

Управление сетевыми ресурсами и качеством сервиса

к.ф.-м.н., м.н.с. Степанов Евгений Павлович

Чего ожидать?

- 9-10 лекционных занятий
- Для получения автомата:
 - Не менее 8 посещений
 - 3 практических задания
 - 2 письменных проверочных работы
- Устный экзамен



Best effort vs QoS

- Best effort
 - скорость соединения с Интернет в самом лучшем случае В Мбит/с.
 - если не нравится, переключайся на другого провайдера
- Quality of Service (QoS)
 - некоторые гарантии по пропускной способности, задержке...

The Holy Grail of computer networking is to design a network that has the flexibility and low cost of the Internet, yet offers the end-to-end quality-of-service guarantees of the telephone network.

S. Keshav

Что такое качество сервиса?

- Нет четкого определения

зависит от потребностей, задействованных услуг и технологий

- ITU-T E.800

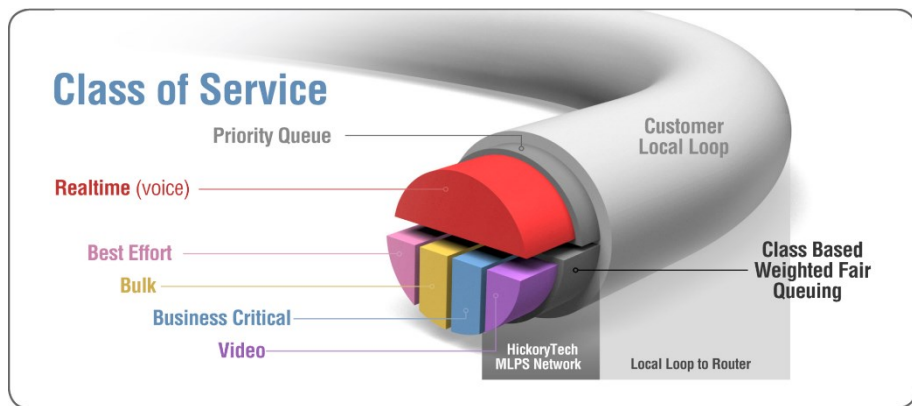
Совокупность характеристик услуги электросвязи, которые имеют отношение к ее возможности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности пользователя услуги.

Показатели качества сервиса

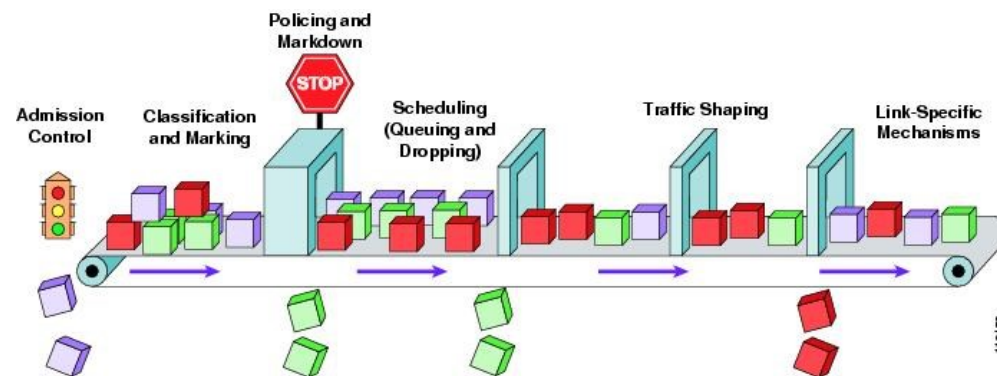
- **Уровень потерь** (packet loss)
 - Доля пакетов, которые были отправлены, но не были доставлены получателю [проценты]
- **Пропускная способность** (bandwidth)
 - Количество данных, которые может быть передано в единицу времени [байты в секунду]
- **Задержка** (delay)
 - Время передачи единицы данных по направлению от отправителя к получателю [секунды]
- **Вариация задержки, дрожание** (jitter)
 - Разница между минимальной и максимальной задержками [секунды]
- **Задержка на установление соединения**
- **Уровень отказа на установление соединения**
- **Задержка на завершение соединения**
- **Защита**
- ...

Примеры постановок задачи обеспечения качества сервиса

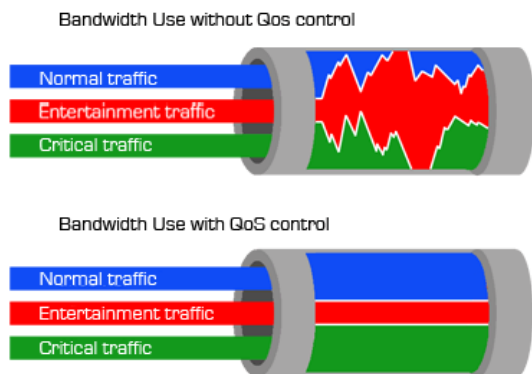
Обслужить разные потоки данных с разным качеством



Распределить ресурсы сети между разными потоками данных справедливым образом

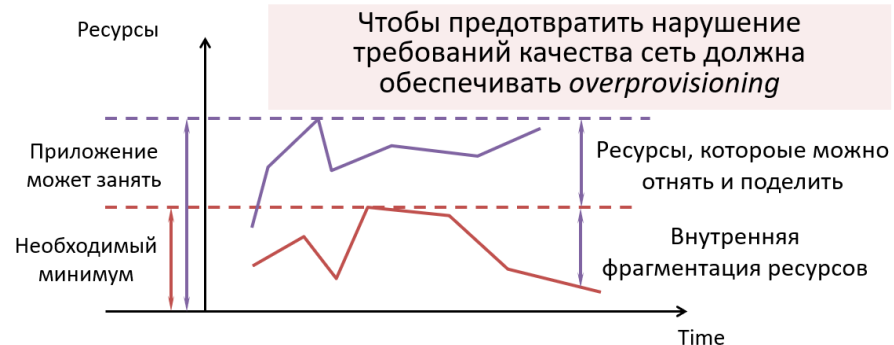


Обеспечить предсказуемое поведение сети в условиях постоянно изменяющейся конфигурации



Повысить эффективность работы и загрузенность оборудования сети

Сеть работает корректно, если каждое приложение обеспечено нужным ему количеством ресурсов



Почему QoS становится всё более важной проблемой?

