Масштабировать видеосвязь, повышая качество:

маленькой командой и с ограничениями на старте





Антон Тейхриб

- → C WebRTC c 2013
- Руководил отделом разработки и внедрил аудиозвонки из браузера в облачный контакт-центр
 - WebRTC
 - Adobe Flash
- → В 2019 перешел в Skyeng в команду видеосвязи, чтобы стало хорошо

О чем доклад

- → Как мы масштабировались на open source решении Janus
- С какими трудностями столкнулись
- И как их преодолевали

Skyeng и видеосвязь

Онлайн-школа

- → Групповые и индивидуальные уроки
- → Есть индивидуальная работа ученика
- → Есть работа с преподавателем

Проблемы с видеосвязью

- → Связь вне платформы
- Урок сорван
- → Ученик решает не заниматься у нас



Была введена оценка за видеосвязь

Оцените аудио и видеосвязь на уроке





Ваша оценка очень важна для нас. Она помогает нам улучшать аудио и видеосвязь.

получена база:13% с оценкой 3 и ниже



1500 уроков одновременно

Жалобы на видеосвязь в 13% уроков



1500 уроков одновременно

Жалобы на видеосвязь в 13% уроков



Цель

Снизить жалобы в 2+ раза

Рост уроков в 3 раза

Сохранение затрат

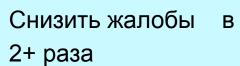


1500 уроков одновременно

Жалобы на видеосвязь в 13% уроков



Цель



Рост уроков в 3 раза

Сохранение затрат



Собрать сфокусированную команду



1500 уроков одновременно

Жалобы на видеосвязь в 13% уроков



Цель

Снизить жалобы в 2+ раза

Рост уроков в 3 раза

Сохранение затрат



Проанализировать

команду

проблемы

Собрать сфокусированную



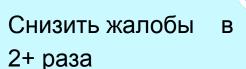


1500 уроков одновременно

Жалобы на видеосвязь в 13% уроков



Цель



Рост уроков в 3 раза

Сохранение затрат



Проанализировать

команду

проблемы



Исправить всё, что найдем

Собрать сфокусированную





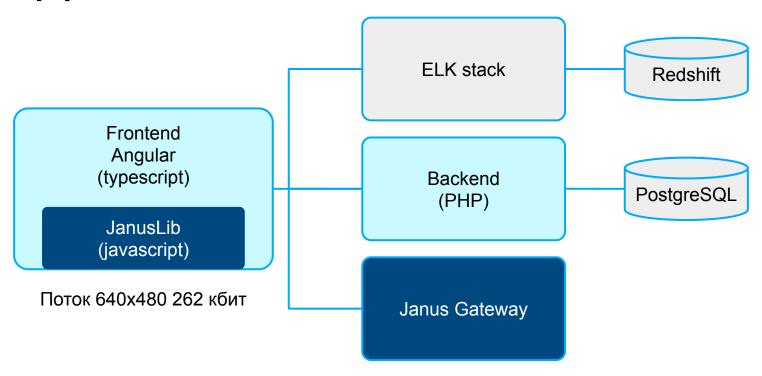
Начали собирать

команду

- → Вакансии на порталах
- → Прямой поиск



Под капотом



Senior VolP Developer (WebRTC, PHP, Angular) — Vimbox

В архиве с 25 декабря 2017

Мы хотим от разработчика:

- Опыт работы с WebRTC (фронтенд / бекенд)
- Опыт разработки не менее 3 лет
- Желателен опыт работы с PHP (symfony) и Angular (1.х или 2+)

И тут...

Разработчики с опытом хотят x2

А у других нет опыта И тут...

Разработчики с опытом хотят x2

А у других нет опыта

Как решили

Профессионалы с интересом к WebRTC



Full stack developer (JavaScript, PHP) — Video

В архиве с 28 апреля 2019

Product analyst (Video module team)

В архиве с 10 июня 2019

О команде. Команда видеомодуля решает одну из самых важных задач продукта — обеспечивает стабильную видеосвязь между учеником и преподавателем в виртуальном классе. Наша задача состоит в том, чтобы создать максимально крутой пользовательский опыт во время урока.

И тут...

