



Собственный JIT packager

HTTP-стриминг с низкими задержками

Альберт Камалян

Инженер по стримингу видео продукта
«Стриминговая платформа»

albert.kamalian@edgecenter.ru

Стриминговая платформа EdgeЦентр



Live Streaming
с низкой задержкой



Хостинг
видео



Групповые видеозвонки
в реальном времени



Компьютерное
зрение

Зачем и кому нужна низкая задержка?



- Спорт
- E-commerce
- Финансы
- Образование
- Киберспорт и гейминг
- Аукционы и азартные игры
- СМИ и сфера развлечений
- Общение людей

Откуда берутся задержки?

Видеозапись

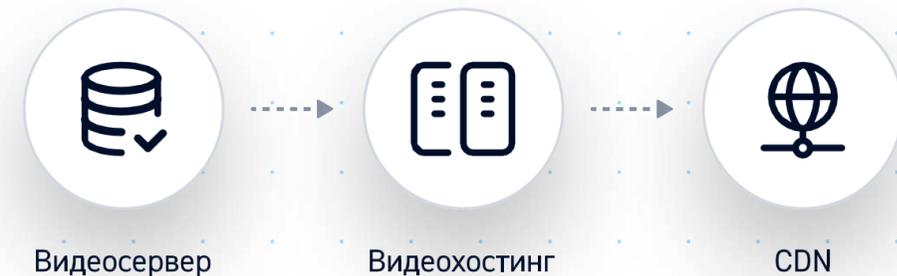
Мобильный телефон, веб-камера, профессиональная камера



1 Лайв-стриминг RTMP/SRT

Облачное решение для стриминга

Обработка видео, хранение, доставка через CDN

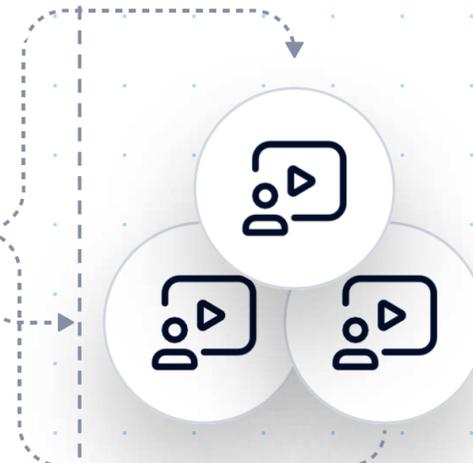


2 Транскодирование видео и компьютерное зрение

3 Доставка через CDN

Воспроизведение видео

Мобильные приложения и сайты



4 Доставка до плеера HLS/DASH

- Формирование и доставка потока
- Транскодирование
- Пакетирование
- Публикация
- Распространение
- Воспроизведение

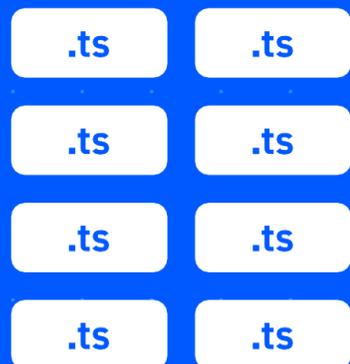
Классическая реализация Live-трансляции в интернете

- Используются протоколы HLS/DASH
- Низкая стоимость
- Масштабируемость
- Стабильность воспроизведения

