# Характеристики QoS

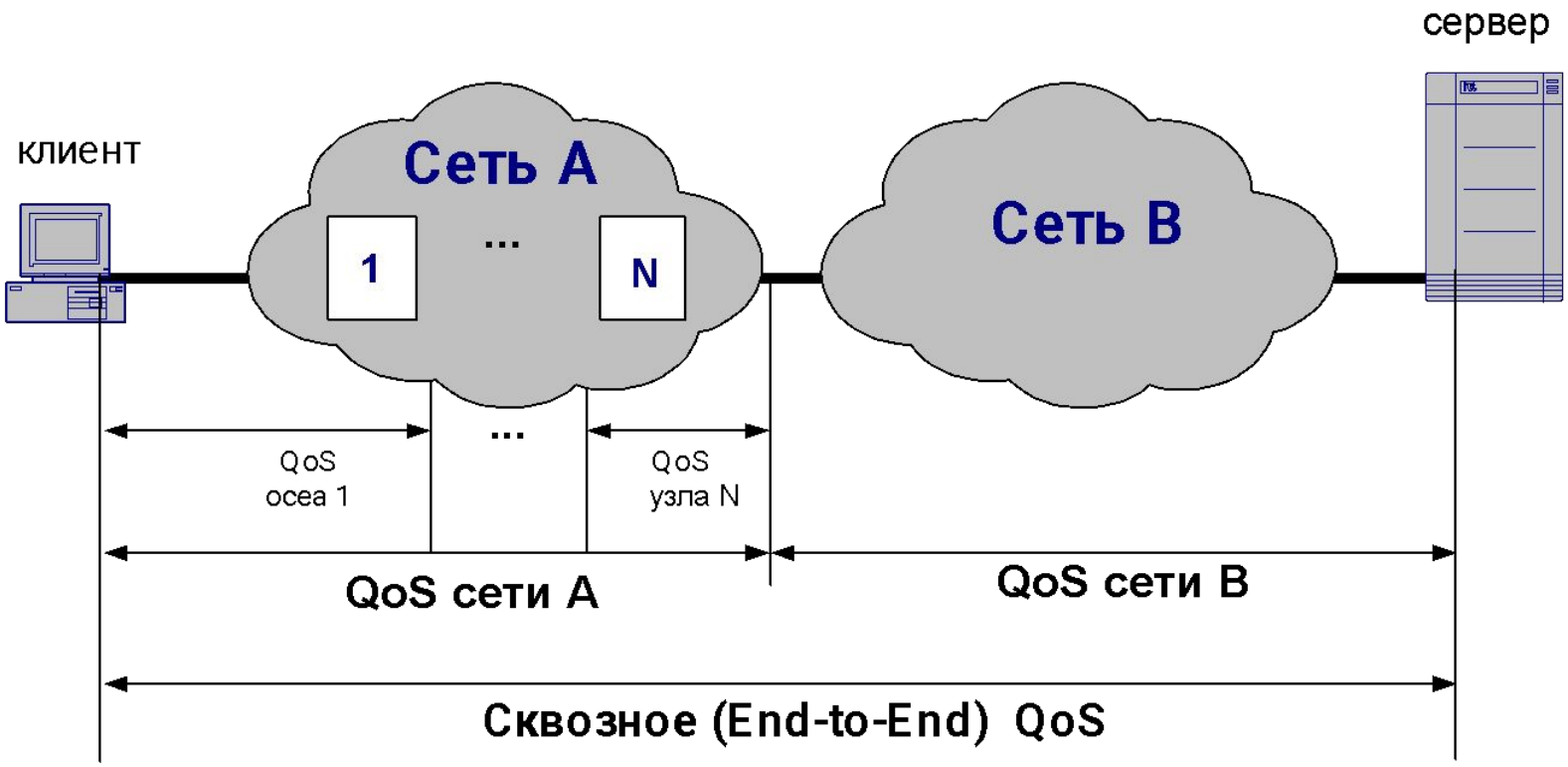
## в пакетных сетях

# КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ

**QoS (Quality of Servers)** рассматривается как «суммарный эффект *рабочих характеристик обслуживания*, который определяет степень удовлетворенности пользователя этой службой» (E.800)

**Задача:** обеспечить заданное качество обслуживания в сквозном соединении (end-to-end) для различных видов трафика.
**Условие:** заданное качество обслуживания должны поддерживать все сетевые устройства на всем сквозном соединении.

