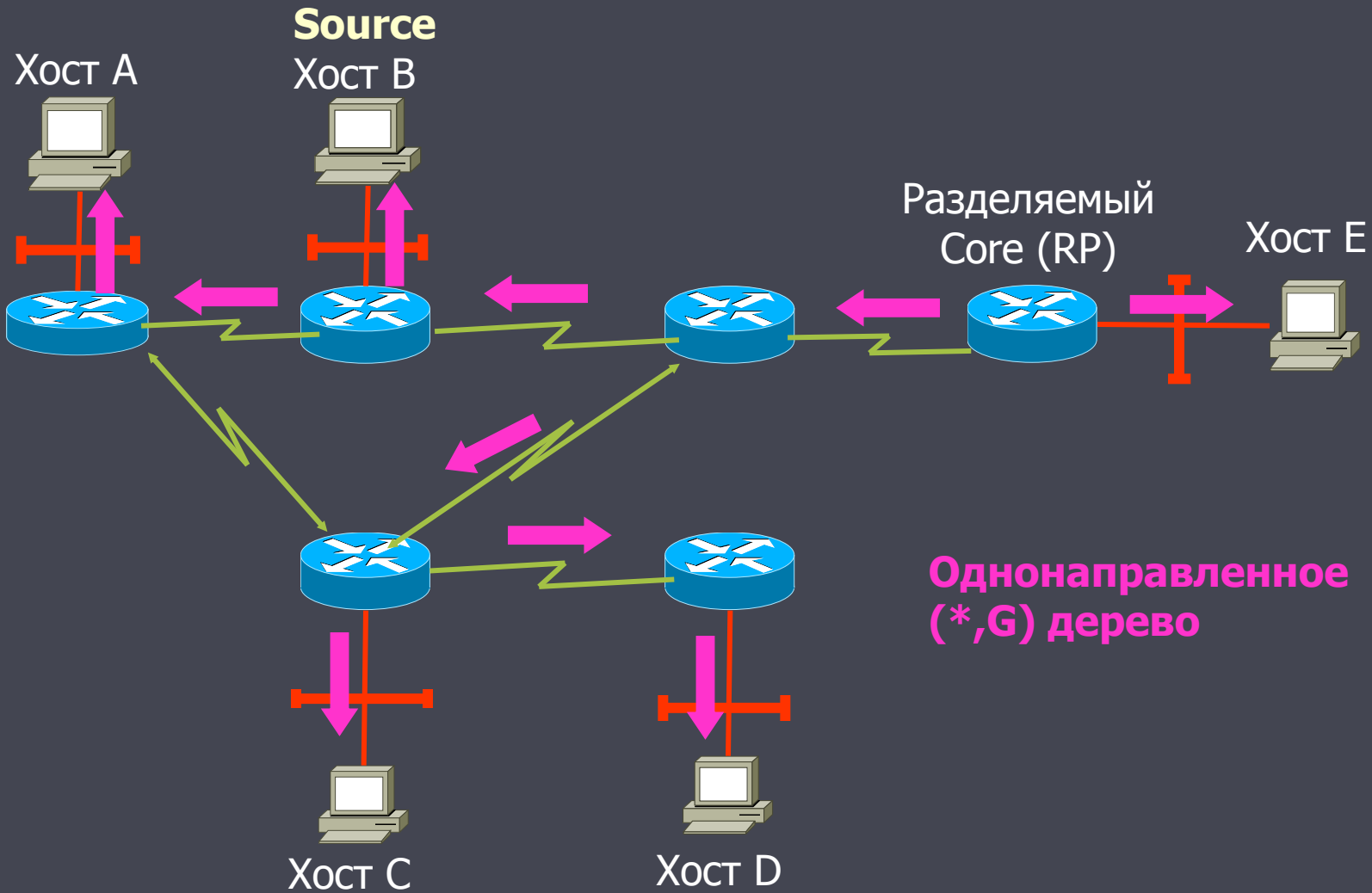
Однонаправленные Разделяемые Деревья

Процесс подключения получателей к разделяемому корню:



