

Сети дистрибуции контента Content Delivery Networks

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

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

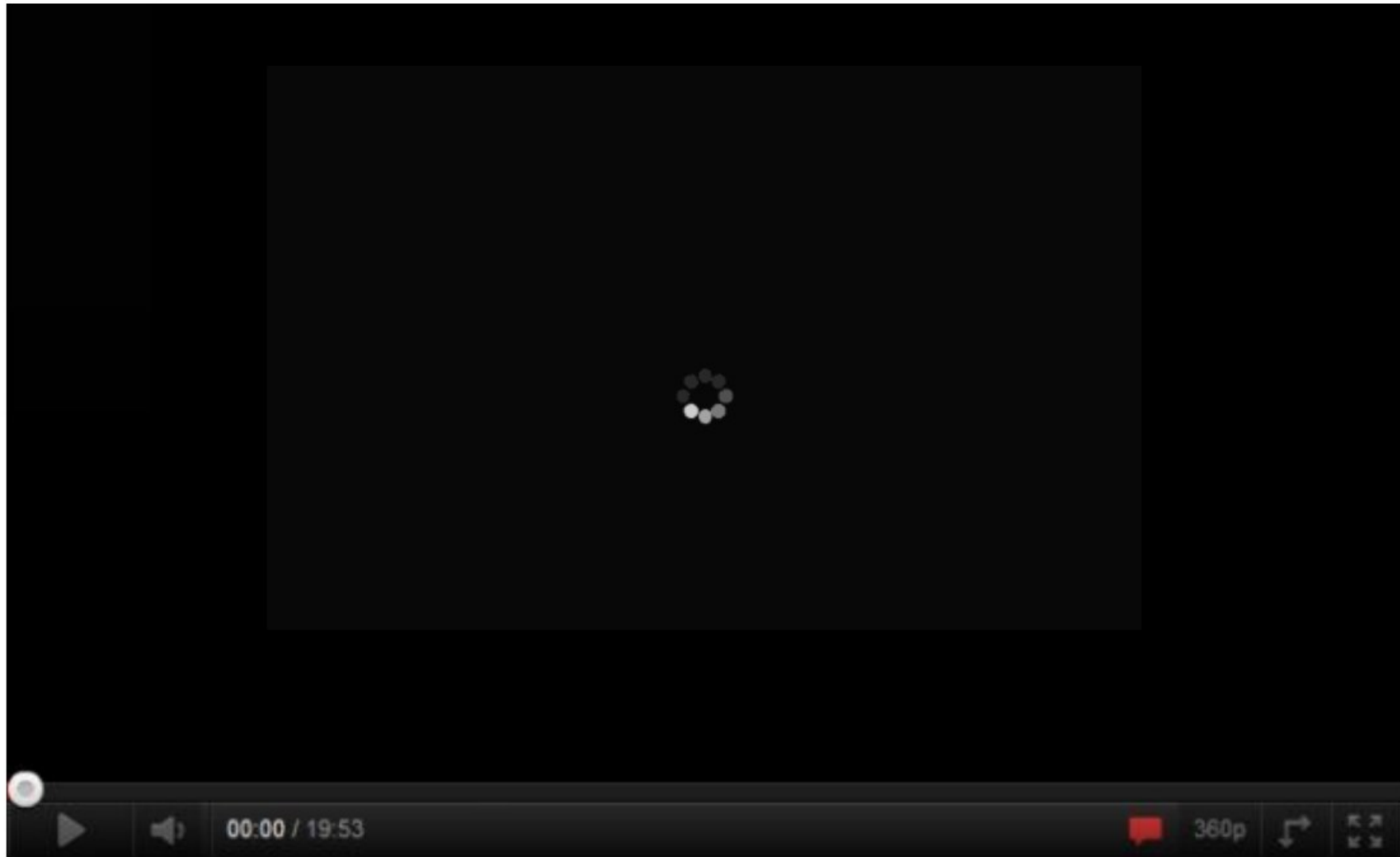
Модели оценки качества сервиса:

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

Примеры:

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

Are you familiar with this?



...or this ?

[IPTV]



Виды контента

По времени генерации:

- Статический контент
 - Картинки, музыка, видео
- Динамический контент
 - Персонализированные web-страницы

По времени доставки:

- Без директивного интервала
 - Обновления для операционной системы
- С ограничением на время доставки
 - Видео, аудио, игровые локации

Требования к системам доставки / дистрибуции контента

- Высокая скорость доставки абонентам
- Низкое время отклика системы
 - Если время загрузки видео > 5 секунд, его перестаёт смотреть более 50% пользователей
- Низкая задержка при передаче
 - Конкуренция с другими провайдерами
- Низкая нагрузка на сервера с контентом
 - Провайдер контента не должен заботиться о перегрузке при наплыве пользователей
- Эффективное использование сети
 - Аренда каналов стоит дорого – нужно минимизировать дублирование контента



IPTV OTT Lag 4/5 – QoS and Ops Analytics

- 33% Abandonment rate immediately with poor quality ^{*Akamai}
- 50% Abandonment rate with 5 startup sec delay ^{*Akamai}
- 66% Consumers are frustrated with video buffering ^{*Research Now}
- 21% Severely irritated when a video didn't load quickly ^{*Research Now}
- 38% Users heart rate increase when buffering ^{*Ericsson}



**Very High Demanding Customers,
Public Market Rating and Posts,
Low Barriers to Churn**

Path

Customer Care:

OTT Users won't call u as before, they do public complains in Public Stores, blogs, forums and social media. **Be proactive in capturing the Voice of Customer** and react as fast as possible in your devops cycle.

Tech Level :

Measure, Measure, Measure Experience, Engagement and Audience in Real Time to automaticaly prevent problems and monetize!

We've done the path in IPTV. In OTT it's harder as you don't own the entire chain.

Local Operators can do it better because they own the network and have direct access to the customers

Способы распространения контента

Клиент-серверная архитектура

- Не требует дополнительного оборудования
- Большая нагрузка на провайдера контента
 - Отдельное соединение для пользователя
- Недостаточная масштабируемость системы
 - Ограничение на сокеты, процессы и т.д.
- Невозможность обеспечить надлежащий QoE для каждого пользователя системы
 - Далеко находящиеся пользователи испытывают большие задержки
- Большое количество дублирования трафика

Способы распространения контента

Мультикаст

- Данные дублируется на коммутаторах
- Хорош при одновременной доставки контента
 - live streaming, linear streaming
- Плохо работает при возникновении потерь
 - Работает по UDP -- ненадёжная доставка данных
- Требует взаимодействия с сетью провайдера
- Не даёт преимуществ в том случае, когда данные скачиваются не одновременно

Способы распространения контента

Пиринговые сети

- Снижают нагрузку на сервера
- Хорошо работают для статического контента при большом количестве заинтересованных
- **Требуют вовлечения пользователей**
 - Не все пожелают раздавать контент
- **Пользователи могут подключаться и отключаться динамически**
- **Не позволяет получить выгоды, если контент мало востребован среди пользователей**