# Эталонная модель сквозного QoS



# Организации, стандартизирующие модели обеспечения качества обслуживания

- **ITU-T:** International Telecommunication Union – Международный Союз Электросвязи
- **ETSI:** European Telecommunications Standardizations Institute - Европейский институт по стандартизации телекоммуникаций
- **IETF:** Internet Engineering Task Force – Инженерная группа по решению задач Internet
- **MMCF:** Multimedia Communications Forum - Форум по мультимедийным коммуникациям
- **EURESCOM:** European Institute for Research and Strategic Studies in Telecommunications - Европейский институт по исследованиям и стратегическому планированию в телекоммуникациях

# Анализ стандартизированных моделей QoS

| Разработчик модели QoS | QoS из конца в конец | Классы QoS | Биллинг | Мониторинг и управление | Особенности предоставляемых услуг |
|---|---|---|---|---|---|
| **ITU-T** | Да | Да | Нет | Да | Да |
| **ETSI** | Да | Да | Нет | Да | Да |
| **IETF** | Да | Нет | Нет | Да | Нет |
| **MMCF** | Да | Да | Нет | Да | Да |
| **EURESCOM** | Да | Нет | Нет | Да | Нет |

# Характеристики QoS (Y.1540)

- Задержки и джиттер* задержки
- Величина потерь
- Производительность сети
- Надежность сетевых элементов

G.1000 – определяет структуру связей между рабочими характеристиками QoS.

*** джиттер задержки – отклонение значений задержки от заданной величины**

# Классификация трафика мультисервисной IP-сети по приложениям

| Тип трафика | Приложения | Требования | Протоколы транспорт-ного уровня |
|---|---|---|---|
| Реаль-ного времени | IP-телефония и видеоконференцсвязь | -Чувствительность к задержке<br>-Чувствительность к джиттеру задержки<br>-Малая чувствительность к потерям | RSVP, RTP, RTCP,UDP |
| | Процессы управления, игры on-line | -Чувствительность к задержке<br>-Чувствительность к джиттеру задержки<br>-Чувствительность к потерям | UDP, TCP |
| Потоко-вый | Аудио по требованию<br>Видео по требованию<br>Интернет-вещание | -Малая чувствительность к задержке<br>-Чувствительность к джиттеру задержки<br>-Чувствительность к потерям | RSVP, SCTP, UDP,TCP |
| Эластич-ный | Конференция документов | -Малая чувствительность к задержке<br>-Малая чувствительность к джиттеру задержки<br>-Высокая чувствительность к потерям | TCP |
| | Анимация | -Очень малая чувствительность к задержке | |

# Показатели качества обслуживания, учитываемые при передаче мультимедийного трафика, и механизмы их формирования

| | Влияние сети | Влияние оконечного устройства |
|---|---|---|
| ЗАДЕРЖКИ | Задержка распространения<br>Очереди в узлах | Алгоритм кодирования/декодирования<br>Механизм пакетизации<br>Задержка джиттер-буфера<br>Алгоритм нивелирования потерь<br>Механизмы медленного старта и квитирования |
| Показатели QoS | | |
| ПОТЕРИ | Перегрузки в узлах<br>Ошибки в канале | Превышение допустимой задержки |

# Классы QoS и соответствующие им приложения (Y.1541)

- ***Класс 0:*** Приложения реального времени, чувствительные к джиттеру, характеризуемые высоким уровнем интерактивности (VoIP, видеоконференции)
- ***Класс 1:*** Приложения реального времени, чувствительные к джиттеру, интерактивные (VoIP, видеоконференции)
- ***Класс 2:*** Транзакции данных, характеризуемые высоким уровнем интерактивности (например, сигнализация)
- ***Класс 3:*** Транзакции данных, интерактивные приложения
- ***Класс 4:*** Приложения, допускающие низкий уровень потерь (короткие транзакции, массивы данных, потоковое видео)
- ***Класс 5:*** Традиционные применения сетей IP