Однонаправленные Разделяемые Деревья

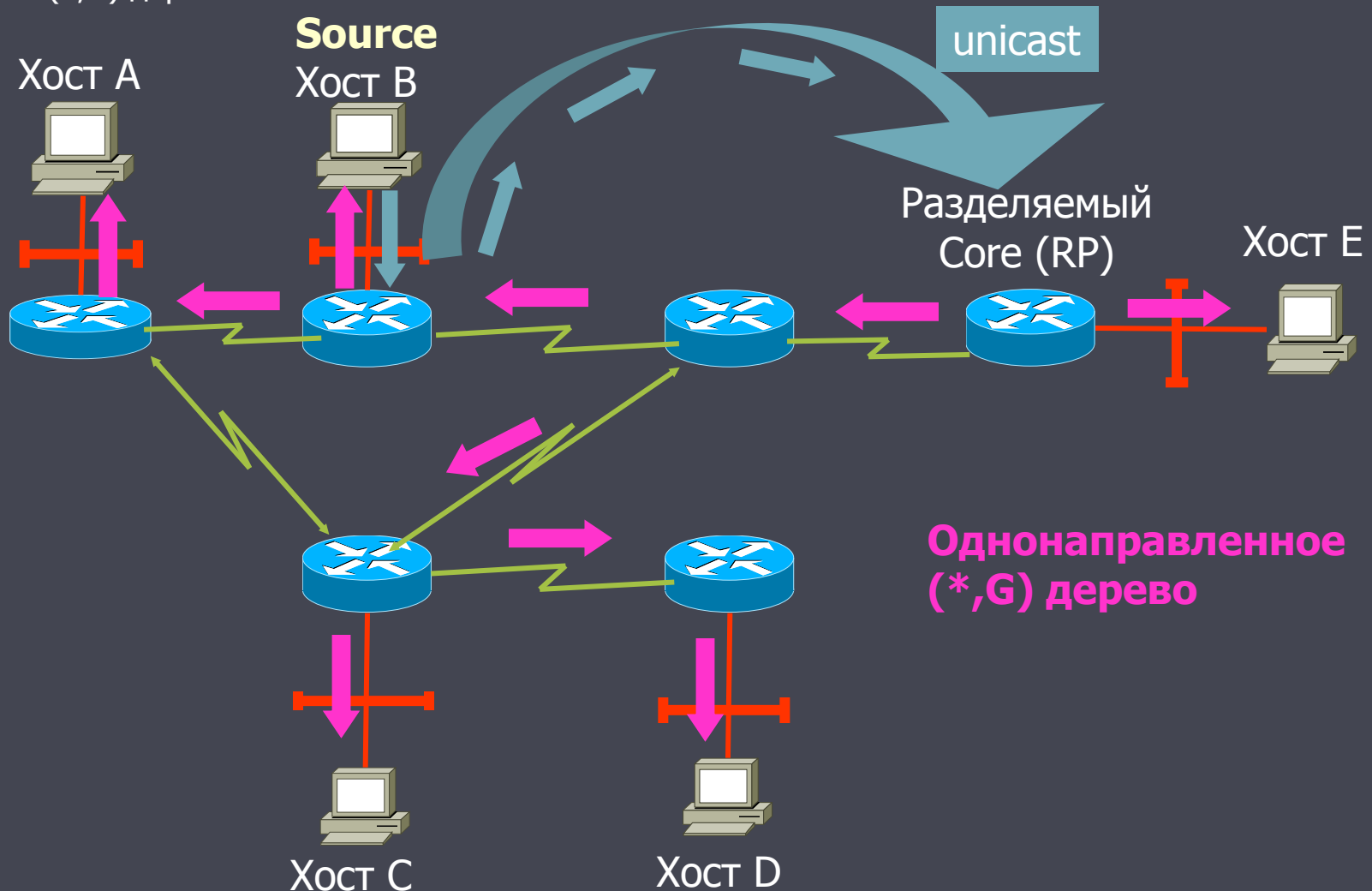
Финальное дерево: каждый маршрутизатор устанавливает соответствующее состояние



Однонаправленные Разделяемые Деревья

доставка трафика к корню unicast IP-in-IP туннелированием

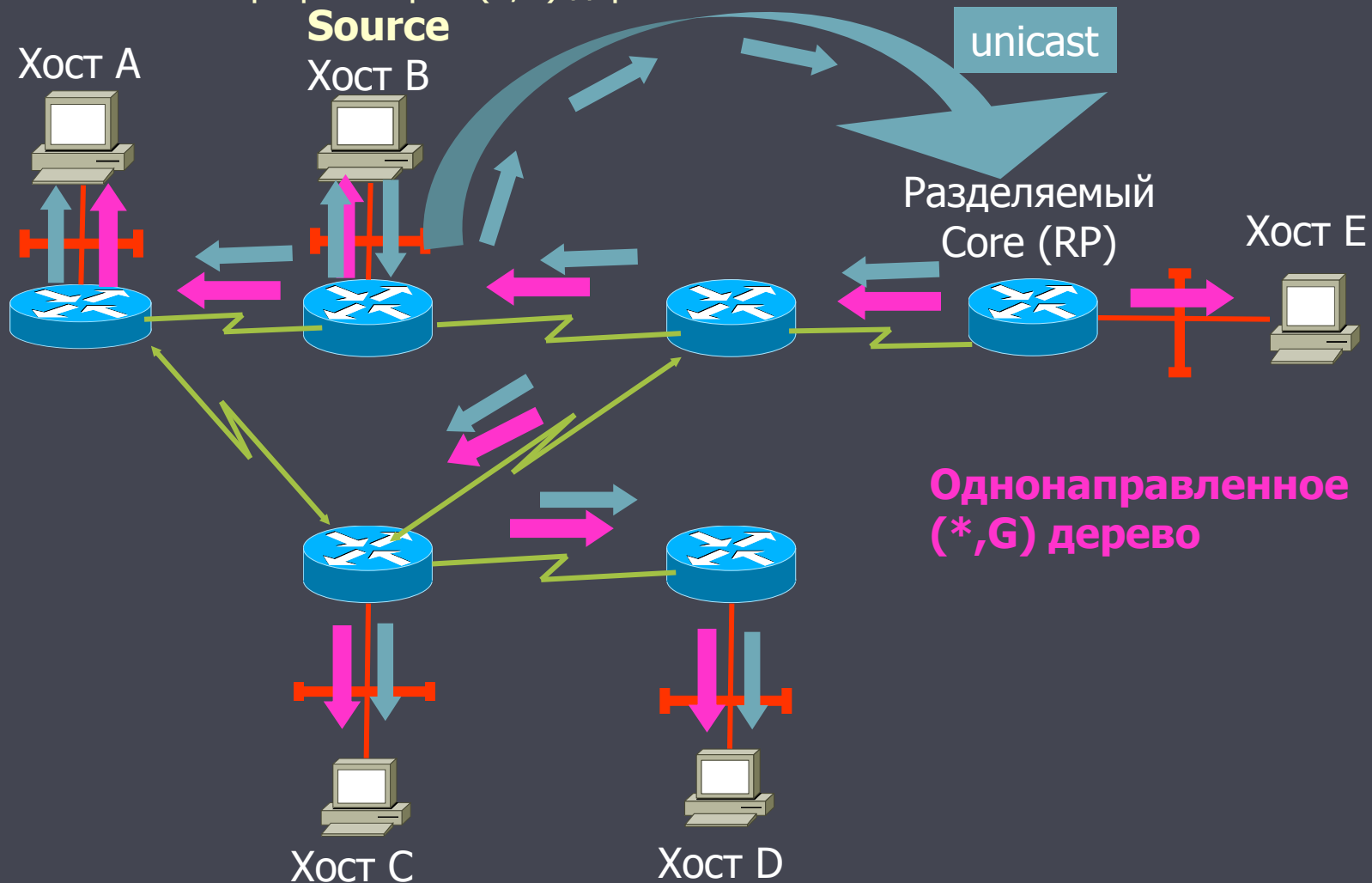
Хост В отправляет multicast. First-hop маршрутизатор, инкапсулируя multicast-Пакет в unicast IP-in-IP туннелированием, пересылает его к корню. Корень извлекает и распределяет трафик через (*,G) дерево.



