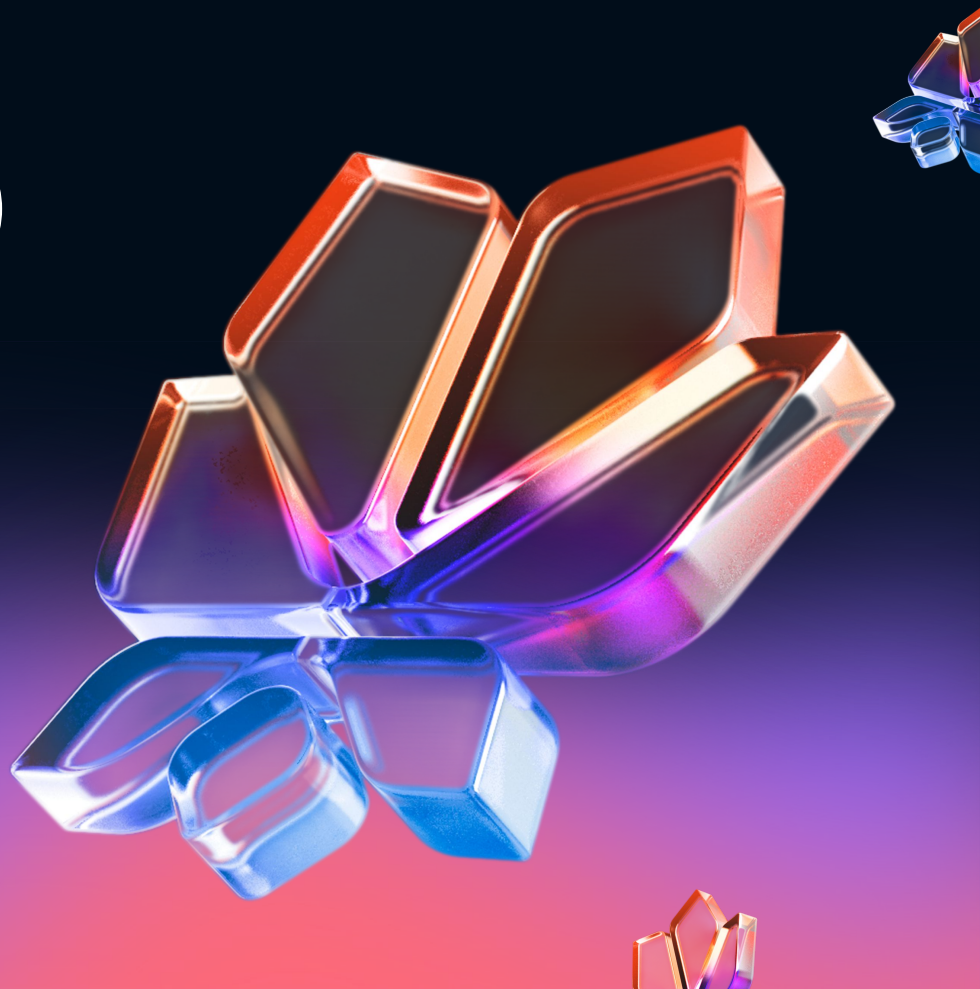


Live Streaming CDN (WebRTC/HLS/RTMP) глазами DevOps

Александр Строгонов
Streaming DevOps инженер
Mayflower



О себе



10+ лет в IT

Прошёл путь от энквейщика до разработчика на Python и DevOps инженера.

3+ года в стриминге

Занимаюсь SRE, инфраструктурой, архитектурой и дежурствами

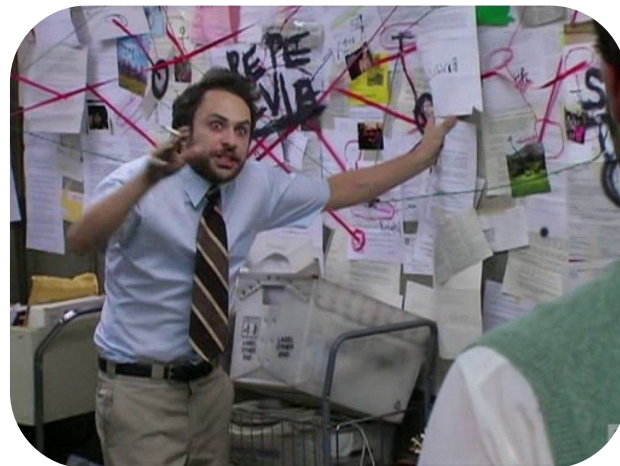


О чём

- ➔ Зачем мы начали строить свой CDN
- ➔ Построение CDN (итерация первая)
- ➔ In-house решение (итерация вторая)
- ➔ Vox solution (итерация третья)
- ➔ Итоги



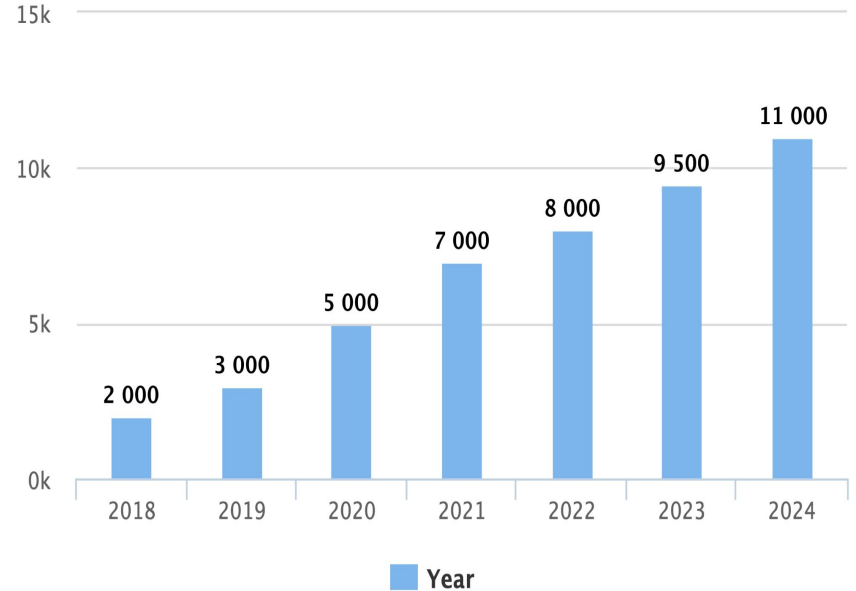
Зачем мы начали
строить свой CDN



Live Streaming Platform

- 10К+ стримов
- 1 млн пользователей в пике
- 12 Пбайт/день — HLS трафик
- 12 Пбайт/день — WebRTC

трафик



SaaS vs On-premise

В поиске идеального
стриминг решения



В поиске идеального стриминг решения: SaaS

Сколько стоит WebRTC трафик в расчёте на 1000 стримов длительностью 8 часов при 2000 вьюверов?

\$ 700К в среднем

Platform	Cost per month, \$
AWS	878.559
Wowza	599.000
Cloudflare	1.000.000
Gcore	844.800



В поиске идеального стриминг решения: On-Premise

- Стоимость лицензии
- Снижение затрат на масштабирование
- Оптимизация использования сетевых ресурсов
- Контроль над инфраструктурой и данными

Platform	Cost per month, \$
Wowza	200.000
Flashphoner	20.833
Nimble Streamer	5.000



В поиске идеального стриминг решения



Написан на java



Коробочное решение



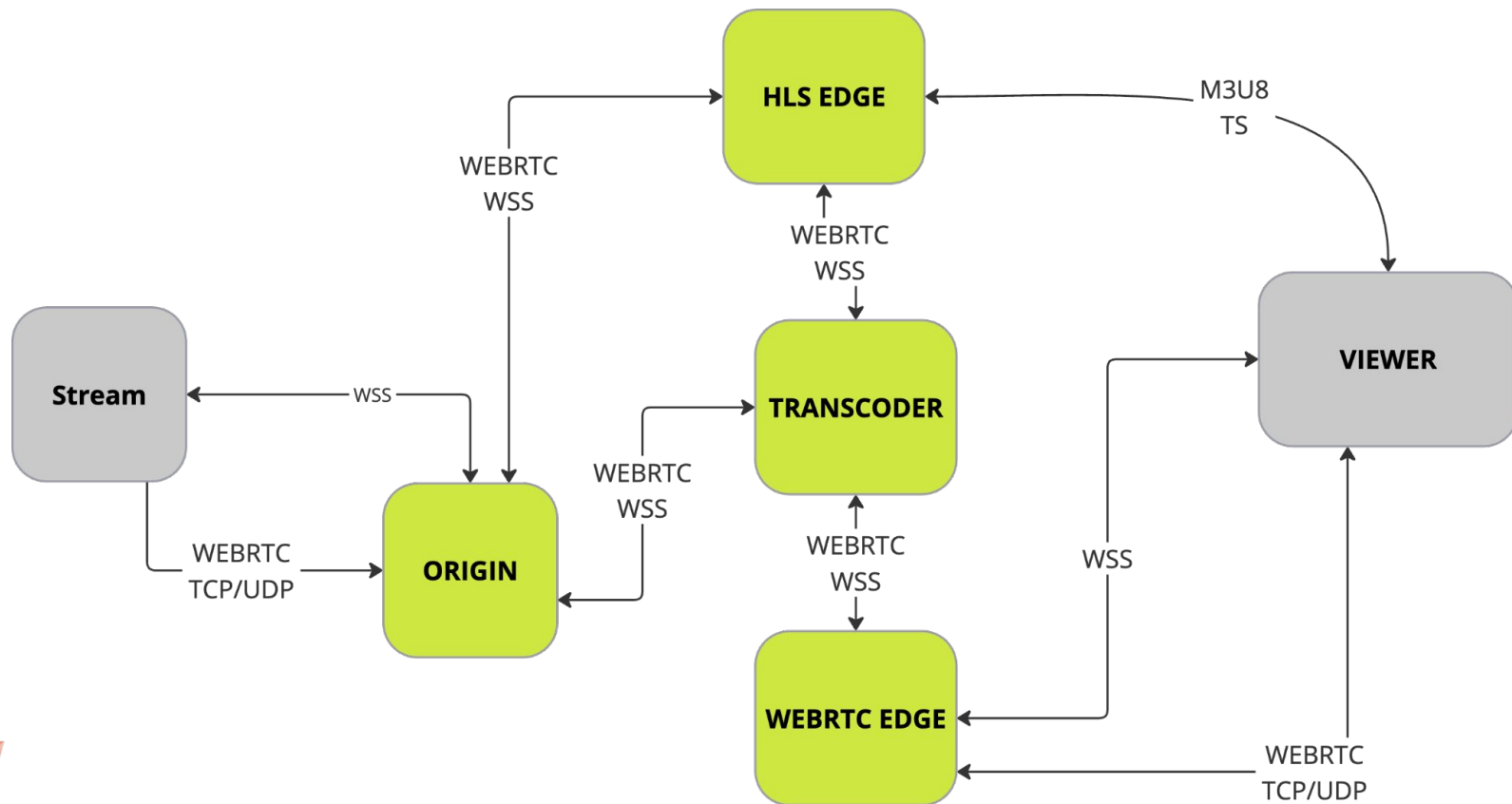
Бета-тест



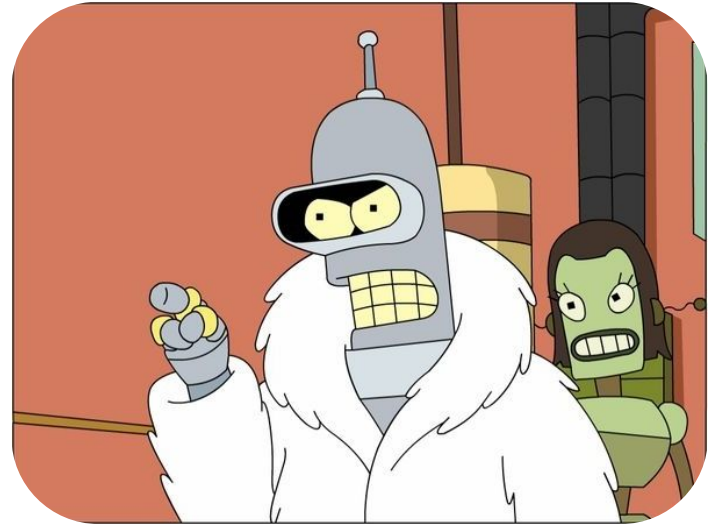
Flashphoner



Архитектура

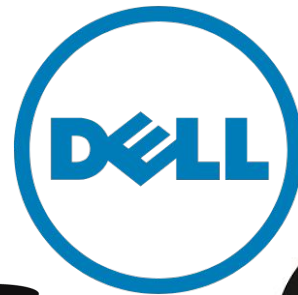


Строим свой CDN



Инфраструктура

- Dell R840/4xGold/128GB;
- CentOS 7
- Ansible
- GitLab CI/CD
- Victoria Metrics
- OpenObserve



VICTORIA
METRICS



ANSIBLE



openobserve



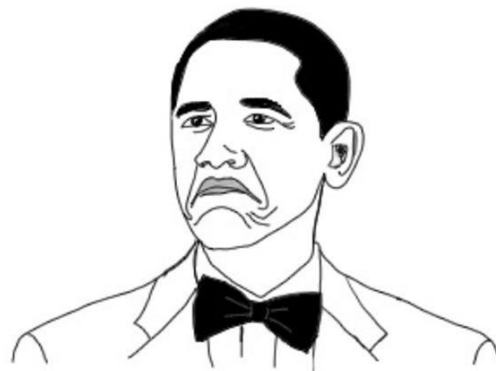
Почему Bare metal

Аренда

- servers.com **\$15.816/год**
2 x Intel Xeon Gold 5220
- OVH **24.000\$/год**
2 x Intel Xeon Gold 6226
- + трафик

Покупка

Dell — **\$20.000**
4 x Intel Xeon Gold 6252



NOT BAD



Почему Bare metal

- 🍪 Полное управление сервером
- 🍪 BIOS (C/P-state, SMT, numa nodes)
- 🍪 Кастомизация железа (SFP, GPU, etc)
- 🍪 Нет накладных расходов на виртуализацию



