

# VK ЗВОНКИ

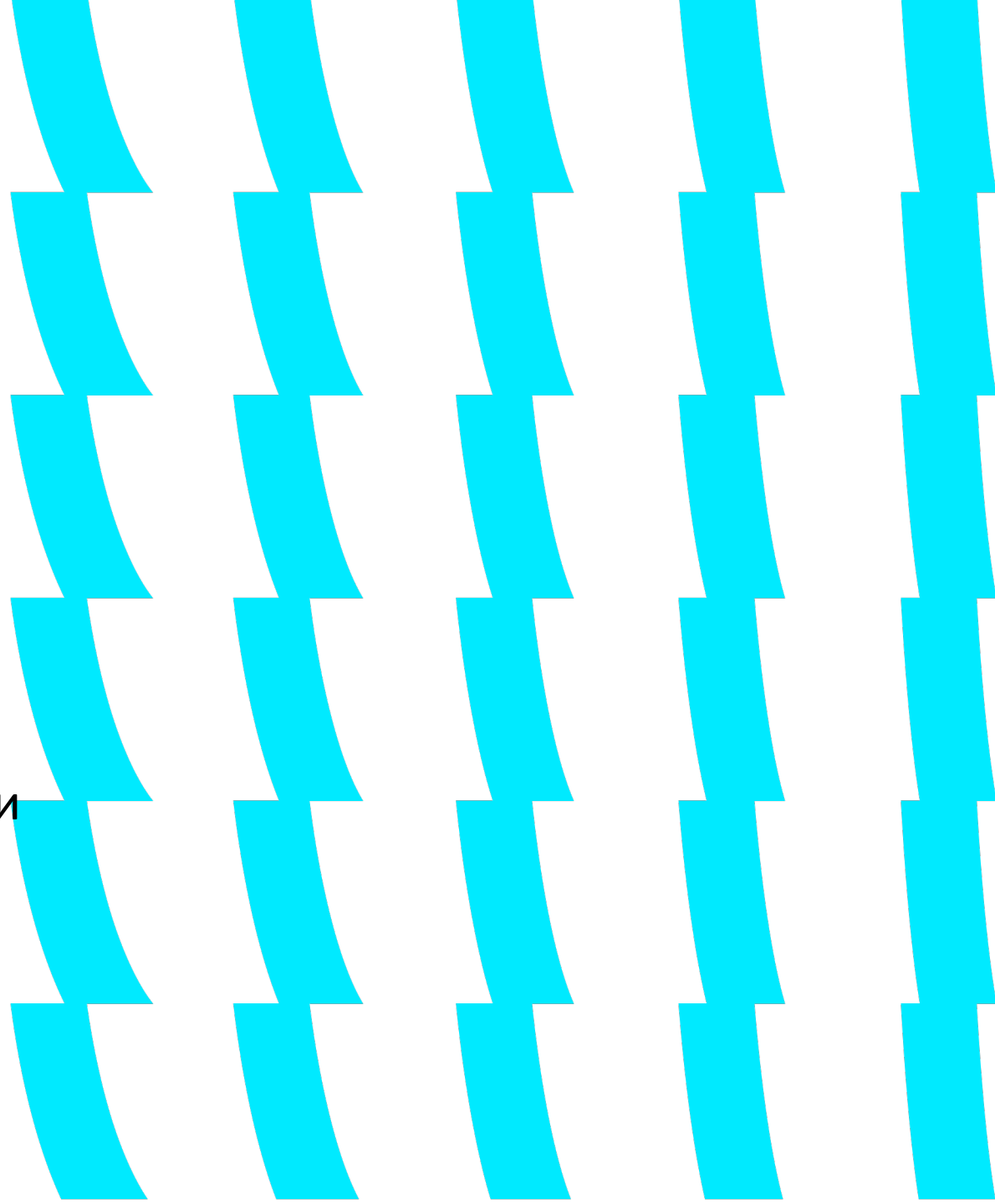
Платформа с неограниченным числом участников в звонке

Иван Григорьев  
техлид команды VK Звонков



# Иван Григорьев

15 лет в видео. Техлид команды VK Звонки



# О чем доклад?

1. Сетевые протоколы, используемые в видеозвонках
2. Как устроены сервера VK Звонков
3. Оптимизации для уменьшения нагрузки на сервер
4. Как восстанавливаются данные при потерях в сети
5. Демонстрация экрана в VK Звонках
6. Масштабирование на тысячи пользователей
7. Тестирование

# Цели: UX

- ✓ Совместимость: iOS, Android, Web, macOS, Windows, Linux
- ✓ Функционал: групповые звонки, шаринг экрана, админ, запись...
- ✓ Стабильность и качество общения
- ✓ Консистентный опыт пользователя

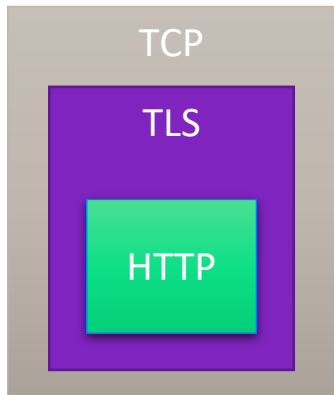
# Цели: производи- тельность

- ✓ Низкая нагрузка на пользовательское устройство и сеть
- ✓ Низкая нагрузка на сервер
- ✓ Масштабируемость

# О чем доклад?

1. Сетевые протоколы, используемые в видеозвонках
2. Как устроены сервера VK Звонков
3. Оптимизации для уменьшения нагрузки на сервер
4. Как восстанавливаются данные при потерях в сети
5. Демонстрация экрана в VK Звонках
6. Масштабирование на тысячи пользователей
7. Тестирование

# API



Запрос-ответ с клиента на сервер

# Сигналинг



Установка сессии и обмен сообщениями между клиентом и сервером

# Транспорт



U = unreliable, потери — это норма

Установление сессии, аутентификация

Передача аудио+видео

Управление потоком RTP: sender/receiver reports, NACK, ...

Обмен ключами шифрования для SRTP/SRTCP

DataChannel, обмен сообщениями:  
- между пирами  
- между клиентом и сервером

# Для чего используем?

## Сигналинг/WSS

Надёжная доставка сообщений, актуальных в контексте звонка:

- Вход/выход участника
- Вкл/выкл микрофона, камеры
- Поднятие руки
- Запуск/остановка записи
- и другое...