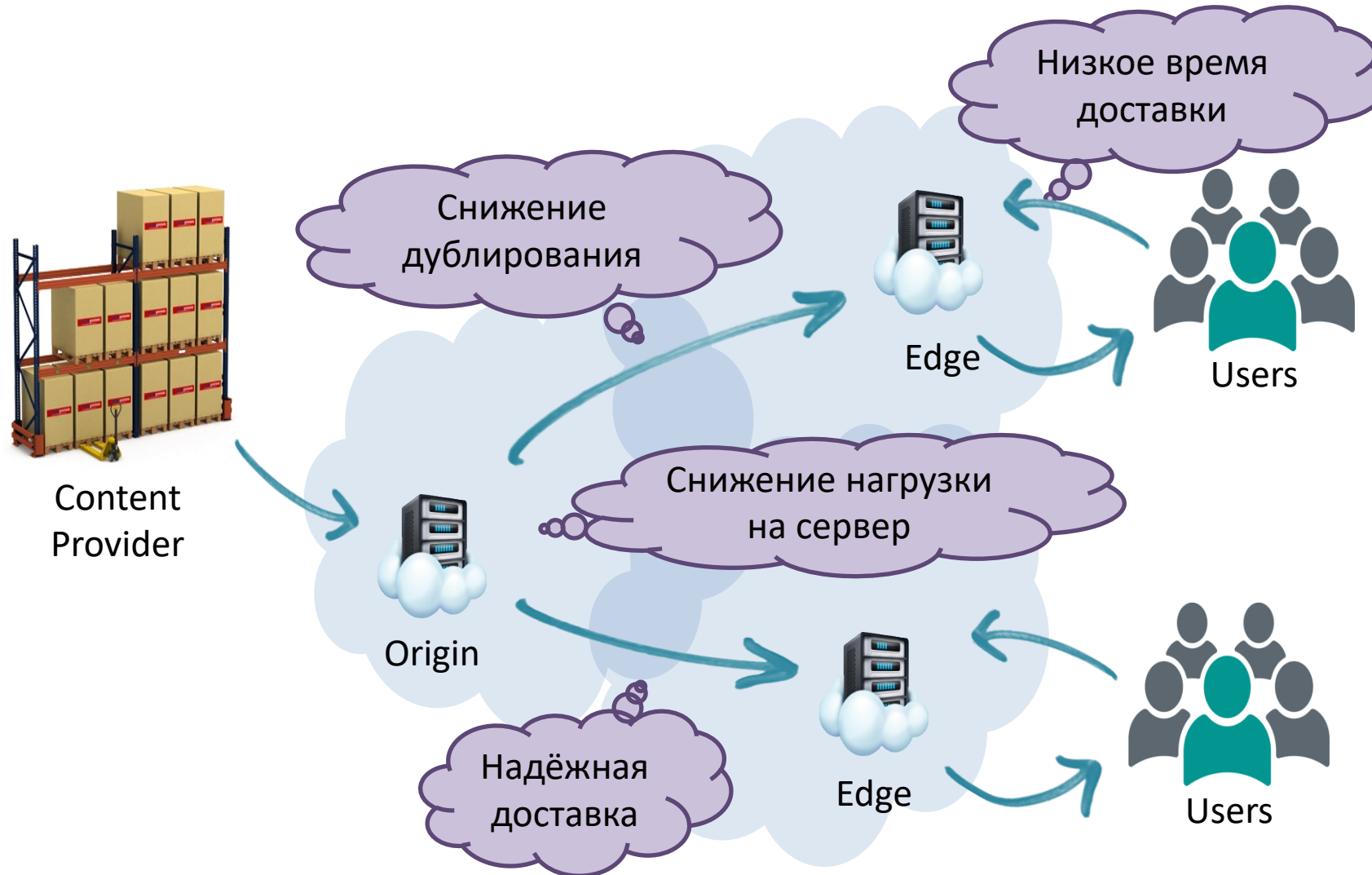
Способы распространения контента

Проксирование и кэширование

- Снижают нагрузку на контент провайдера
 - Между провайдером и пользователями появляется посредник, который облегчает взаимодействие
- Увеличивают скорость и снижают время доставки популярного контента
- Снижают степень дублирования контента
- Не способны выполнить требования по качеству сервиса для пользователей находящихся далеко от контент провайдера
- Требуют дополнительных мощностей

Прототип для сетей доставки контента!

Content Delivery Networks



Стратегии кэширования контента

Заполнение кэша:

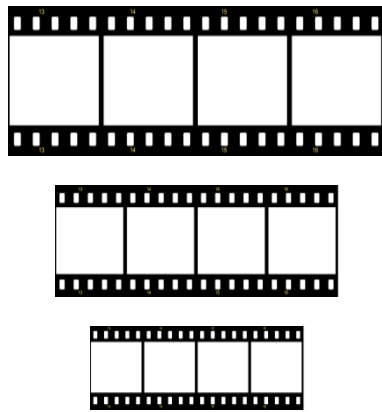
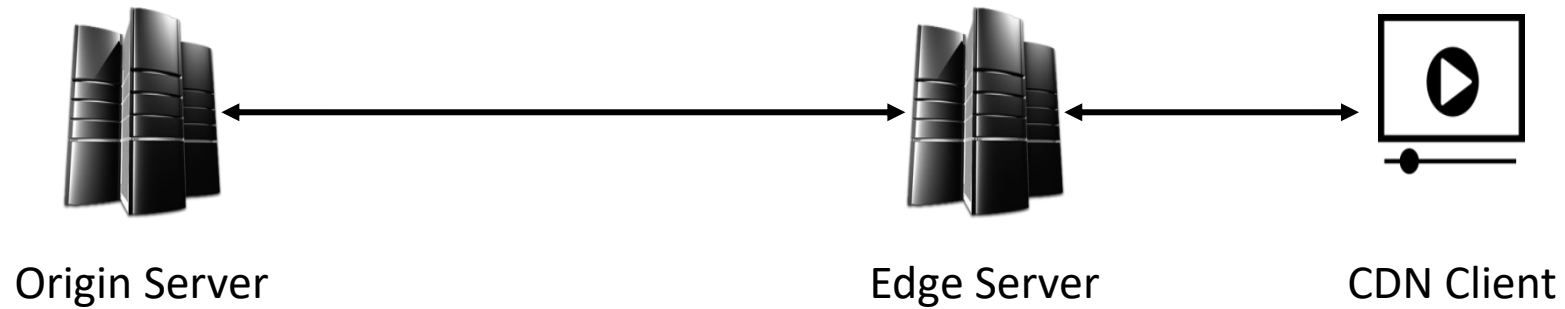
- Про-активное распространение
 - Хорошо для популярного контента
- Реактивное дублирование при появлении запроса на контент
 - Лучше подходит для редких запросов

Освобождение кэша:

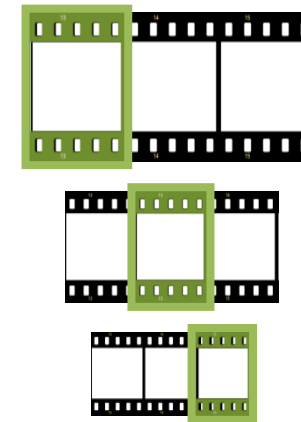
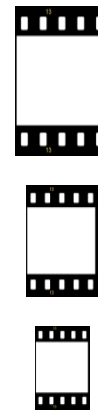
- Удаляется наименее популярный контент
- Удаляется наиболее старый контент

Распространение видео в CDN

Adaptive Bit Rate



Video Segments



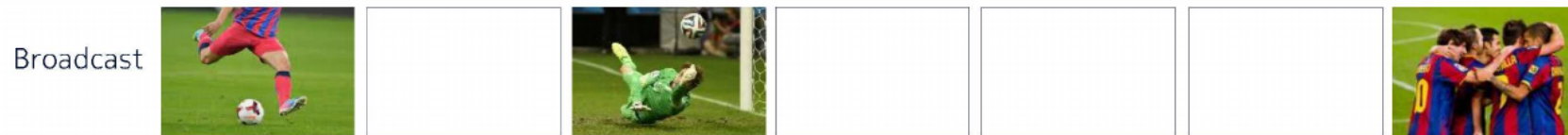
DASH

Dynamic Adaptive Streaming over HTTP

- Кодировается несколько вариантов видео
 - Разное разрешение, битрейт, фреймрейт, и т. д.
- Каждый вариант нарезается на сегменты
 - Обычно 2-10 секунд
- Плеер загружает manifest – XML файл, который содержит спецификации доступных потоков
- Плеер выбирает каждый новый сегмент видео исходя из своих оценок качества соединения
 - Время загрузки предыдущих сегментов