Дублирование контента .ts/.mp4

Задержка 20+ секунд

HLS / TS



DASH / ISO

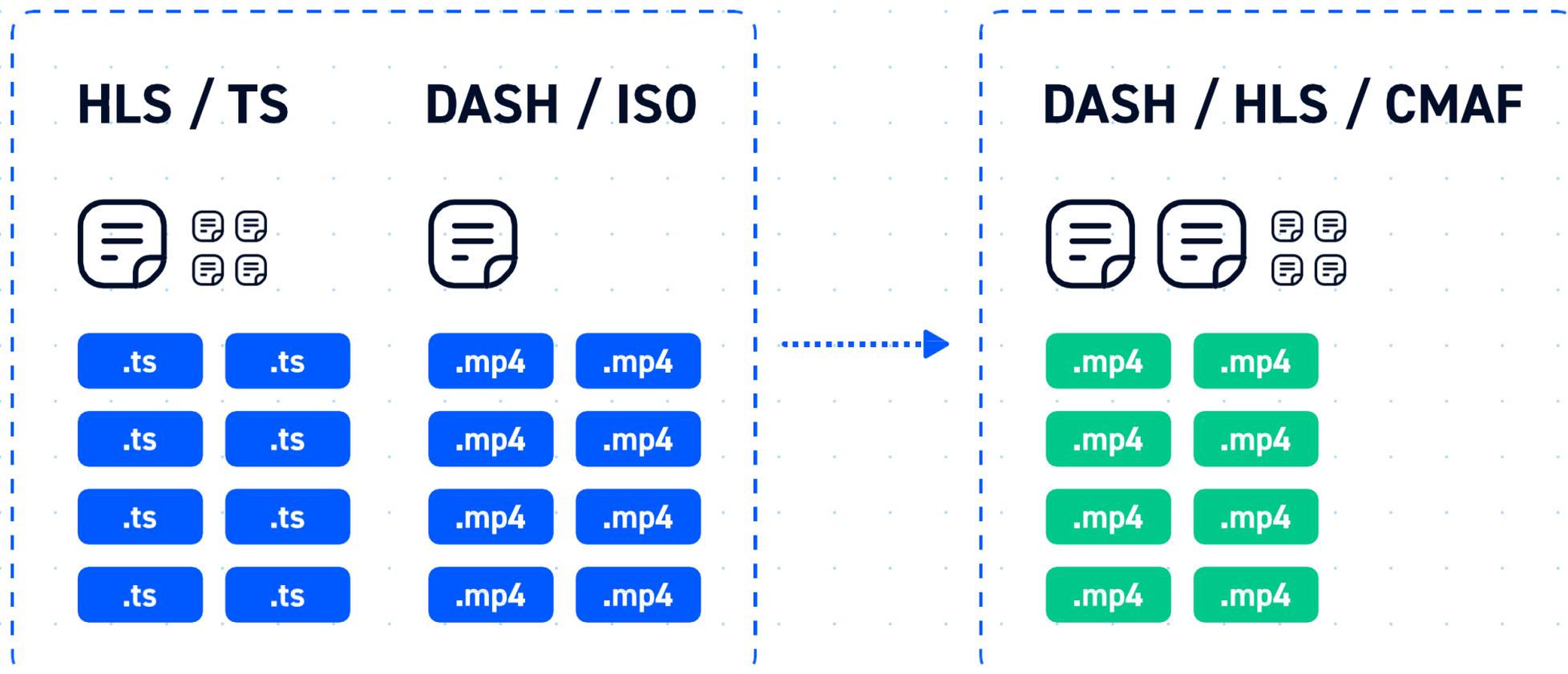


Как добиться низкой задержки

- CMAF
- Chunked CMAF
- Chunked Transfer Encoding
- Chunked CMAF DASH
- LHLS
- Apple Low Latency HLS
- HESP

CMAF

Common Media Application Format



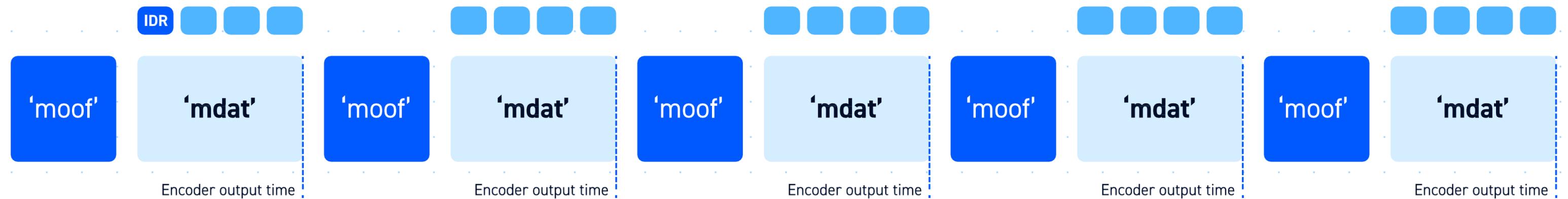
- Фрагментированные MP4 сегменты (fMP4)
- Поддерживается в HLS и DASH
- Кодировем и пакетируем контент только один раз
- Требуется в 2 раза меньше ресурсов для хранения
- Повышается эффективность CDN