Однонаправленные Разделяемые Деревья

доставка трафика к корню unicast IP-in-IP туннелированием

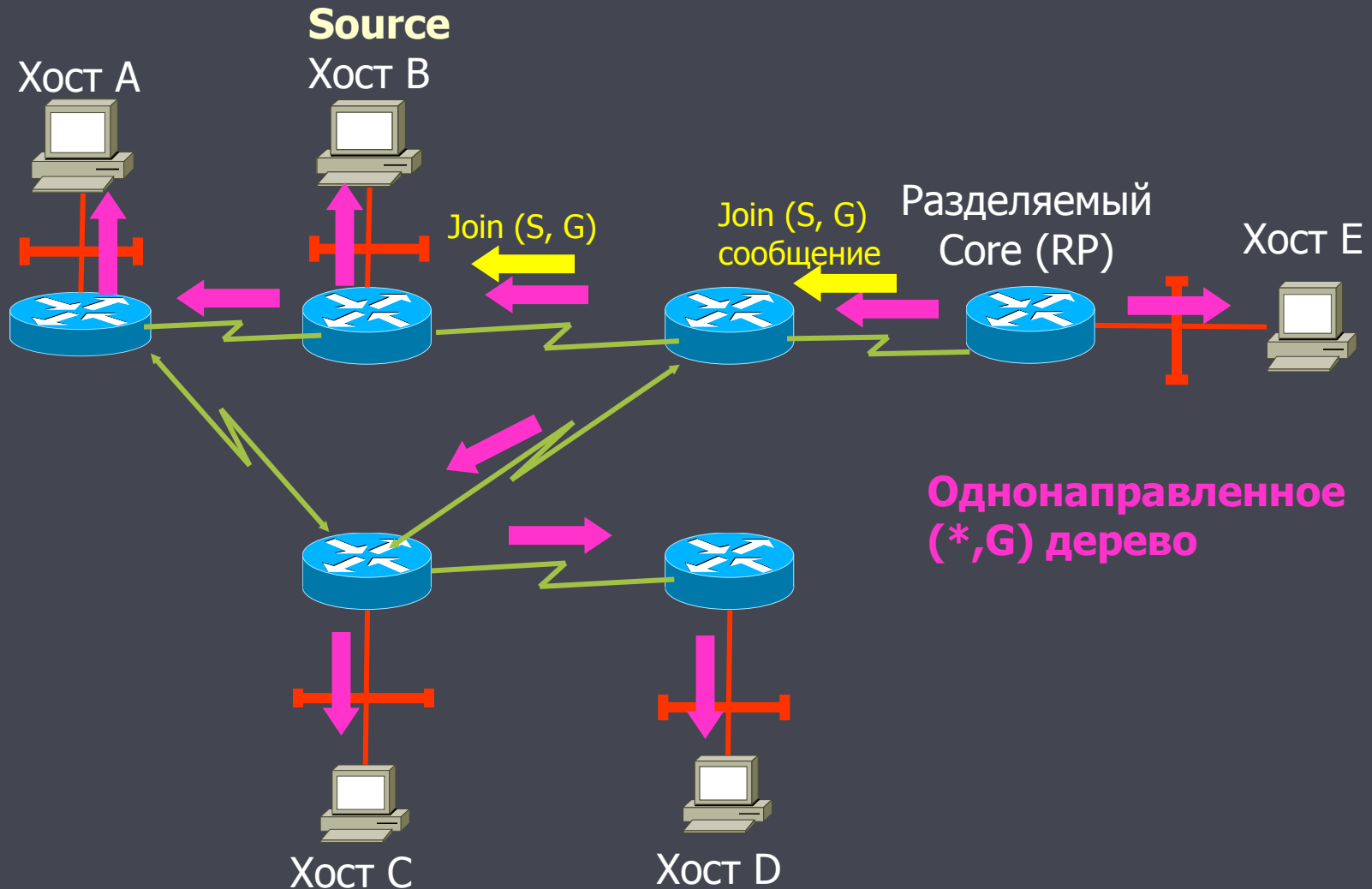
Хост В отправляет multicast. First-hop маршрутизатор, инкапсулируя multicast-пакет в unicast IP-in-IP туннелированием, пересылает его к корню. Корень извлекает и распределяет Multicast-трафик через (*,G) дерево