## Датаканал/SCTP

Доставка с низкой задержкой данных, актуальных только в контексте транспортного соединения

- Клиент просит ограничить качество видео
- Активные говорящие для подсветки рамок
- Главный спикер

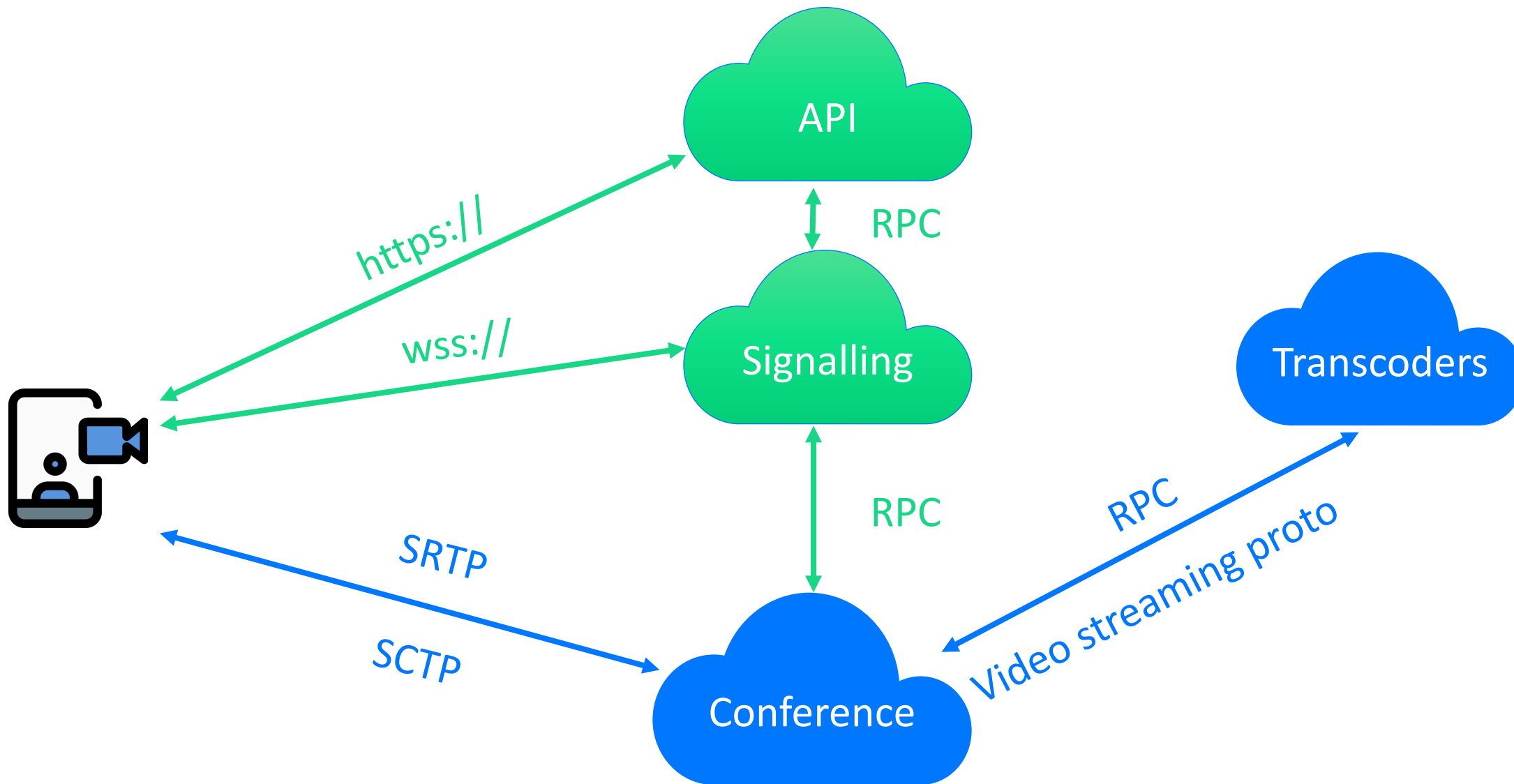


# Преимущества DataChannel

Мультиплексирование каналов с разными характеристиками:

- `maxPacketLifeTime`
- `maxRetransmits`
- `priority`
- `ordered`

Доступ к размеру исходящего буфера (`bufferedAmount`)