Chunked CMAF

СМАФ сегмент



Фрагментированный СМАФ сегмент

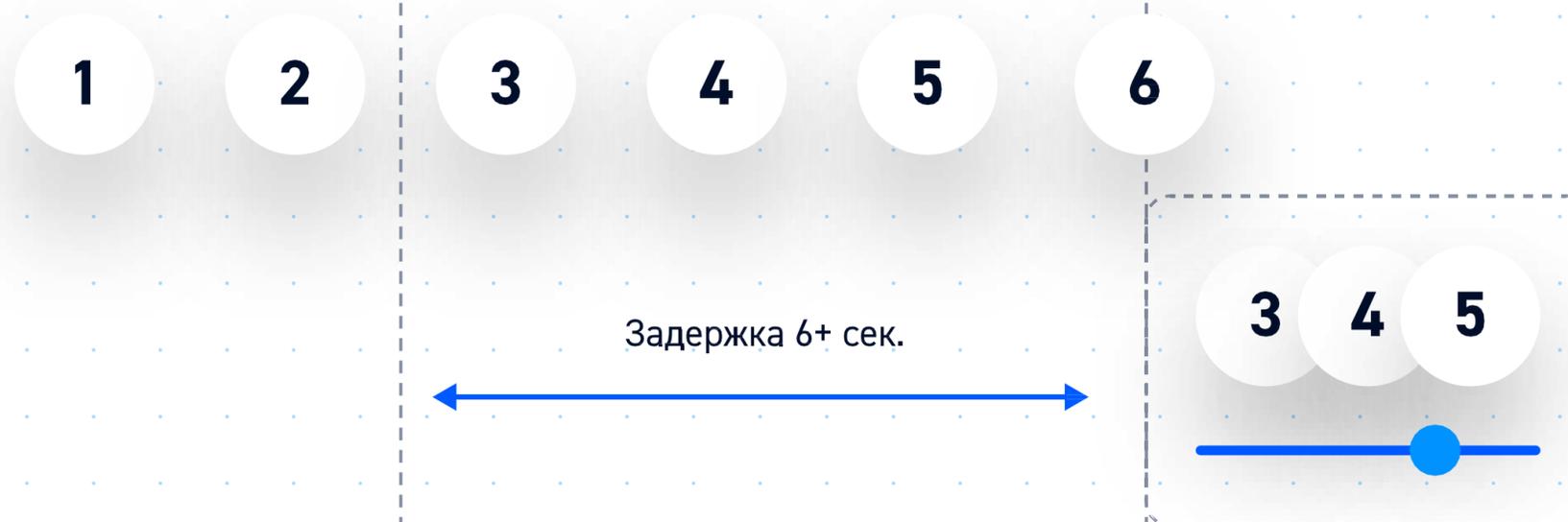


Начало кодирования

Начало воспроизведения

Время

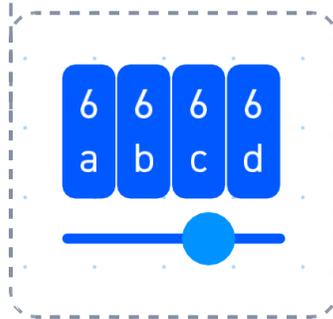
Создание сегментов
длительностью 2 сек.



Создание CMAF сегментов
длительностью 2 секунды
с фрагментами 500 мс



Задержка 1+ сек.



- Сегменты делятся на маленькие фрагменты
- Фрагменты передаются, до окончания формирования полного сегмента
- Плеер быстрее заполняет свой буфер и начинает воспроизведение