# Нормы на параметры доставки пакетов IP с разделением по классам обслуживания, модель ITU-T

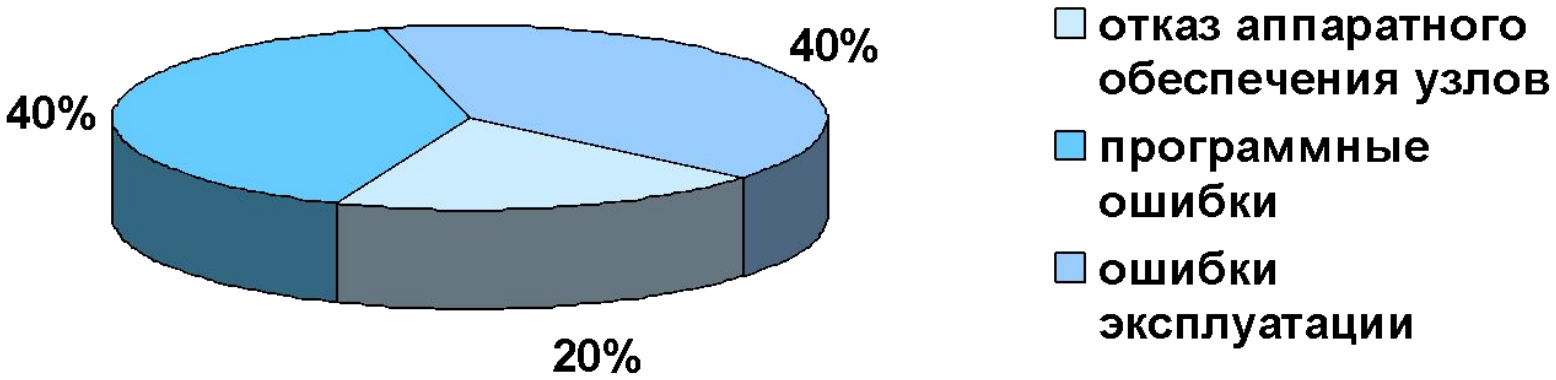
| Сетевые характеристики | Классы QoS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| **Задержка доставки пакета IP, IPTD** | 100 мс | 400 мс | 100 мс | 400 мс | 1 с | Н |
| **Вариация задержки пакета IP,IPDV** | 50 мс | 50 мс | Н | Н | Н | Н |
| **Коэффициент потери пакетов IP, IPLR** | $1x10^{-3}$ | $1x10^{-3}$ | $1x10^{-3}$ | $1x10^{-3}$ | $1x10^{-3}$ | Н |
| **Коэффициент ошибок пакетов IP, IPER** | $1x10^{-4}$ | $1x10^{-4}$ | $1x10^{-4}$ | $1x10^{-4}$ | $1x10^{-4}$ | Н |

**Примечание.** Н - не нормировано. Значения параметров представляют собой верхние
границы для средних задержек, джиттера, потерь и ошибок пакетов.

# Коэффициенты готовности и значения времени простоя оборудования

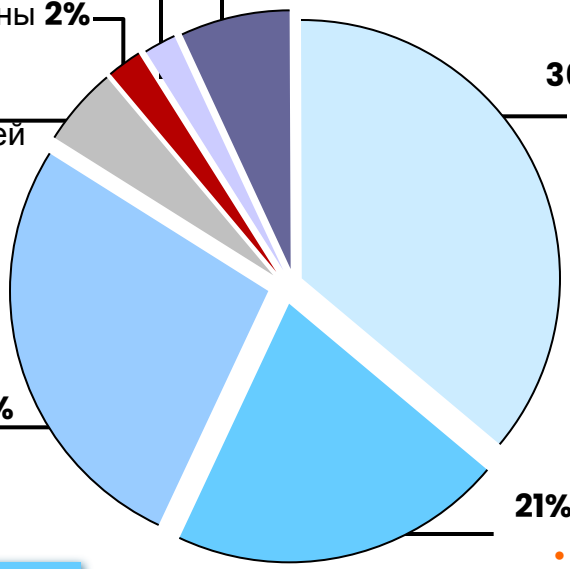
| Коэффициент готовности | | Время простоя |
|---|---|---|
| 0,99 | “две девятки” | 3,7 дней в год |
| 0,999 | “три девятки” | 9 часов в год |
| 0,9999 | “четыре девятки” | 53 минуты в год |
| 0,99999 | “пять девяток” | 5,5 минут в год |
| 0,999999 | “шесть девяток” | 30 секунд в год |