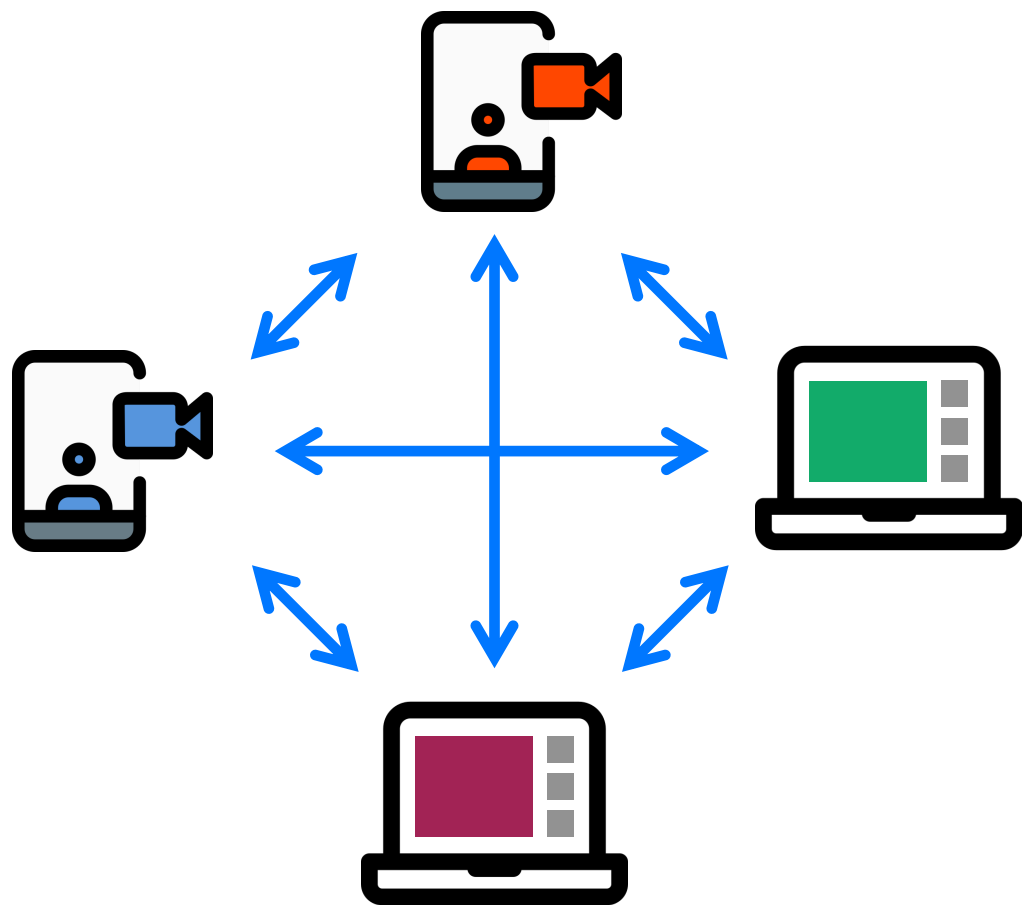
# Протоколы — Выводы

В VK Звонках используем  
WebRTC

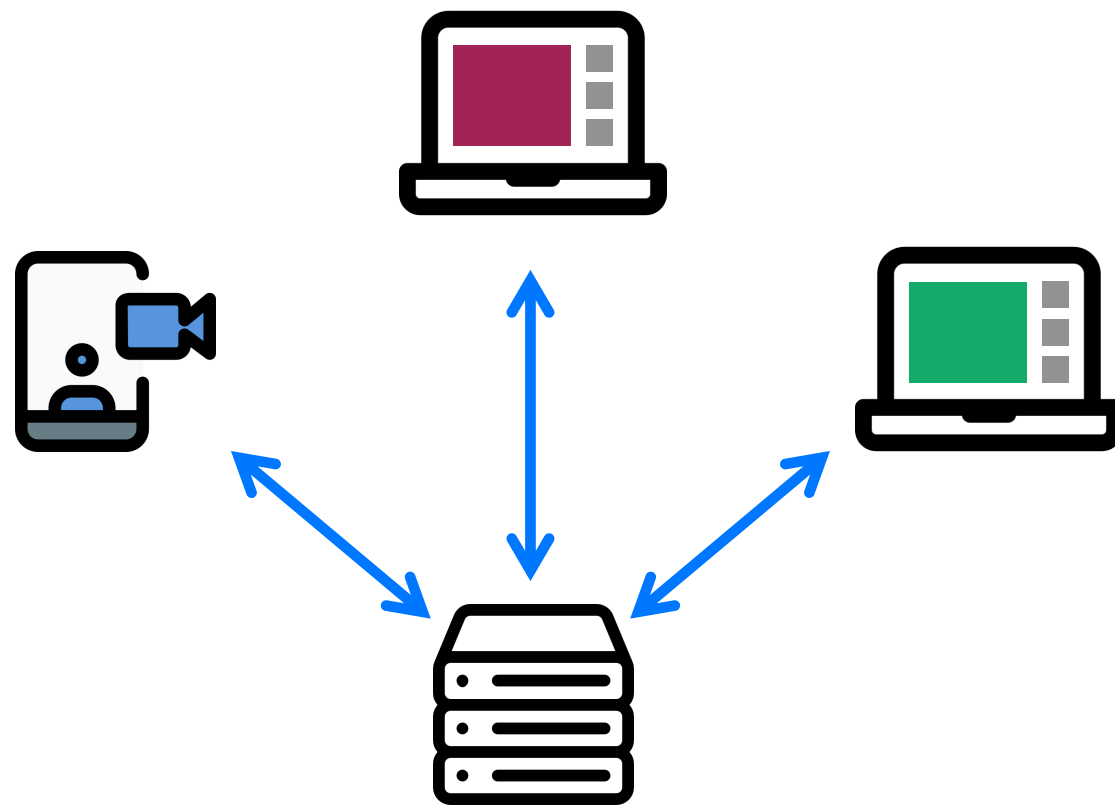
- ✓ API/HTTPS:  
авторизация пользователя,  
создание звонка
- ✓ Signaling/WSS:  
обмен сообщениями в контексте звонка
- SRTP/UDP:
- ✓ аудио- и видеоданные
- SCTP/TLS/UDP:
- ✓ DataChannel — обмен сообщениями