- Для провайдеров стало важным не только обеспечивать связность, но и обеспечивать качество соединений
 - Подписка на IP сервисы (live streaming, VOD)
- Сетевой трафик становится всё менее предсказуемым – тяжело проектировать сети
 - Распределение 80/20 больше не актуально
- Наращивание мощности оборудования приводит к снижению эффективности сети
- Внедрение QoS позволяет сократить расходы на поддержание сети

Разница в терминологии

Goodput

- Скорость, с которой полезная нагрузка прибывает к получателю

Throughput

- Скорость, с которой сообщения прибывают к получателю (включает переотправки)

Bandwidth

- Максимальная (потенциальная) скорость передачи

Latency

- One-way latency
- Two-way latency (RTT)

Delay

- Propagation delay
- Transmission delay
- Queueing delay
- Processing delay

Soft QoS vs Hard QoS

- **Hard QoS**

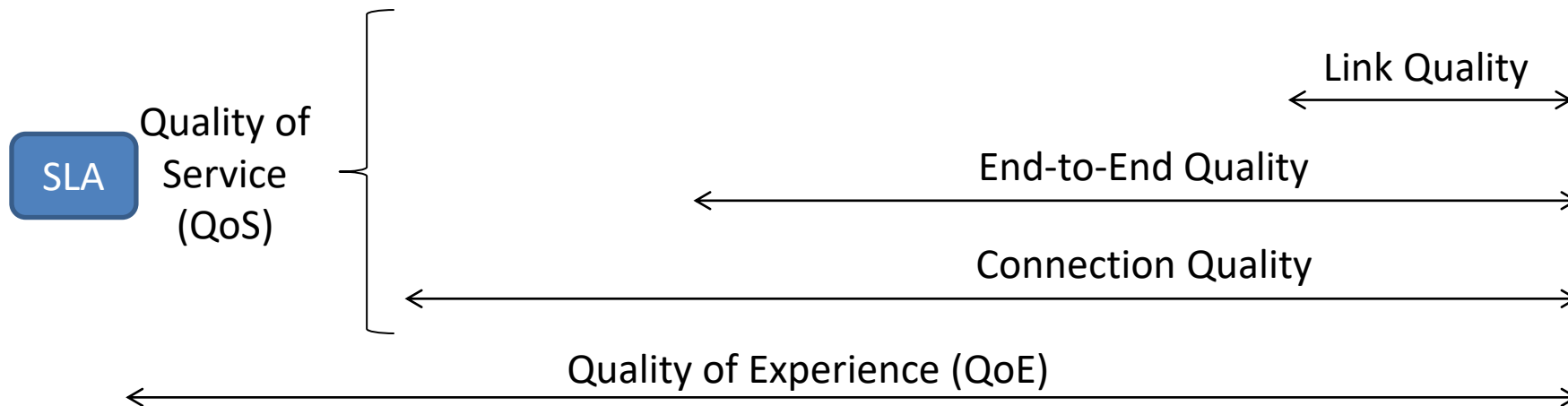
- Обеспечивает гарантированное качество сервиса;
- Если обеспечить не может, то отказ.

- **Soft QoS**

- Можно нарушить требования качества сервиса для некоторых потоков;
- Статистическое по природе.

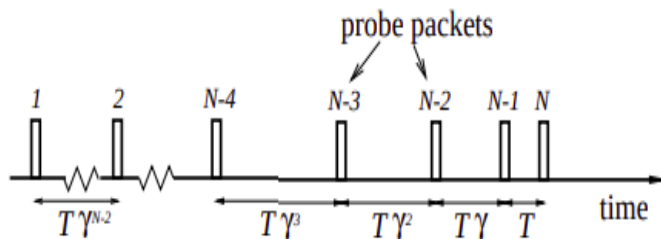
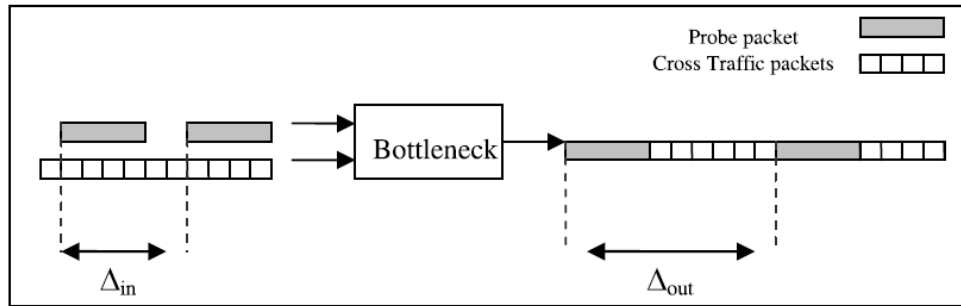
Эффект переподписки (oversubscription) проявляется, если инфраструктура сети не в состоянии обеспечить надлежащим качеством сервиса всех своих пользователей одновременно