Оптимизация: PowerPolicy

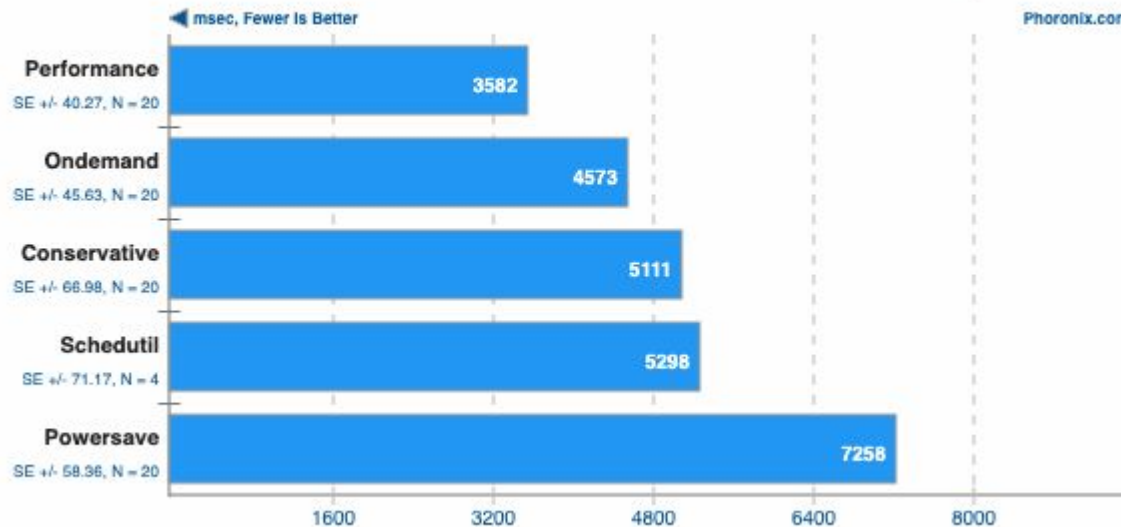
- `cpu_governor powersave/ondemand` -> performance
- `x86_energy_perf_policy` -> performance

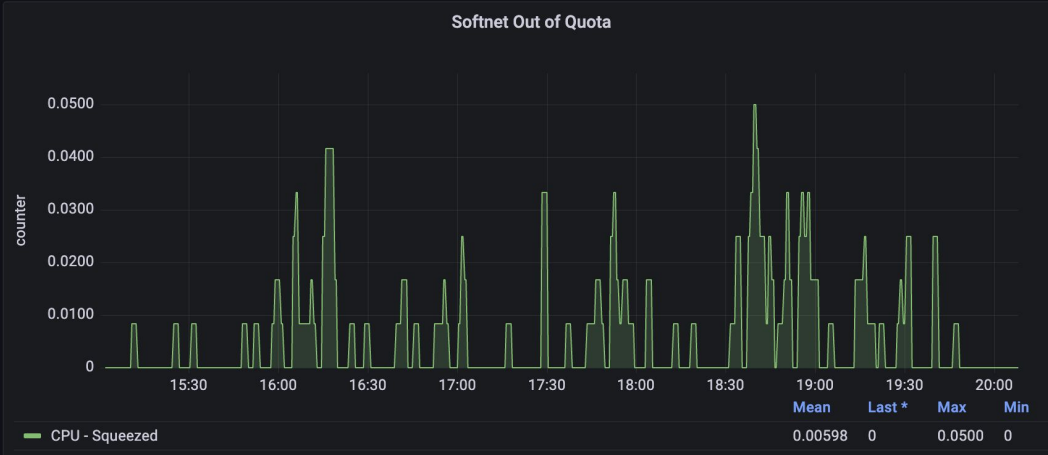
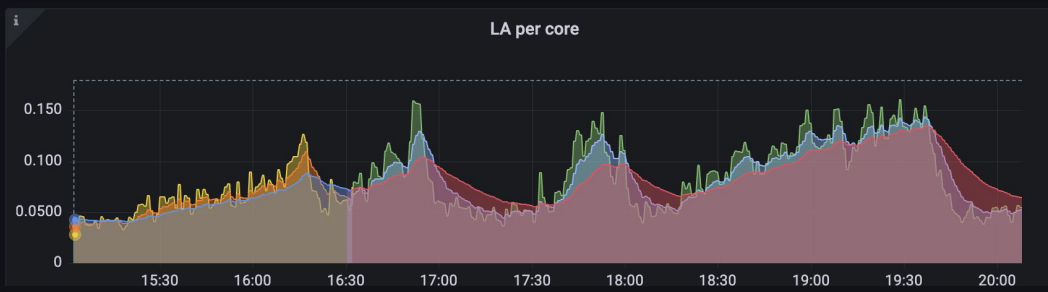
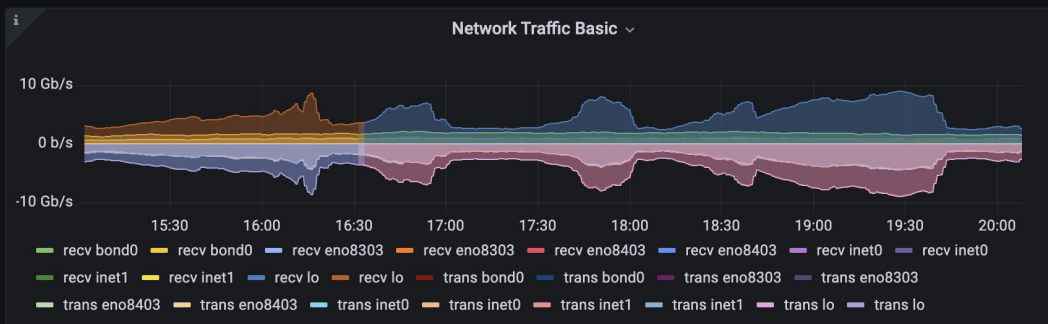
DaCapo Benchmark v9.12-MR1

Java Test: H2

ptsl

Phoronix.com





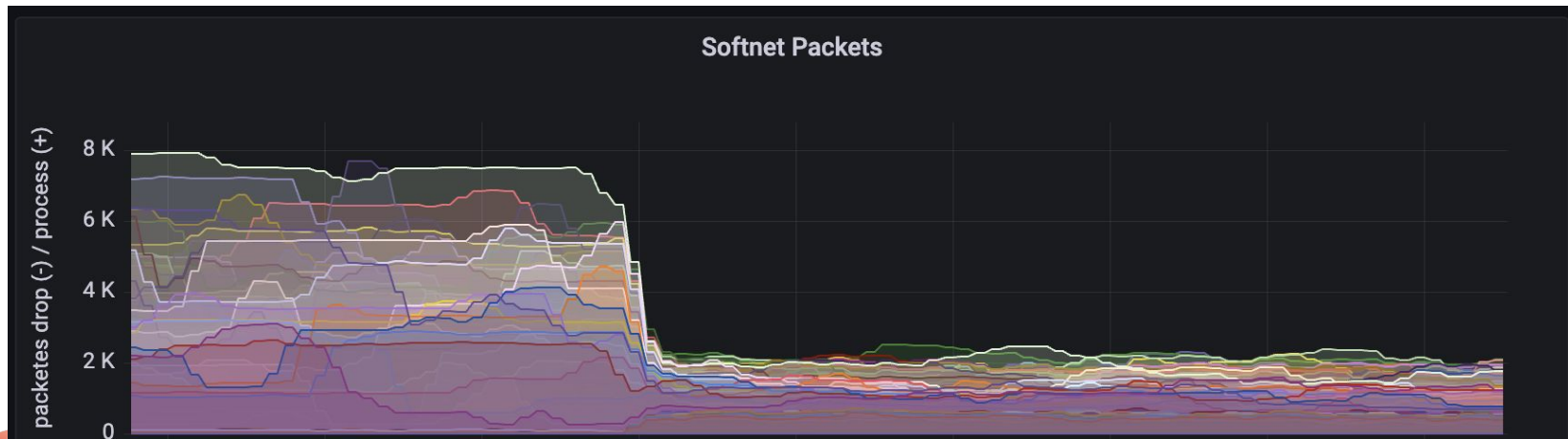
Оптимизации: ethtool

- При сильном росте трафика может случиться bottleneck на сетевых интерфейсах, что приведёт к dropped frames
- Максимально увеличиваем RX/TX ring buffers
- `ethtool -G {eth} tx {MAX_BUFFER} rx {MAX_BUFFER}`



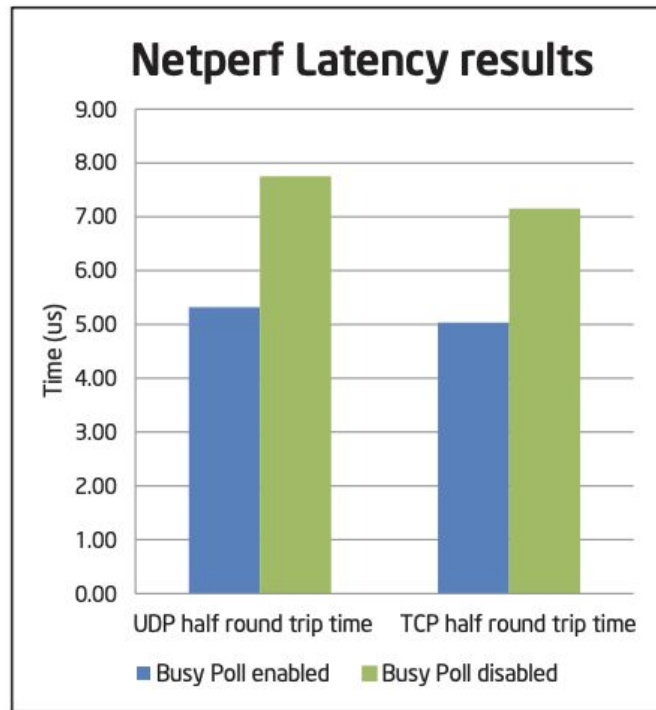
Оптимизации: sysctl busy polling

- Выключаем adaptive interrupt throttle rate (ITR), чтобы уменьшить нагрузку на CPU.
- Ставим rx-usecs и tx-usecs на 80 микросекунд — это ограничивает количество прерываний к 12,500 в секунду на очередь.
- `ethtool -C <ethX> adaptive-rx off adaptive-tx off rx-usecs 80 tx-usecs 80`



Оптимизации: sysctl busy polling

- Busy polling помогает сократить задержку, позволяя сокетам опрашивать очередь eth rx и отключает сетевые прерывания.
- Возрастает нагрузка на CPU
- `sysctl.net.core.busy_poll = 50`
- `sysctl.net.core.busy_read = 50`



Оптимизации: остальные крутилки

- Увеличение буферов для tcp/udp
- Уменьшения таймаутов для syn, retry, fin
- Java heap, Java GC, etc настроены согласно документации.

Не дали ощутимых изменений:

- tcp_congestion_control
- tcp_(timestamps|no_metrics_save|slow_start_after_idle)



Производительность

При LA 0.8 на ядро мы получили:

- 45 стримов на software encoder 720p30;
- 15 стримов на software encoder 1080p30.

Source	Transcoded	Transcoded	Transcoded	Transcoded
1080p30	720p	480p	240p	160p
720p30	480p	240p	160p	



Проблемы

- Бета-тест
- Фиксы и новые фичи доставляются в продукт всё медленнее
- Проблема с Java (GC, stall'ы)
- Приходится горизонтально масштабироваться
- Стоимость

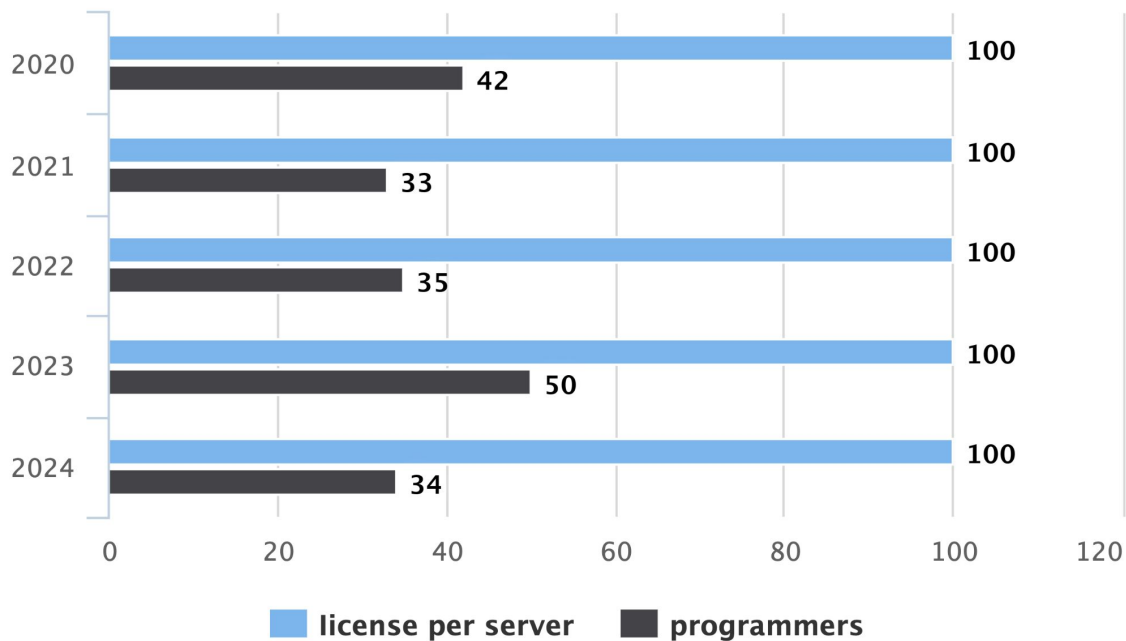


In-house
решение



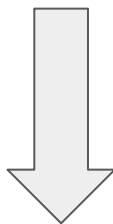
Причины перехода к своей разработке

Во-первых, это ~~красиво~~ дешевле



Причины перехода к своей разработке

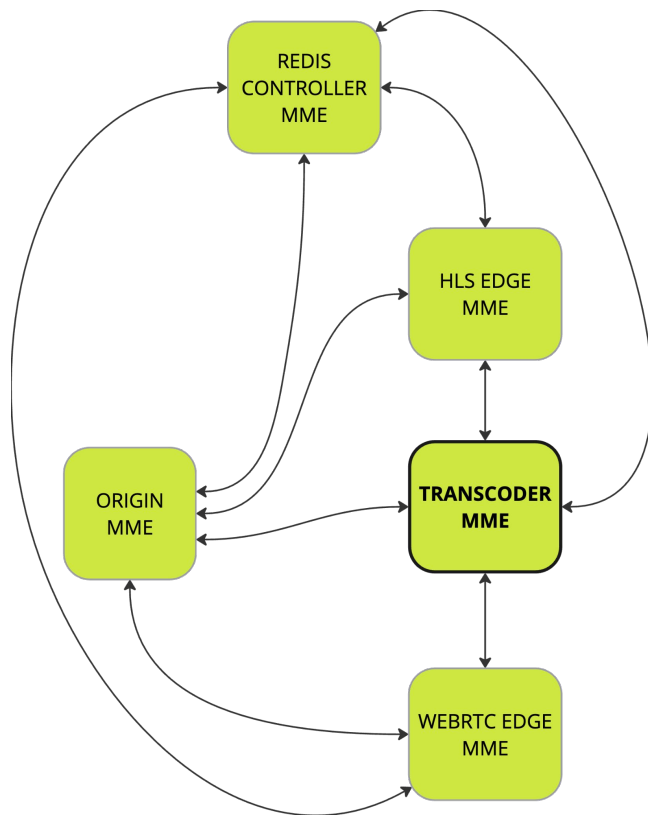
- + Быстрее реализуются фичи и устраняются баги
- + Тесная интеграция команды стриминга и платформы