# Топологии

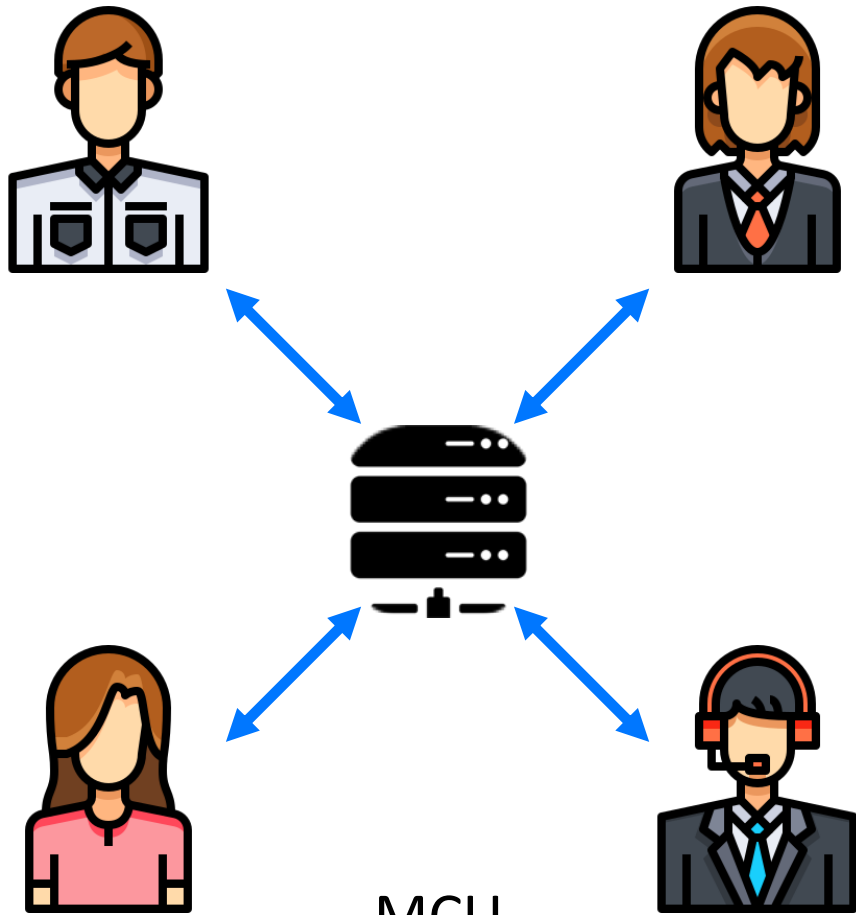
Peer-to-peer



Серверный звонок

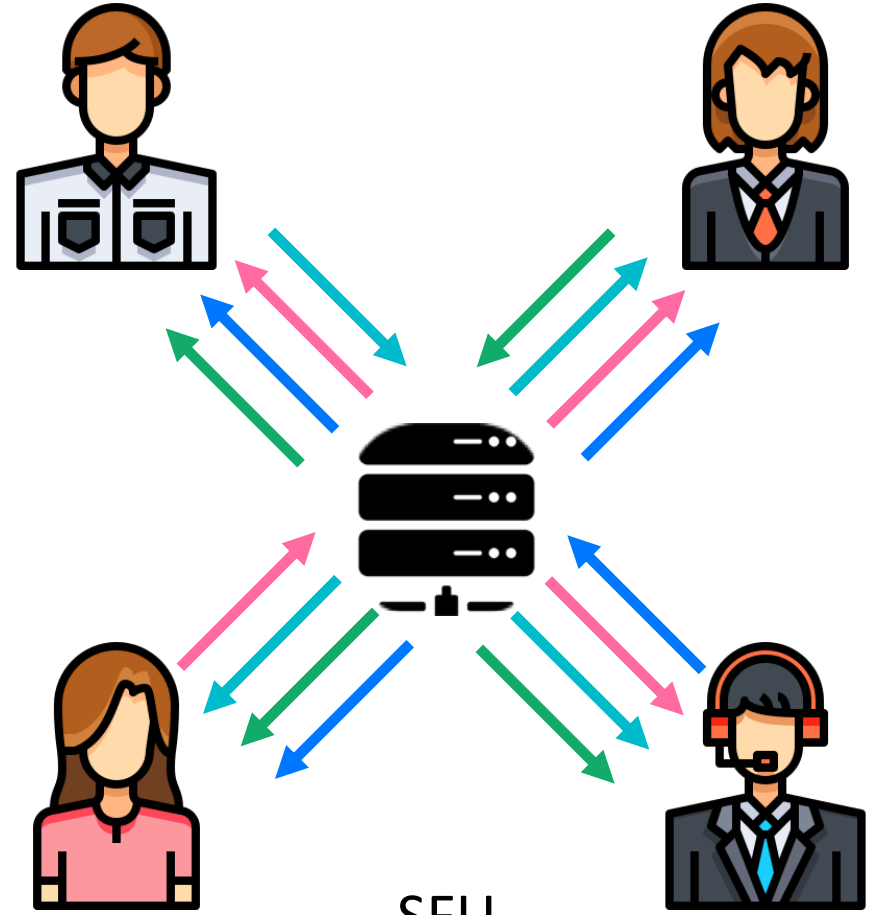


# Архитектуры серверных звонков



MCU

Multipoint Conferencing Unit

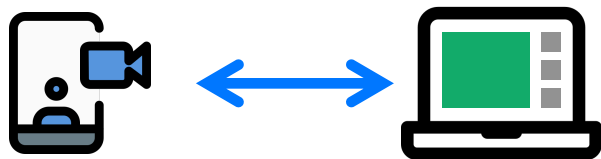


SFU

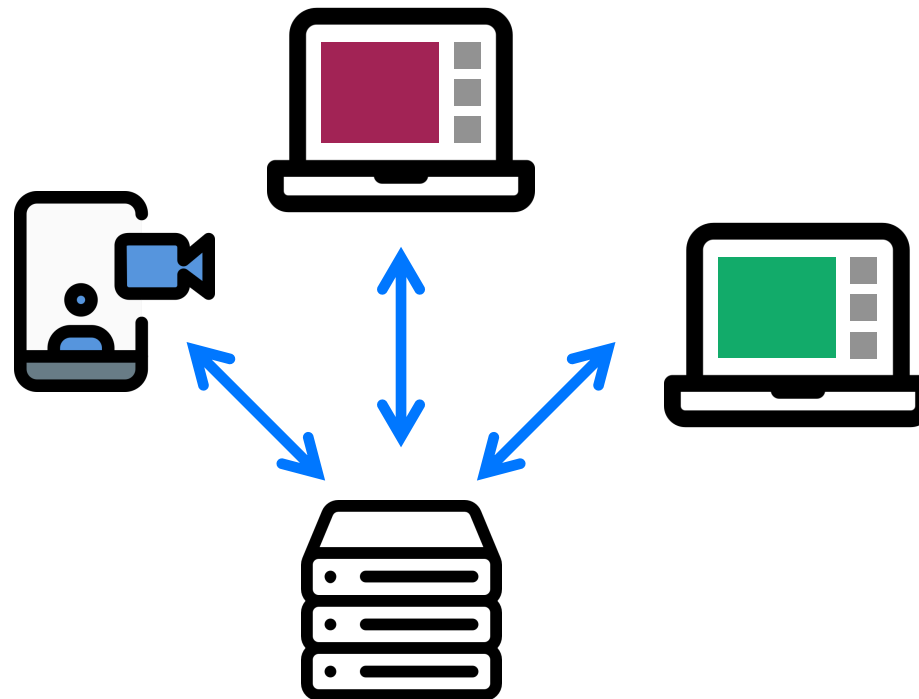
Selective Forwarding Unit