# Причины системной ненадежности




Источник: Gartner Group

# Причины отказов в IP-сетях



Злой умысел **2%**

Неизвестные причины **2%**

Перегрузки **5%**

- Проектирование сетей

- MPLS

Физические линии **27%**

- Резервирование

- Географическое резервирование
- Быстрое восстановление

**7%** Оборудование на территории заказчика

**36%** Процессы в маршрутизаторах

- Модификация АО/ПО
- Ошибки конфигурации

- “Мягкий” режим модификации

**21%** Отказы маршрутизаторов

- Отказы АО
- Качество ПО

- Избыточность ПО
- Кг = 99.999 для АО

Источник: University of Michigan

# Службы QoS

- **Best effort** – обработка информации как можно быстрее, но без дополнительных усилий (FIFO, drop tail)
- **Мягкий QoS** – сервис с предпочтениями. Приоритетное обслуживание, значения параметров QoS зависят от характеристик трафика.
- **Жесткий QoS** – гарантированный сервис. Основан на предварительном резервировании ресурсов для каждого потока.

# Логические плоскости механизмов QoS

**Контрольная плоскость**

- Управление допустимостью соединения
- QoS-маршрутизация
- Резервирование ресурсов

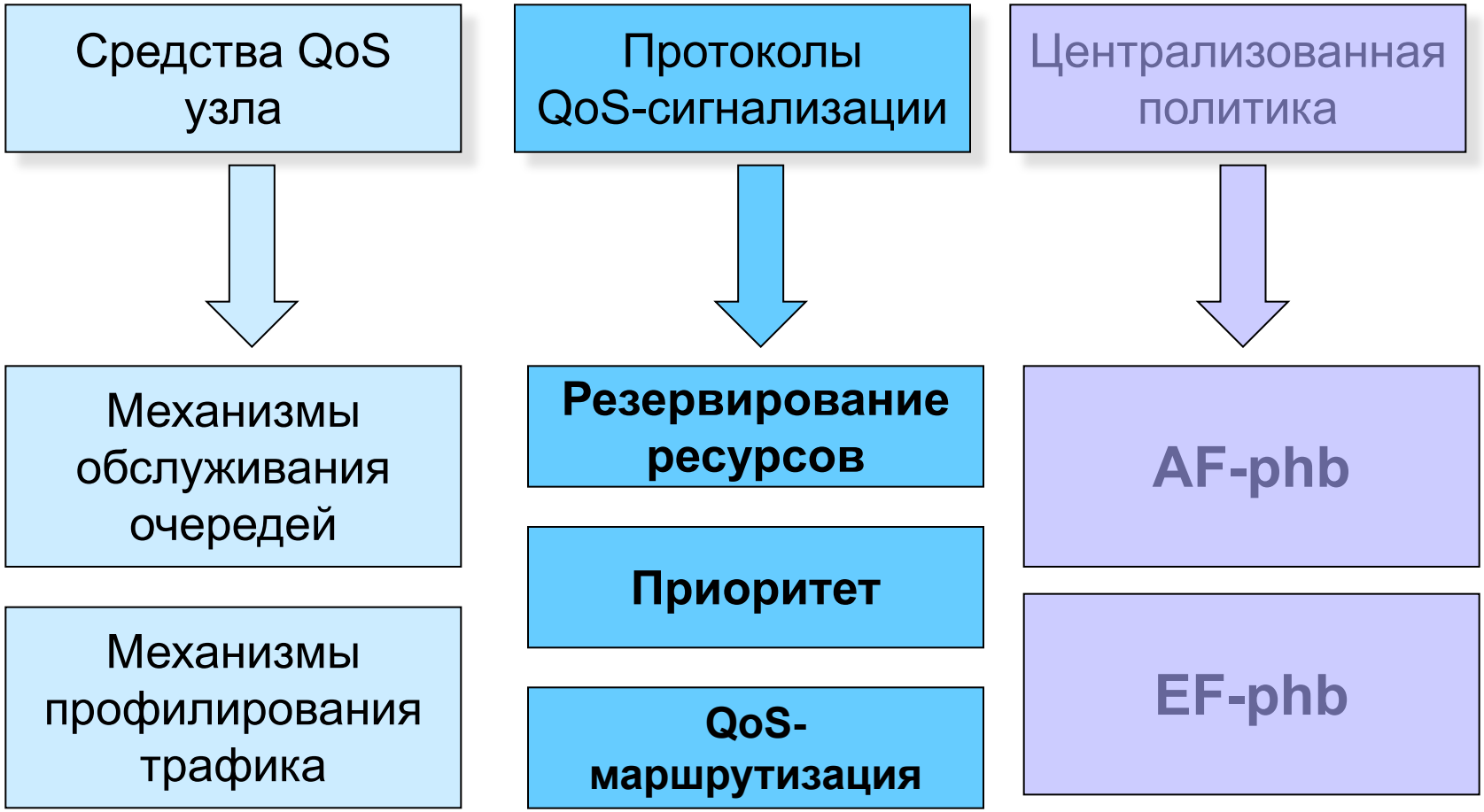
**Плоскость данных**

- **Предотвращение перегрузок**
- **Управление буфером**
- **Классификация трафика**
- **Маркировка пакетов**