L-HLS

- Chunked Transfer Encoding
- **Анонс будущих сегментов**

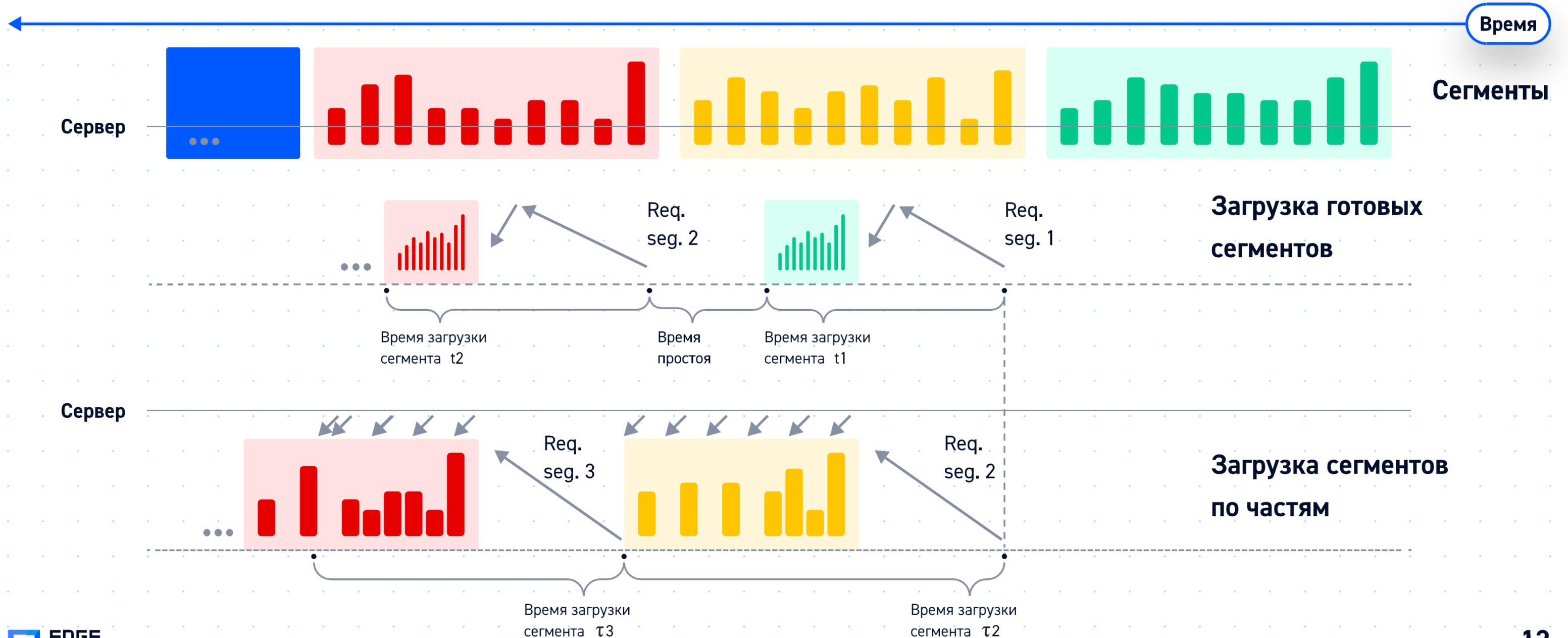
```
#EXTM3U
#EXT-X-VERSION:6
#EXT-X-TARGETDURATION:4
#EXT-X-MEDIA-SEQUENCE:1
#EXT-X-MAP:URI="init-stream0.mp4"
#EXTINF:4.000000,
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2022-09-06T12:52:28.000+0300
'chunk-stream0-79277179-00001.mp4'
#EXTINF:4.000000,
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2022-09-06T12:52:32.000+0300
'chunk-stream0-79277179-00002.mp4'
#EXTINF:4.000000,
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2022-09-06T12:52:36.000+0300
'chunk-stream0-79277179-00003.mp4'
#EXTINF:4.000000,
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2022-09-06T12:52:40.000+0300
'chunk-stream0-79277179-00004.mp4'
#EXTINF:4.000000,
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2022-09-06T12:52:44.000+0300
'chunk-stream0-79277179-00005.mp4'
#EXTINF:4.000000,
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2022-09-06T12:52:48.000+0300
'chunk-stream0-79277179-00006.mp4'
#EXTINF:4.000000,
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2022-09-06T12:52:52.000+0300
'chunk-stream0-79277179-00007.mp4'
#EXTINF:4.000000,
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2022-09-06T12:52:56.000+0300
'chunk-stream0-79277179-00008.mp4'
#EXT-X-PREFETCH:'chunk-stream0-79277179-00009.mp4'
```

Chunked CMAF DASH

- Chunked Transfer Encoding
- Изначально предусмотрены поля контроля временного плана
- Целевая задержка
- Загрузка фрагментов до окончания формирования полного сегмента