Разработчики с опытом хотят х2

А у других нет опыта

А других-то и нет

Как решили

Профессионалы с интересом к WebRTC

Как развивали

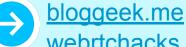
Фронт

Обработка видео

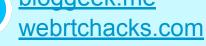
Сети, пакеты

RFC-8445

RFC-6347









Итоговая команда

- → Тимлид
- 2 разработчика
- Аналитик/Проджект
- → QA

1500 уроков одновременно

Жалобы на видеосвязь на 13% от уроков



Цель

Снизить жалобы в 2+ pasa

Рост уроков в 3 раза

Сохранение затрат



Собрать сфокусированную команду





Проанализировать проблемы



Исправить всё, что найдем



Исследование

Что есть

Уроки с проблемами

RTCStats в браузере

Что нужно?

Определить, где болит больше всего



Декомпозиция и дебаг проблем

Измерить боль

Определить задачи для разработки



Что есть

Уроки с проблемами

RTCStats в браузере

Что нужно?

Определить, где болит больше всего



Декомпозиция и дебаг проблем

Измерить боль

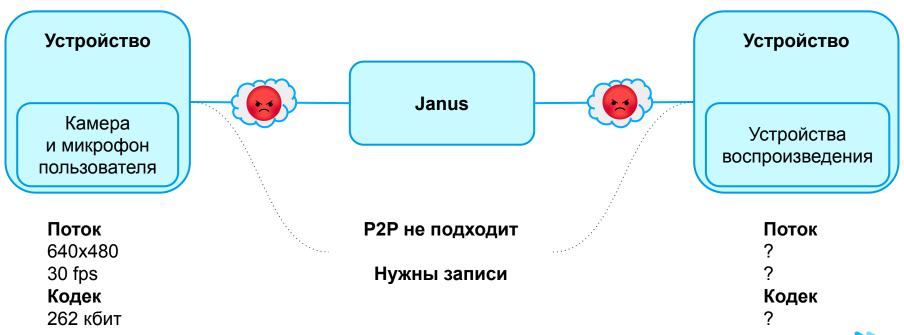
Определить задачи для разработки



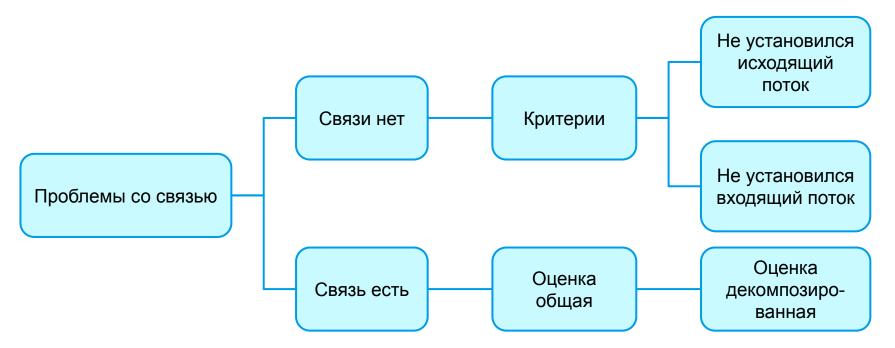
Объективные метрики



Передача медиа



Как дебажили



Что значит «установилась связь»

- Есть два участника
- Каждый получил локальный аудио- и видеопоток
- Каждый получил входящий аудио- и видеопоток от второго участника

Два callback Janus:

- → onLocalStreamReady
- onRemoteStreamReay

База от которой стартовали

Связь не установилась:

- → На первом уроке до 15%
- → На втором и последующих уроках 7%

Связь с низкой оценкой

→ 13%

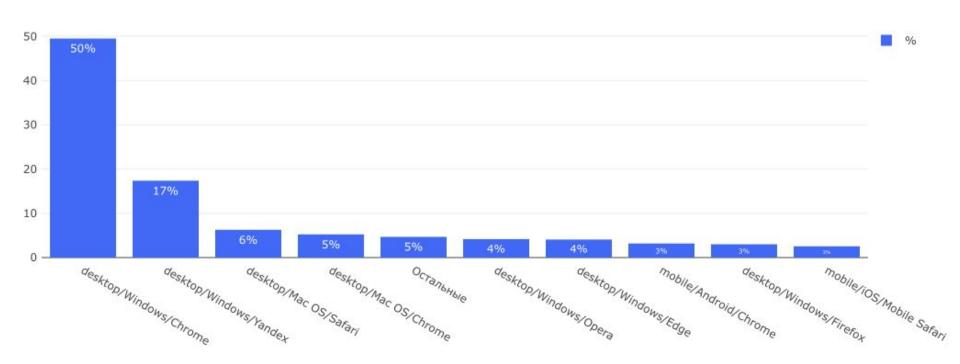
Экономика:

→ На первом уроке нет связи - конверсия падает на 12 п.п.