Качество сервиса в сети

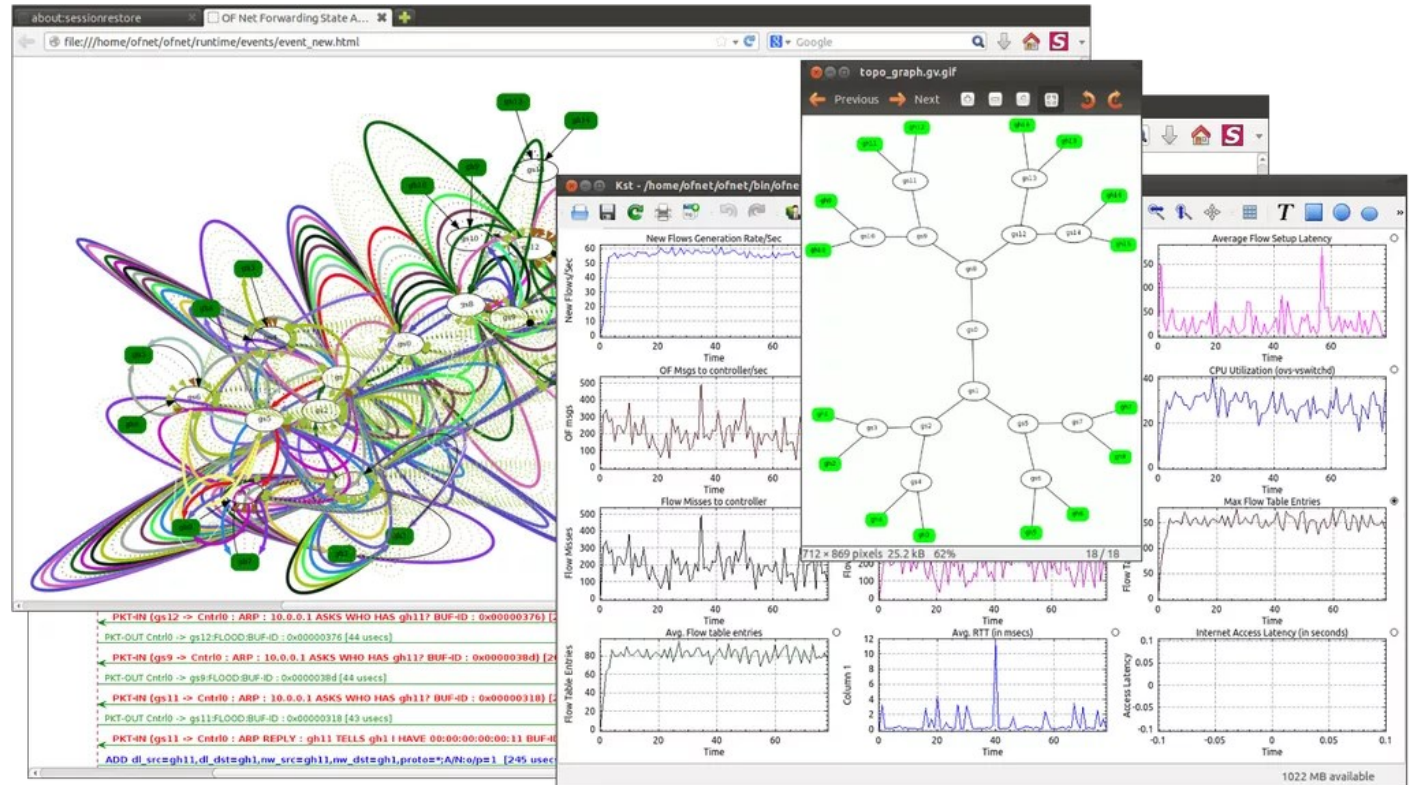


Модели оценки качества сервиса

Активные и пассивные измерения

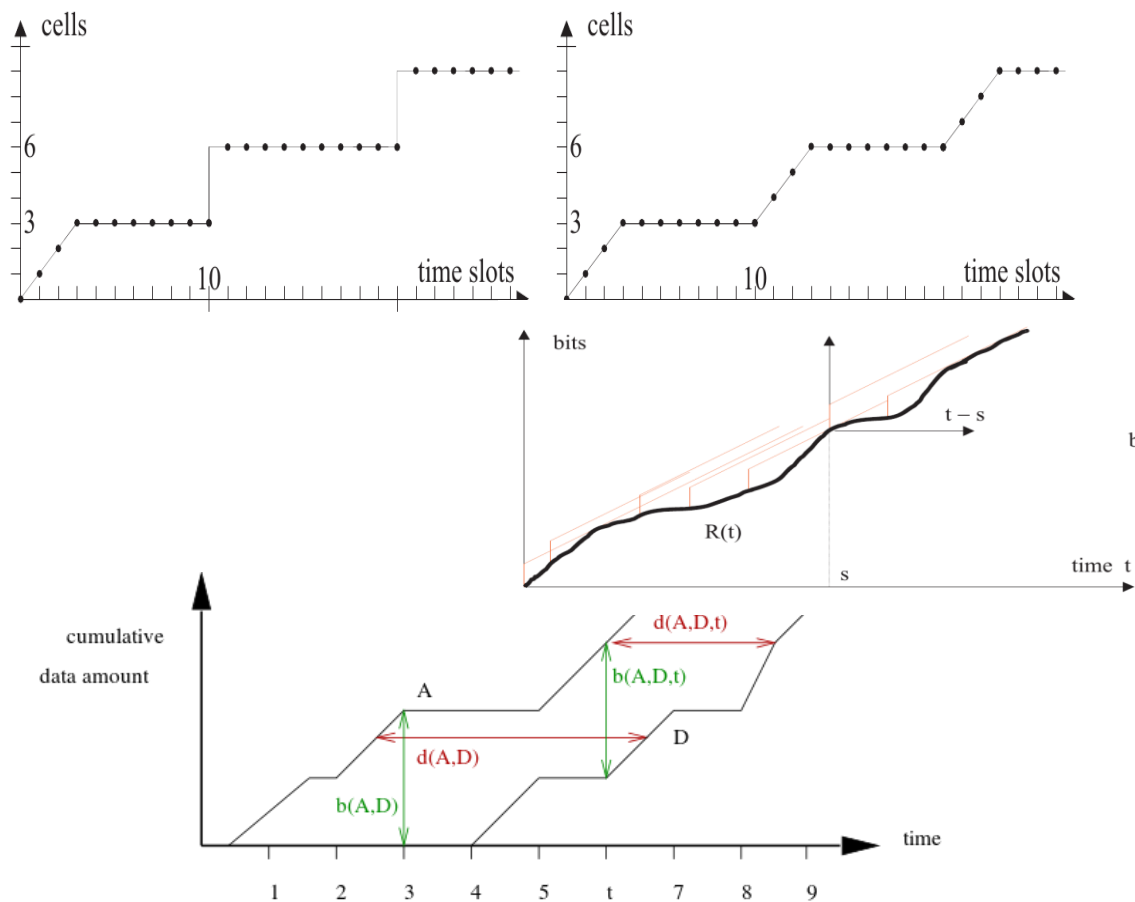


Имитационное моделирование с NS3

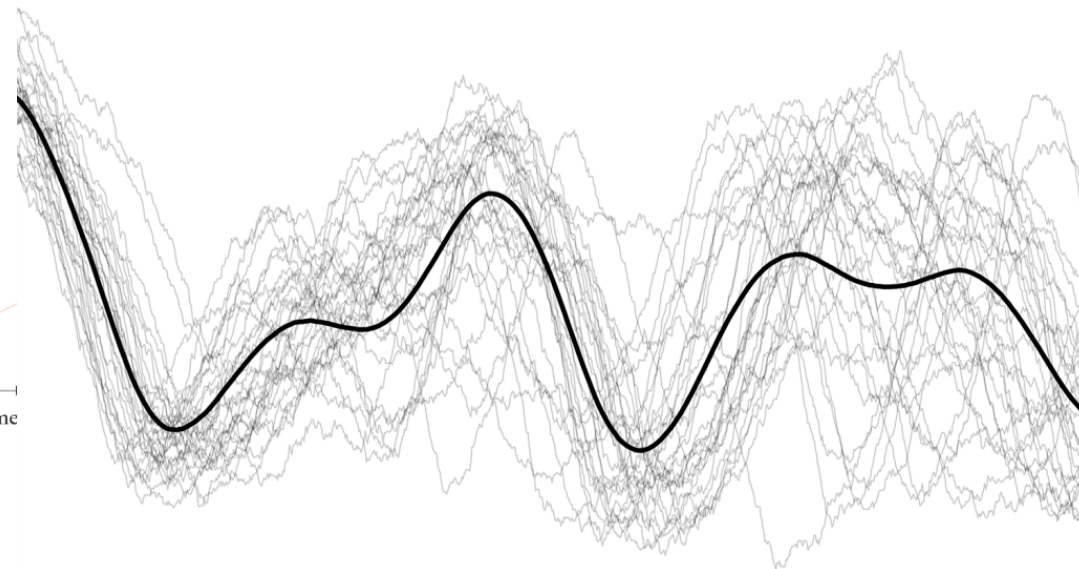


Модели оценки качества сервиса

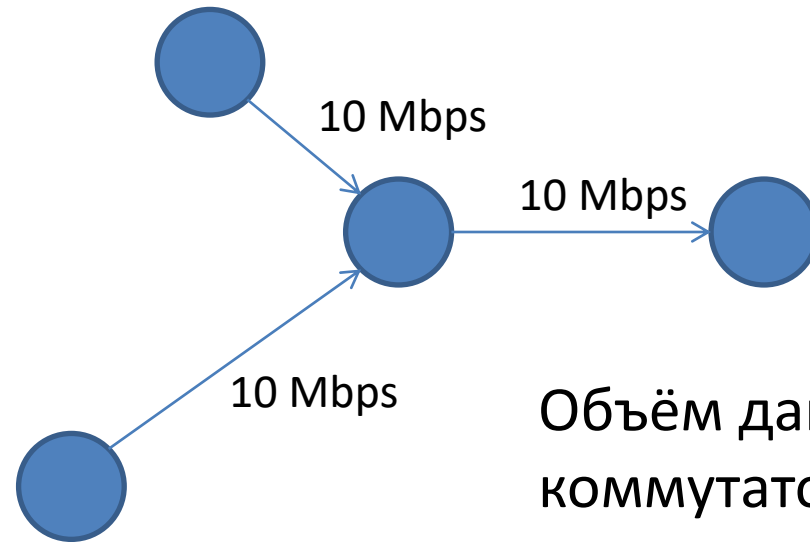
Сетевое исчисление



Стохастическое сетевое исчисление



Перегрузка



Объём данных, поступающих на коммутатор, превышает объём данных, которые он может передать

Коммутаторы буферизируют проходящий через них трафик:

- При кратковременной перегрузке увеличивается задержка
- При достаточно долгой перегрузке пакеты сбрасываются