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<MPD xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
...
  type="dynamic"
  minimumUpdatePeriod="PT500S"
  availabilityStartTime="2022-09-06T10:07:10.668Z"
  publishTime="2022-09-06T10:07:33.678Z"
  timeShiftBufferDepth="PT28.0S"
  maxSegmentDuration="PT4.0S"
  minBufferTime="PT2.0S">
  <ServiceDescription id="0">
    <Latency target="2000" referenceId="0"/>
  </ServiceDescription>
  <Period id="0" start="PT0.0S">
    <AdaptationSet id="0" contentType="video" ...>
      <Resync dT="500000" type="0"/>
      <Representation id="1" mimeType="video/mp4" ...>
        <ProducerReferenceTime id="1" ...>
          <UTCTiming schemelUri="urn:mpeg:dash:utc:http-xsdate:2014" value="http://localhost:1480/time"/>
        </ProducerReferenceTime>
        <Resync dT="2000000" type="1"/>
        <SegmentTemplate timescale="1000000" duration="4000000" availabilityTimeOffset="3.500"
          availabilityTimeComplete="false" ...>
        </SegmentTemplate>
      </Representation>
    </AdaptationSet>
  </Period></MPD>
```

Chunked Transfer Encoding & ABR



Apple Low Latency HLS

- ~~Chunked Transfer Encoding~~

- Блокировка запросов плейлиста

- Дельта-апдейты плейлиста

- Частичные сегменты

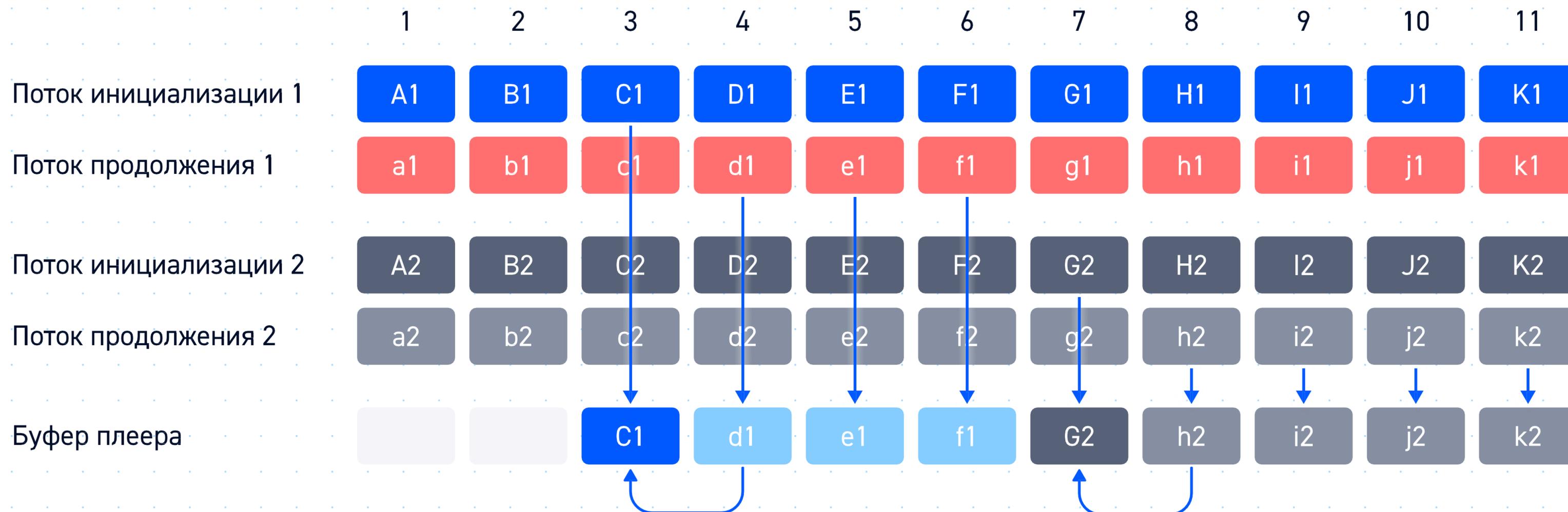
- Анонс будущих сегментов

- Информация о смежных плейлистах

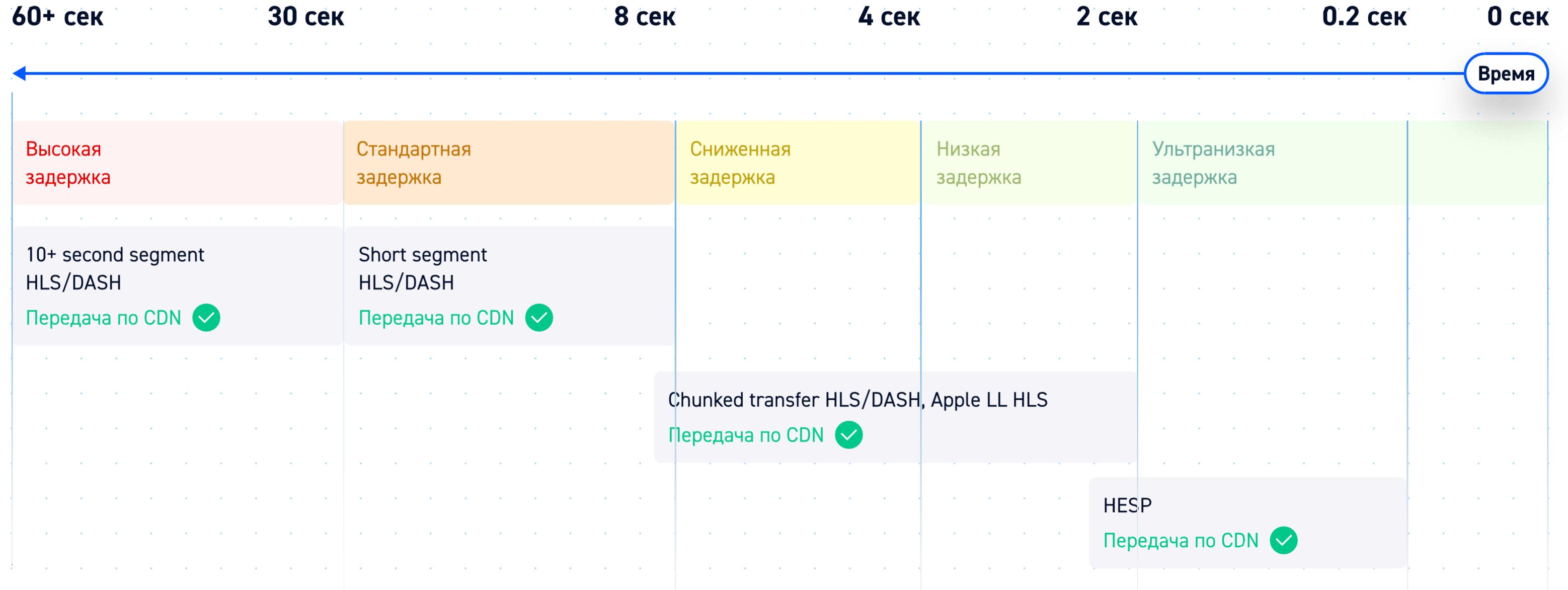