# Что мы выбрали для VK?

1 на 1  
peer-to-peer



3+  
server



**Аудио: MCU**

+ Просто для клиента

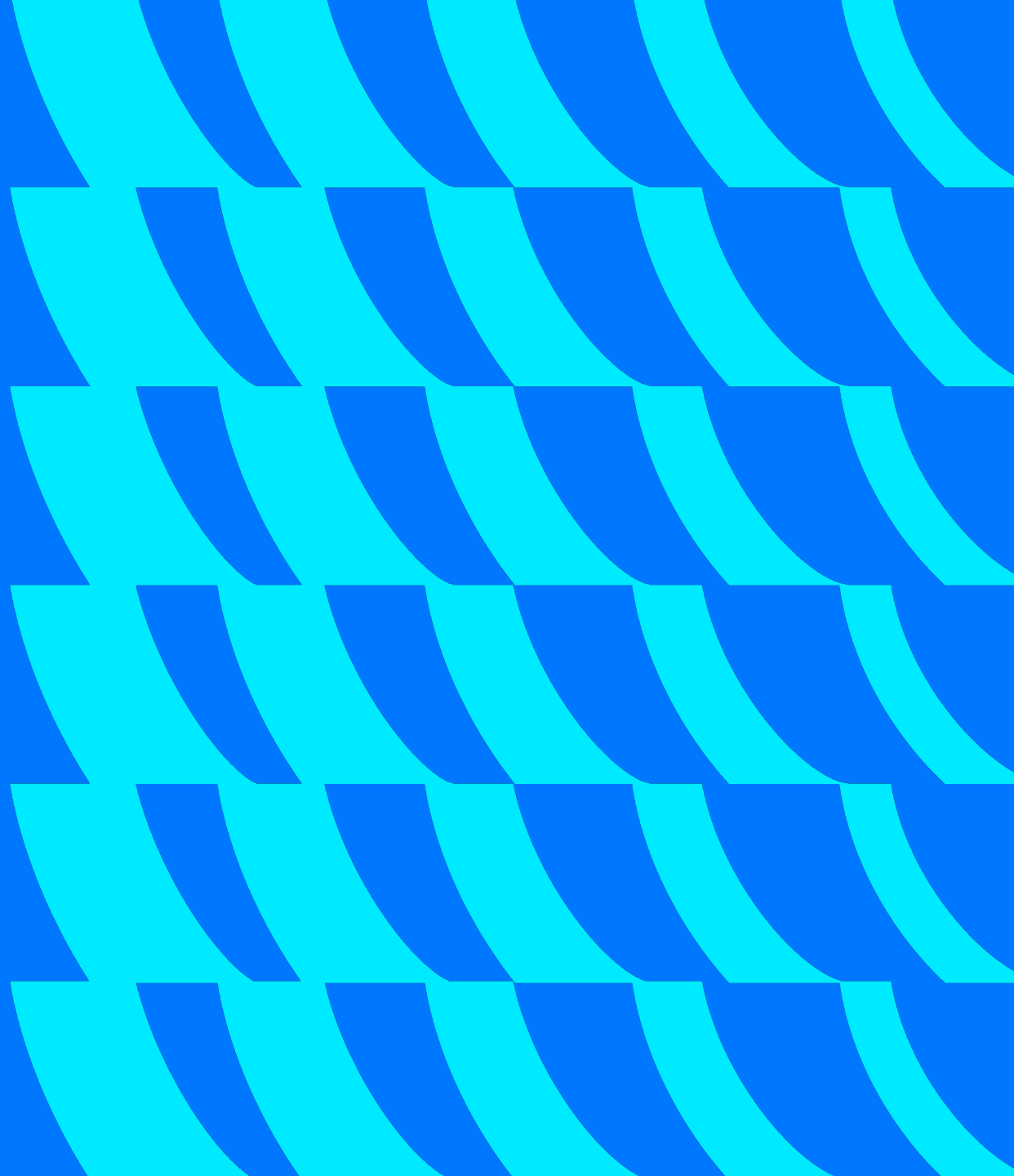
- Нагрузка на сервер

**Видео: SFU**

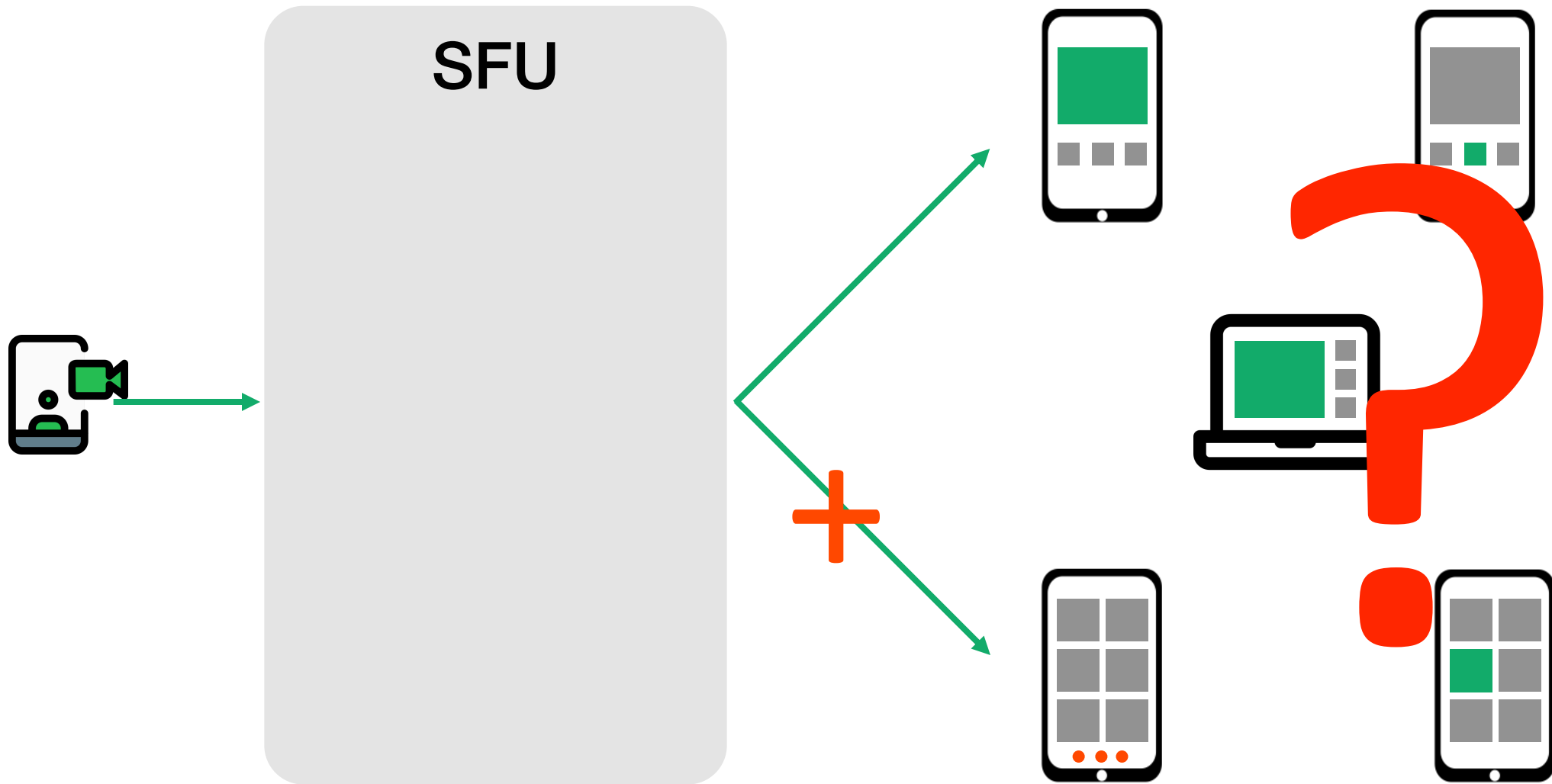
+ Гибкий UI на клиенте

- Тяжело клиенту

# Video SFU

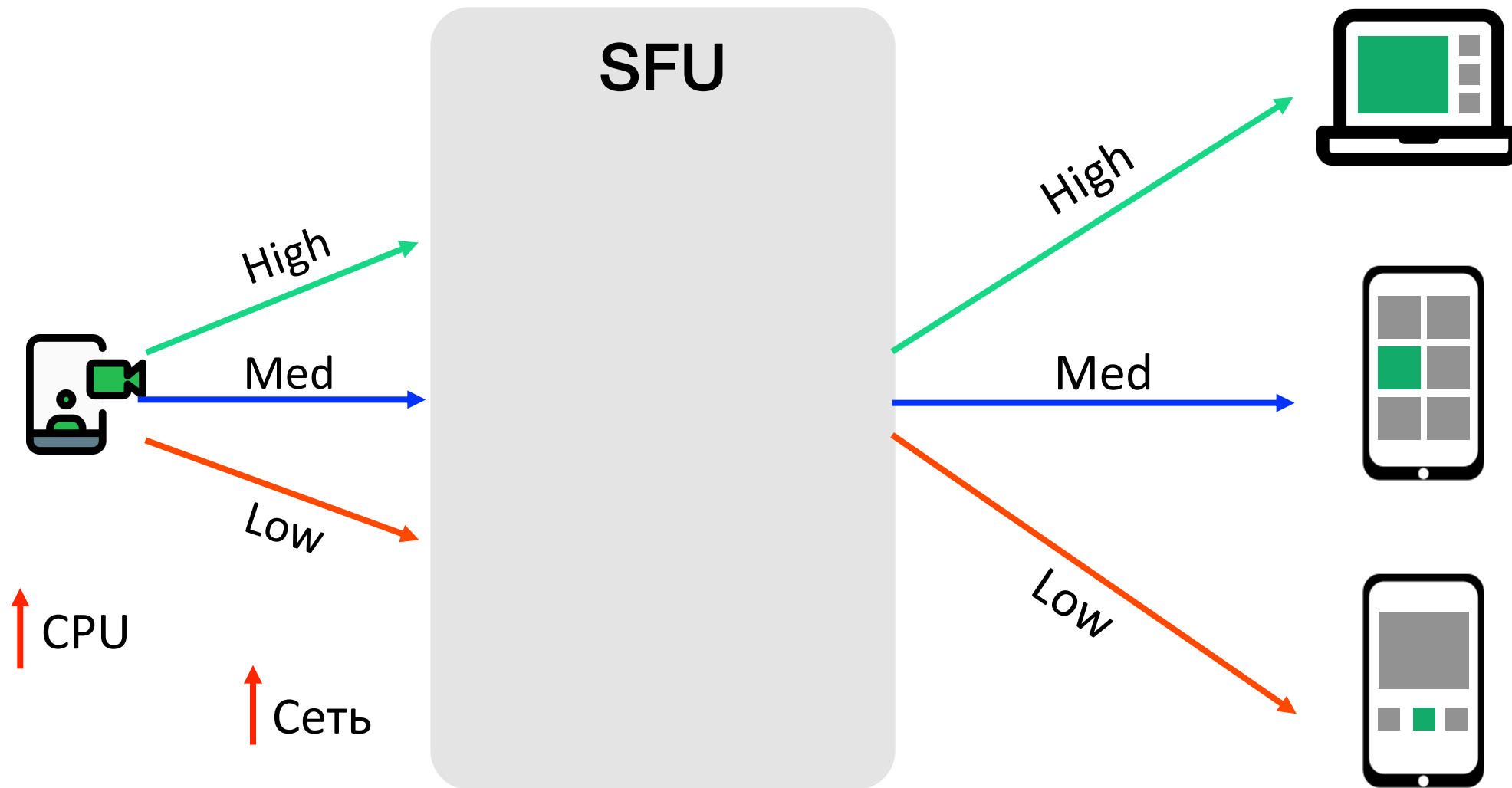