Появляется команда разработчиков на C++



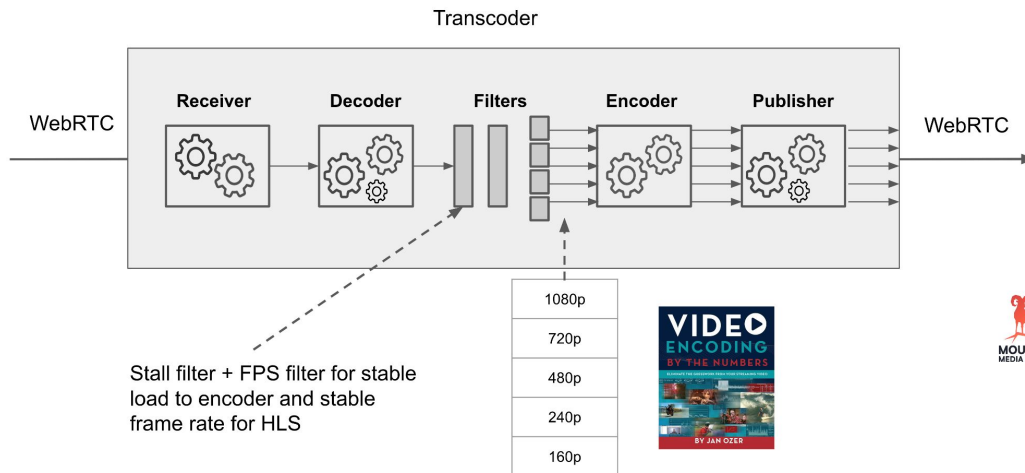
Транскодинг



Транскодинг

- Самый высоконагруженный компонент
- Схема общения и API между компонентами такая же, для совместимости
- Написан отдельный сервис controller, занимающийся балансировкой стримов

Transcoding pipeline



Транскодинг

- 15 стримов 1080p30 Flashphoner
- LA 0.8

Type	Card stream density	Server stream density (1080p30)	Number of servers
Software	0	15	666.6(6)



Транскодинг

- 20 стримов 1080p30 in-house
- LA 0.8

Type	Card stream density	Server stream density (1080p30)	Number of servers
Software	0	15	666.6(6)
Software	0	20	500



Транскодинг

- 16 стримов 1080p30 in-house (nvidia)
- Dell r940ха на 6 pci-e слотов
- 150 стримов на Dell r940ха

Type	Card stream density	Server stream density (1080p30)	Number of servers
Software	0	15	666.6(6)
Software	0	20	500
NVIDIA T4 (6 pci-e)	16	96	105



Транскодинг

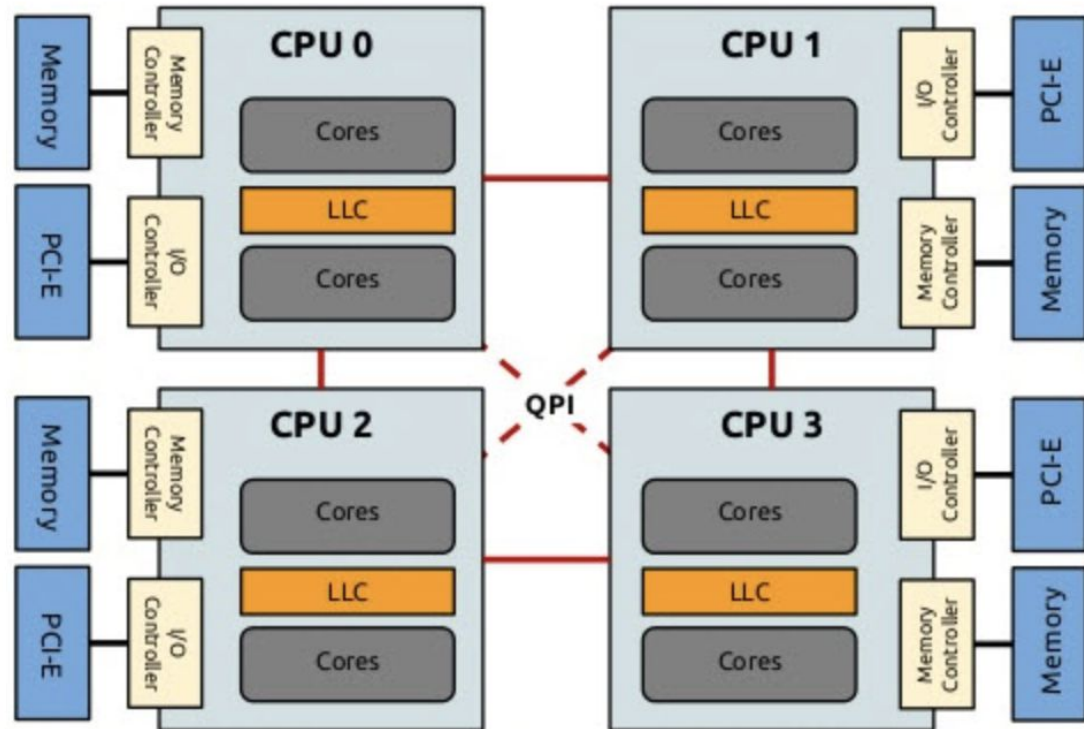
- 25 стримов 1080p30 in-house (asic)
- 150 стримов 6 pci-e на Dell r940ха
- LA 0.8 -> 0.3
- стоимость одного стрима упала с \$1000 до \$197

Type	Card stream density	Server stream density (1080p30)	Number of servers
Software	0	15	666.6(6)
Software	0	20	500
NVIDIA T4 (6 pci-e)	16	96	105
ASIC (6 pci-e)	25	150	67

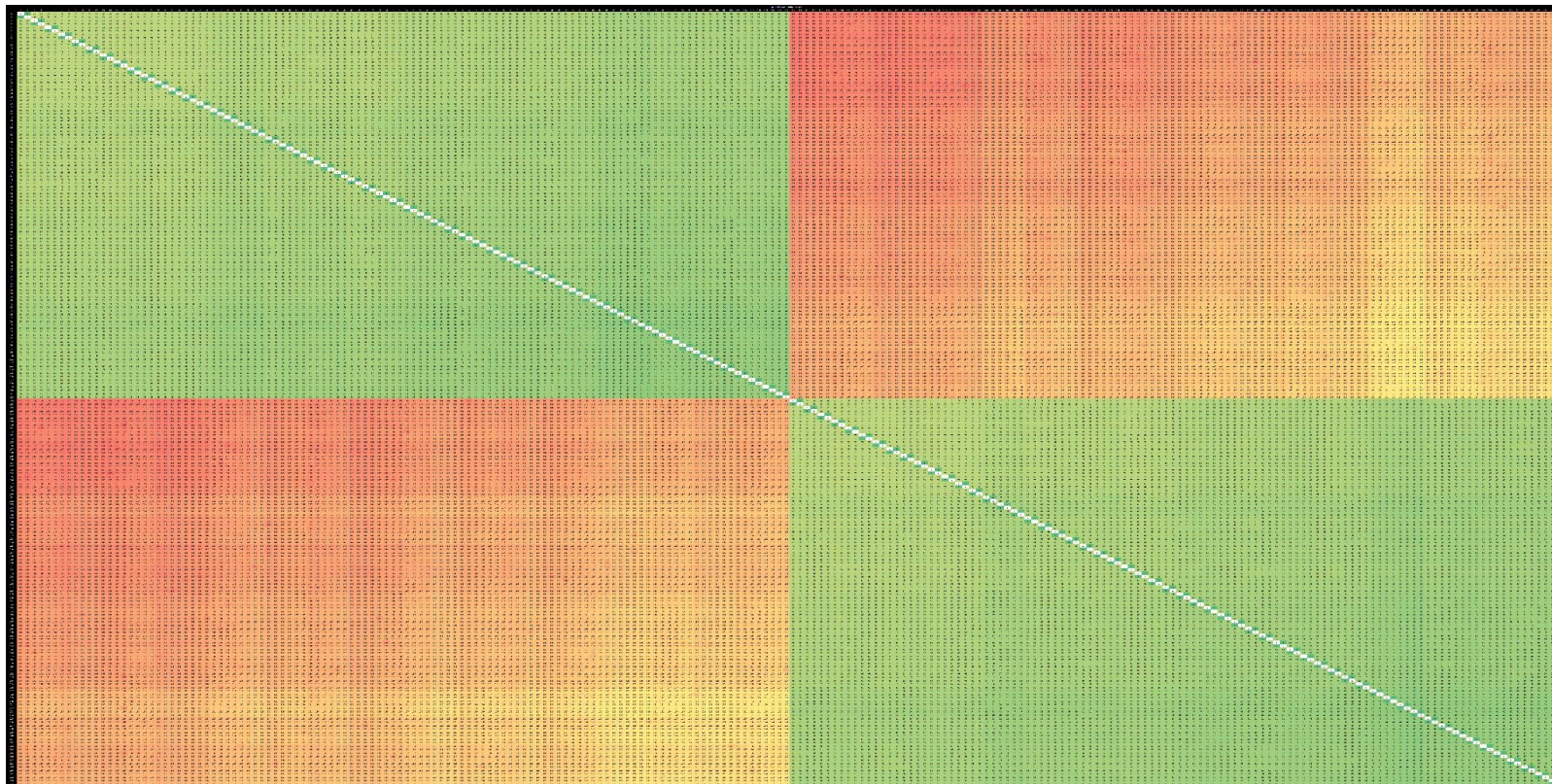


Транскодинг: Numa

- numactl
- taskset



Транскодинг: Numa



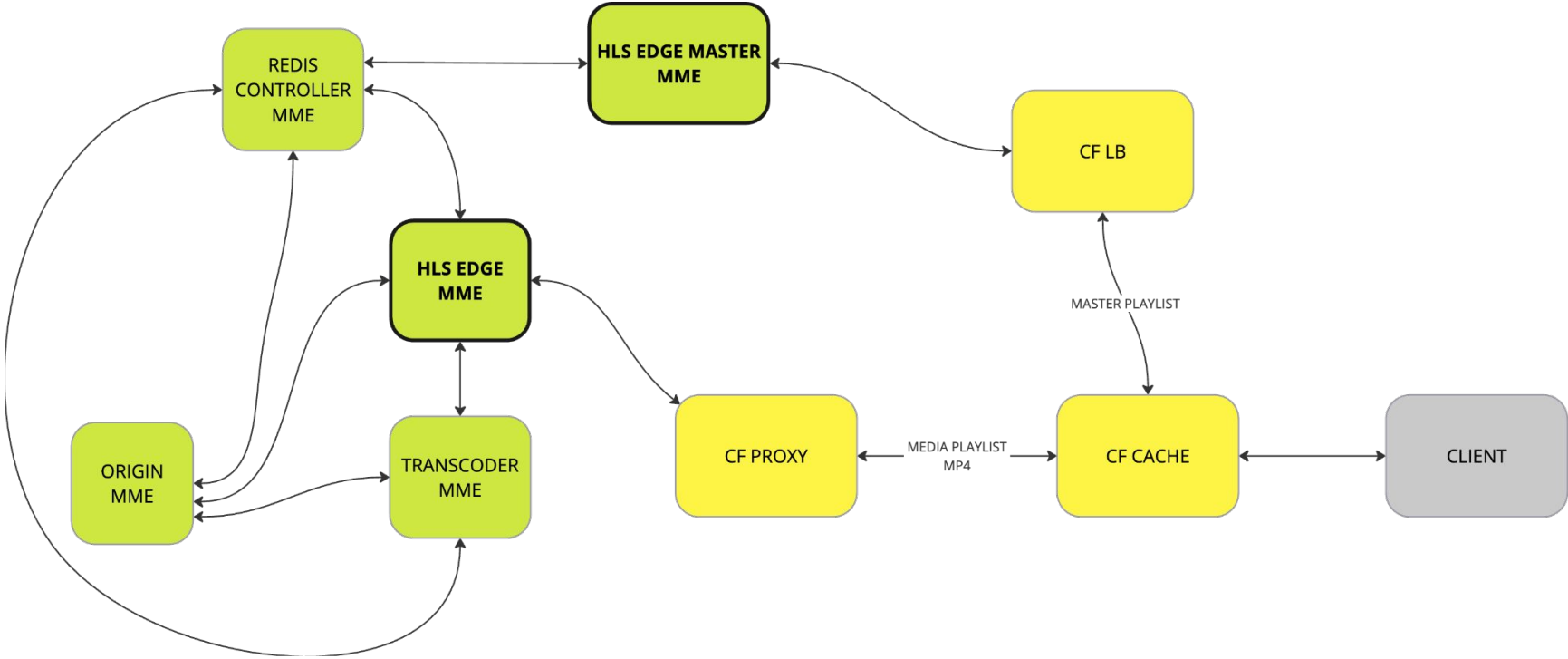
Транскодинг

- существуют шасси с большим кол-вом pci-e слотов

Type	Card stream density	Server stream density (1080p30)	Number of servers
Software	0	15	666.6(6)
Software	0	20	500
NVIDIA T4 (6 pci-e)	16	96	105
ASIC (6 pci-e)	25	150	67
ASIC (16 pci-e)	25	400	25