Однонаправленные Разделяемые Деревья

доставка трафика к корню отдельным (S,G) - Деревом

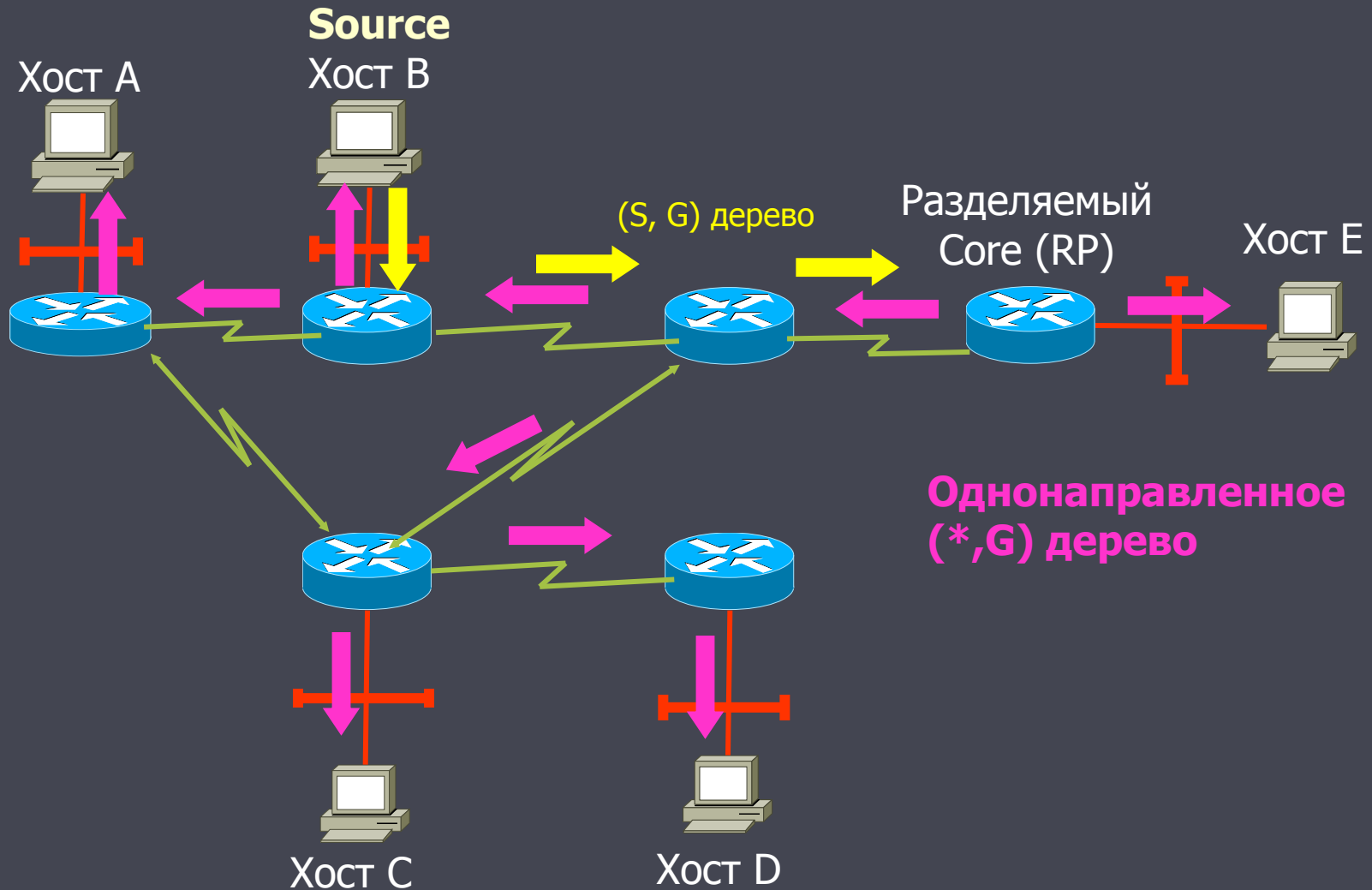
Core соединяется через SPT (S,G) с Хостом В, как источником