```
#EXTM3U
#EXT-X-VERSION:6
#EXT-X-TARGETDURATION:4
#EXT-X-MEDIA-SEQUENCE:32
#EXT-X-MAP:URI="init-stream1.m4s"
#EXT-X-SERVER-CONTROL:CAN-BLOCK-RELOAD=YES,CAN-SKIP-UNTIL=24,PART-HOLD-BACK=1.500
#EXT-X-SKIP:SKIPPED-SEGMENTS=3
#EXT-X-PART-INF:PART-TARGET=0.500
#EXTINF:4.000000,
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2022-09-28T11:56:12.000+0000
'chunk-stream1-86529245-00032.m4s'
#EXTINF:4.000000,
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2022-09-28T11:56:16.000+0000
'chunk-stream1-86529245-00033.m4s'
#EXTINF:4.000000,
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2022-09-28T11:56:20.000+0000
'chunk-stream1-86529245-00034.m4s'
...
#EXT-X-PART:DURATION=0.50000,URI="chunk-stream1-86529245-00039.m4s?part=0",INDEPENDENT=YES
#EXT-X-PART:DURATION=0.50000,URI="chunk-stream1-86529245-00039.m4s?part=1"
#EXT-X-PART:DURATION=0.50000,URI="chunk-stream1-86529245-00039.m4s?part=2"
#EXT-X-PART:DURATION=0.50000,URI="chunk-stream1-86529245-00039.m4s?part=3"
#EXT-X-PART:DURATION=0.50000,URI="chunk-stream1-86529245-00039.m4s?part=4",INDEPENDENT=YES
#EXT-X-PART:DURATION=0.50000,URI="chunk-stream1-86529245-00039.m4s?part=5"
#EXT-X-PART:DURATION=0.50000,URI="chunk-stream1-86529245-00039.m4s?part=6"
#EXT-X-PRELOAD-HINT:TYPE=PART,URI="chunk-stream1-86529245-00039.m4s?part=7"
#EXT-X-RENDITION-REPORT:URI="..../media0.m3u8",LAST-MSN=00039,LAST-PART=6