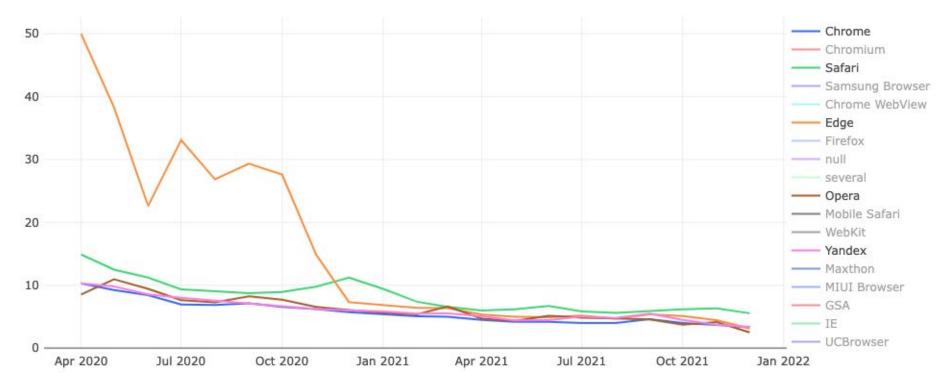
Как же это анализировать?

- Копнуть в сторону браузеров
- Копнуть в сторону регионов
- → Попросить пользователей рассказать нам подробности

Браузеры и платформы



Браузеры и платформы

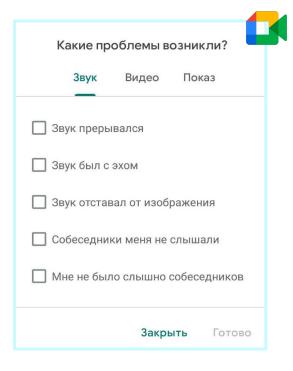


Регионы

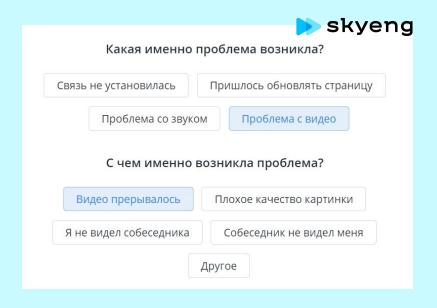
| Москва и Московская область | 55 |
|--|----|
| Санкт-Петербург и Ленинградская область | 12 |
| Москва и Санкт-Петербург | 7 |

Сбор фидбека

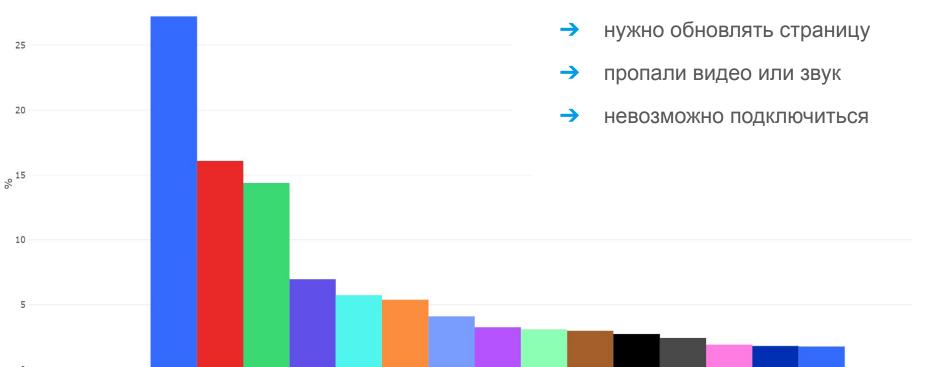
→ Подглядели в Google Meet



- → Собрали комментарии
- → Кластеризовали их
- Сделали выбор в опроснике



Топ-3



Но пользователи не хотят ставить оценку



30% оценивают

из них 70% дают детали



И как понять причину проблемы



Оценки — лишь симптомы

Как лечить саму болезнь?



Нужны объективные метрики, на которые можно влиять

Как?