Однонаправленные Разделяемые Деревья

доставка трафика к корню отдельным (S,G) - Деревом

Core соединён через SPT (S,G) с Хостом В, как источником

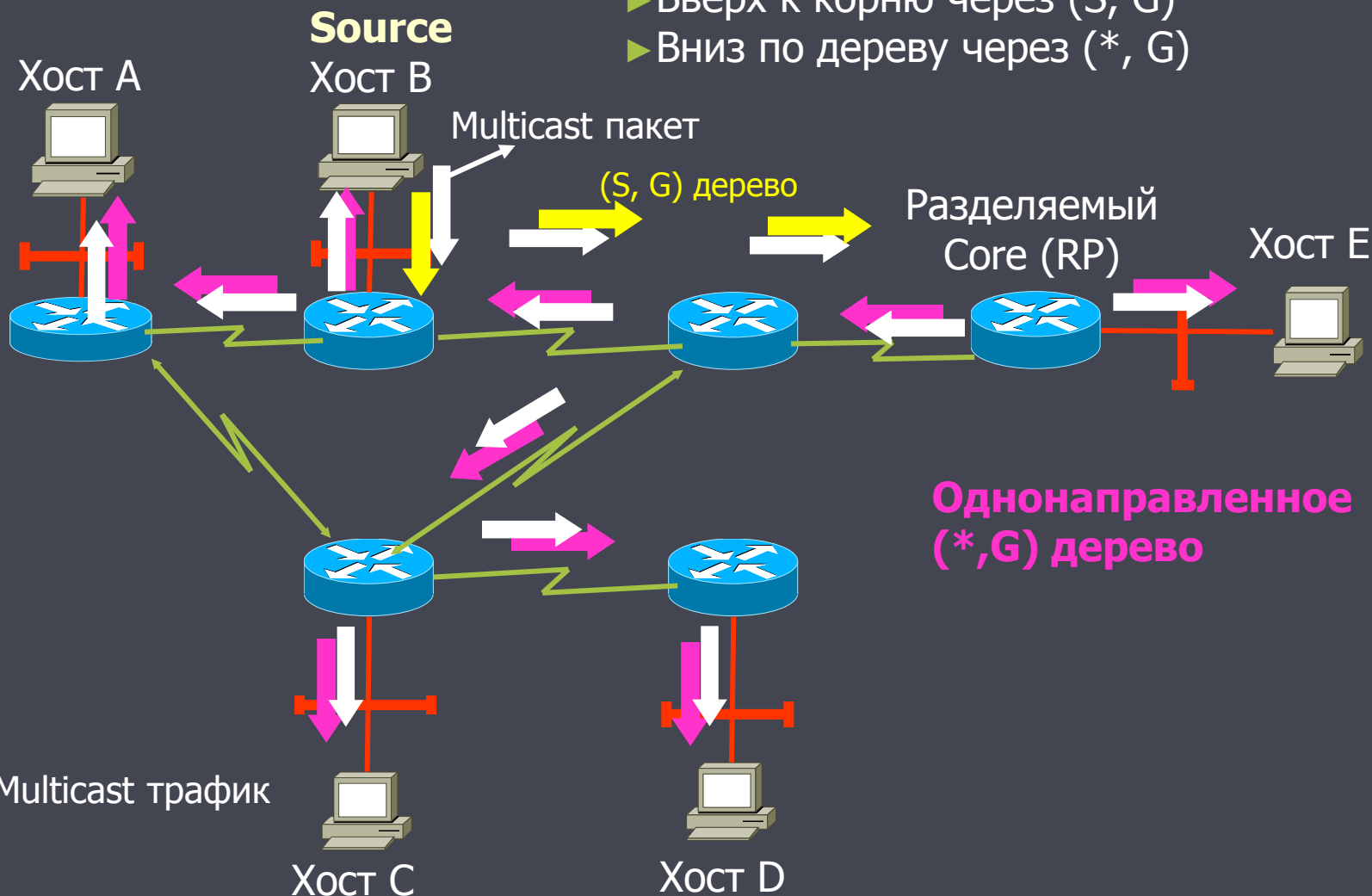


Однонаправленные Разделяемые Деревья

доставка трафика к корню отдельным (S,G) - Деревом

Хост В посылает multicast-пакеты.

- ▶ Вверх к корню через (S, G)
- ▶ Вниз по дереву через (*, G)