Tahoe

NewReno

CANIT

TFRC

Agile-SD

Zeta

Westwood+

YeAH

FIT

Veno

XCP

Compound

H-TCP

LP

HSTCP₆

Illinois

Reno

Vegas

Cubic

MP-TCP

Scalable

Hybla

FAST

Indy

BIC

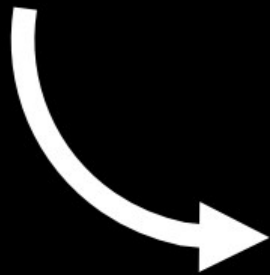
Jersey

Real

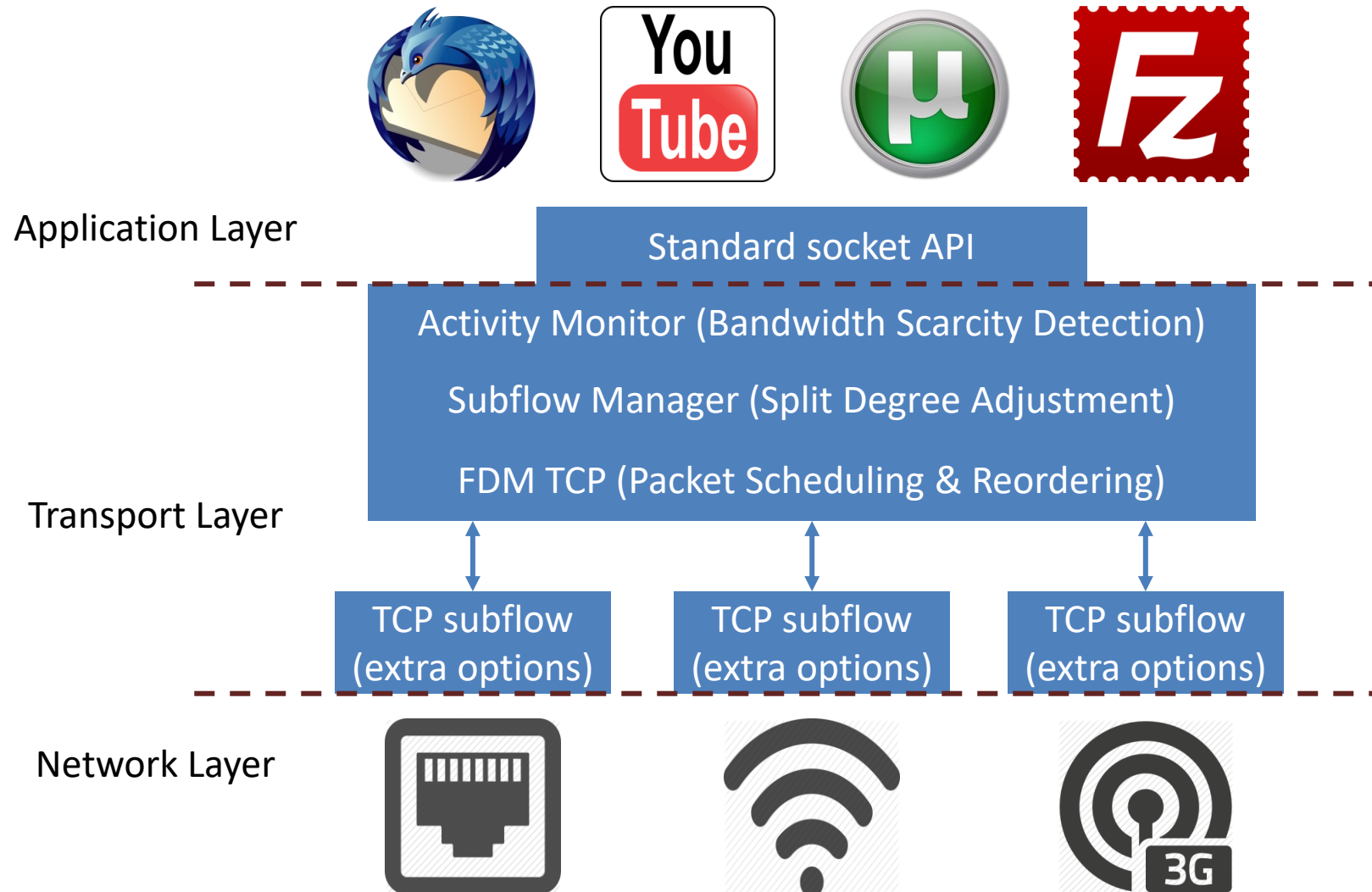
pFabric

Timely

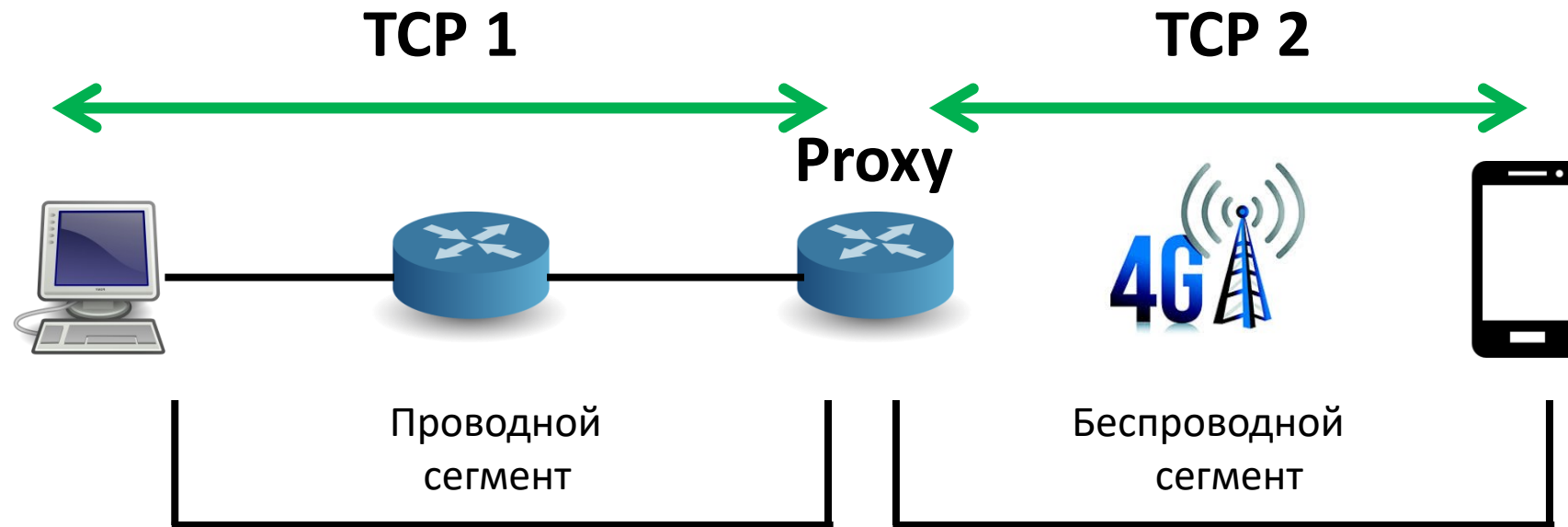
DCTCP



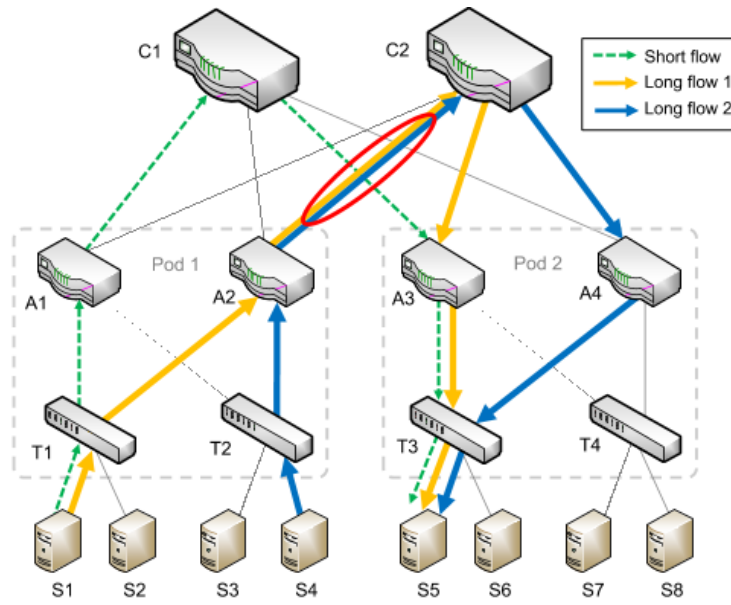
Demultiplexed Transport Connections



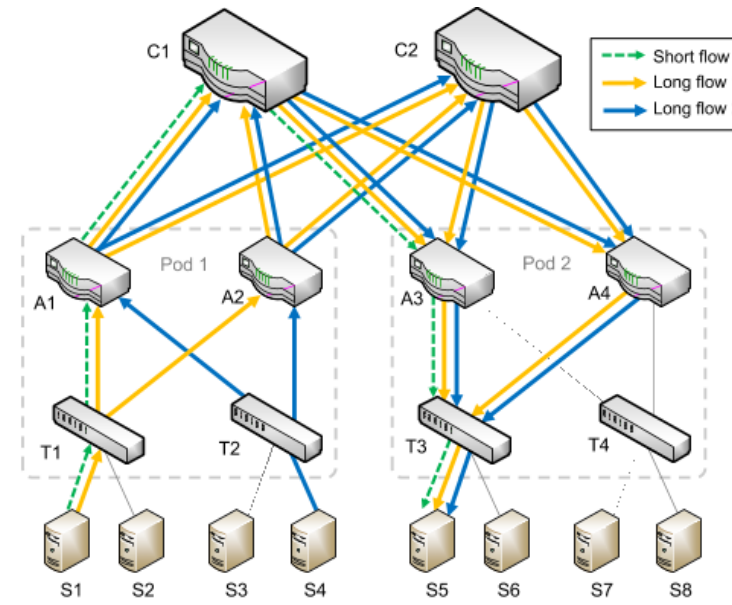
TCP proxy