Spoiler Alert

Live TV
Lag reduction

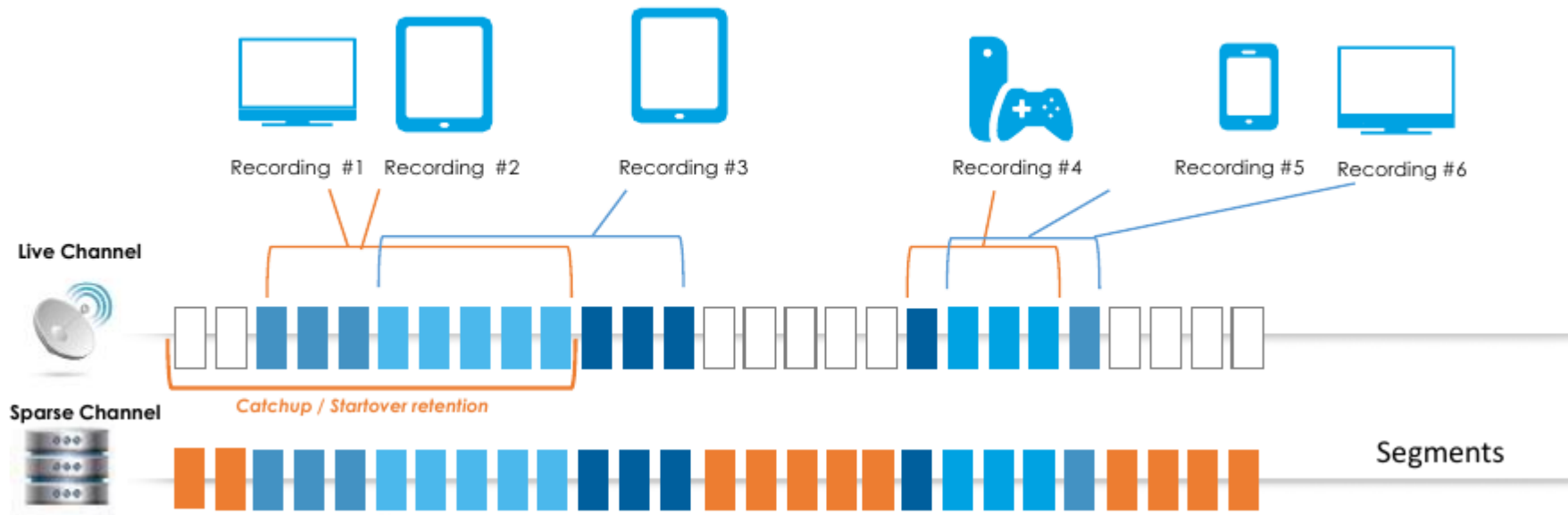


Отложенное воспроизведение

- Time Shift & Digital Video Recording (DVR)
- Идея – записать “на потом” тот контент, который мы не успеваем просмотреть
 - Интересные матчи
 - Ночные передачи
- Контент можно смотреть несколько раз, причём с нескольких устройств

Сложности реализации DVR

- В случае наивной реализации DVR создаётся слишком много копий контента



Проблемы современных CDN

- CDN предлагает контент, а не способ его потребления, удобный для пользователей
 - Нужен более персонализированный контент
 - CDN должны преобразовывать контент внутри себя
 - Пользователи хотят интерактивности
- Инфраструктура CDN не всегда эффективна
 - Традиционные CDN построены на базе стационарных серверов без виртуализации
 - Инфраструктура статична и не подстраивается под требования пользователей
 - Существующий стек протоколов плохо подходит для задач передачи видео

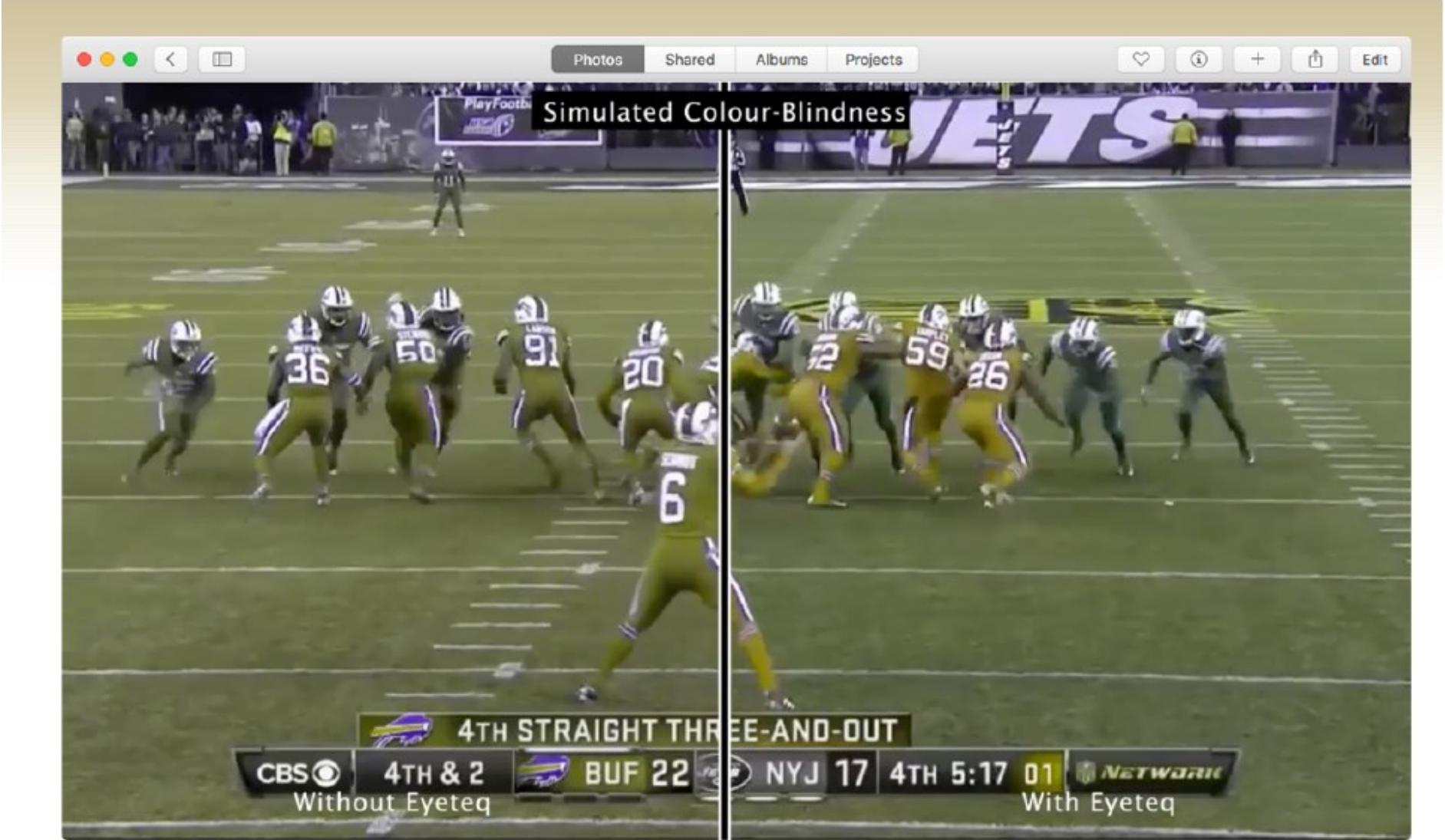
CDN должны дать пользователям выбирать, как потреблять контент

Пример пожеланий клиентов CDN:

- Смотреть Олимпийскую велогонку в лучшем качестве
- Иметь интерактивную инфографику в углу экрана
- Видеть позицию и время национальной команды
- Видеть бегущую строку с новостями Олимпиады
- Переключаться, когда в гимнастическом зале выступает любимая группа спортсменов
- Изменять свои предпочтения в процессе просмотра

Клиенты готовы платить за
дополнительные возможности!