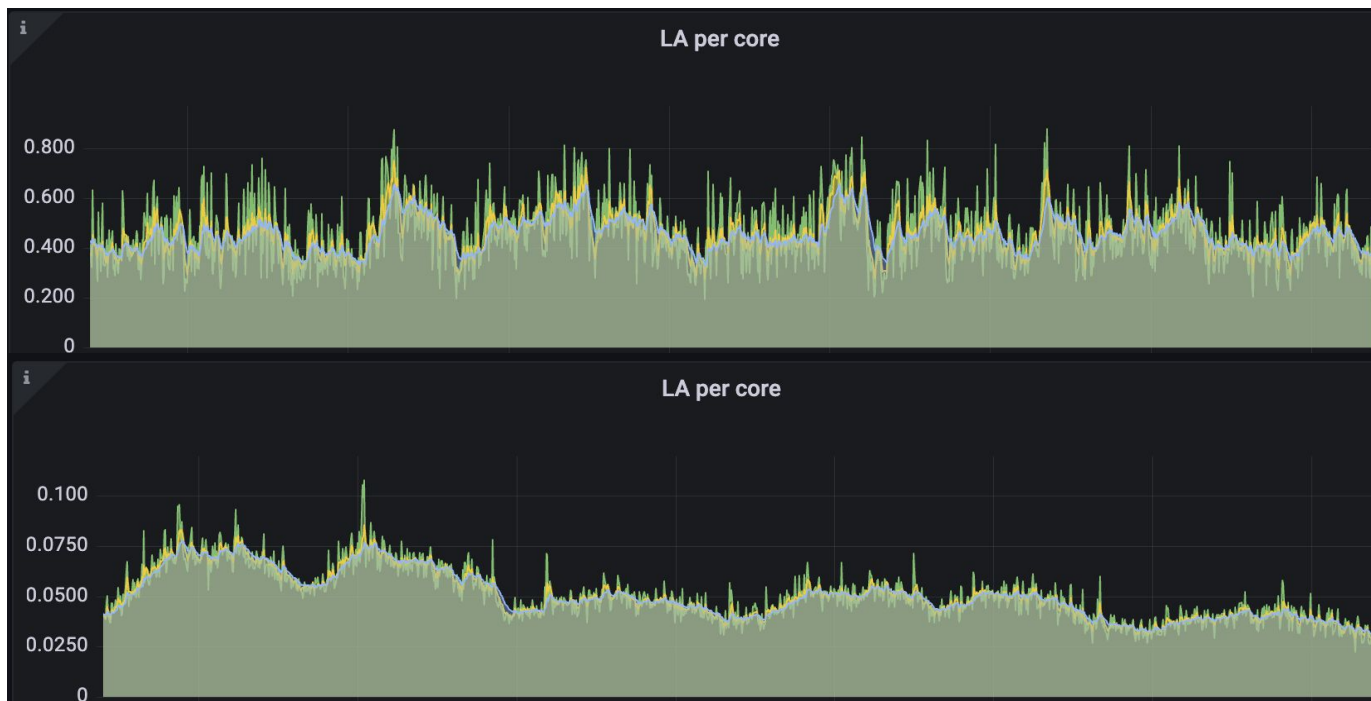


HLS-EDGE



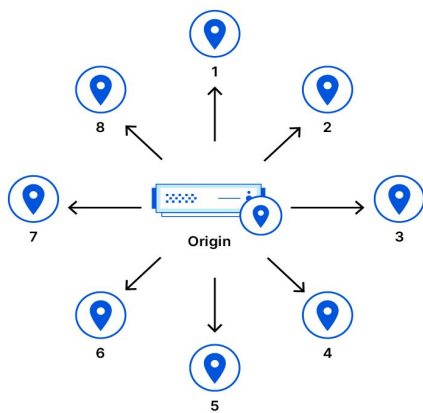
HLS-EDGE

Уменьшение LA 0.7 -> 0.08

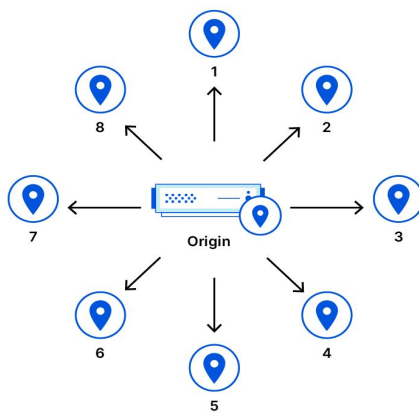


HLS-EDGE: Tiered Cache (Origin Shield)

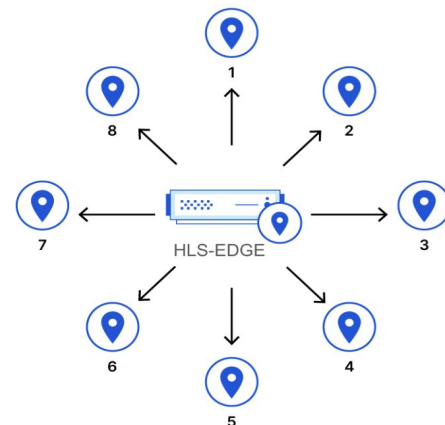
- Каждый Edge ExtCDN отправляет запрос на наши сервера
- Нагрузка умножается на количество ExtCDN провайдеров



ExtCDN N°1



ExtCDN N°2

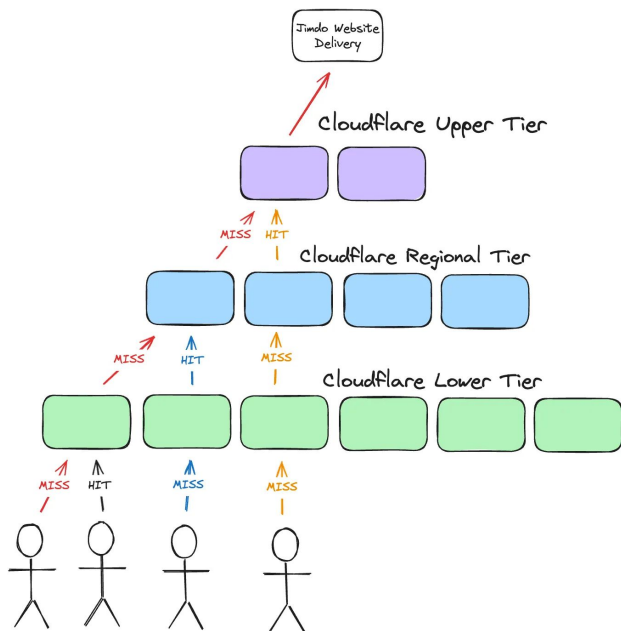


ExtCDN N°X



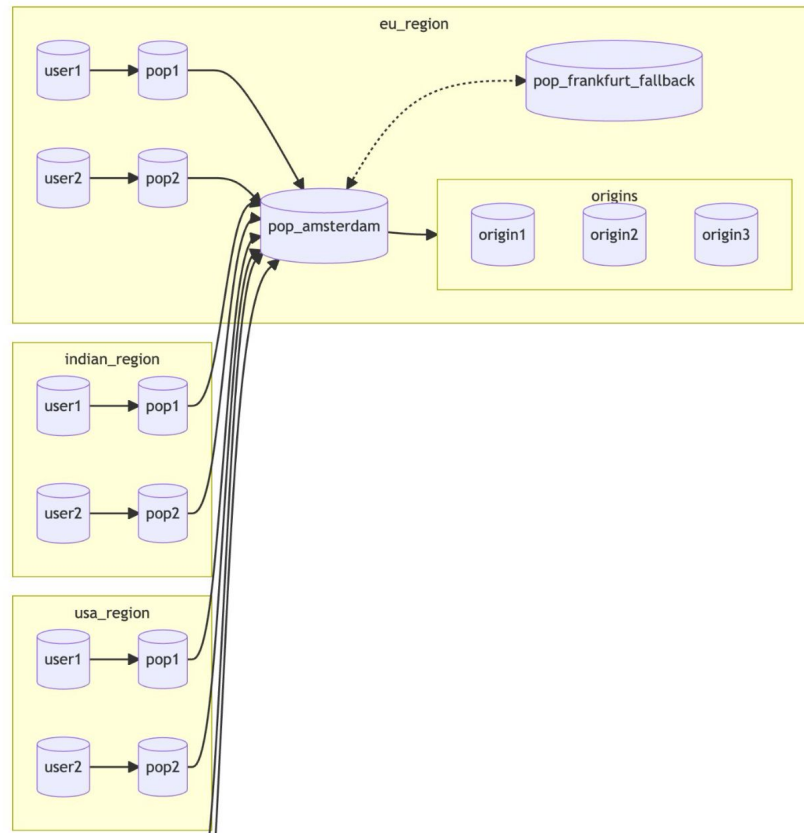
HLS-EDGE: Tiered Cache (Origin Shield)

Разные виды уровней кеша ExtCDN



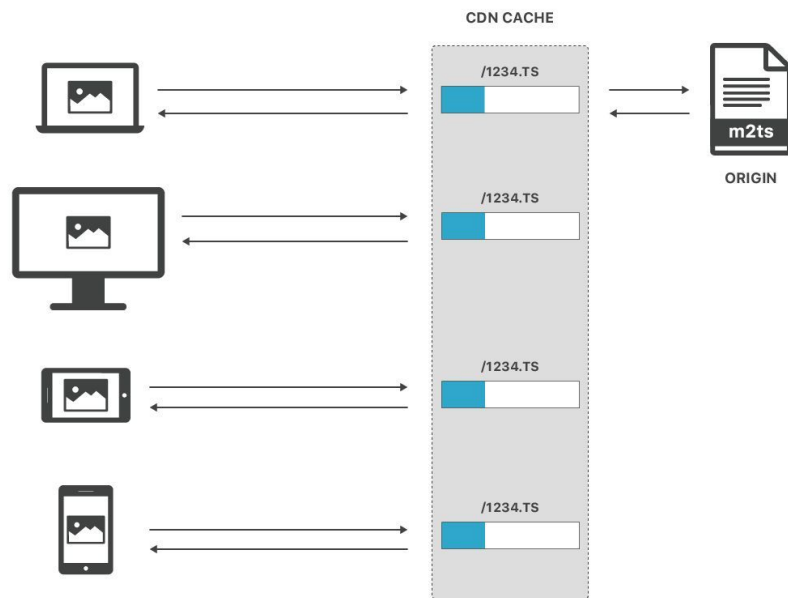
HLS-EDGE: Tiered Cache (Origin Shield)

- Два уровня кеша ExtCDN
- Мастер ExtCDN Edge (Origin PoP)
- Региональный ExtCDN Edge



HLS-EDGE: ExtCDN Concurrent Cache

ExtCDN при отсутствии файла в cache выполняется только один запрос



HLS-EDGE: ExtCDN Concurrent Cache

Не работает:

- превышен таймаут.
- код ответа 5xx.
- «вымылся» кеш из PoP.
- добавили ещё одного ExtCDN провайдера.



HLS-EDGE: Nginx Cache

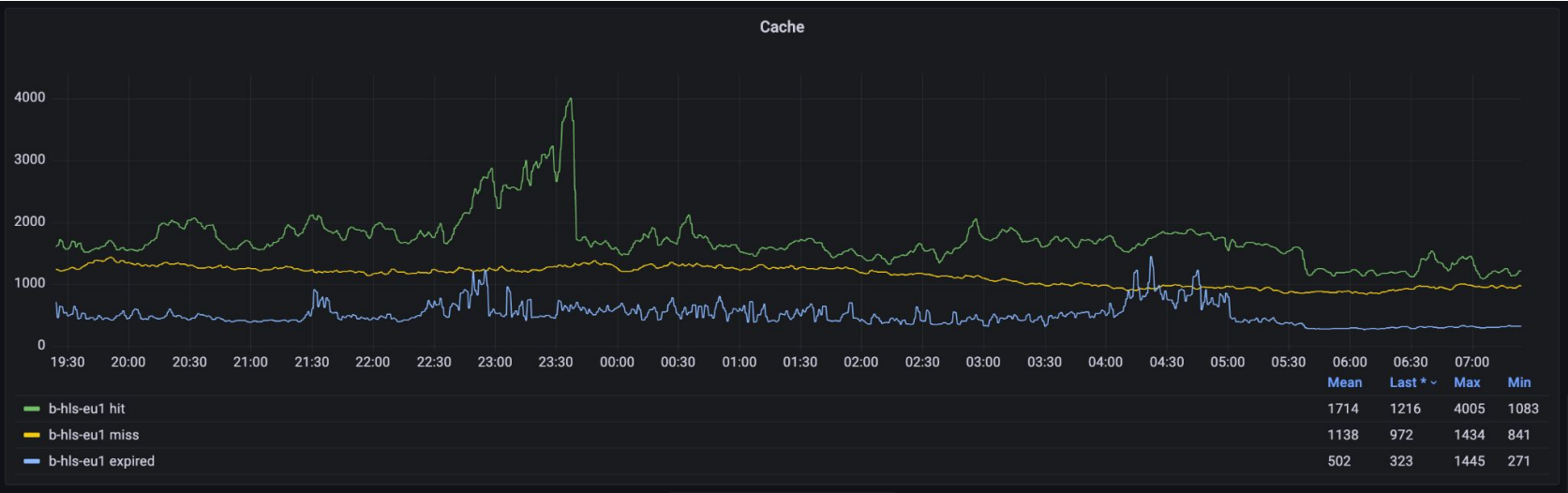
- `sub_filter domain.local $map_host_tld`

```
#EXTM3U
#EXT-X-VERSION:6
#EXT-X-TARGETDURATION:2
#EXT-X-INDEPENDENT-SEGMENTS
#EXT-X-MEDIA-SEQUENCE:320
#EXT-X-DISCONTINUITY-SEQUENCE:0
#EXT-X-MAP:URI="https://          .local/hls/108784200/108784200_init_FeyPpN6IoTk2vXxE.mp4"
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2024-02-16T21:26:25.743+0000
#EXTINF:2.003
https://          .local/hls/108784200/108784200_320_SVxjn0q5999N04aa_1708118779.mp4
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2024-02-16T21:26:21.783+0000
#EXTINF:2.002
https://          .local/hls/108784200/108784200_321_QpJw0J7oD1aIGWnx_1708118781.mp4
#EXT-X-PROGRAM-DATE-TIME:2024-02-16T21:26:23.763+0000
#EXTINF:2.002
https://          .local/hls/108784200/108784200_322_y0kLmfbH7g0gALhH_1708118783.mp4
```