- **Управление характеристиками трафика**
- **Организация и планирование очередей**

**Плоскость менеджмента**

- Измерения
- Восстановление трафика
- Соглашение об уровне обслуживания

# Базовая архитектура службы QoS



# Механизмы обслуживания очередей

- **FIFO** (First In First Out) – без использования дополнительных возможностей, используется в best effort
- **PQ** (Priority Queuing) – приоритетные очереди, вводится приоритет трафика (1-8)
- **CQ** (Custom Queuing) – настраиваемые очереди, используется при резервировании ресурсов
- **WFQ** (Weighting Fair Queuing) –взвешенное справедливое обслуживание, позволяет динамически управлять ресурсами

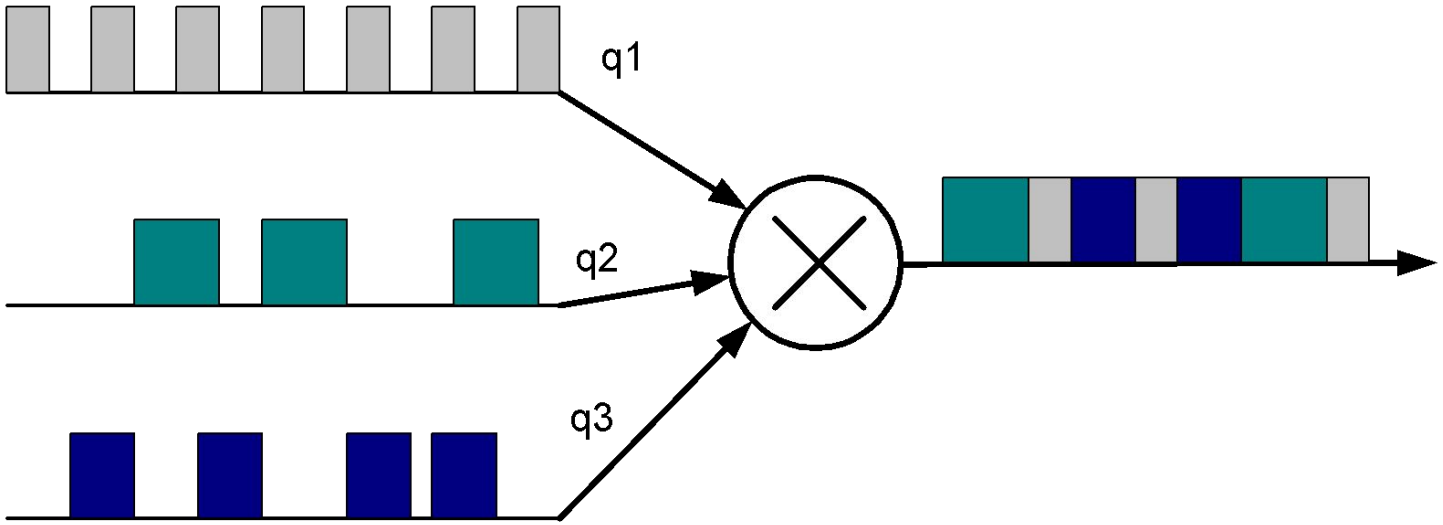
# Организация очередей WFQ

**Приоритет:**

7-8 сигнализация, транзакции

5-6 трафик реального времени

1-4 эластичный трафик



# Механизмы профилирования трафика

- **Drop tail** – отбрасывание хвоста: отбрасываются все пакеты, заставшие буфер полным. Используется в best effort.
- **RED** – случайное раннее обнаружение: при угрозе перегрузки пакеты из буфера отбрасываются с ненулевой вероятностью.
- **Дырявое ведро** – отбрасываются пакеты, не обслужившиеся за установленный период.
- **Корзина маркеров** (токенов) – дозирование трафика с целью уменьшения неравномерности продвижения пакетов