Eyeteq demo videos



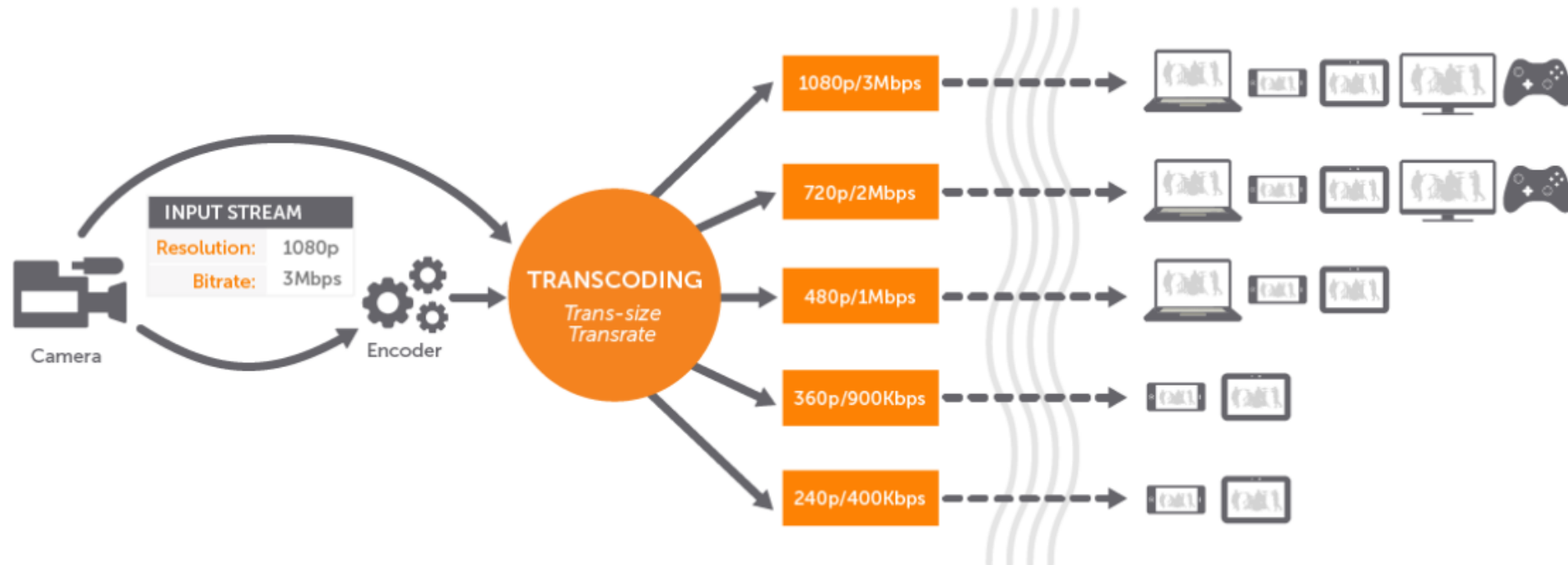
CDN is not a tube!

- Цель CDN – стать брокером между провайдерами контента и пользователями, сделав их взаимодействие как можно более удобным для обеих сторон
- Существующие CDN осуществляют такое разделение на уровне сетевого взаимодействия, но не на уровне контента
- Провайдерам контента приходится предвидеть требования пользователей и создавать контент с нужными характеристиками заранее
- Такая персонализация контента неэффективна – часть созданных вариантов контента никогда не потребляется, части вариантов, которые хотят пользователи не существует

Video Transcoding

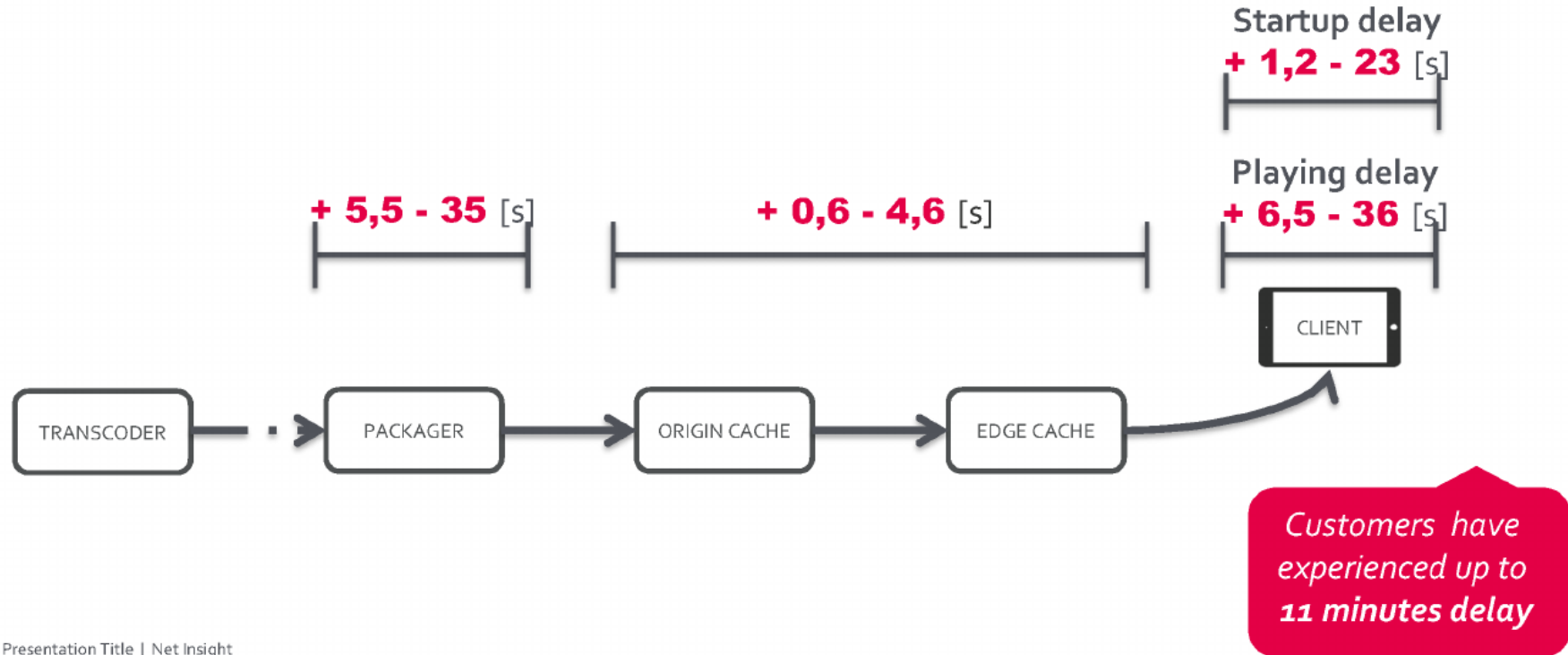
How to cache uncachable?

INPUT PROTOCOLS	INPUT CODECS	OUTPUT CODECS	OUTPUT PROTOCOLS
Adobe RTMP, RTSP/RTP, MPEG-TS, ICY (SHOUTcast/Icecast)	Video: H.265/HEVC, H.264/AVC, VP9, VP8 MPEG4 Part 2, MPEG2 Audio: MP3, AAC, AAC-LC, HE-AAC+ v1 & v2, MPEG1 Part 1/2, Speex, G.711, Opus, Vorbis	Video: H.265/HEVC H.264/AVC, H.263 (v2), VP9 Audio: AAC, AAC-LC, HE-AAC+ v1 & v2, Opus, G.711	Apple HLS, Adobe HDS, MPEG-DASH, Microsoft Smooth Streaming, Adobe RTMP, RTSP/RTP, MPEG-TS