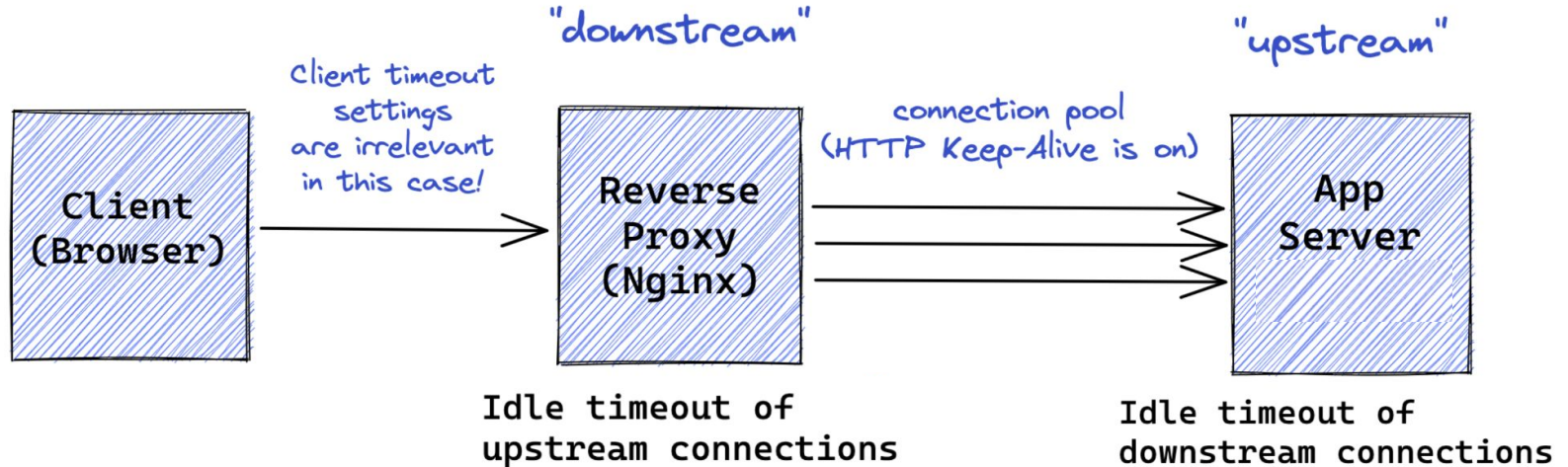
HLS-EDGE: Nginx Cache

- proxy_cache



HLS-EDGE: Nginx

- nginx try_files стоит намного дешевле, чем proxy_pass
- сохранение чанков на tmpfs



HLS-EDGE: Nginx

- nginx njs (ограничение отдачи чанков по timestamp)

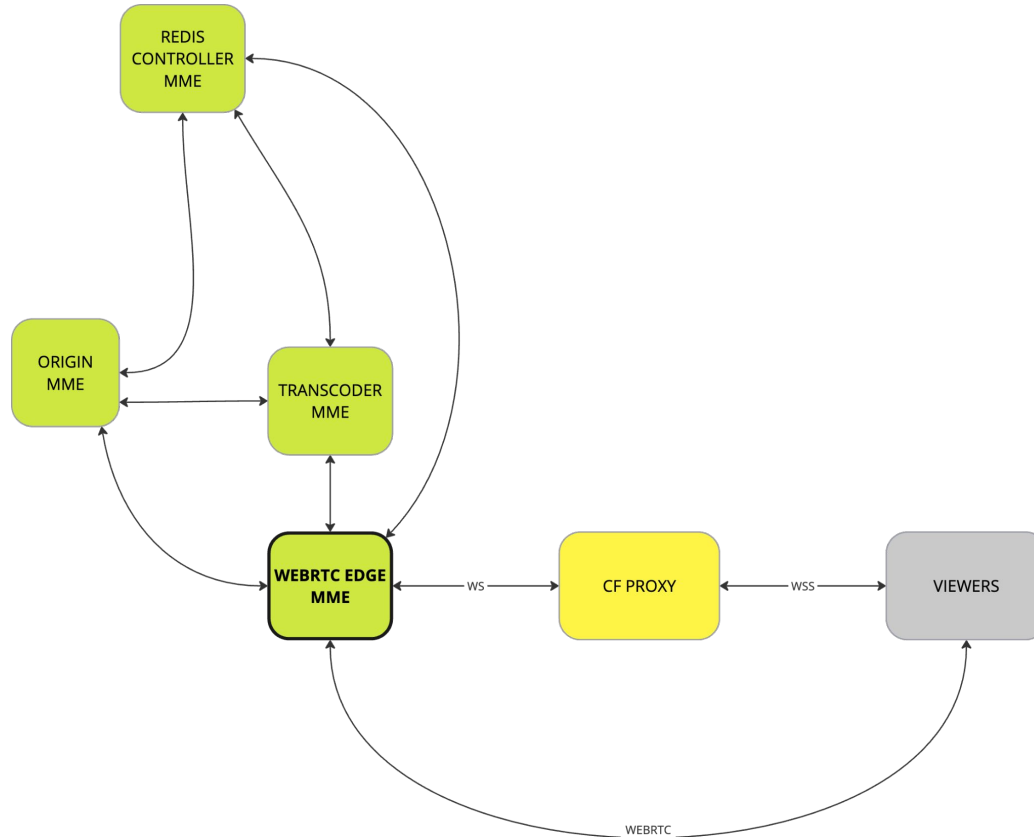
▼ General		
Request URL:	https://	/hls/91712823/91712823_720p_1171_wevftAIHaRglfOnb_1724905889_part2.mp4
Request Method:	GET	
Status Code:	● 200 OK	

```
const lines = /_(\d{10})(?:_(?:part\d+))?.mp4/.exec(r.uri);
if (!lines || !lines[1]) {
  return 0;
}
const max_ts_diff = 30; // 30s
const date_now = Math.floor(Date.now() / 1000);
const date_diff = date_now - parseInt(lines[1]);

if (date_diff > max_ts_diff || date_diff < -5) {
  timestamp = 0;
}
```



WebRTC-EDGE



WebRTC-EDGE

Уменьшение LA 0.6 -> 0.2



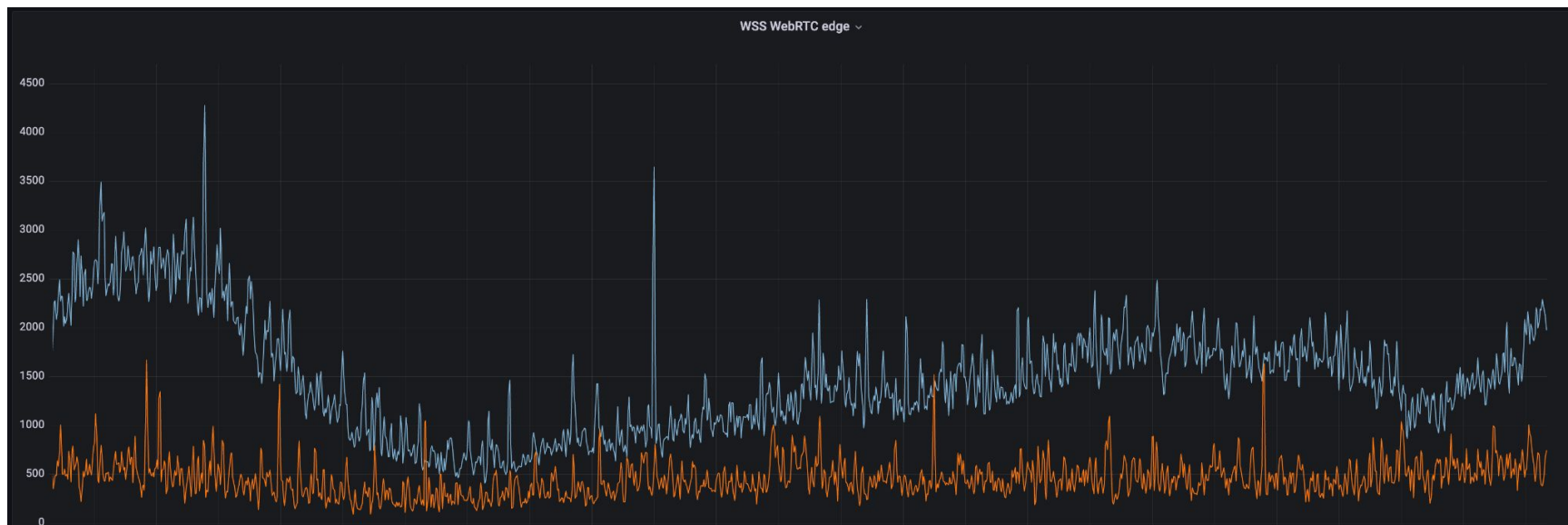
WebRTC-EDGE

- Сигналинг через WSS
- Некачественная связь вызывает реконнект у пользователя



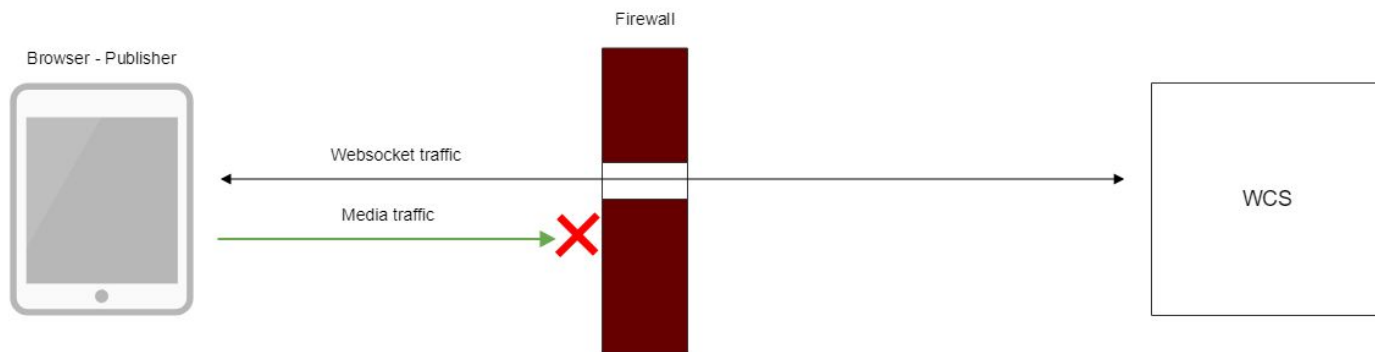
WebRTC-EDGE: Proxied WSS

- WSS с помощью проксирования средствами ExtCDN



WebRTC-EDGE

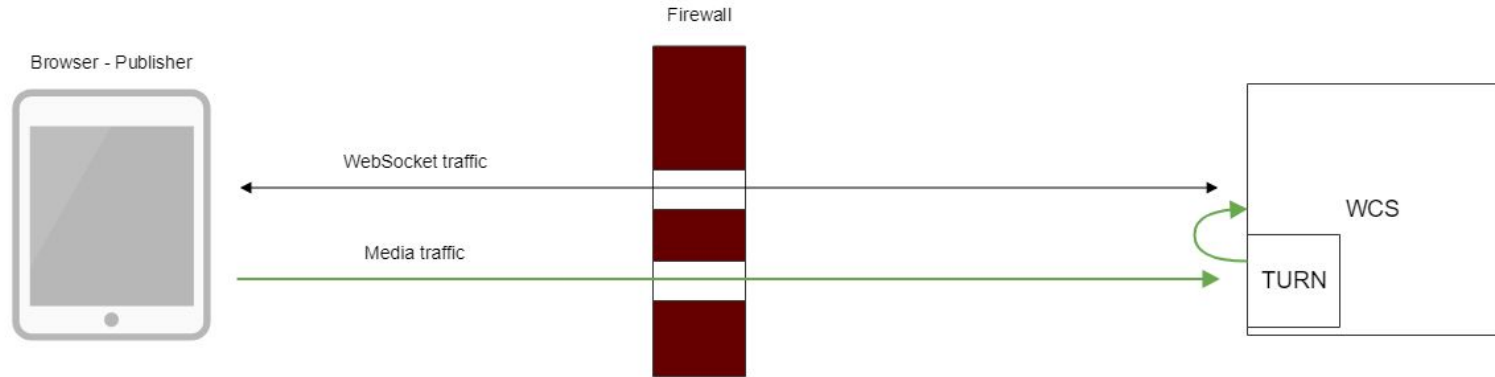
У пользователя открыты только порты 80,443



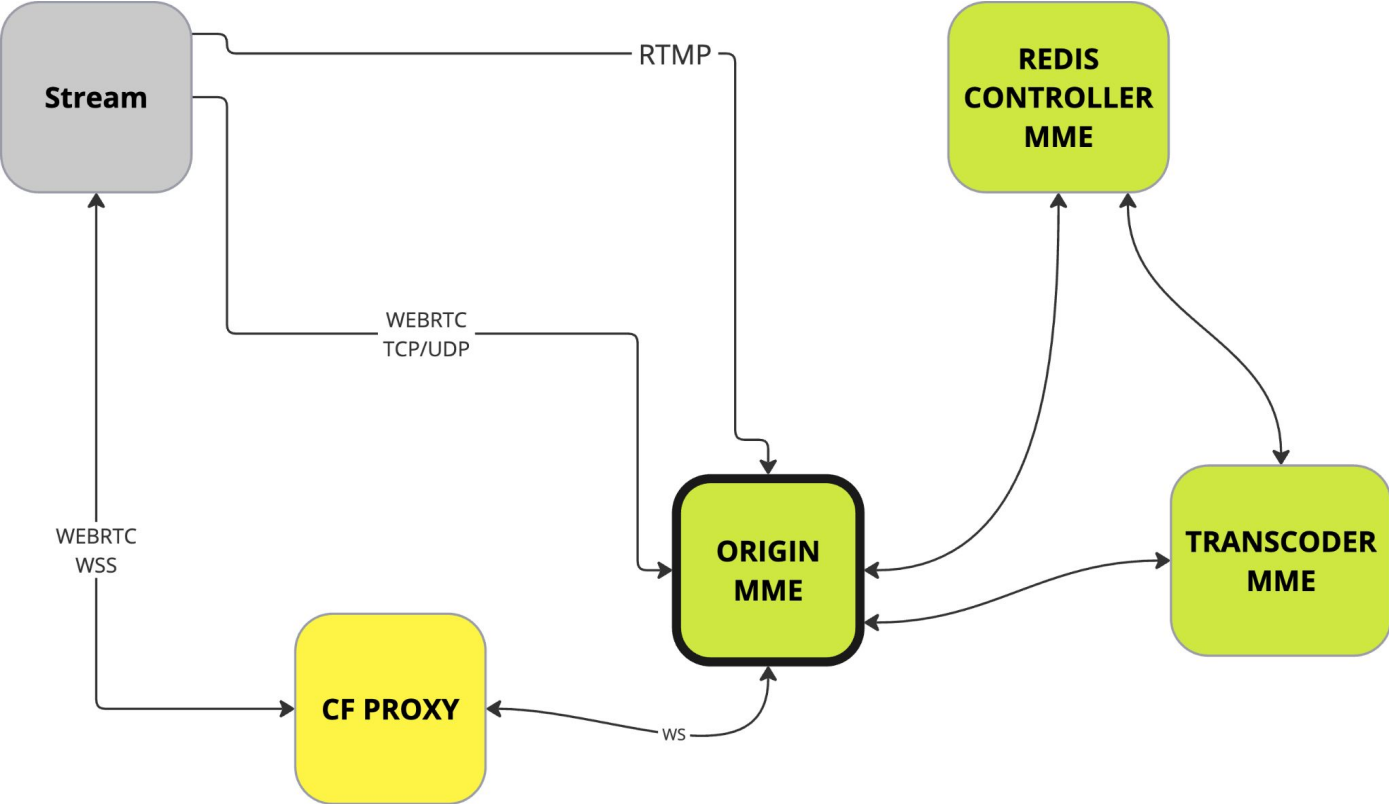
WebRTC-EDGE: TURN

- turn listen wan_ip:80 udp
- turn listen relay_addr 127.0.0.x:80 tcp
- nginx tcp stream wan_ip:80 tcp

```
["turn:turn.domain.local:80?transport=udp",  
"turn:turn.domain.local:80?transport=tcp"]
```