Поискать готовое

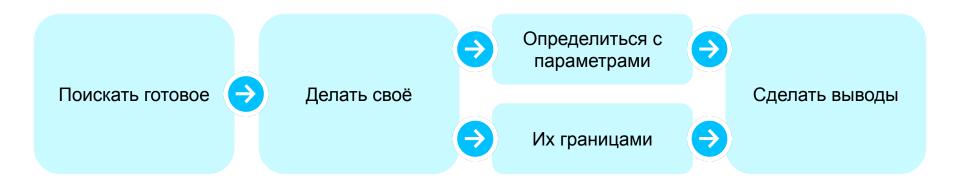
Поискать готовое



Делать своё

Поискать готовое Э Делать своё

Их границами



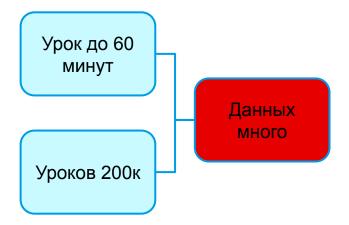
callstats.io

- Пробовали
- 0,0024 евро за пользовательскую минуту
- → 23 рубля за урок!

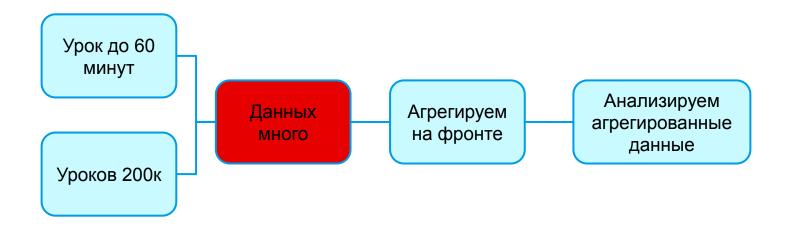
Дорого 🕟



Сбор метрик по уроку



Сбор метрик по уроку



Какие метрики взяли — вход

- → Кадры
 - принятые
 - декодированные
 - сброшенные
- → Битрэйт
 - общий
 - аудио
 - видео
- → currentRoundTripTime
- Разрешение
- → Потери пакетов для аудио и видео (packetsLost)
- → Jitter для аудио



Какие метрики взяли — исход

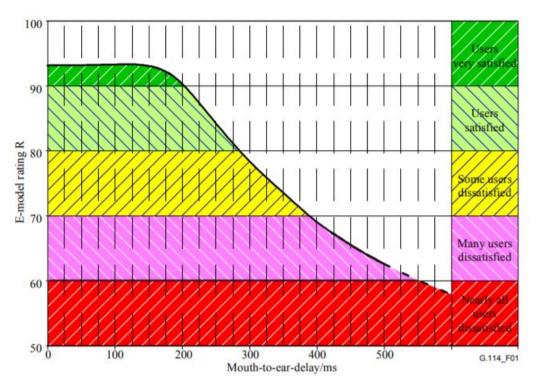
- → Кадры
 - отправленные
 - закодированные
- → Битрэйт
 - общий
 - аудио
 - видео
- → currentRoundTripTime
- Разрешение
- Причины лимитации качества

Уровни запаковки данных

fps < 4
resolution < 640х480
rtt > 350мс
videoBitrate1 < 8к
videoBitrate2 < 48к

Как мы определили эти пороги

- → RTT на основе исследования
- → bitrate субъективно
- → FPS чуть больше нуля



% проблем на уроке

| | Плохой урок | Хороший урок | | | | |
|--|-------------|-----------------|--|--|--|--|
| % потерянных пакетов видео | 33,0 | 7,5 | | | | |
| % потерянных пакетов аудио | 26,7 | 4,3 | | | | |
| % времени от урока, когда показатель в определенных границах | | | | | | |
| FPS ниже порога прием | 4,5 | 2,5 | | | | |
| FPS ниже порога отправка | 0,4 | 0,2 | | | | |
| пережатая картинка прием | 2,0 | 1,1 | | | | |
| пережатая картинка отправка | 4,3 | 2,4 | | | | |
| низкое разрешение прием | 13,5 | 8,7 | | | | |
| низкое разрешение отправка | 9,2 | 5,5 | | | | |
| высокий RTT прием | 3,0 | 0,8 | | | | |
| высокий RTT отправка | 3,0 | 0,7 | | | | |
| битрэйт ниже 6к прием | 11,2 | 4,4 | | | | |
| битрэйт от 6 до 10к прием | 13,7 | 5,4 | | | | |
| битрэйт ниже 6к отправка | 7,4 | 2,5 | | | | |
| битрэйт от 6 до 10к отправка | 9,2 | 3,3 | | | | |
| когда связи нет | 5,7 | 3,9 | | | | |