# Что умеет SFU?

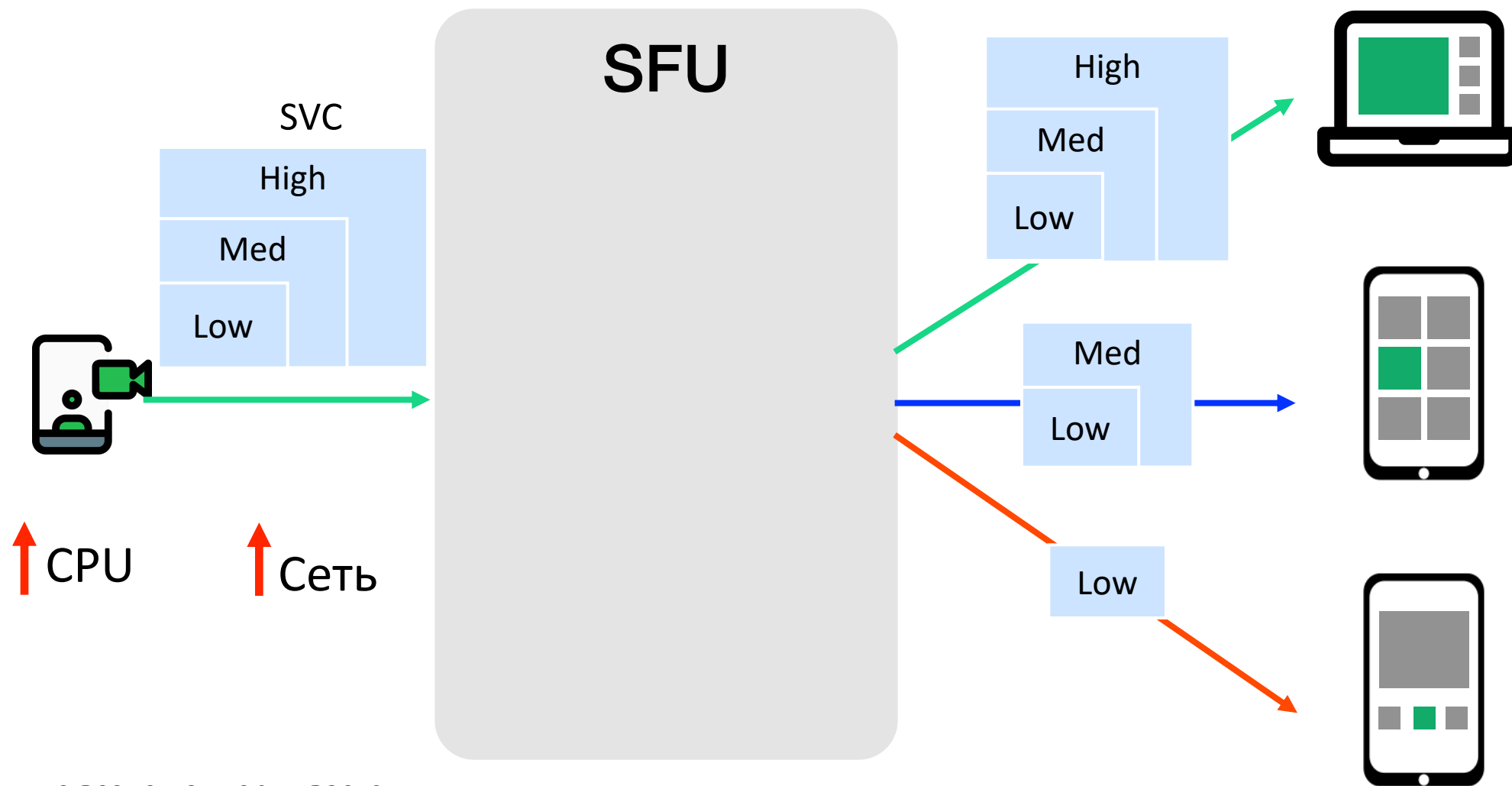




# Адаптация: Simulcast

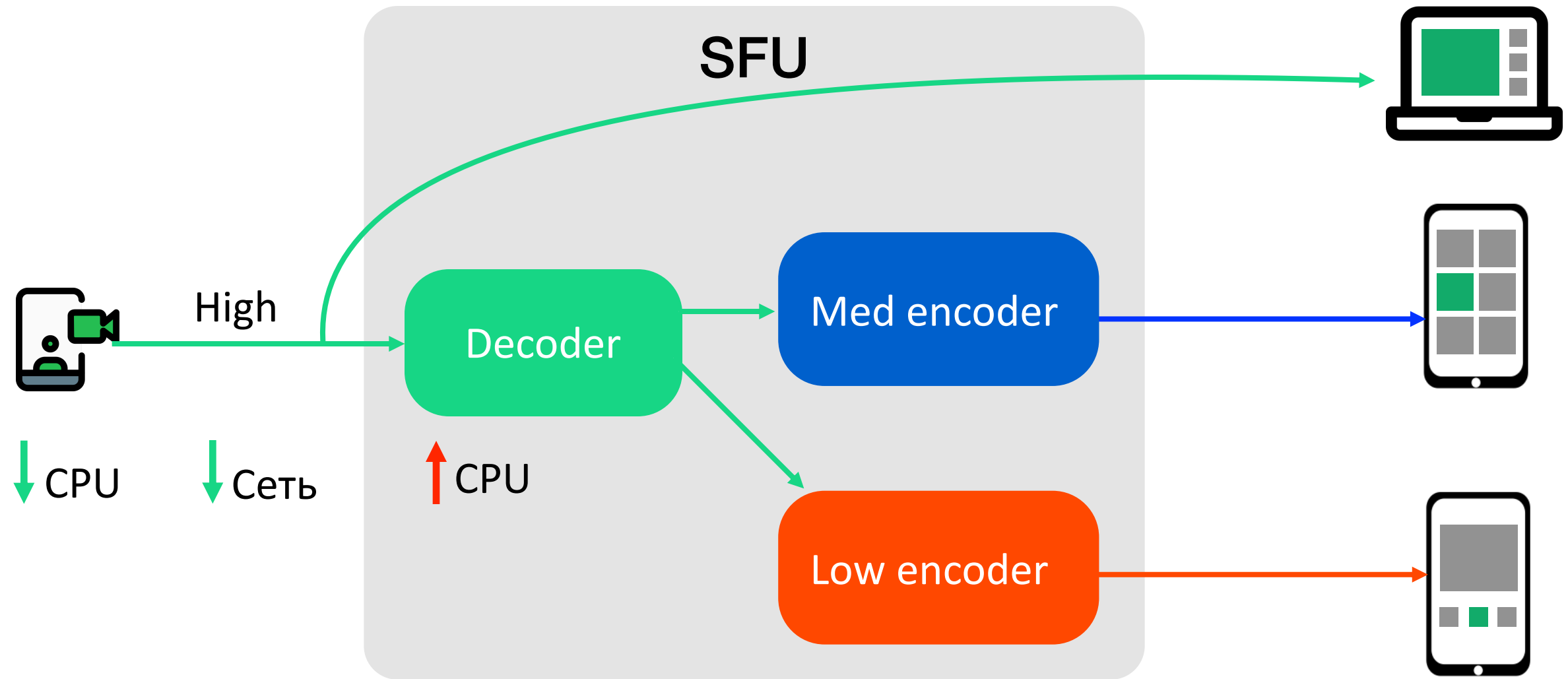


# Адаптация: SVC



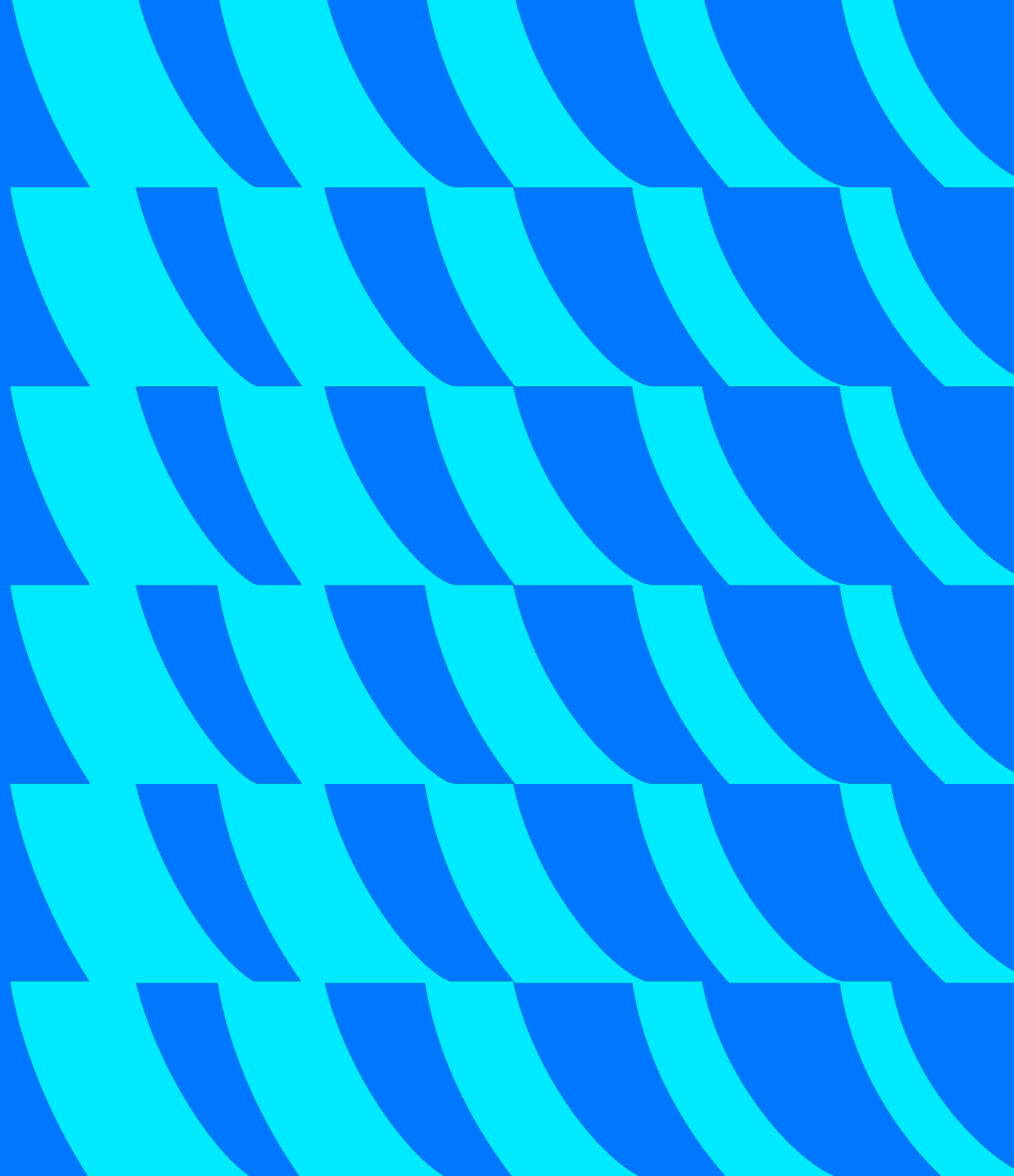
- не везде поддерживается

# Адаптация: Transform







+ поддержка разных кодеков

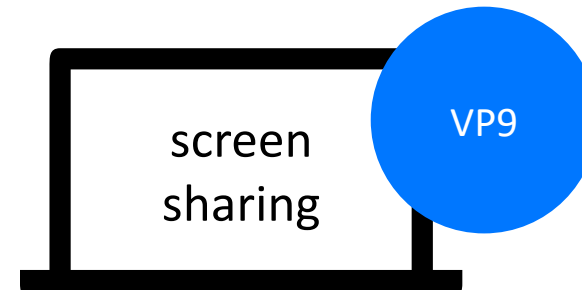
# Видеокодеки



# Кодеки

	H.264 (AVC)	VP8	H.265 (HEVC)	VP9	AV1
Поддержка					
Потребление ресурсов	Низкое	Низкое	Среднее	Среднее	Высокое
Эффективность сжатия	Низкая	Низкая	Средняя	Средняя	Высокая
Аппаратное ускорение	Почти везде	Местами	Местами	Местами	Пока большая редкость