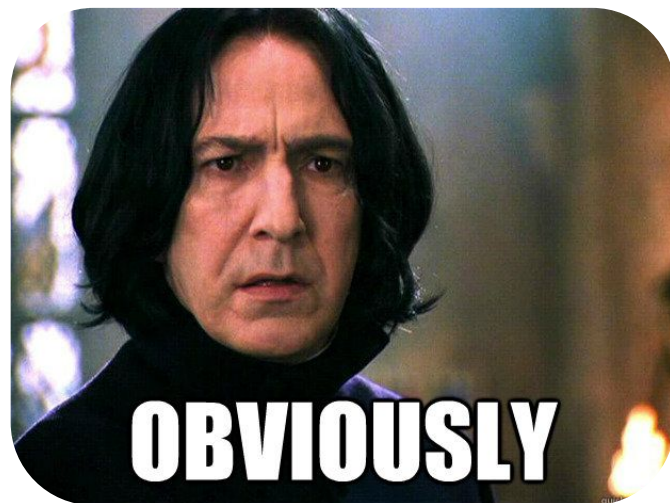


ORIGIN



ORIGIN

Уменьшение LA 0.6 -> 0.2



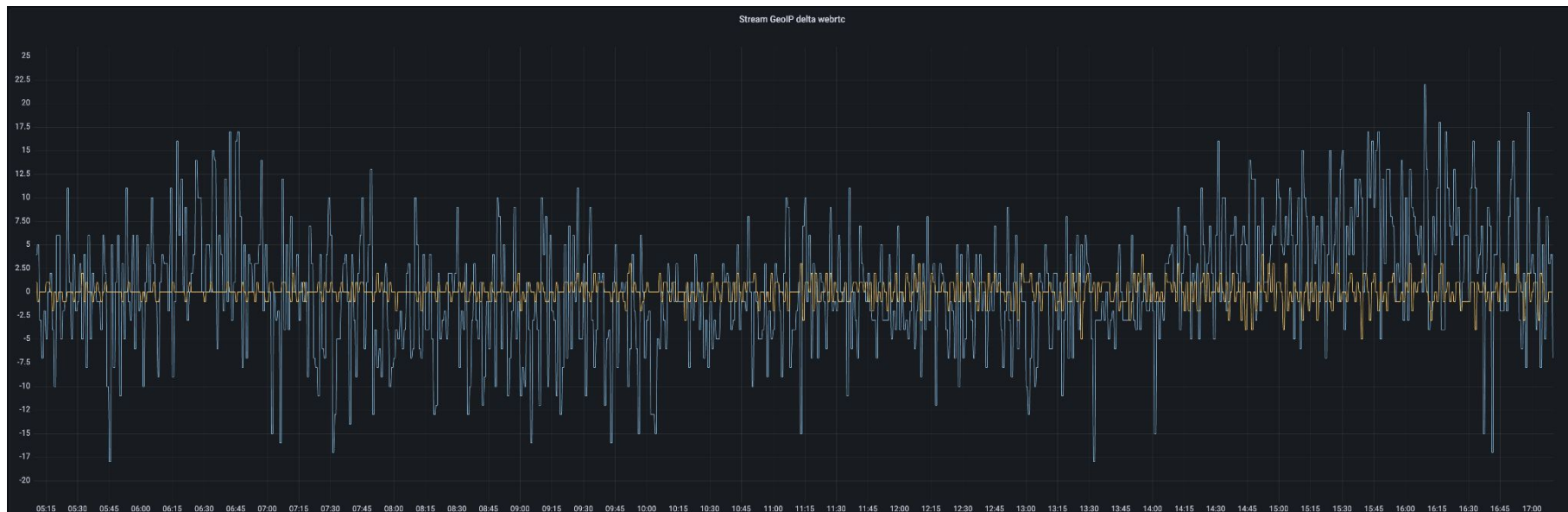
ORIGIN

- сигналинг через WSS для WebRTC
- некачественная связь вызывает реконнект у стримера



ORIGIN: Proxied WSS

WSS с помощью проксирования средствами ExtCDN



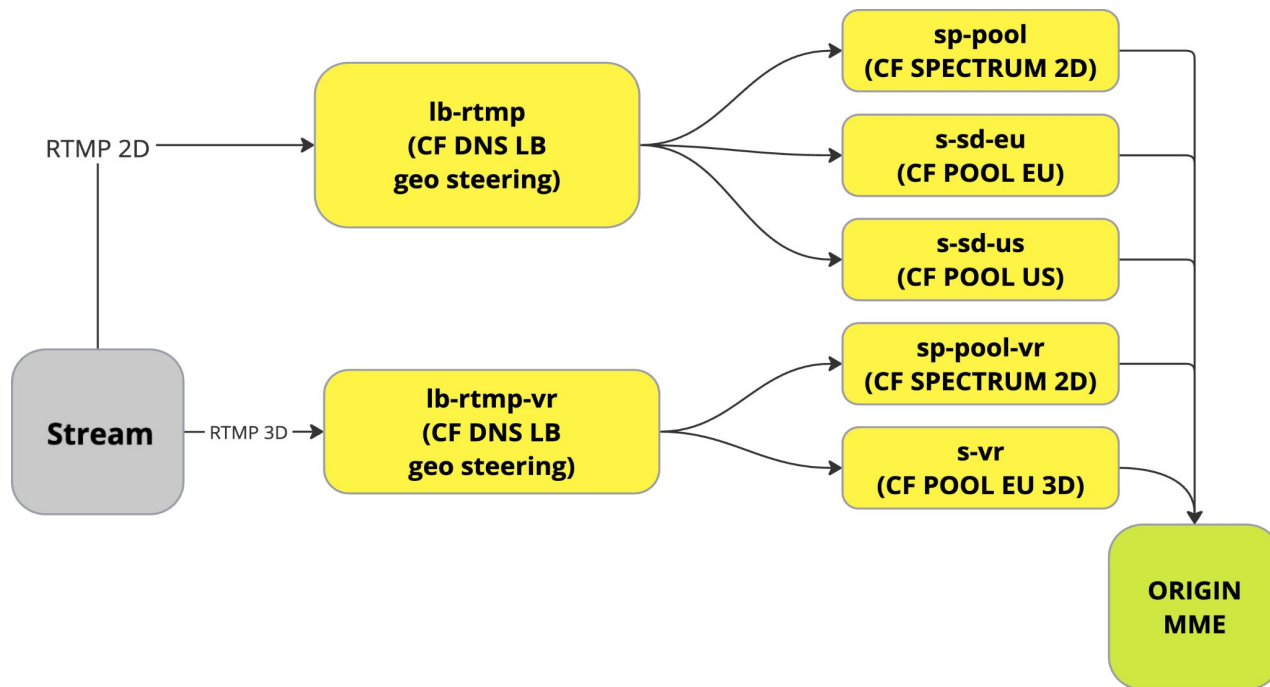
ORIGIN

- такая же проблема у стримеров по RTMP
- хочется балансировать нагрузку по регионам

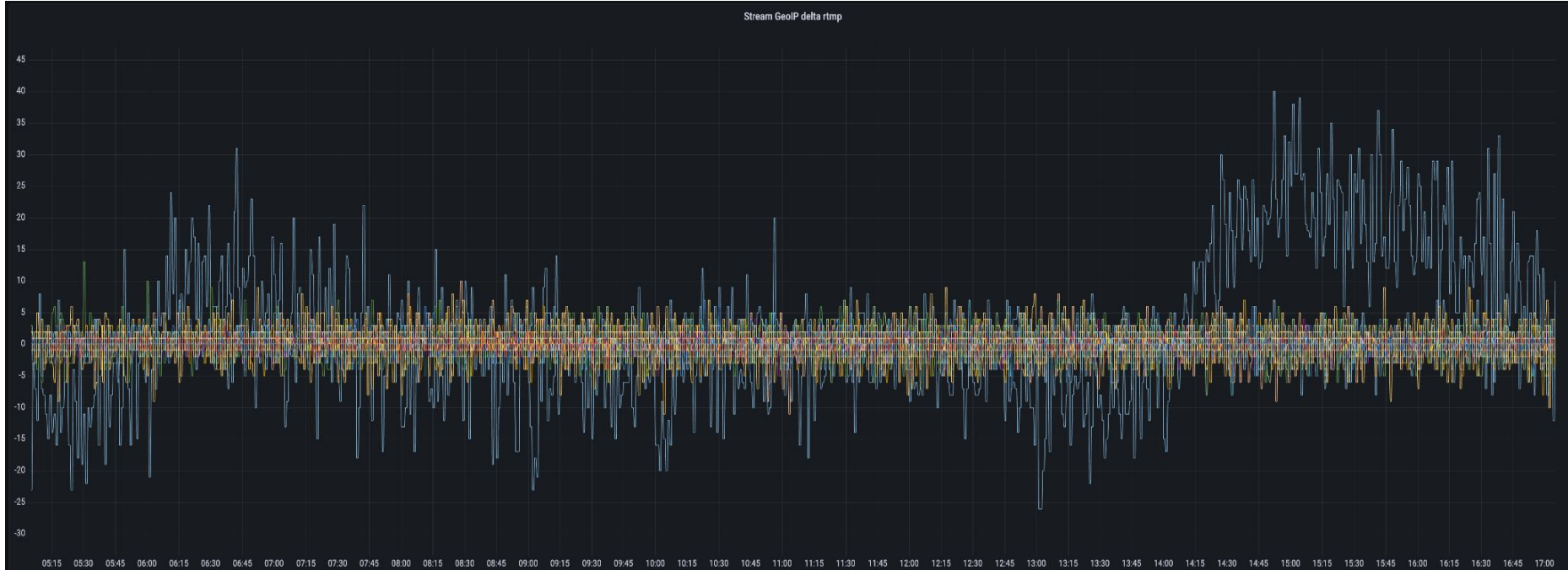


ORIGIN: LB L4 ExtCDN

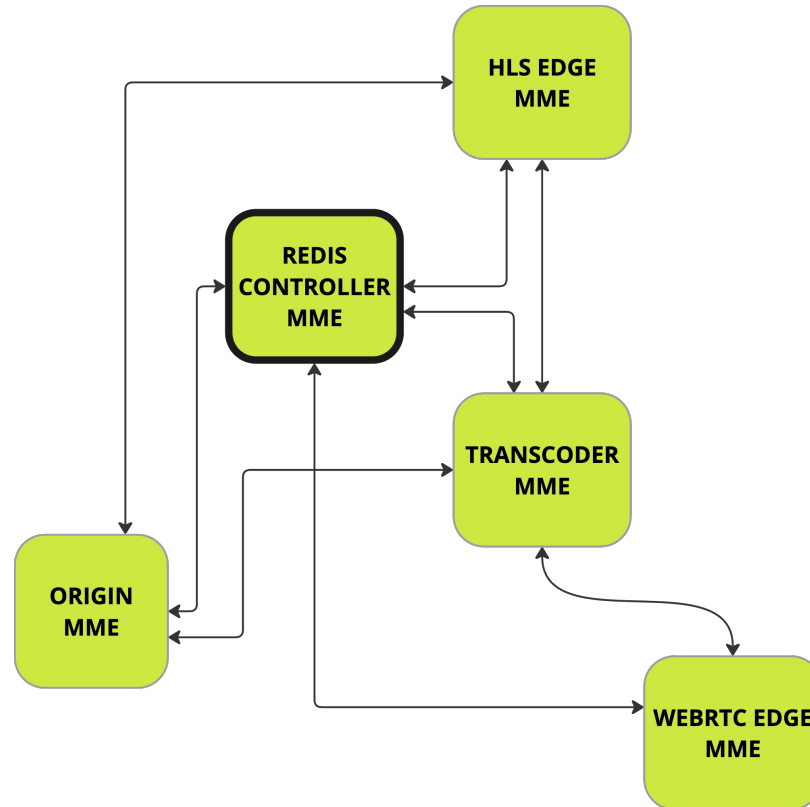
Load Balancing L4 на RTMP подачу стрима



ORIGIN: LB L4 ExtCDN



Controller



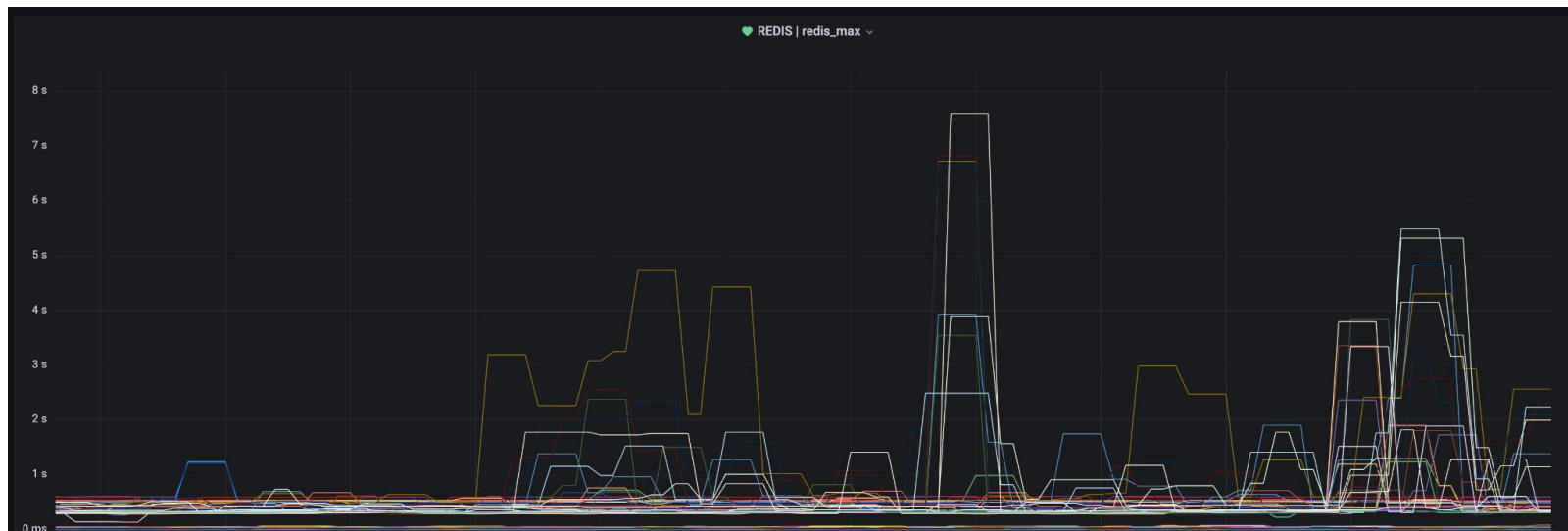
Controller

- Управляющий сервер с СУБД Redis
- Позволяет вводить/выводить сервера
- Управляет нагрузкой у компонентов
- Все компоненты работают через redis (pub/sub)