Подход №0: Прямая корреляция показателей

Гипотеза: Хорошие и плохие уроки отличаются, будем строить корреляцию напрямую по

показателям



Результат: получили слабую корреляцию

Подход №1: обучить модель на вводных уроках

Гипотеза: плохое качество видеосвязи отрицательно сказывается на вероятности совершить первую оплату

Ограничение: на ВУ нет оценок от студента за видеосвязь

Таргет: С1, объем первого пакета



Результат: получили неудовлетворительные характеристики модели

Подход №2: обучить модель на РУ (модель CatBoost)



Гипотеза: плохое качество

видеосвязи отрицательно сказывается на оценках. Прогнозная модель будет

работать и для ВУ

Ограничение: есть оценки

за видеосвязь, но этот показатель

субъективен

Таргет: оценка студента



Результат:

| Оценка | Train | | Test | |
|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| | Precision | Recall | Precision | Recall |
| 1 | 0.57 | 0.33 | 0.30 | 0.21 |
| 2 | 0.91 | 0.19 | 0.19 | 0.01 |
| 3 | 0.46 | 0.29 | 0.27 | 0.16 |
| 4 | 0.36 | 0.45 | 0.28 | 0.37 |
| 5 | 0.79 | 0.80 | 0.77 | 0.79 |

Подход №3: обучить модель на регулярных уроках (бинарная модель)

- → 1 плохой урок, соответствует оценкам 1, 2 и 3
- → 0 хороший урок, соответствует оценкам 4 и 5
- Доработка: выкинули оценку 4 из модели, она спорная. Повысили стабильность модели и снизили переобучаемость.



Результат:

| | Train | | Test | |
|-------|-----------|--------|-----------|--------|
| Класс | Precision | Recall | Precision | Recall |
| 0 | 0.955 | 0.776 | 0.934 | 0.786 |
| 1 | 0.357 | 0.775 | 0.345 | 0.670 |

Экономика ML-анализ технических метрик

10% разница конверсии

11% разница в размере пакета



5 причин плохих уроков по ML-модели

- разрывы соединения у преподавателя
- → FPS у студента ниже порога
- падение битрейта у студента на 20%
- разрывы соединения у студента
- падение битрейта у студента на 60% и более

Итог ML

- Плавность картинки и постоянная связь важнее видео-разрешения
- То же, что и на основе детализации пользовательских оценок
- Модель работает без изменений уже год+ и используется:
 - на тестовых уроках преподавателей
 - для мониторинга вместе с оценками

С ML были и факапы...

- Метрика плохих внезапно растет
- → Почему?
- Вышел новый хром



Аналитика. Итоги

- → Пользовательские оценки и ML показали, что главное
 - плавность картинки
 - постоянная связь
- Качество видео реально сказывалось на покупках клиентов