# Управление потоками

- **Прерывание передачи:** при перегрузке передача пакетов источниками трафика прерывается на случайный интервал времени, затем возобновляется с той же интенсивностью.
- **Использование динамического окна:** размер окна (количество пакетов, посылаемых источником за период) изменяется в зависимости от загрузки буфера.
- **Медленный старт:** в случае перегрузки источники трафика прекращают передачу, затем посылают пакеты, постепенно увеличивая размер окна.

# Модели обеспечения качества обслуживания в сетях IP

- **Модель предоставления интегрированных услуг (IntServ)**

  **RFC-2205, 1994-1997 г.**
- **Модель предоставления дифференцированных услуг (DiffServ)**

  **RFC 2475, 1998 г.**
- **MPLS (Multi-Protocol Label Switching)**

# Интегрированные услуги IntServ

Разработана IETF, 1994-1997 г.

RFC 2205, RFC 2210, RFC 2211, RFC 2212

**Цель:** предоставление приложениям возможности запрашивать сквозные требования по ресурсам.

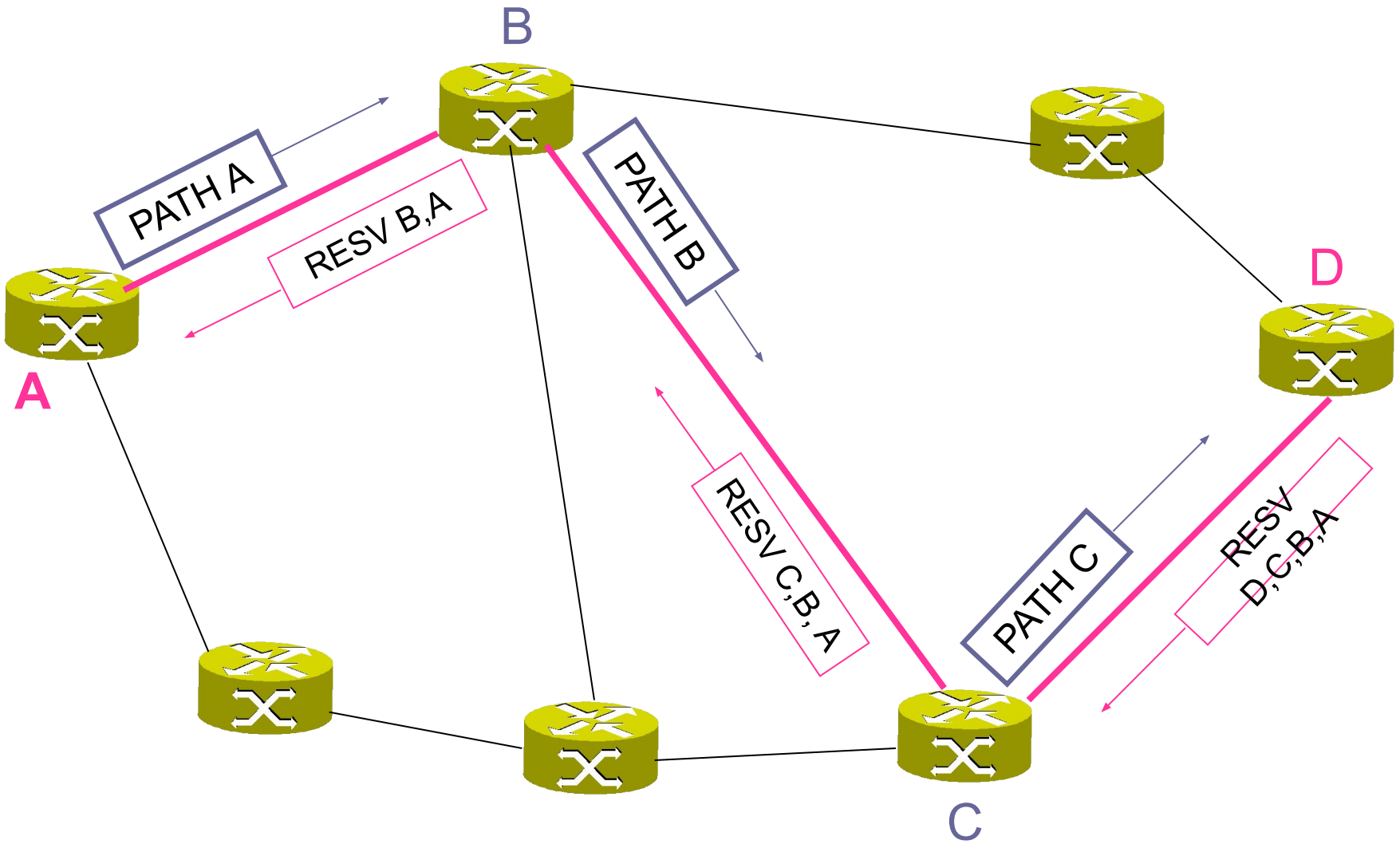
**Недостатки:** проблемы масштабирования.