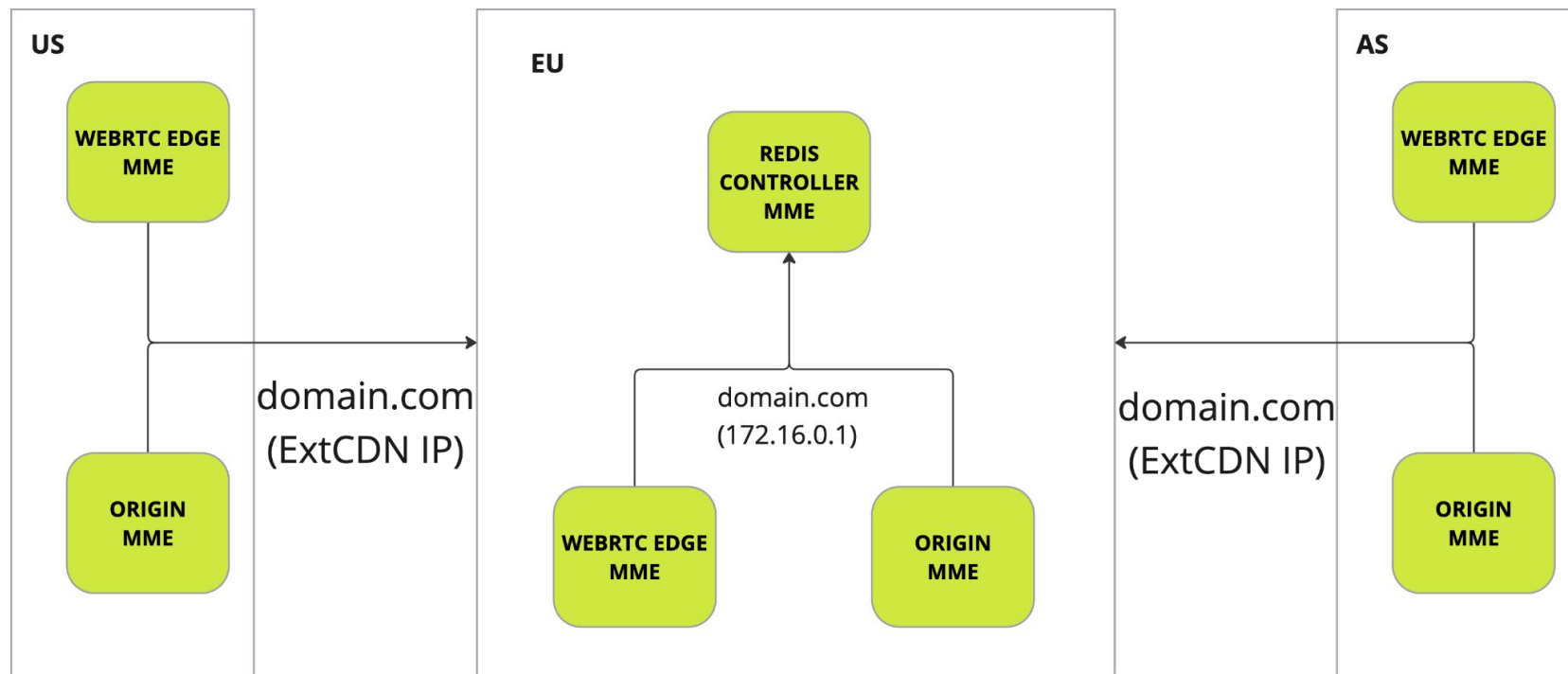
Controller

- между регионами плохая связность
- задержка запроса больше 5 секунд к редису критична

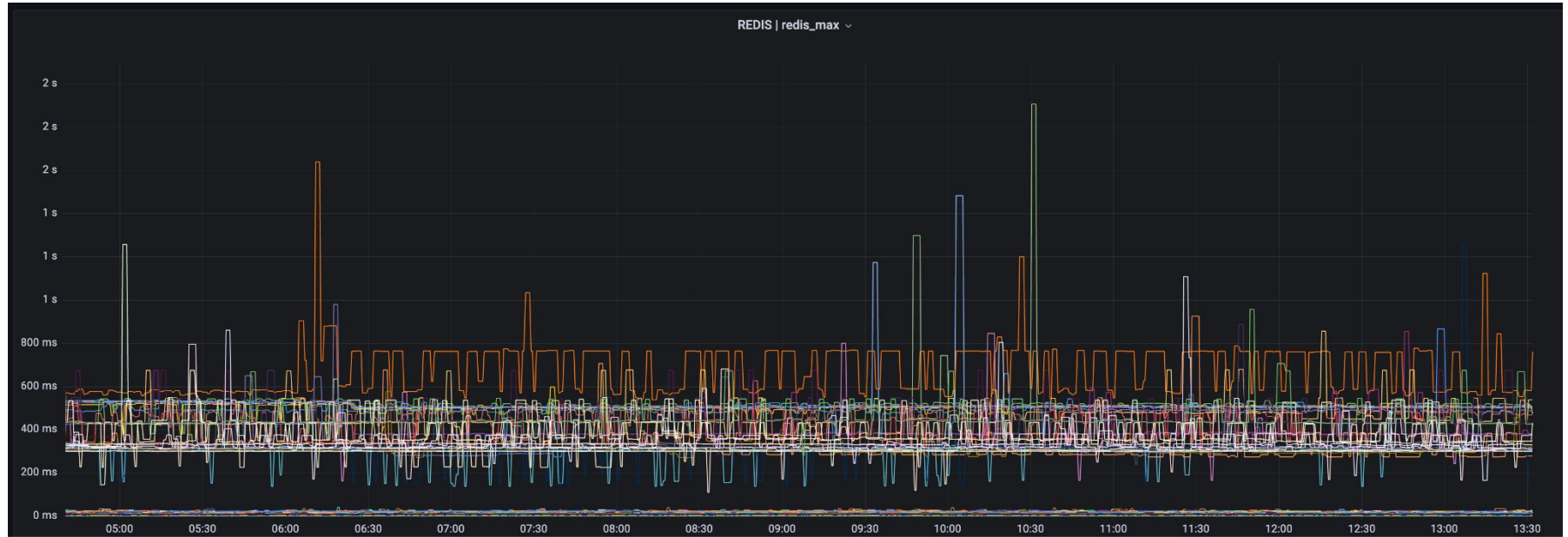


Controller: LB L4 ExtCDN

LB L4 единый GeoIP DNS steering



Controller: LB L4 ExtCDN

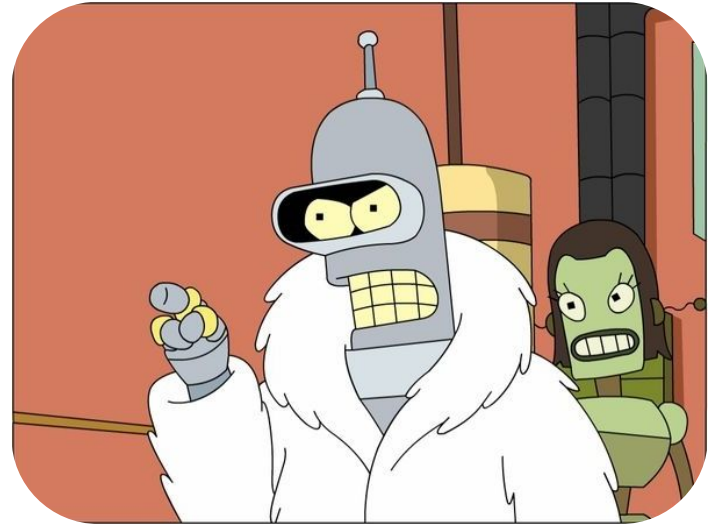


Результат

- ✓ Больше не платим за лицензии
- ✓ Освободили в среднем $\times 3$ ресурсов
- ✓ Рост трафика обеспечивается заменой сетевых карт на более емкие



Box solution



Box Solution

- Просмотр/подача WebRTC не имеет единой точки входа (DNS).
- Балансировкой занимается Live Streaming Platform.
- Нужно делать лишние действия для maintenance серверов.



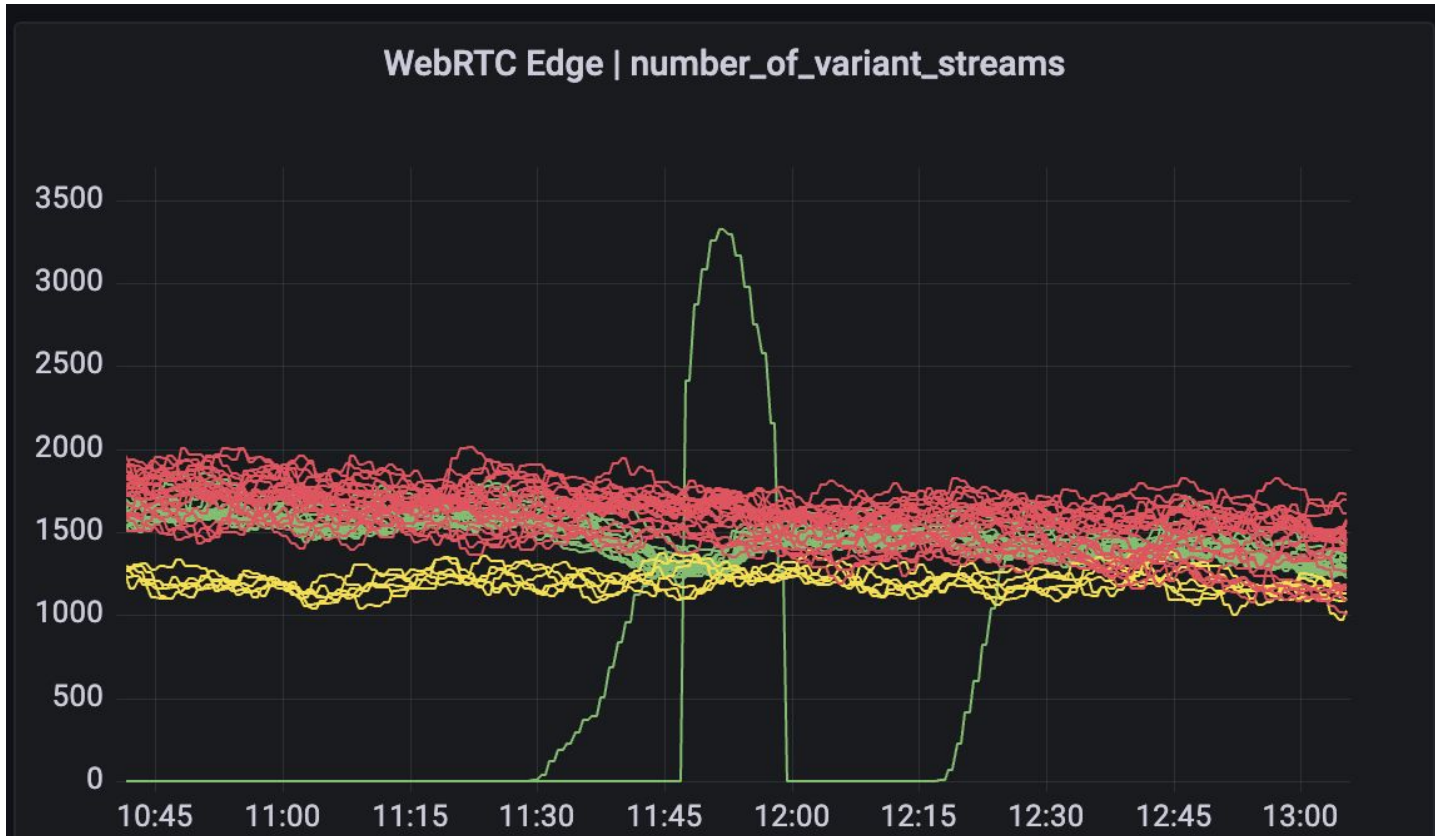
Box Solution

```
[
  'servers' => [
    'us1' => 200,
    'us2' => 200,
    'us3' => 200,
    'us4' => 200,
    'us5' => 200,
    'us6' => 200,
    'us8' => 50,
    'us9' => 50,
    'us15' => 200,
    'us16' => 200,
    'us25' => 200,
  ],
  'type' => 'flashphoner',
  'origin' => 'as',
  'continents' => [],
  'countries' => ['au'],
],
```