к 2019

1500 уроков одновременно

Жалобы на видеосвязь на 13% от уроков



Цель

Снизить жалобы в 2+ pasa

Рост уроков в 3 раза

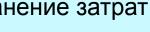
Сохранение затрат



Проанализировать проблемы

команду





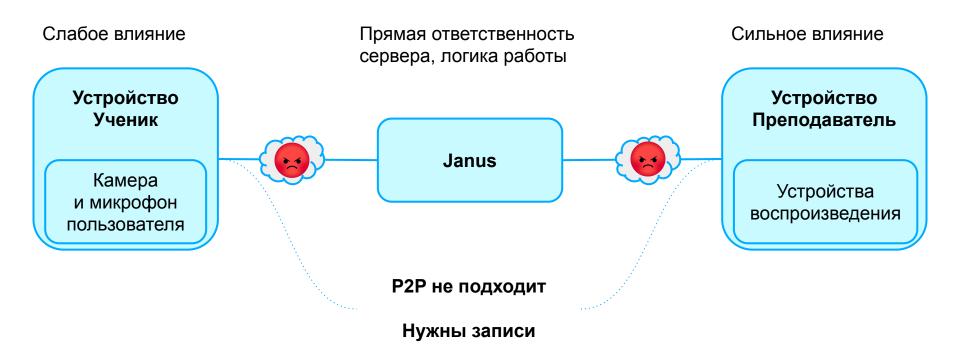


Исправить всё, что найдем

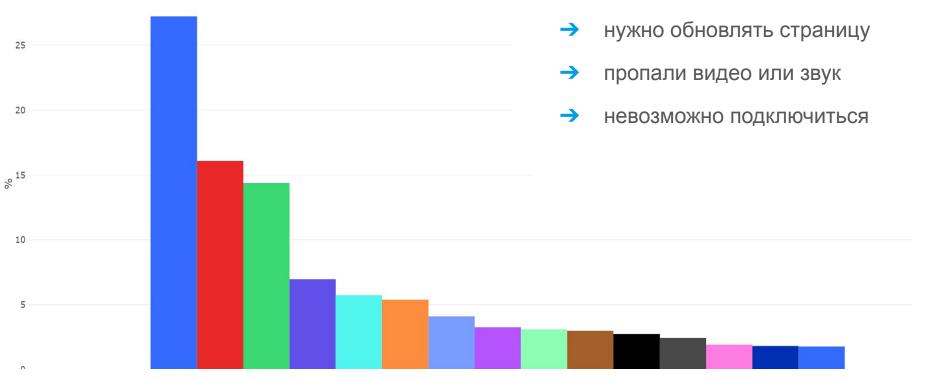
Собрать сфокусированную



Передача медиа



Топ-3



Улучшения, чтобы связь завелась

Два врага установки связи





Проблема с доступом к устройствам

В разных браузерах доступ

- → Сразу камера и мик
- → Отдельно

В разных ОС тоже разное

- Отдельно доступ приложению
- → Антивирусы

Камера бывает занята

Мы запрашивали заранее

Проблема с доступом к устройствам

В разных браузерах доступ

- → Сразу камера и мик
- → Отдельно

В разных ОС тоже разное

- Отдельно доступ приложению
- → Антивирусы

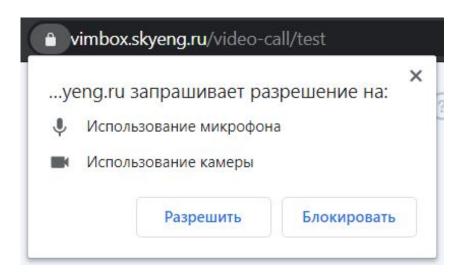
Камера бывает занята

Мы запрашивали заранее



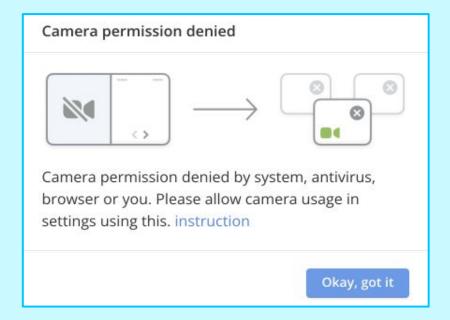
До 7% первых уроков

Как помочь пользователю?



- Только в момент входа на урок
- → Видеоинструкция

При проблемах даем ссылку на инструкцию



Связь любой ценой



Проблемы с установкой СВЯЗИ СНИЗИЛИСЬ

Регулярные уроки 7% до 0,9%

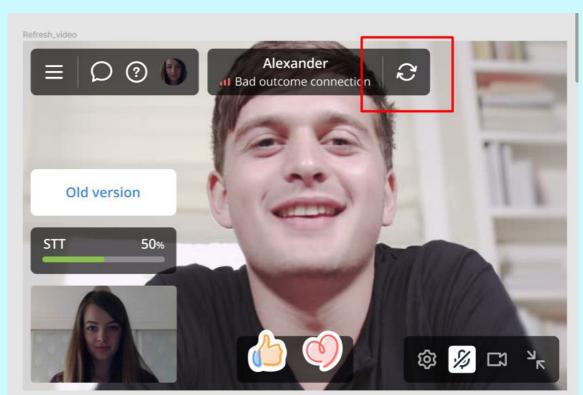


Первые уроки 15% до 4%



Обновления страниц





Проблемы с установкой связи и переподключением

- Установить связь хотя бы в каком-то формате
- Максимально детализировать проблемы пользователю
- Дать ручной способ решения проблем

Решаем проблему собновлением страниц

Почему пользователь обновляет страницу?