Video Transcoding

Latency in Adaptive HTTP streaming

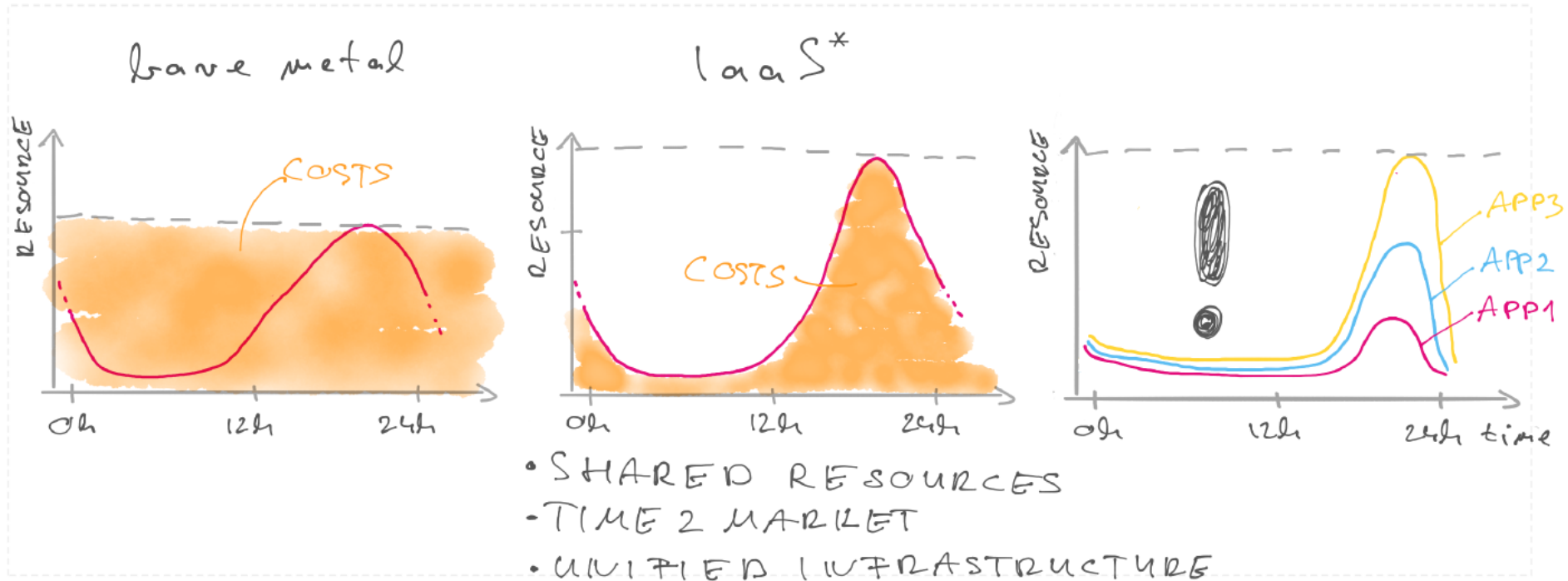


CDN не хватает гибкости

- Железные сервера должны быть рассчитаны на пиковую нагрузку – в остальное время они существенно недогружены
- Виртуализированные серверы располагаются в крупных ЦОД, их расположение нельзя менять
- Тоннели точка-точка между origin и edge серверами менее эффективны, чем многоадресная передача
- CDN не взаимодействуют с ISP
 - Не способны учитывать состояние сети
 - Нет возможности traffic engineering