Балансировка нагрузки и управление трафиком



(a) ECMP bottleneck problem

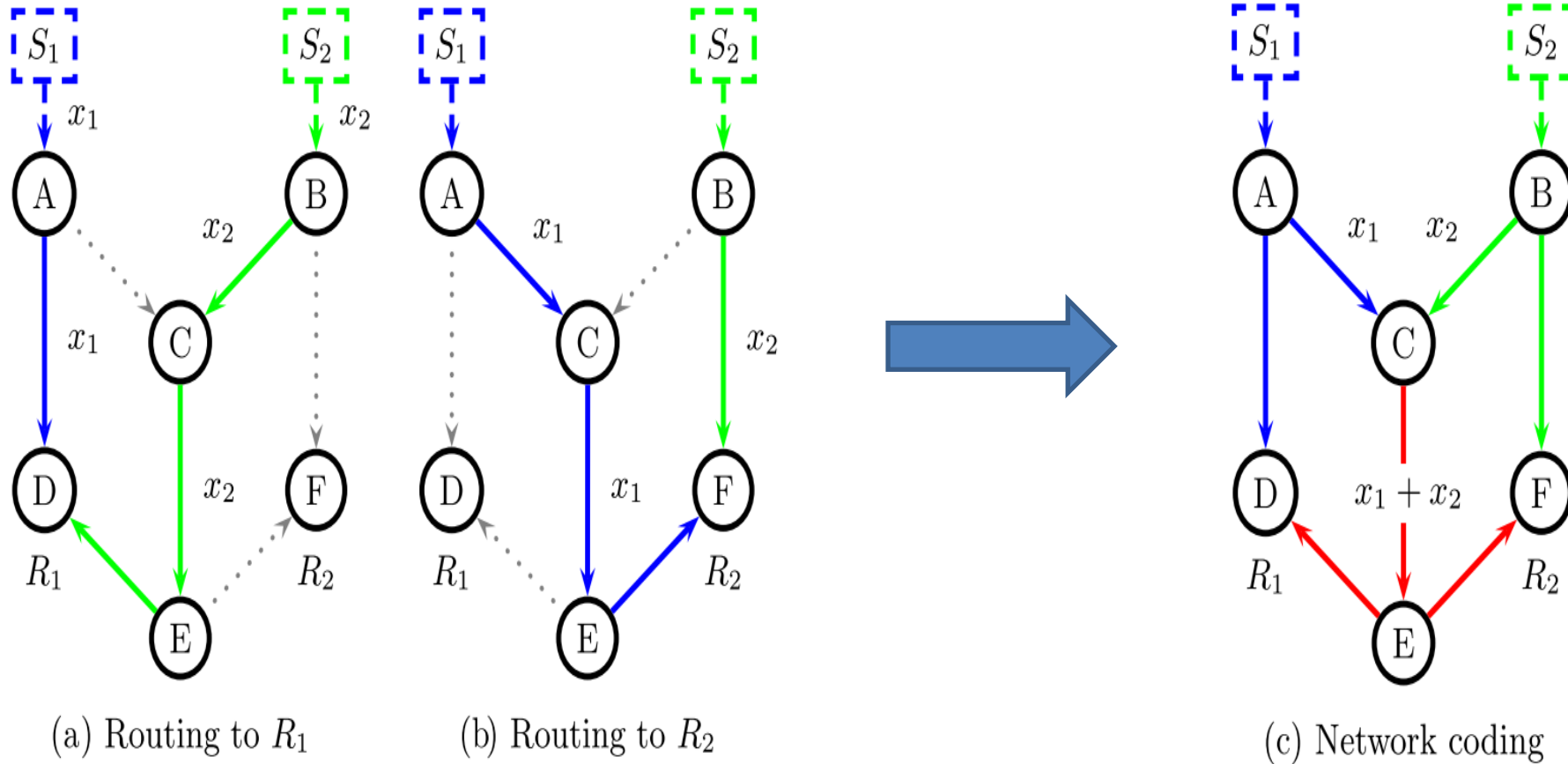


(b) DiffFlow operation

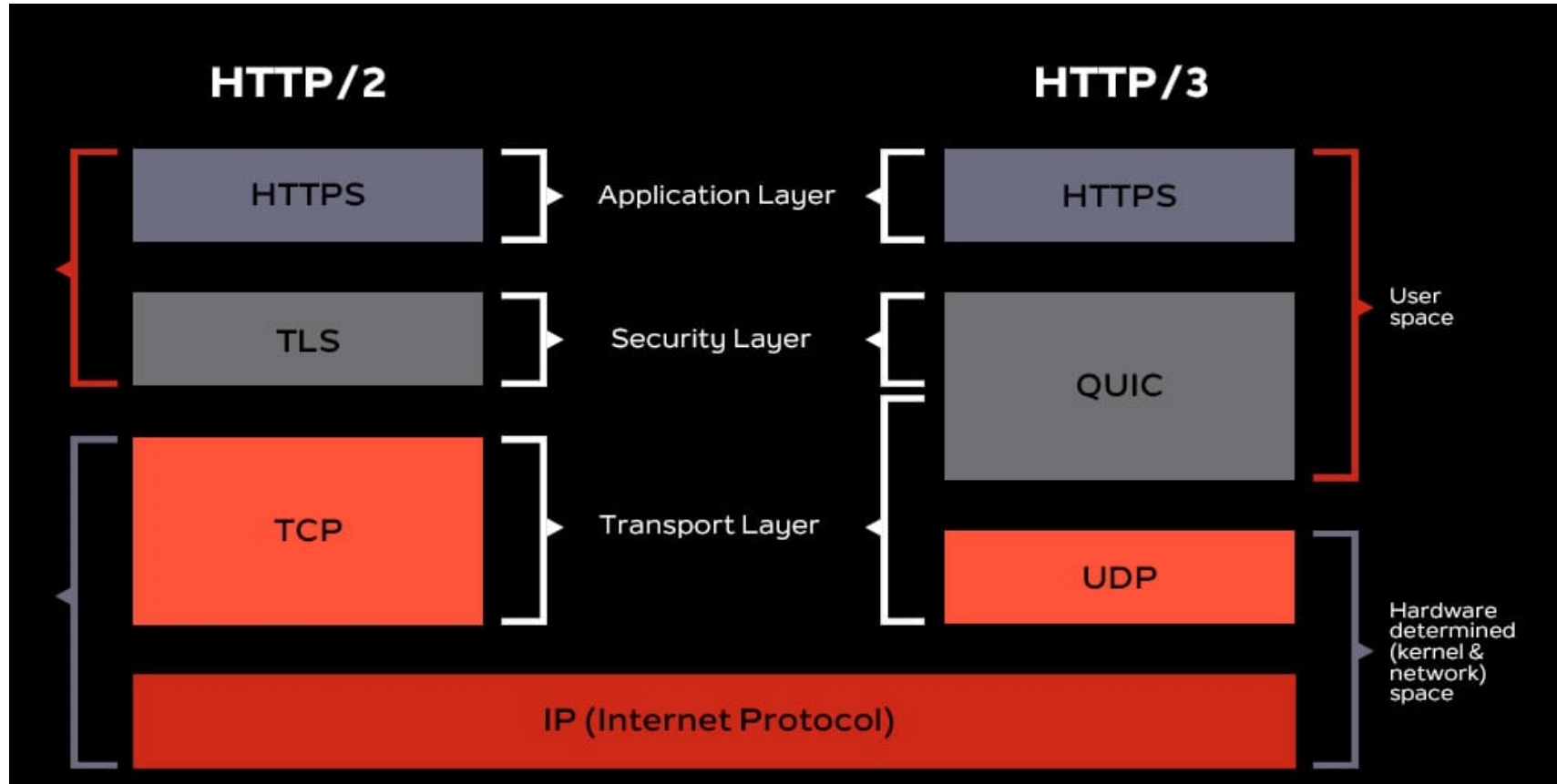
Маршрутизация на уровне интернет провайдеров