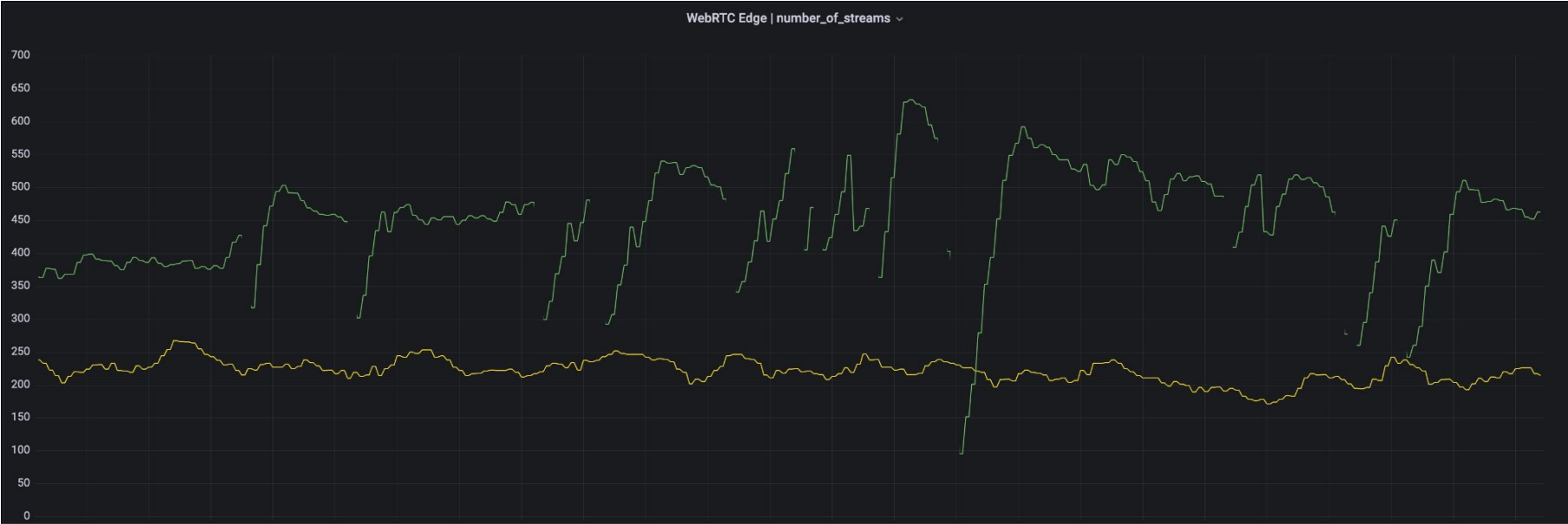
```
[
  'servers' => [
    'eu20' => 250,
    'eu21' => 250,
    'eu4' => 1,
    'eu5' => 1,
    'eu6' => 1,
    'eu7' => 1,
  ],
  'type' => 'flashphoner',
  'origin' => 'as',
  'continents' => ['eu', 'af', 'as'],
  'countries' => ['nz', 'hk', 'sg'],
],
```



Box Solution

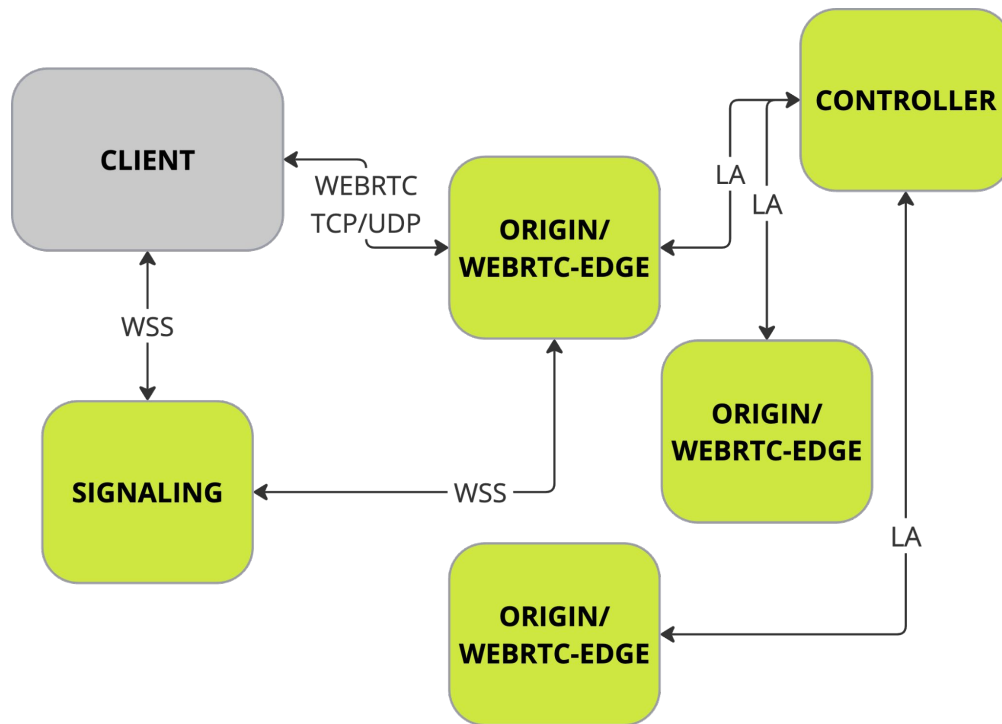


Box Solution



Signaling Server

- Выступает как wss proxy interceptor
- Получает от контроллера информацию о нагрузке WebRTC EDGE/ORIGIN



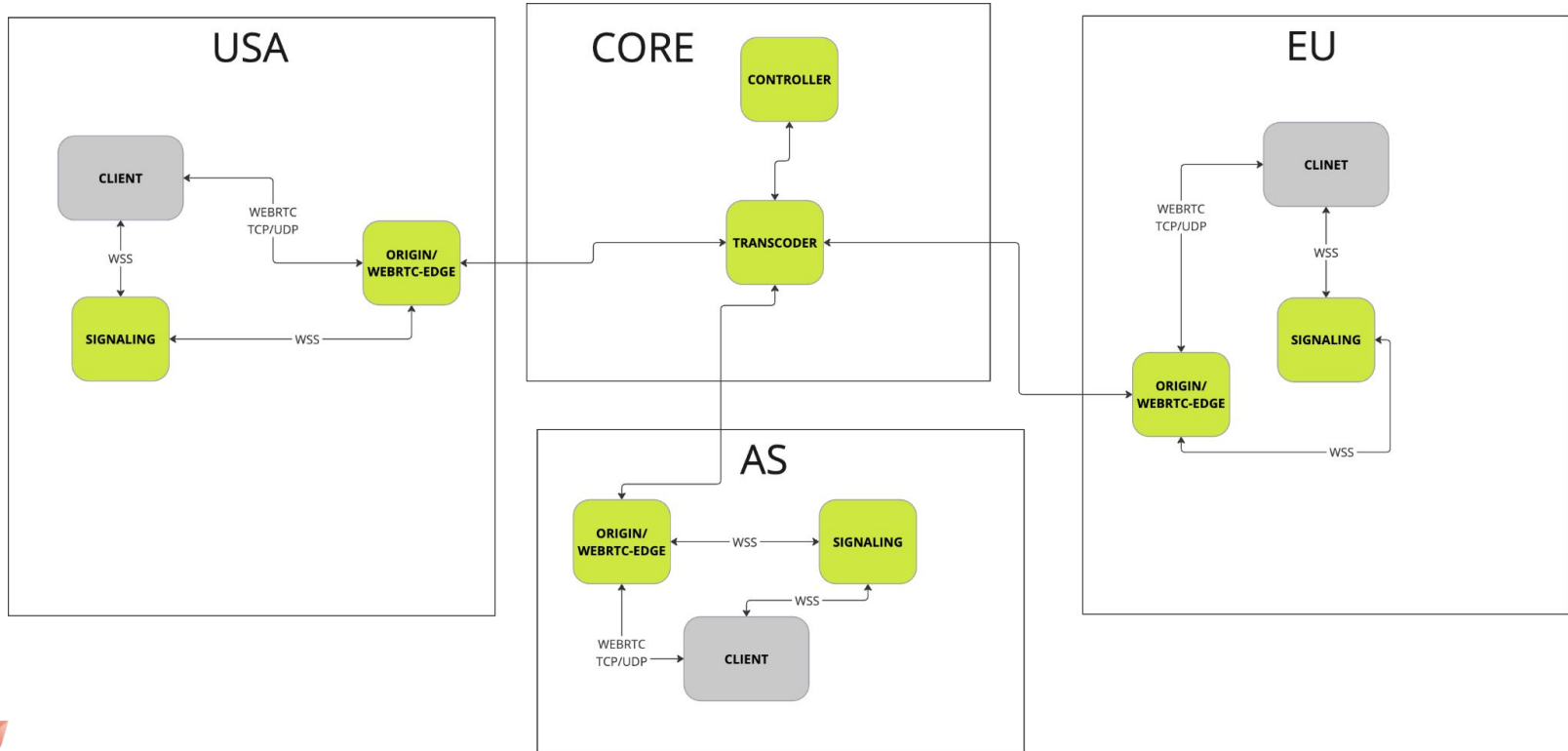
Signaling Server

- Единое DNS имя, через GeoIP steering можем направлять в разные signaling server
- Через nginx с помощью GeoIP мы можем направлять клиентов в нужную группу WebRTC EDGE/ORIGIN
- Засетаплены в AWS EC2 (c4.xlarge)

```
NGINX_MAP: |
map $geoip2_country_code:$geoip2_region $map_group_by_country {
    "~*^hk:"      webrtc_edge_as;          # Hong kong
    "~*^in:"      webrtc_edge_eu;         # India
    "~*^jp:"      webrtc_edge_jp;         # Japan
    "~*^kp:"      webrtc_edge_us_va;     # North Korea
}
```



Signaling Server



Signaling Server

Проблема: при 2.5к клиентов
начали получать 502.

В логах nginx

```
"upstream_response_time": "7.001",
```

```
"status": 502.
```

Решили на C++ Beast.

boostorg/beast

HTTP and WebSocket built on Boost.Asio in C++11



140

Contributors

104

Issues

4k

Stars

634

Forks



Signaling Server

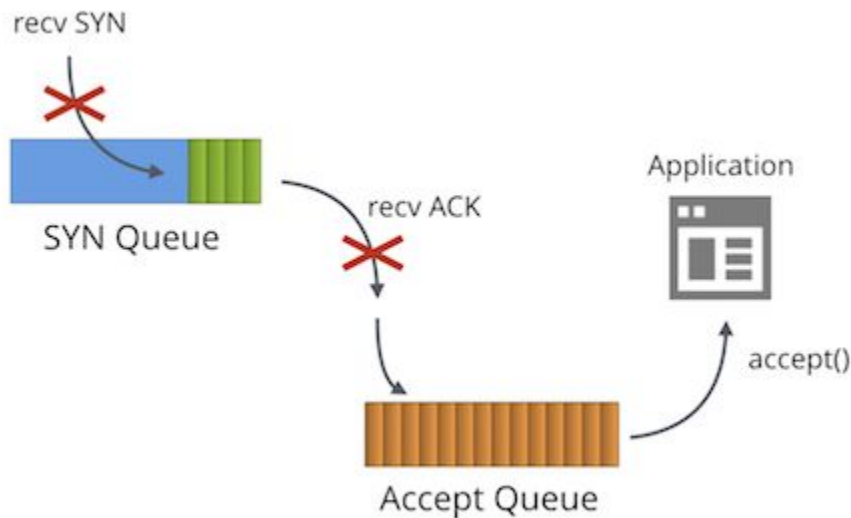
Проблема:

- Всегда странный таймаут в 7 секунд.
- tcpdump показывает 3 retry tcp handshake.
- Таймаут растёт ногами из TCP хэндшейка и его SYN запросов, который он ретрает через 1, 2, 4 секунды.



Signaling Server

- Проблема с syn/accept queue.
- nginx default backlog = 511.
- `app listen(int sockfd, int backlog = 128).`



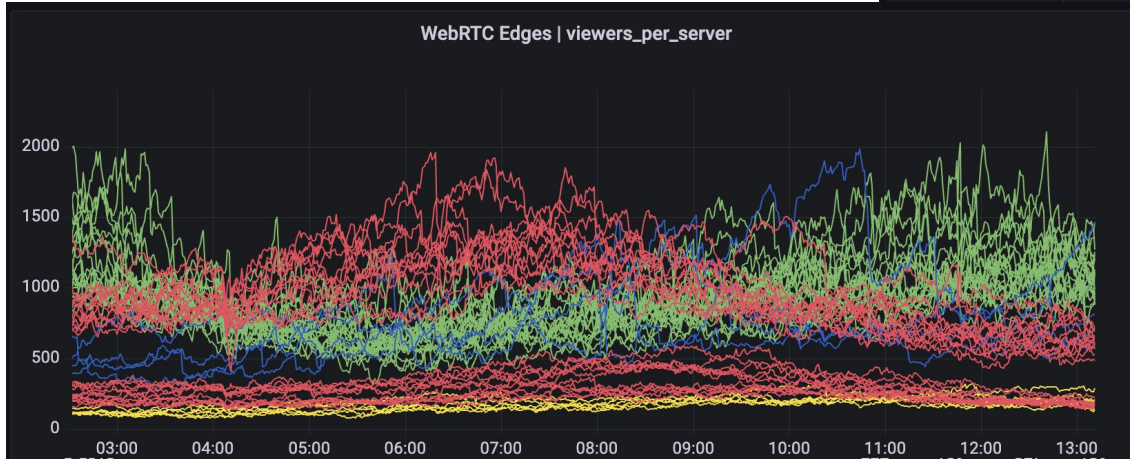
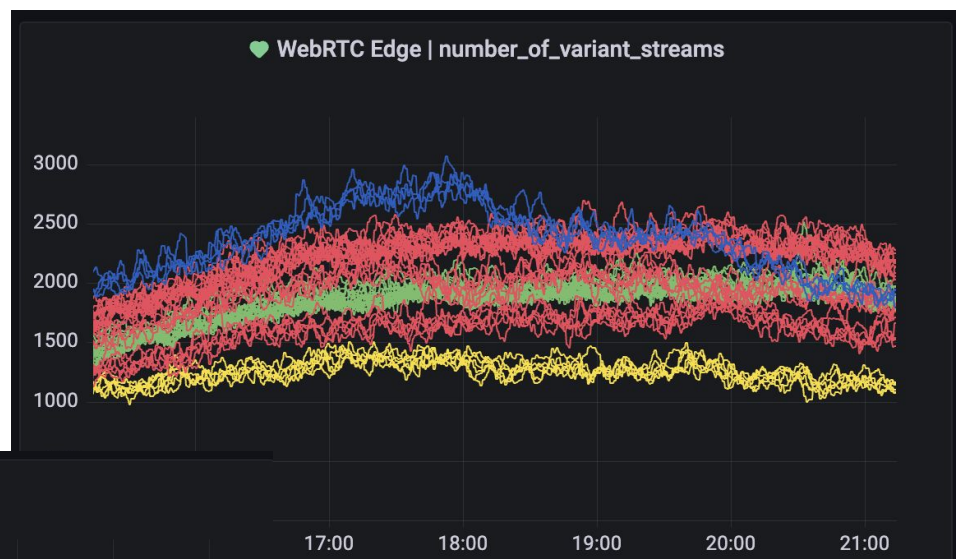
Signaling Server

Решение:

- `sysctl net.core.somaxconn = 16384.`
- `nginx listen backlog = net.core.somaxconn.`
- `app listen backlog = net.core.somaxconn.`
- Переход на unix domain socket.



Signaling Server



ИТОГИ



Итоги

- ✓ Появилась отдельная команда стриминга с большой экспертизой
- ✓ Инфраструктура стала предсказуемой
- ✓ Требования бизнеса выполняются быстрее и качественнее
- ✓ Выросло качество доставки контента





Александр Строгонов
TG @zulgabis

Вопросы