Виртуализация CDN

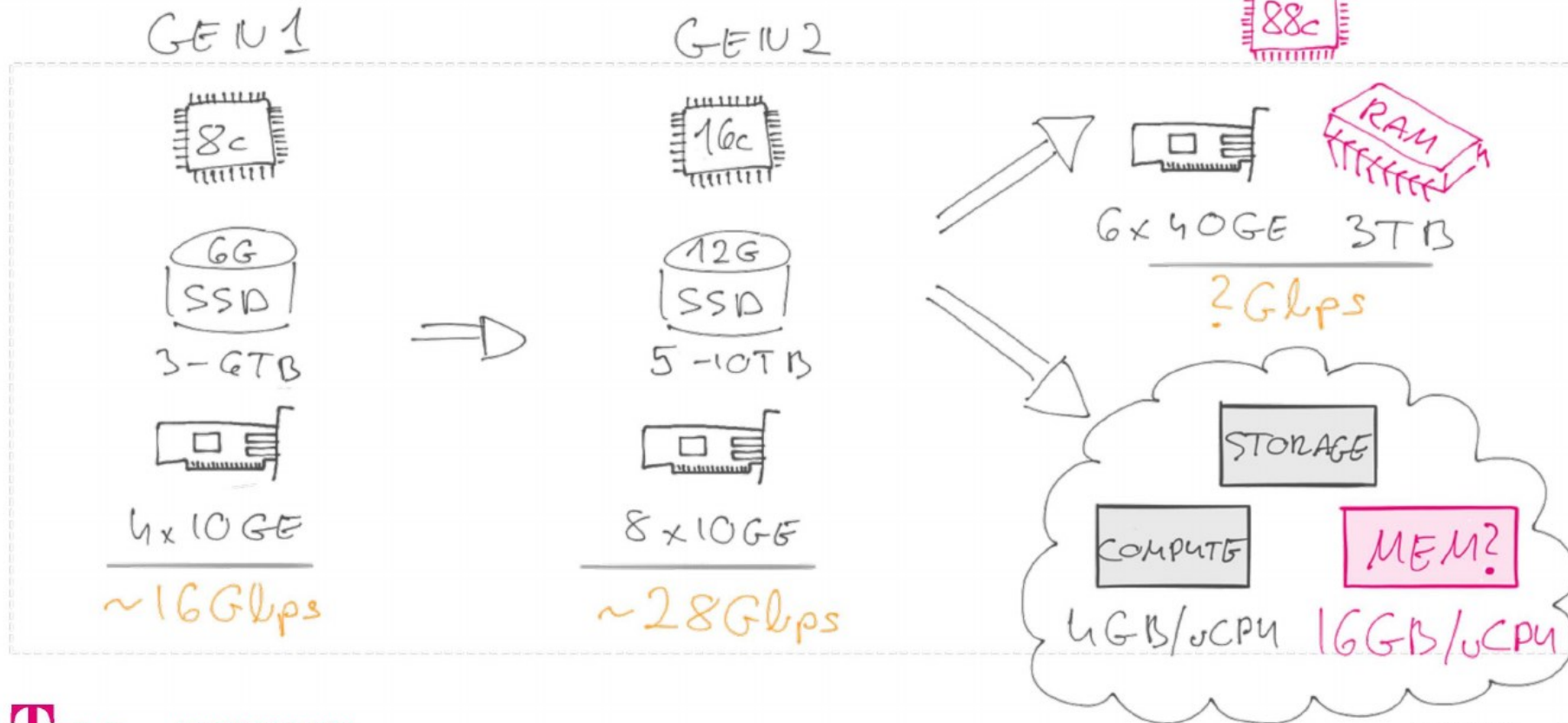
CLOUD CDN



Управление конфигурацией серверов в зависимости от потребностей

#2 MEMCACHING FOR VOD

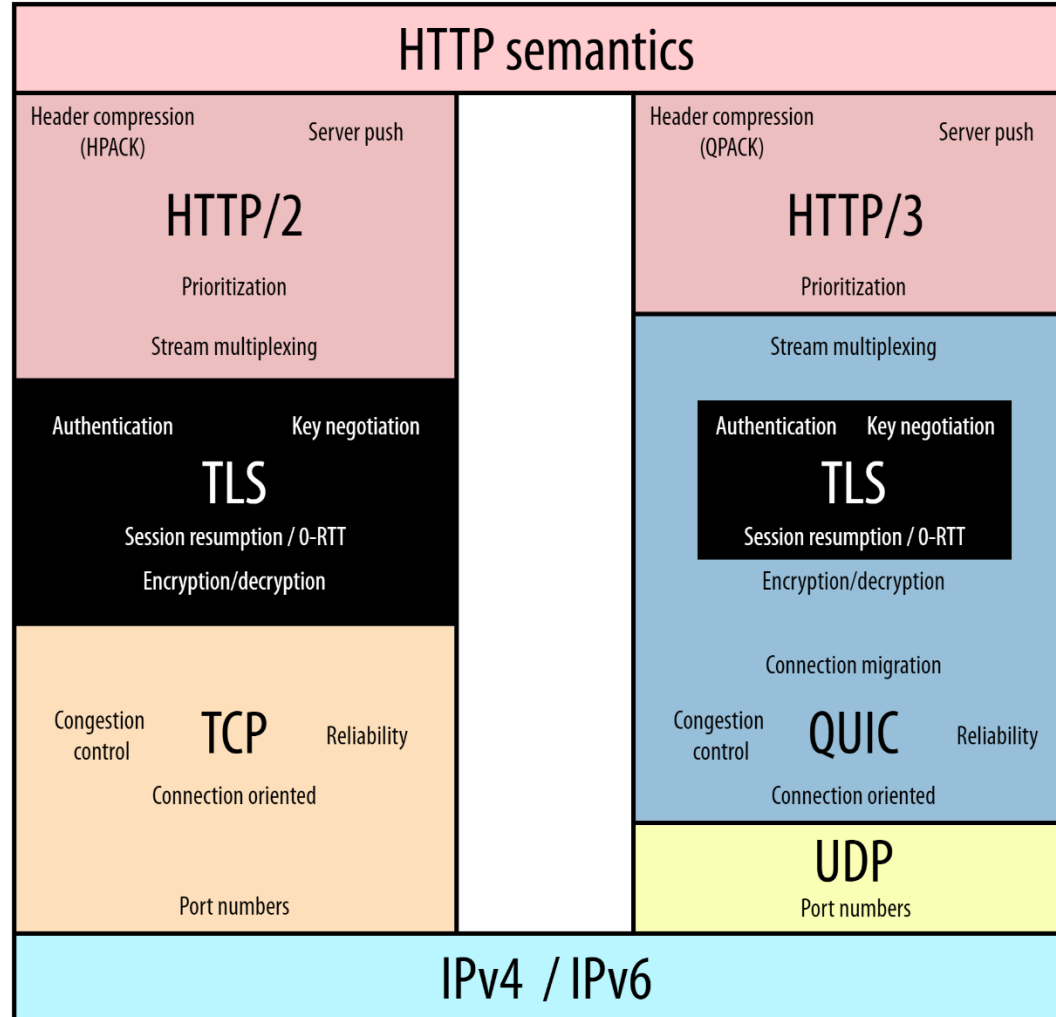
NEXT GEN



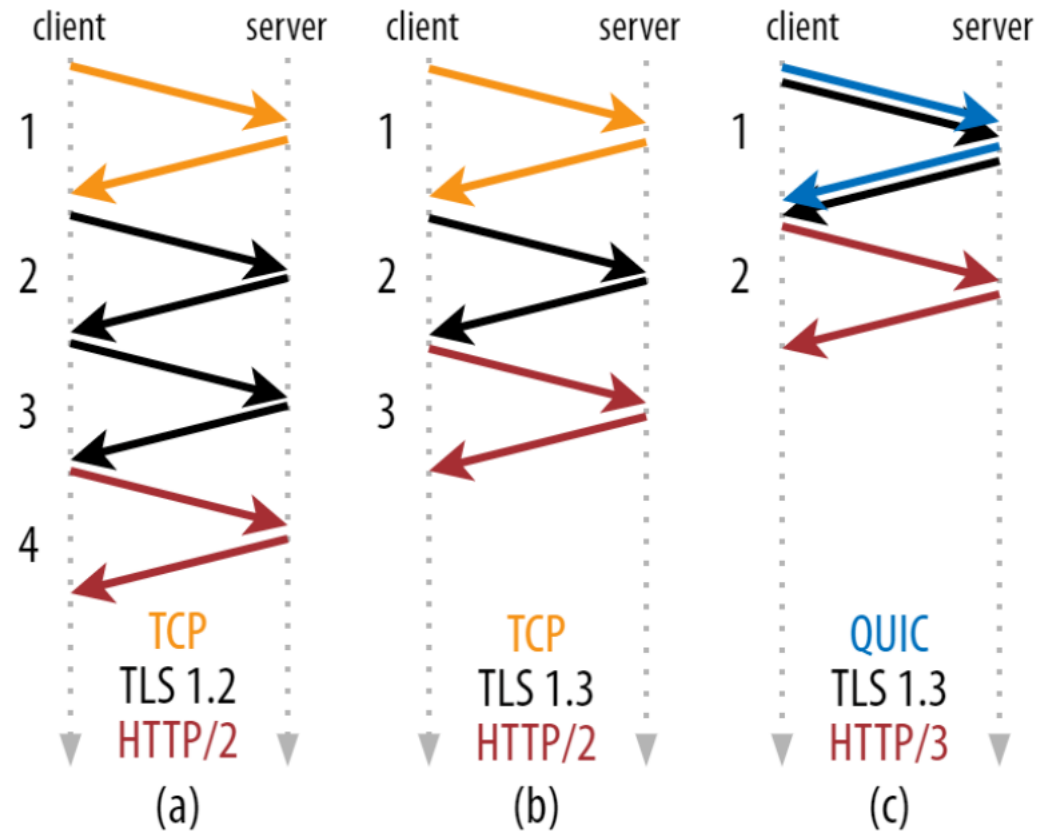
Сетевой стек не оптимизирован для передачи ВИДЕО КОНТЕНТА

- Технологии Adaptive Bit Rate основаны на использовании HTTP (и TCP)
- Потоки видео и аудио не нуждаются в TCP:
 - Не даёт достаточной скорости на long haul
 - Плохо совмещается с многоадресной передачей
 - Не умеет пропускать ненужные пакеты
- Возникает задача в построении новых протоколов
 - Многопоточные протоколы
 - Новые методы подтверждения доставки
 - Изменение модели уровней TCP/IP

HTTP3



QUIC интегрирован с TLS

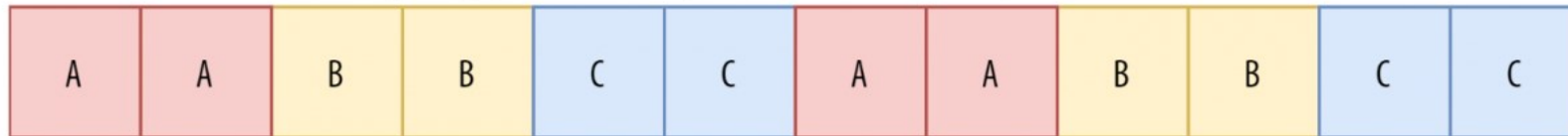


QUIC использует потоки

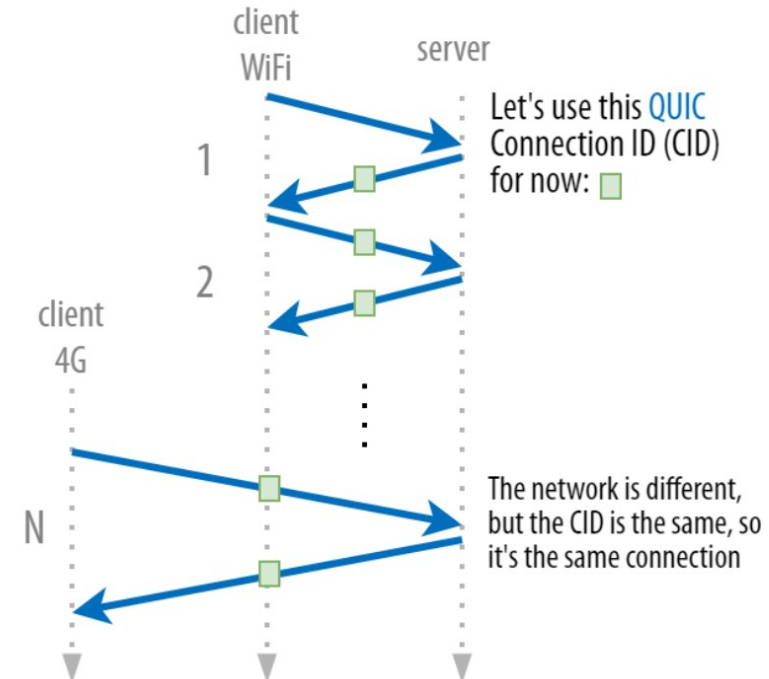
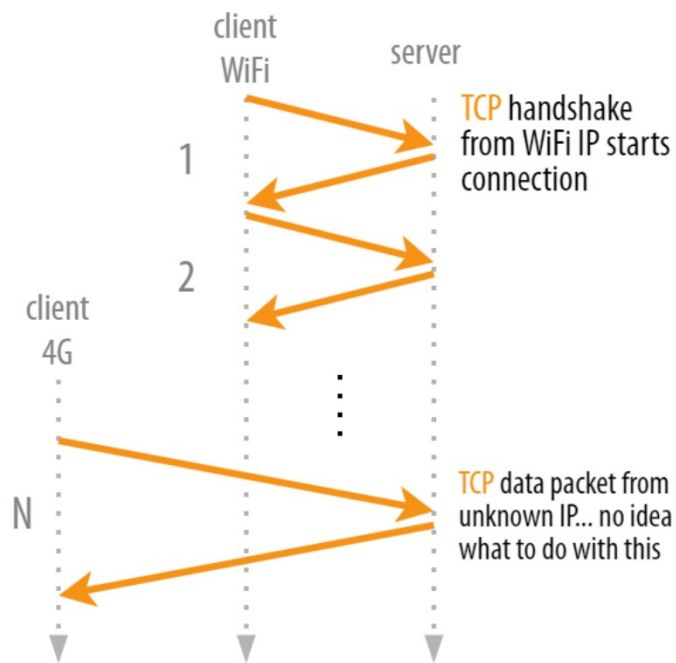
HTTP/1.1 with connection re-use (one file can be download at a time)