**Основной механизм:** протокол резервирования ресурсов **RSVP,** в узлах используется WFQ.

# RSVP – Resourse Reservation Protocol

- Протокол резервирования ресурсов. Позволяет посылать в сеть информацию о требованиях QoS для каждого потока. Работает совместно с IP.
- Резервирование проводится по адресу получателя. В случает отказа маршрута резервирование происходит заново.
- Работает с двумя видами сообщений:
  - PATH: запрос на резервирование. Содержит:
    - скорость передачи данных;
    - максимально допустимый размер пульсации трафика.
  - RESV: запрос резервирования. Содержит:
    - скорость передачи данных;
    - максимально допустимый размер пульсации трафика.
    - QoS

# Организация RSVP-пути



# Процесс резервирования пути

- Узел-отправитель посылает запрос PATH как обычный пакет.
- Каждый маршрутизатор прописывает в своей памяти адрес предыдущего и посылает свой адрес в PATH-запросе.
- Получатель в ответ на PATH генерирует RESV и отправляет по прописанному в PATH пути. Т.о. резервирование происходит в обратном порядке, от получателя к отправителю.
- Маршрутизаторы обрабатывают RESV-запросы, пытаясь предоставить требуемые ресурсы. В случае невозможности предоставления ресурсов резервирование начинается сначала.
- Путь считается установленным, когда отправитель получает RESV. После этого начинается сеанс.

# Дифференцированные услуги DiffServ

Разработана IETF, 1998 г.

RFC 1349, RFC 2475, RFC 2597, RFC 2598

**Цель:** поддержка легко масштабируемых дифференцируемых услуг в Internet

**Недостатки:** отсутствие гарантированного QoS

**Основной механизм:** маркировка трафика с использованием бита ToS (Type of Service). Поддерживает политики поведения сетевого узла: AF-phb и EF-phb (Per-Hop Behavior)

# Политики поведения сетевого узла - phb

- **AF-phb** (Assured Forwarding): политика гарантированной доставки – средство, позволяющее обеспечить несколько различных уровней надежности доставки IP-пакетов.

Механизмы: эффективное управление полосой пропускания за счет организации собственной очереди для каждого типа трафика; 3 уровня приоритетов пакетов; RED.

- **EF-phb** (Expedited Forwarding): политика немедленной доставки – обеспечение сквозного QoS для приложений реального времени.

Механизмы: приоритезация трафика; WFQ; распределение ресурсов; RED.

# MPLS (Multi-Protocol Label Switching)

Разрабатывается IETF
RFC 2702, RFC 2283, RFC 2547

**Цель:** отделение процесса маршрутизации пакета от необходимости анализа IP-адресов в его заголовке, что существенно уменьшает время пребывания пакетов в маршрутизаторе и обеспечивает требуемые показатели QoS для трафика реального времени.

**Недостатки:** ориентирован на топологию

**Основной механизм:** коммутация по меткам, туннелирование