- Связь отключилась, но:
 - обработчик не срабатывает, еще таймаут
 - обработчик пытается подключиться, но старое соединение мешает
- → Пользователь открывает новую вкладку, но работает в текущей
- Не все ситуации разрыва связи обрабатывались

Разрывы связи

Анализировали логи конкретных уроков

- User ID already exists
- → DTLS timeout
- ICE state failed



User ID already exists

Больше логов

User ID already exists

Больше логов



- Разные вкладки
- Создаем новое соединение, а старое еще активно

User ID already exists

Больше логов



- Разные вкладки
- Создаем новое соединение, а старое еще активно



Начали проверять и кикать пользователей при подключении

DTLS timeout

- Пробовали подкрутить МТU
- → Хотели компилировать с BoringSSL вместо OpenSSL
- This sounds like a different view on ICE completion (e.g., Janus thinks ICE is complete and the browser doesn't, or viceversa), and so one of the two parties starting a DTLS handshake that is ignored by the other
 - → Но выросло потребление CPU (libnice 0.1.17)
 - → Пришлось снизить количество соединений на 8 поточных серверах

ICE state failed

 Переключать на другой сервер в случае нескольких неудачных попыток

Усложнился алгоритм подключения

Было

Выбрали Janus сервер

Подключаемся

Не смогли, пробуем снова

10 раз - заканчиваем



Выбрали сервер

Подключаемся

Кикаем пользователя

Хотя бы один не смог — пробуем снова

Переключаемся с компаньоном на другой сервер



Решаем проблему с качеством картинки



Гипотезы

- → Пользователь сможет сам что-то пофиксить
- → Вдруг webRTC действует неоптимально
- Поможем преподавателям
- Попробуем другой медиасервер

Пользователь сам

Так кто же виноват?

У преподавателя проблемы?

Интернет плохой?

У ученика проблемы?

Компьютер не тянет?

Да это всё скайэнг тормозит!

У меня проблемы?

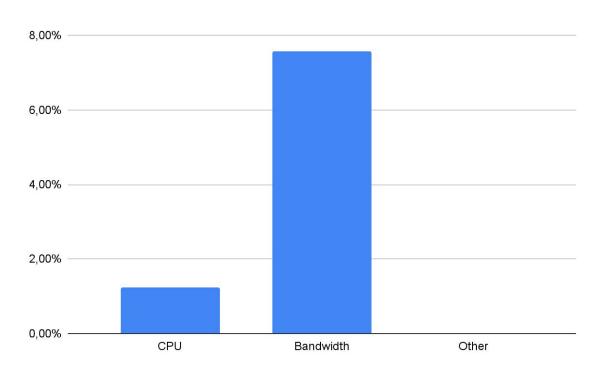


RTCStats в помощь

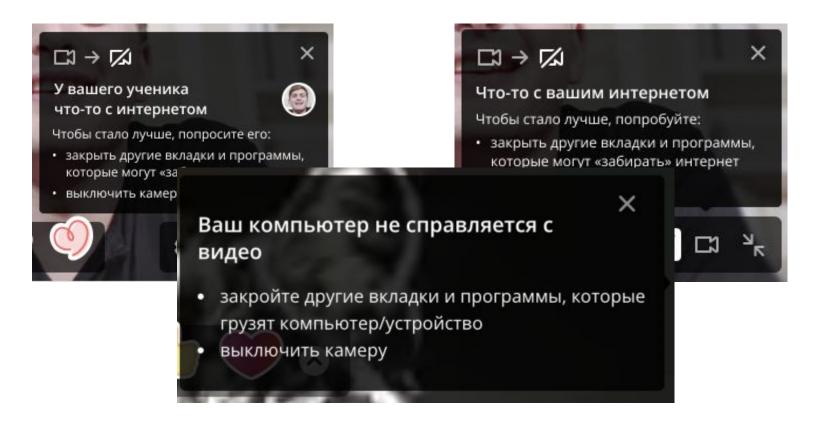
Chrome

- qualityLimitationReason
 - CPU
 - Bandwith
 - Other

Для исходящего потока



Как это выглядит для клиента



Вдруг мы лучше WebRTC?