HTTP/2 and HTTP/3 allow multiplexing (data from multiple files can be intermixed)

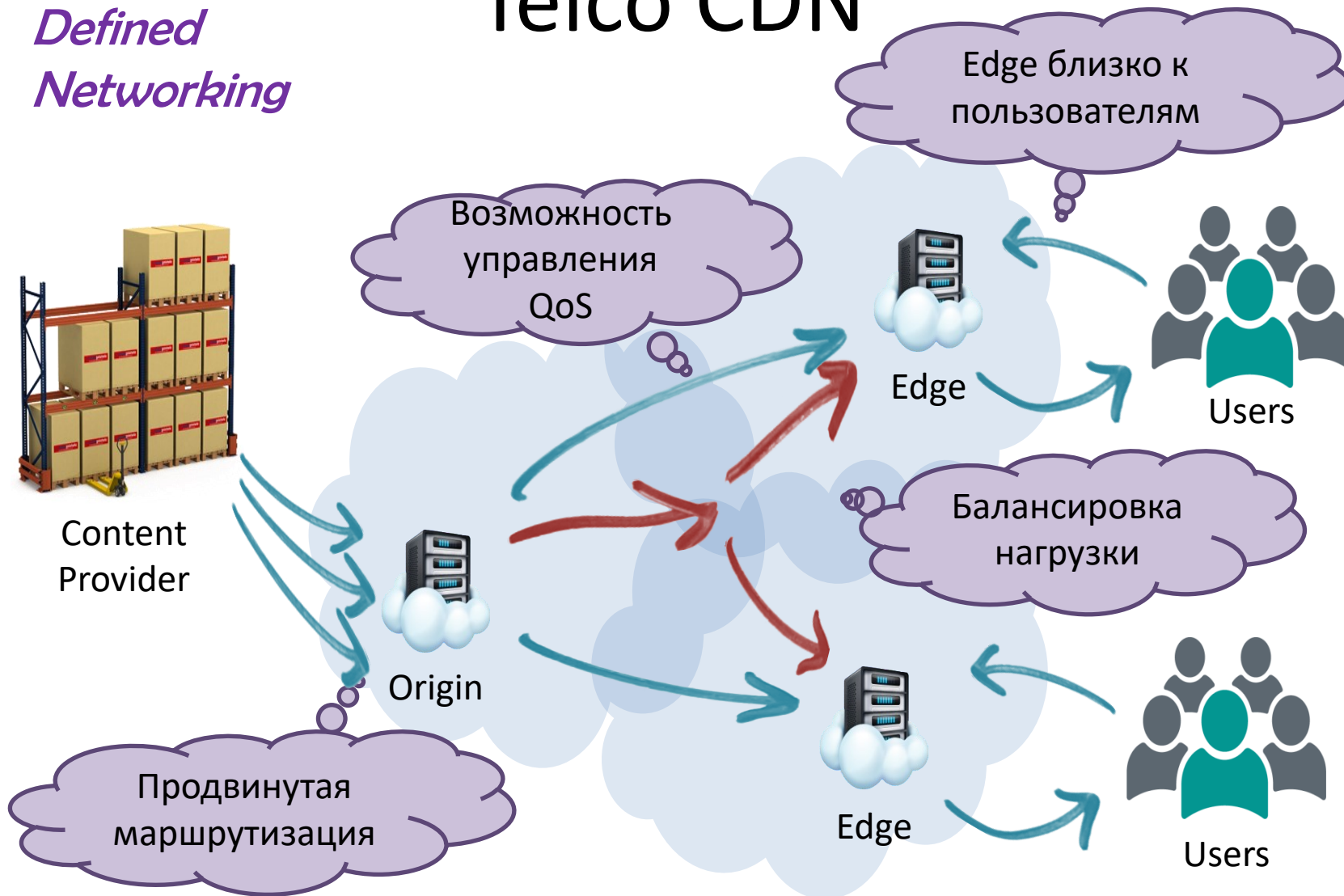


Connection migration in QUIC



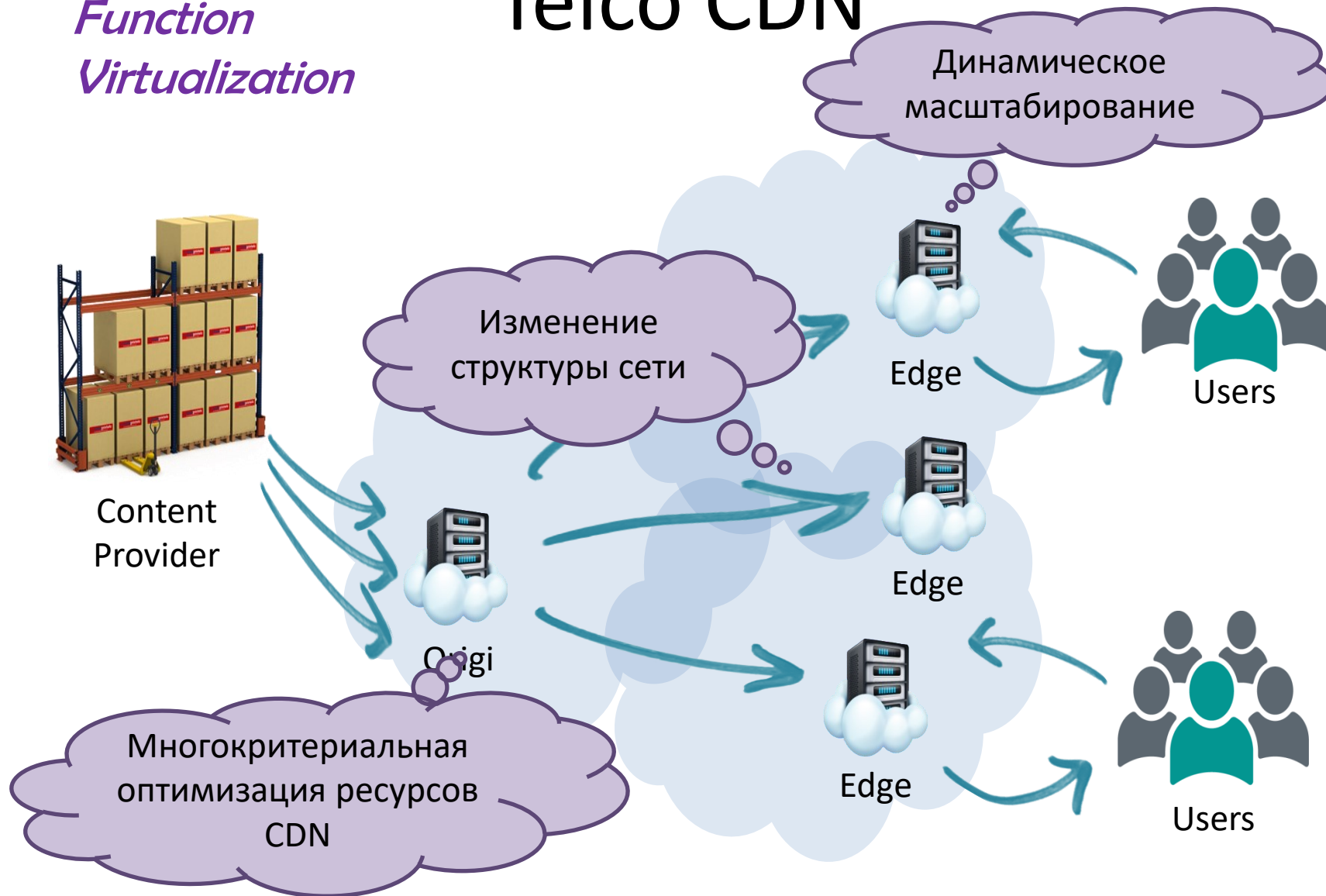
*Software
Defined
Networking*

Telco CDN



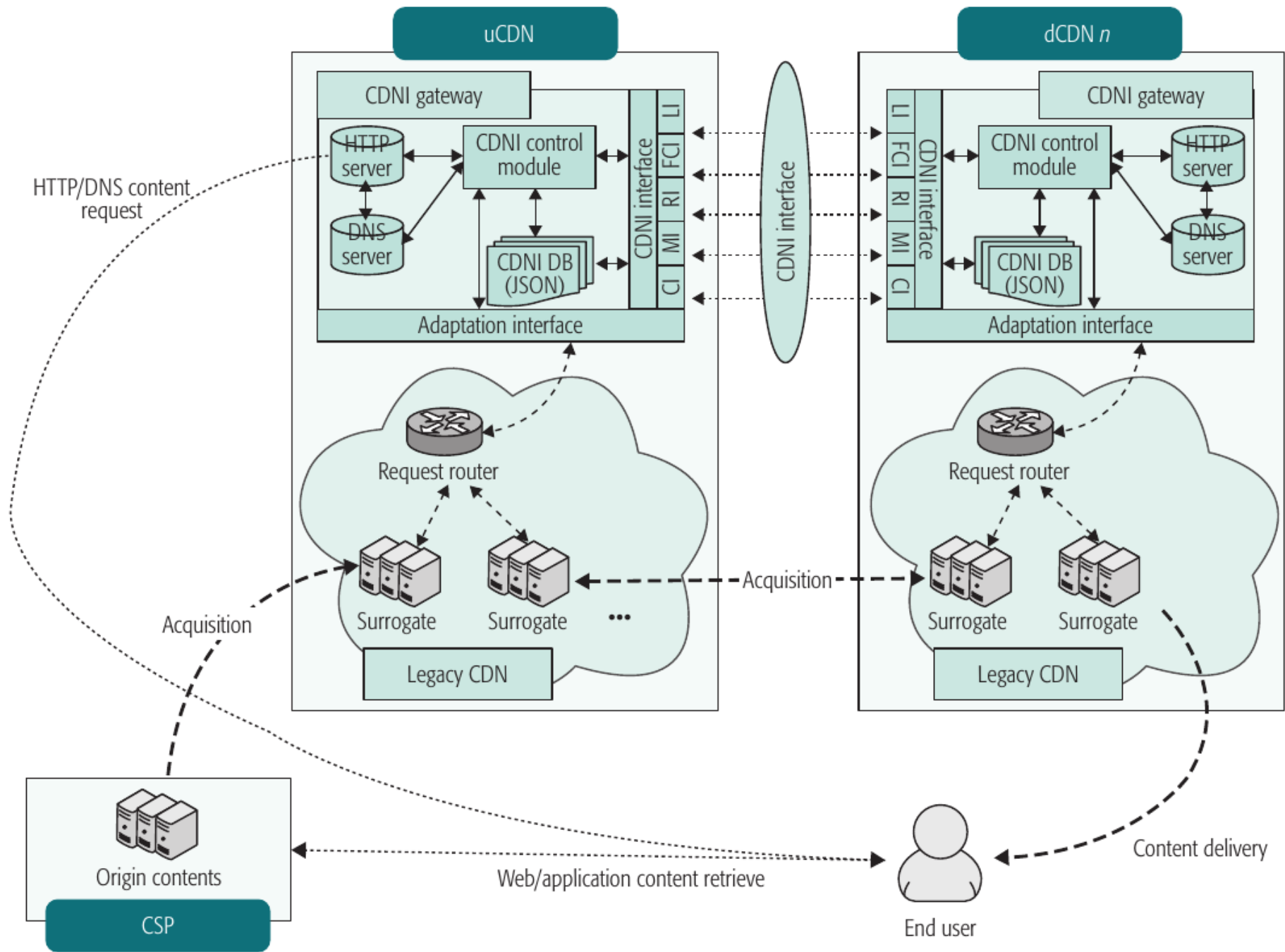
*Network
Function
Virtualization*

Telco CDN



Построение федераций CDN

- Часто CDN бывает удобно совмещать:
 - CDN находится в разных локациях
 - Балансировка при перегрузке CDN
 - Перенаправление запросов для неподдерживаемых устройств/сервисов
- IETF CDN Interconnect
 - Динамическое подключение отдельных CDN в составе федерации
 - Перенаправление запросов и контента между CDN в составе федерации