#EXT-X-RENDITION-REPORT:URI="..../media2.m3u8",LAST-MSN=00039,LAST-PART=6
```

HESP

- Chunked Transfer Encoding
- Задержка 0,4-2 секунды
- Быстрый старт воспроизведения
- Основан на HTTP и передаётся через CDN
- На 10–20% ниже требования к полосе пропускания
- Поддержка адаптивного битрейта



Сравнение протоколов



Почему решили делать свой JIT packager

- Независимость от вендора
- Собственные глобальная инфраструктура и отдел разработки
- Общие аспекты протоколов удобно реализуются в единой системе
- Метрики и мониторинг
- Быстрая адаптация под свои и клиентские нужды
- Возможность развития
- Обратная совместимость с существующим решением

Почему решили делать свой JIT packager

- Не все решения могут выдавать Apple-LL-HLS и HESP
- Apple Media Stream Segmenter
 - Принимает только MPEG-2 TS over UDP
 - Работает только на MacOS
 - Выкладывает файлы в файловую систему
- HESP Packager + HTTP Origin
 - Передаёт файлы через Redis
 - Написан на TypeScript
- Использование лишних ресурсов
- Дополнительные задержки и зависимости
- Влияние на параллельность и масштабируемость

Как работает наш JIT packager

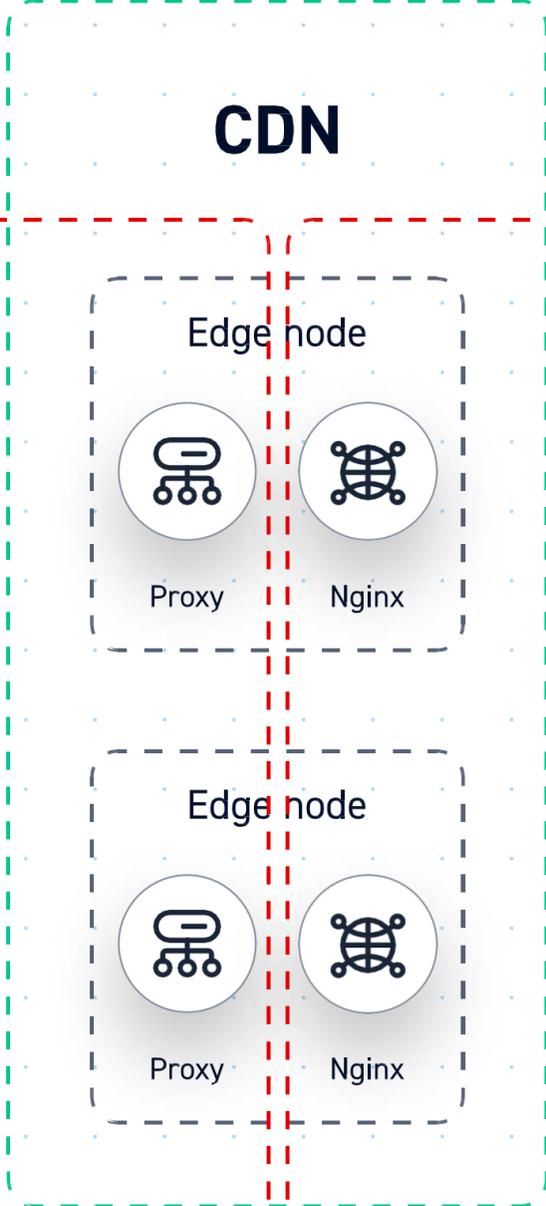


- Go идеален для высоко-нагруженного и высоко-параллельного решения
- Горутины вместо потоков
- Оптимизированный машинный код
- Batteries Included. Отличная stdlib и замечательный HTTP stack
- Высокая скорость и качество разработки