Разделяемые Деревья и Изменение Маршрута

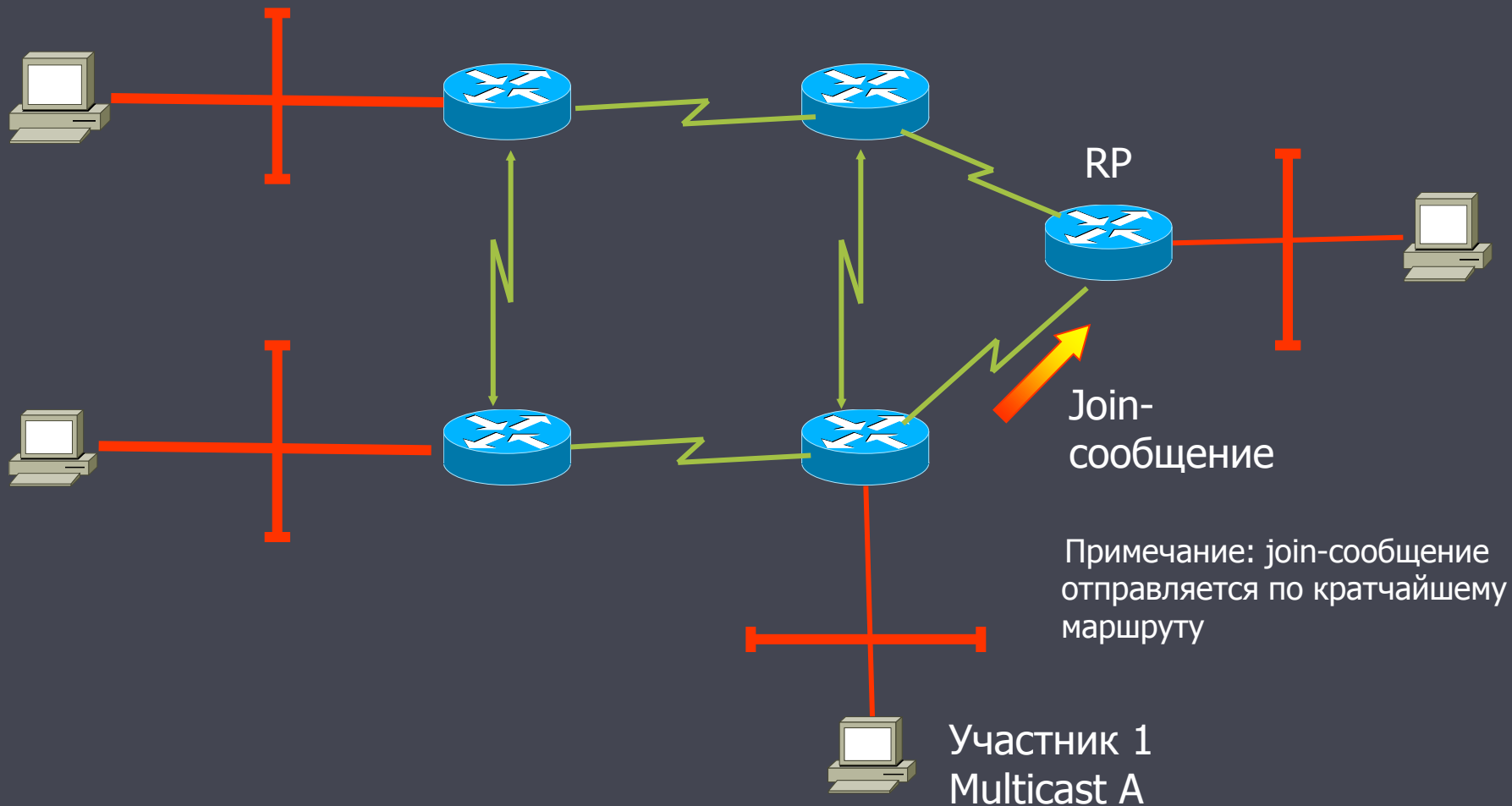
• в случае изменения топологии

- unicast-маршрутизация или специальная multicast-маршрутизация будут сходиться
- join-пакеты будут отправлены по новому короткому пути к ядру
- в результате сформируется новое (*, G) дерево
- пакеты будут следовать по новому дереву

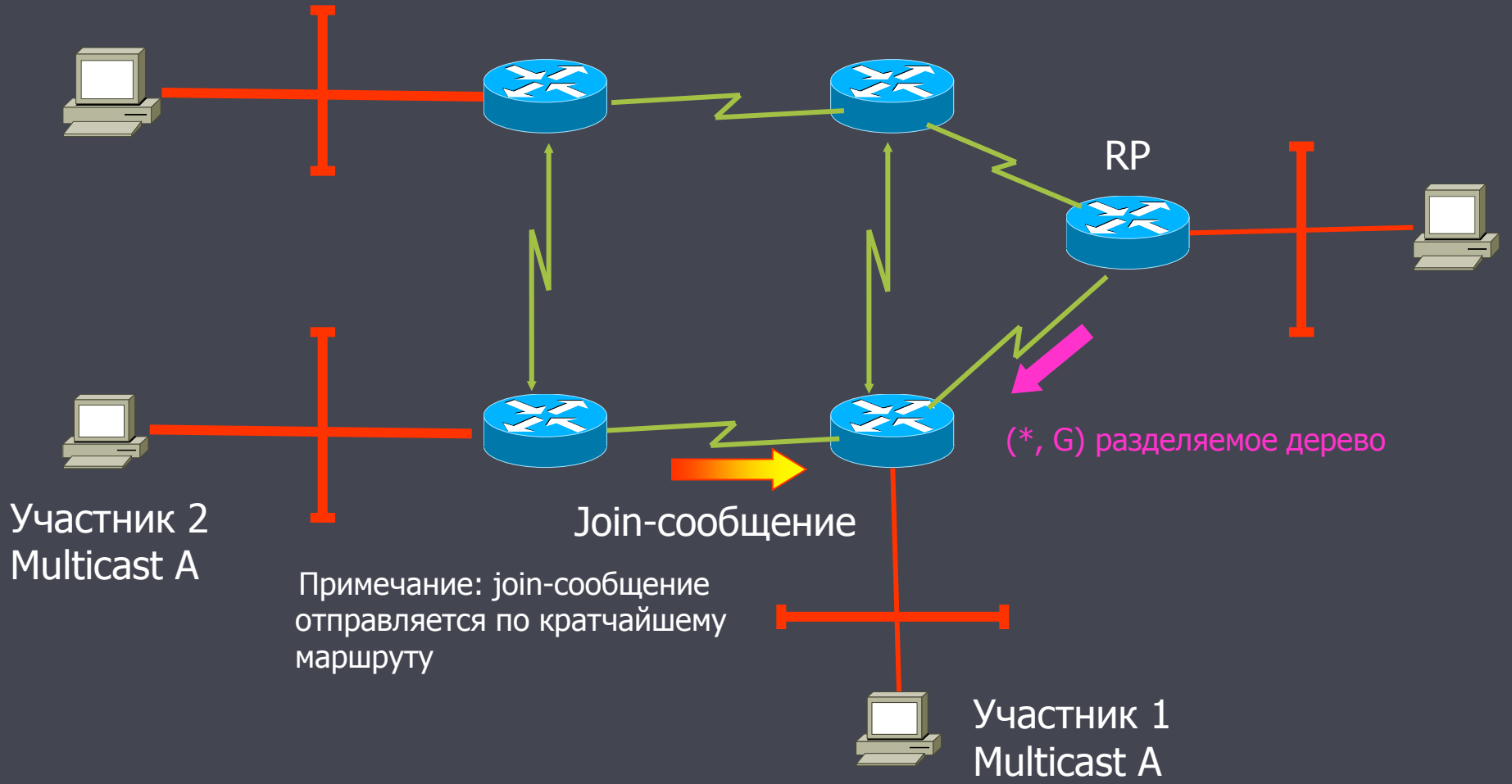
Дополнительные Аспекты (S,G) и (*,G)