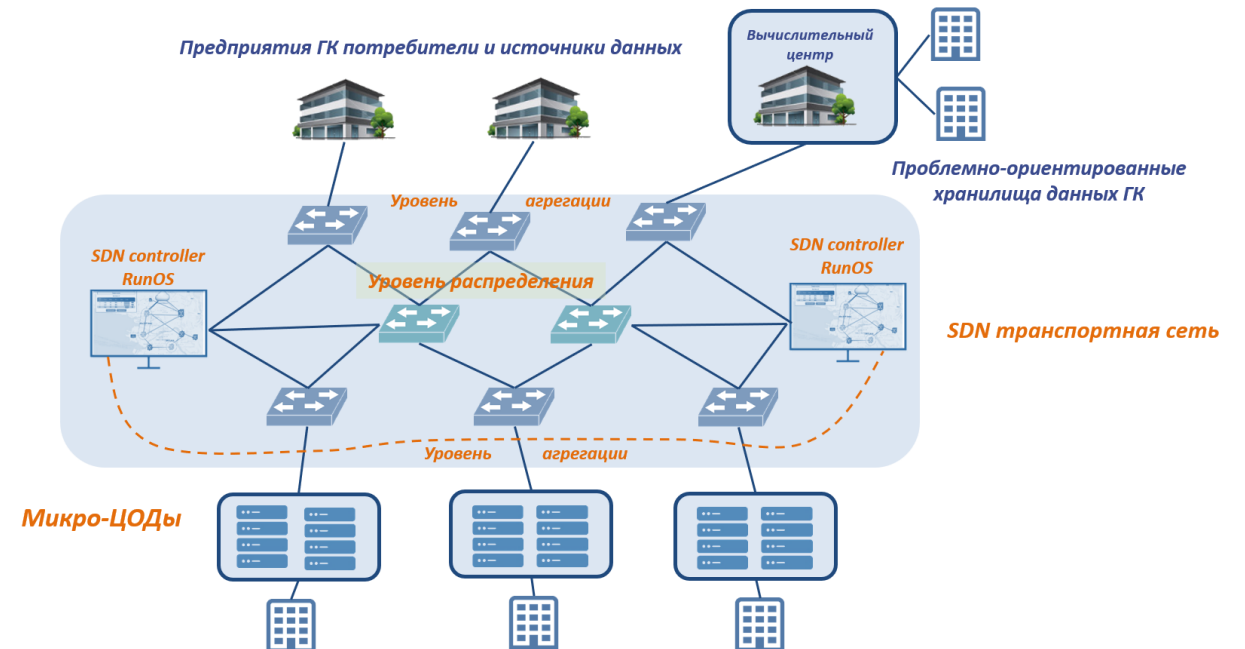


Резюме

- Типы распространяемого контента
- Устройство сетей доставки контента
- Преимущества, которые дают CDN перед клиент-серверным распространением
- Направления развития CDN
 - Увеличение гибкости конфигурации
 - Сервисы взаимодействия с пользователями
 - Методы преобразования контента

Bandwidth on Demand

- Меняется организация приложений: указываем требование к пропускной способности соединения!
- SDN vs набор скриптов
- Маршрутизация
- Приоритизация клиентов



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

Примеры:

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