Network coding

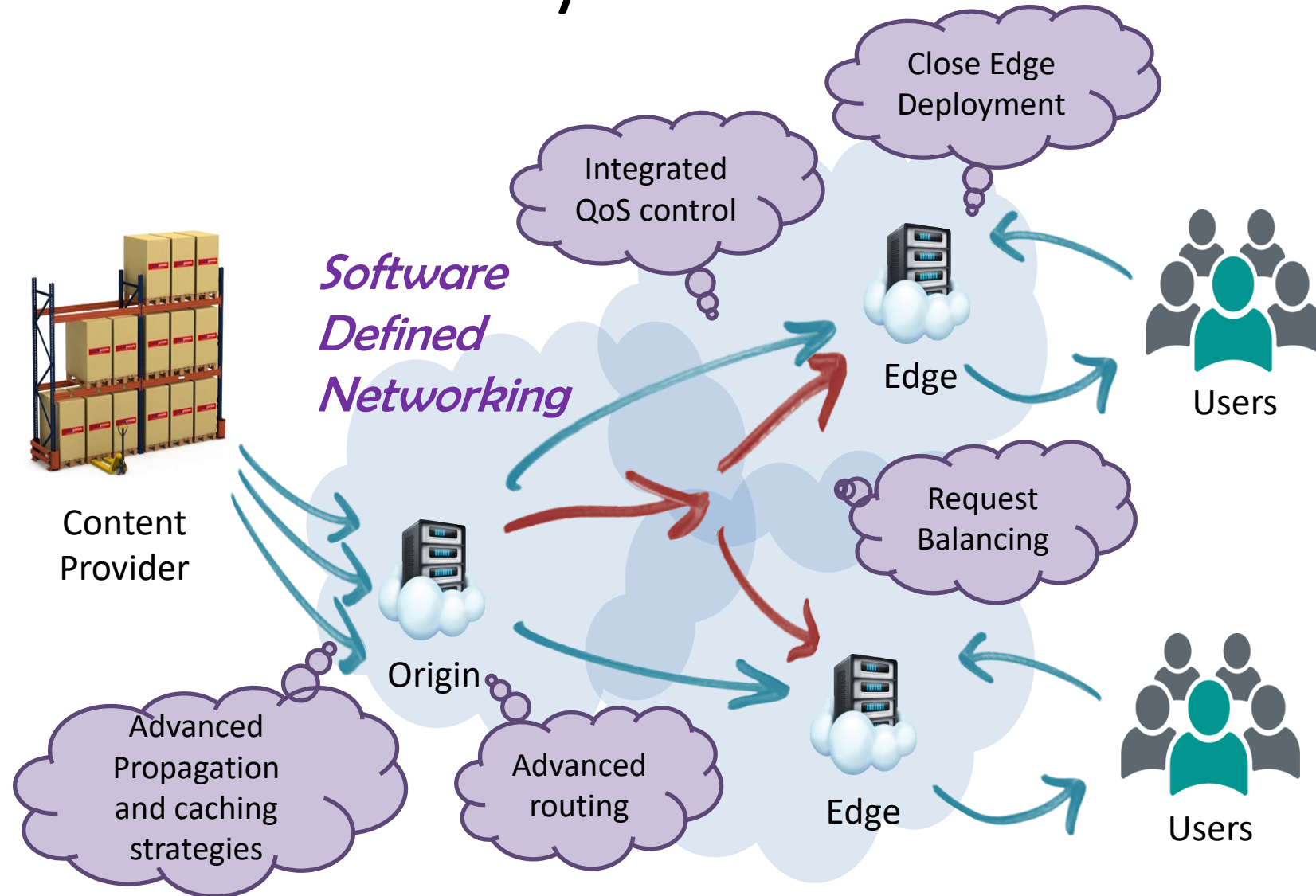


HTTP3/QUIC + FEC





Content Delivery Networks



Пропускная способность по требованию



Программа курса

Подходы:

- 1. Управление перегрузкой**
 - Современные протоколы управления перегрузкой TCP
- 2. Демультимплексирование/мультиплексирование**
 - Многопоточные транспортные протоколы
 - Маршрутизация на уровне интернет провайдеров
 - Network Coding
- 3. Сегментация**
 - TCP Proxy
- 4. Балансировка**
 - Балансировка нагрузки и управление трафиком
- 5. Преобразование сообщений**
 - FEC
 - Сжатие

Модели оценки качества сервиса:

- Активные и пассивные измерения
- Сетевое исчисление: математический подход к качеству сервиса
- NS3: моделирование поведения сети с высокой точностью

Примеры:

- Управление сетевыми ресурсами в Центрах Обработки Данных
- Обеспечение качества сервиса в сетях доставки контента
- Пропускная способность по требованию