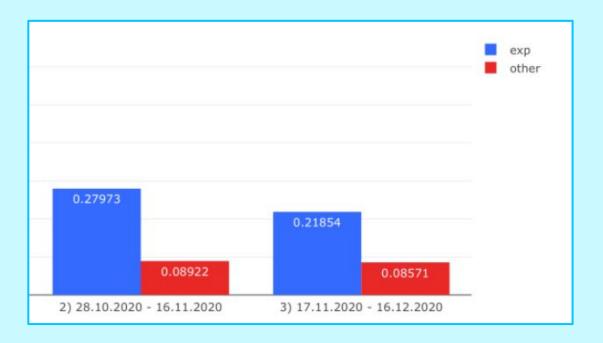
Автоадаптация трафика

- → WebRTC анализирует потери
- Снижает битрейт
- → Но делает это не сразу
- Старается вернуть обратно

Гипотеза: пользователи занимаются с одних устройств и одной сети. Давайте им заранее снизим параметры

Принуждение к снижению

- снижаем разрешение 640*480 => 320*240
- → снижаем FPS 30 => 15



Подтвердили аналитический вывод

Плавность картинки и постоянная связь важнее видео-разрешения

Поможем преподавателям



Преподаватели с плохой видеосвязью

Старт

Отранжировали по доле «плохих» уроков

Взяли топ 400

У группы в среднем **17% плохих уроков**

Преподаватели с плохой видеосвязью

Старт

Отранжировали по доле «плохих» уроков

Взяли топ 400

У группы в среднем 17% плохих уроков

Процесс ТО

Уведомляем преподавателя.

Если не может решить сам — помогает техподдержка



Что делала техподдержка

Вручную тестировала

- Измеряла сеть
 - MTR
 - Полосу
- Загрузку CPU во время демо урока
- Температуру СРИ

Давала рекомендации

- → Обратиться к провайдеру
- Не запускать доп.программы
- → Исправить роутер
- → Почистить вентиляторы



Преподаватели с плохой видеосвязью

Старт

Отранжировали по доле «плохих» уроков

Взяли топ 400

У группы в среднем 17% плохих уроков

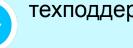
Процесс ТО

Уведомляем преподавателя.

Если не может решить сам — помогает техподдержка

Итого

Снизили количество кейсов плохой связи у преподавателей до 13%.





Другой медиасервер — Pion



Задача

Проверить быстро



Отбрасываем всё:

- → записи
- → статистику

Смотрим только на пользовательские оценки

Как?

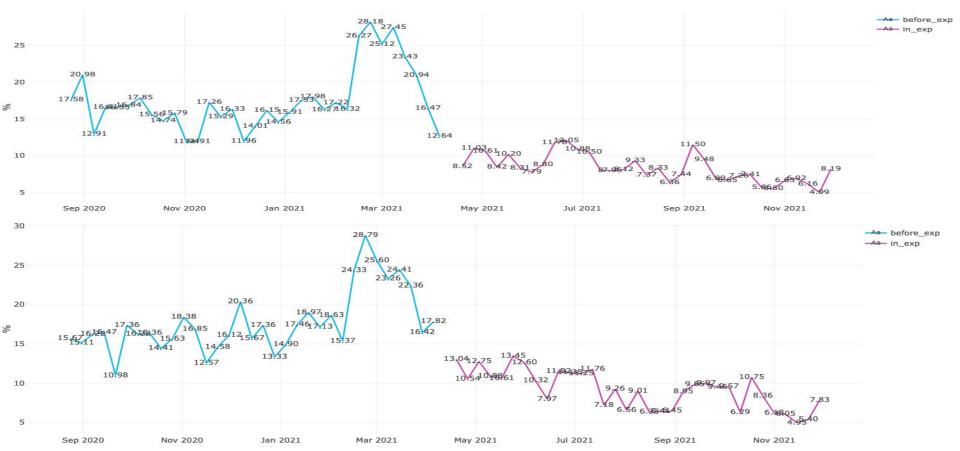
Поискать готовое — Делать своё Определиться с параметрами — Сделать выводы

Их границами —

Pion vs Janus



Pion vs Janus — глубже



Ключевое о жизни с Pion

- Запустили за 4 недели
- Месяц копили данные
- Использовать не стали

Другой медиасервис — Vonage



Задача

Проверить быстро



Отбрасываем всё:

- → записи
- → статистику

Смотрим только на пользовательские оценки



Другой медиасервис — Vonage



Несмотря на работу с ТП, не смогли запустить за таймбокс

Итоги



Не стоит пугаться брать людей без опыта в конкретной теме. Можно доучить.



- Плавность и непрерывность картинки важнее для пользователя, чем разрешение.
- ML показывает те же результаты, что и пользователи.



Пользователю важно понимать, что происходит.



Через точки своего влияния можно сильно повысить результат.



Антон Тейхриб, Product Manager anton.teykhrib@skyeng.ru