- **в случае PIM-SM** (Sparse mode -разряженный PIM)
 - first-hop multicast-маршрутизатора до multicast-приёмника может вызвать строительство дерева основанного на источнике (S, G)
 - ✓ новое join-сообщение по короткому пути к источнику и отсечённому к RP
 - ✓ см. следующий пример
 - любой промежуточный маршрутизатор может вызвать строительство распределённого дерева основанного на источнике
 - ✓ например, если большое кол-во трафика от источника идёт по неоптимальному назначенному пути
 - ✓ напоминание: multicast-маршрутизатор способен вычислить самый короткий путь к RP и отсюда другому сетевому адресу
 - таким образом используются soft-состояния, вместо hard-состояний, которые
 - ✓ обновляются периодически join-сообщениями
 - ✓ исчезают, если информация не обновляется

PIM-SM: Подключение 1



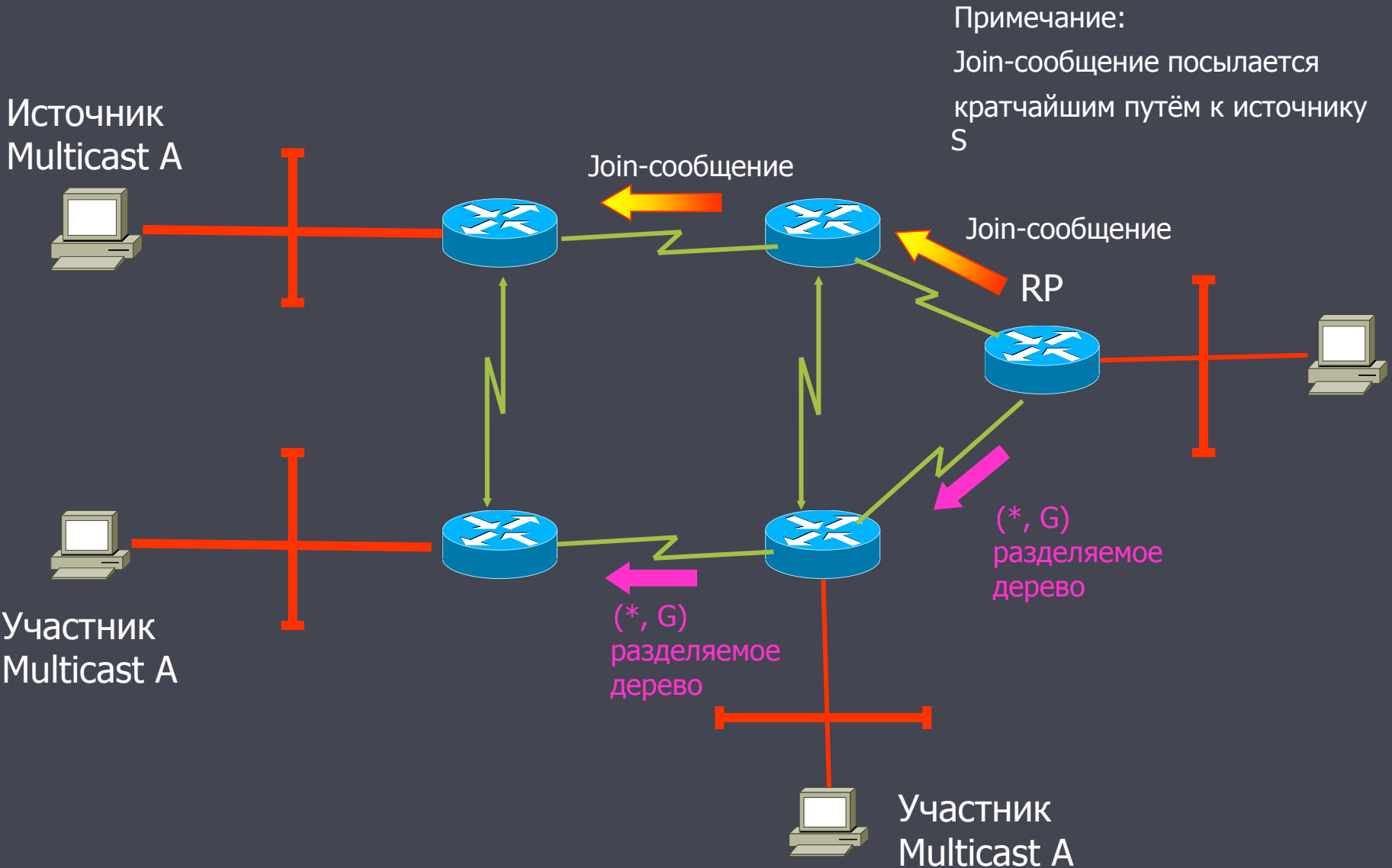
PIM-SM: Подключение 2



PIM-SM: Multicast-трафик



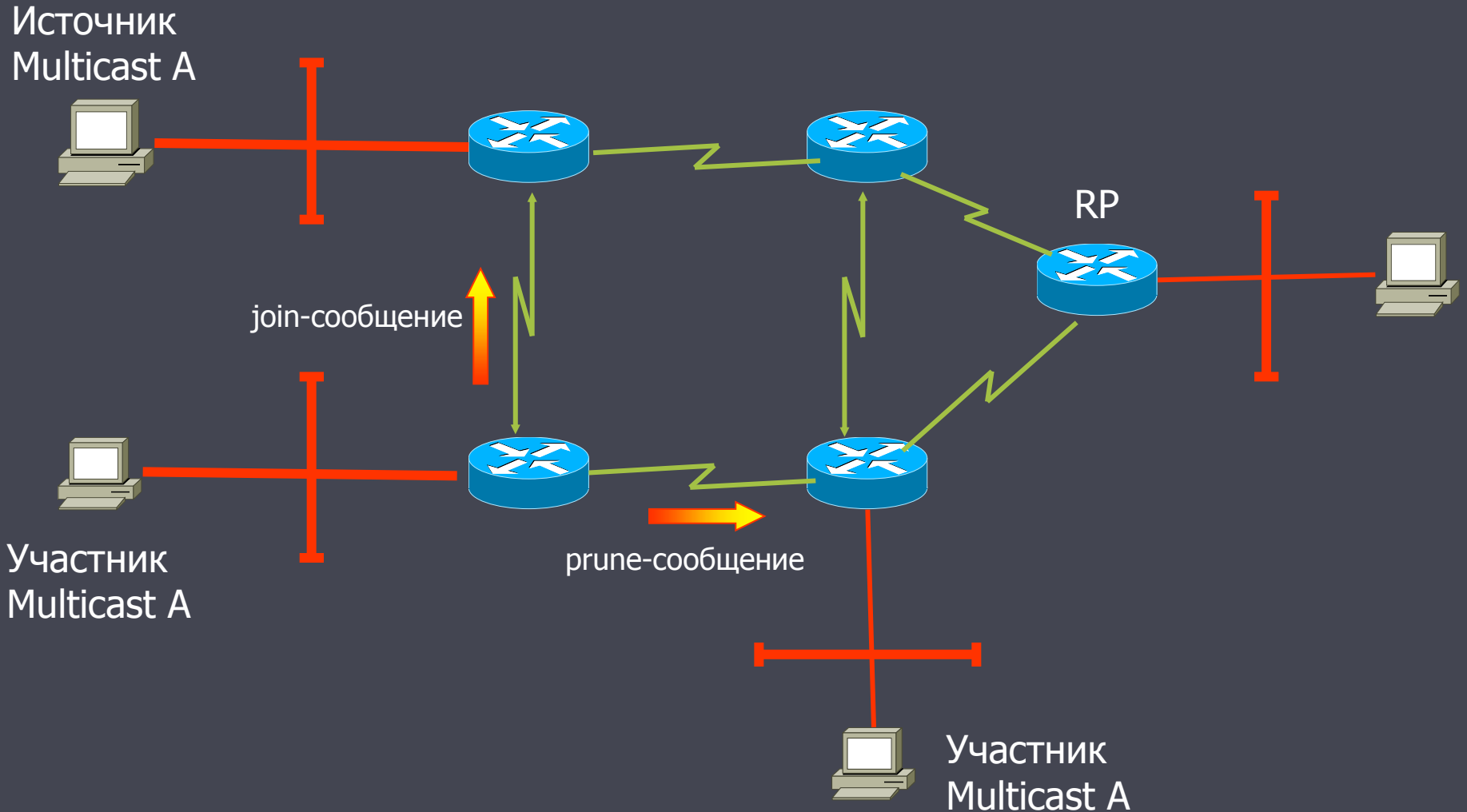
Пример 1: Дерево построенное от источника



Пример 1: Multicast-трафик



Пример 2: Дерево построенное от источника



Пример 2: Multicast-трафик