Как работает наш JIT packager

- Приём fmp4 от транскодера (Chunked Transfer Encoding)
- Получение мета-данных из фрагментов
- Формирование плейлистов и сегментов инициализации
- Real time пакетирование и раздача контента
- Всё в одном DASH/HLS/LL-DASH/L-HLS/Apple LL-HLS/HESP
- Один поток для всех форматов
- Работает во внутреннем контуре по HTTP/1.1 без TLS
- Chunked Transfer Encoding
- DVR. Кэширование полных сегментов на диске
- Кэширование частичных HTTP ответов в RAM
- API позволяет EDGE нодам CDN заранее знать на каком Origin лежит контент

Chunked Transfer Encoding

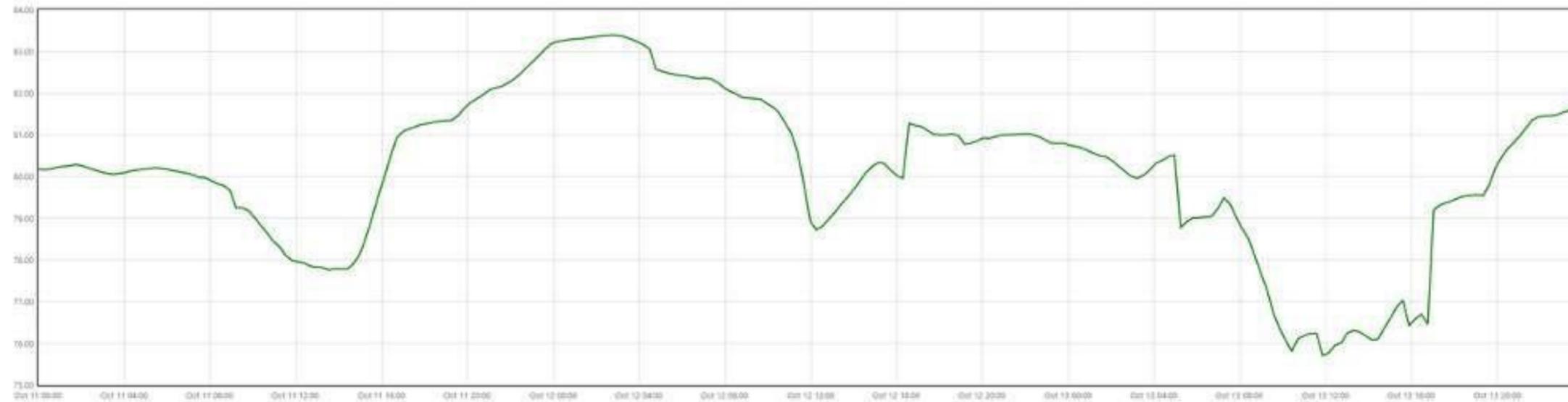


TLS
HTTP/1.1

HTTP/2
HTTP/3
QUICK



Кэшированный трафик



Процент
кэширования

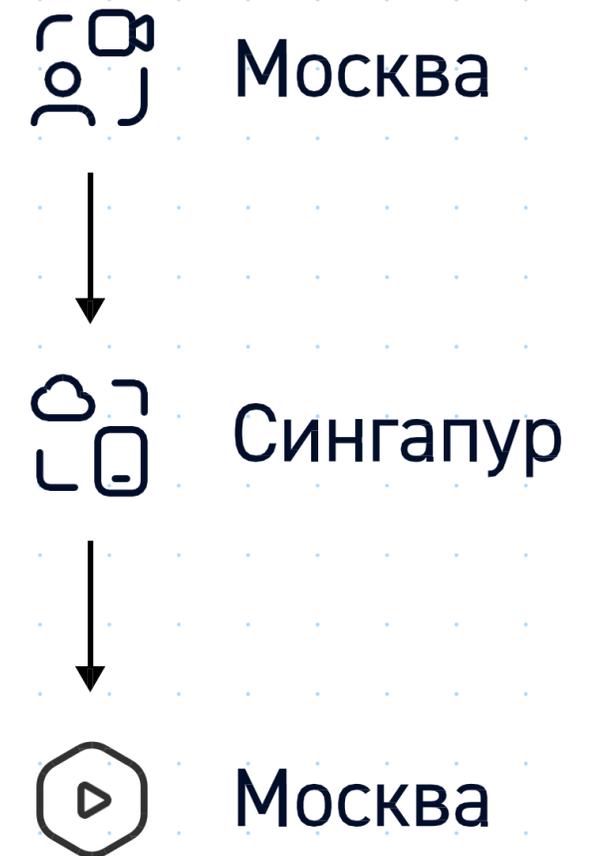


Средний процент
кэширования

Что дальше?

- Уменьшать задержку
- Оптимизировать систему
- Больше метрик и мониторинга
- Улучшать веб-плеер
- Мобильные приложения iOS/Android + исходный код (GitHub)

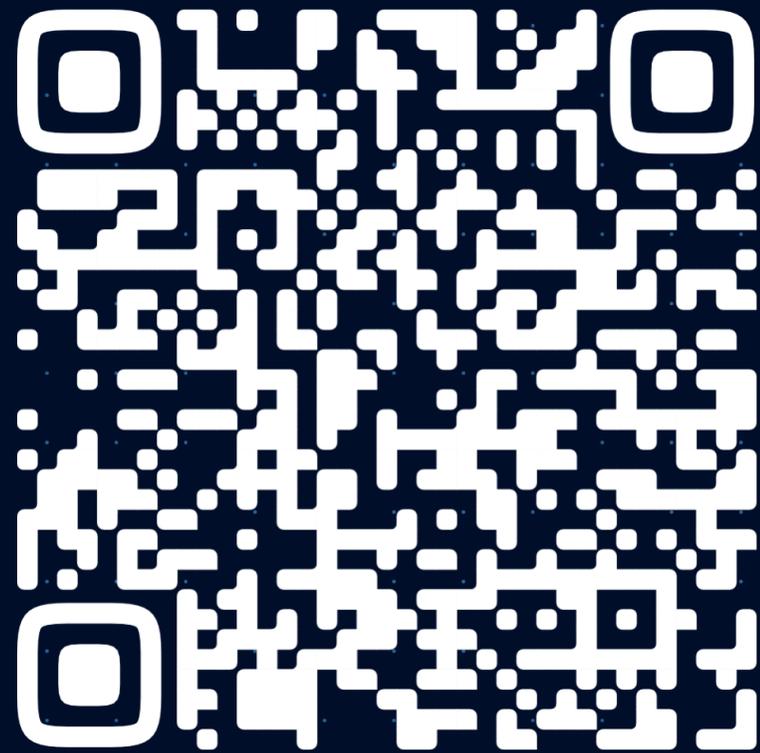
Демо HESP + LL-DASH + Apple LL-HLS



Демо

LL-DASH

[https://albert.servicecdn.ru/
broadcasts/102353_239309](https://albert.servicecdn.ru/broadcasts/102353_239309)



Демо

Apple LL-HLS

[https://albert.servicecdn.ru/
cmaf/102353_409064/master.m3u8](https://albert.servicecdn.ru/cmaf/102353_409064/master.m3u8)





edgecenter.ru

albert.kamalian@edgecenter.ru

8 800 775 08 54