# Выбираем энкодер под сценарий



+ низкое потребление батареи

+ высокая эффективность сжатия

+ высокая эффективность сжатия

+ высокая эффективность сжатия

- ниже эффективность сжатия

- выше потребление батареи

- выше потребление батареи

+ специальный режим для текста

*менее актуально из-за низкого разрешения*

*менее актуально на компьютере*

- выше потребление батареи

*менее актуально на компьютере*

# Выводы: ТОПОЛОГИИ В VK

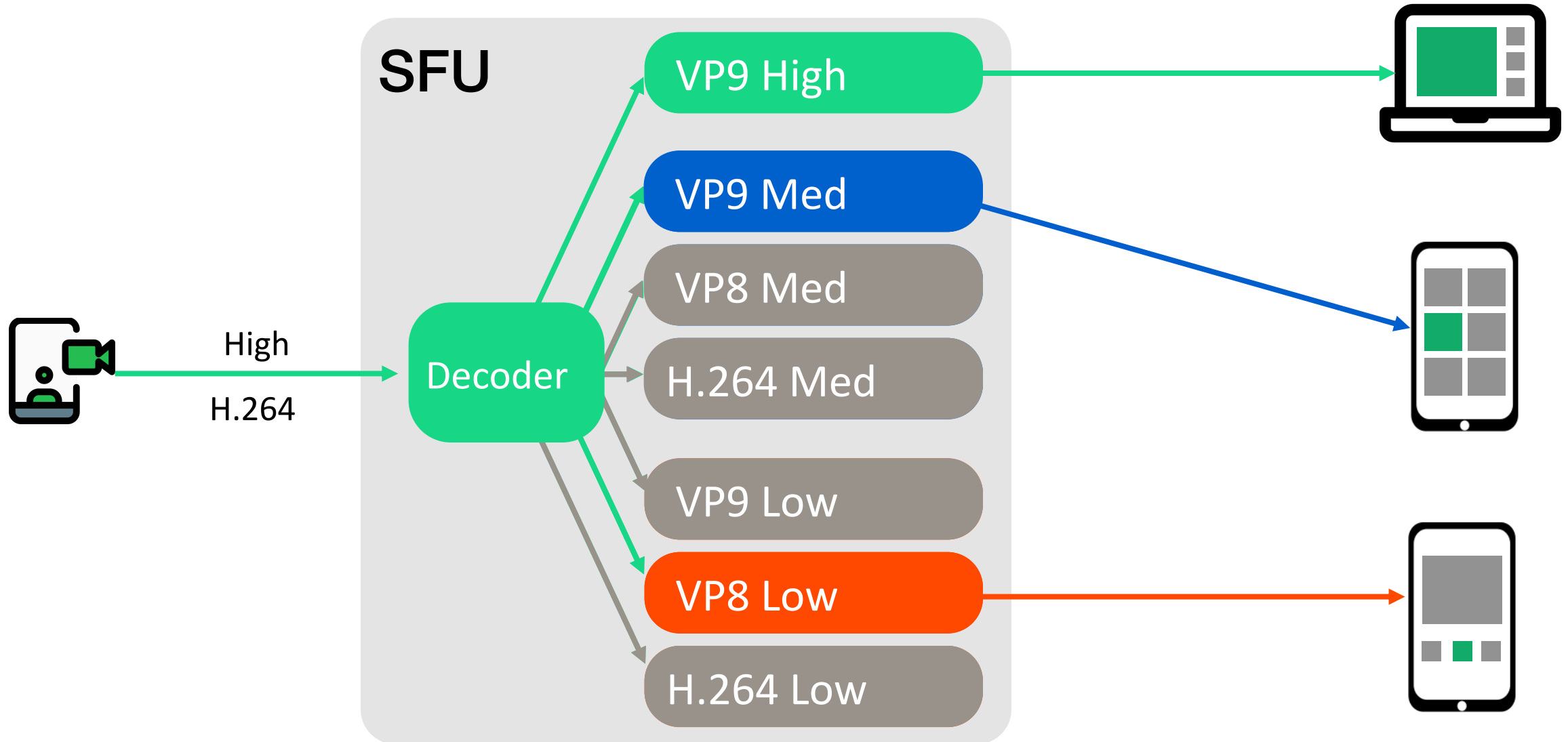
- ✓ Peer-to-peer для звонков 1 на 1
- ✓ Серверная топология для звонков больше двух участников:
  - MCU для аудио
  - SFU + transform для видео
- ✓ Поддерживаем разные кодеки, умеем переключать на лету

# О чем доклад?

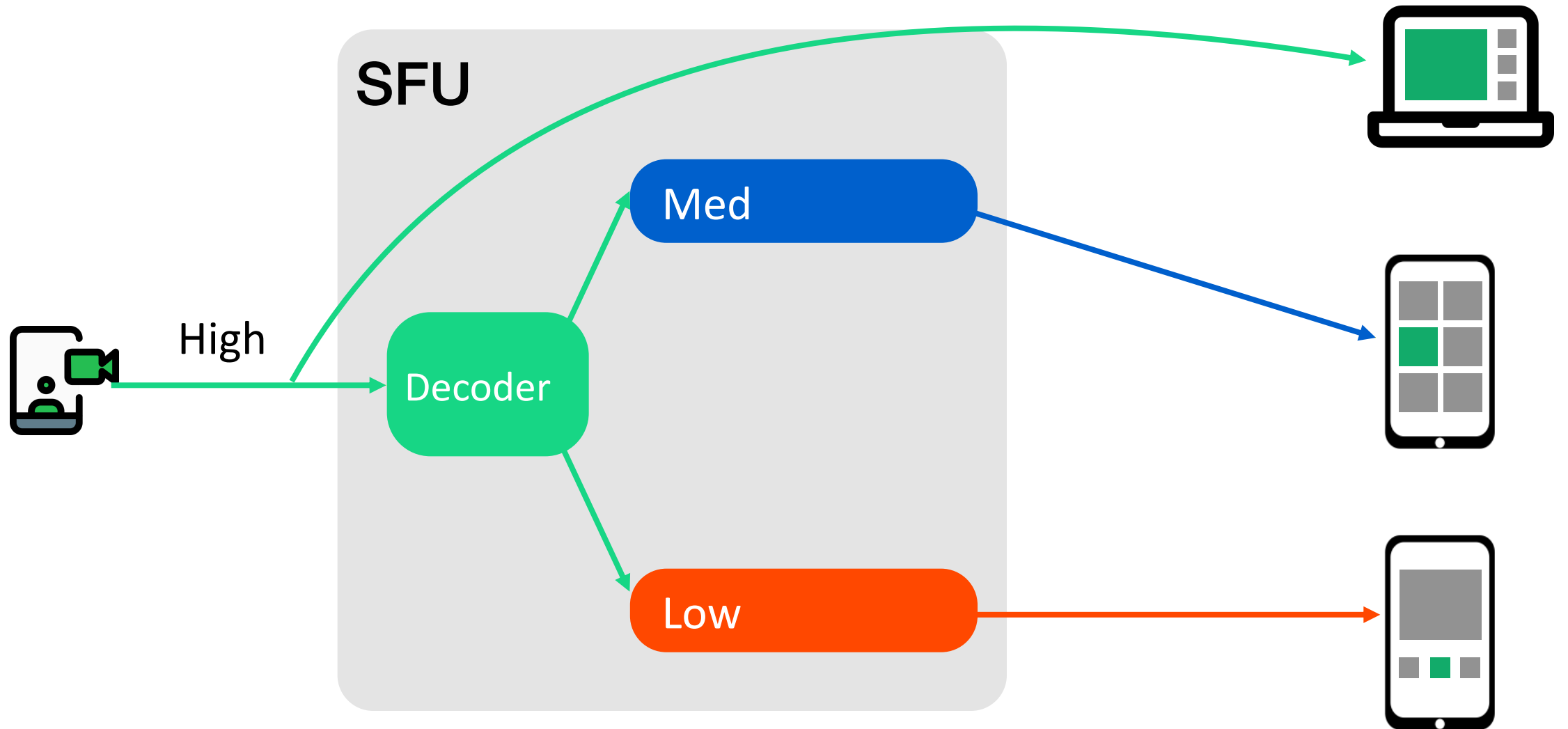
1. Сетевые протоколы, используемые в видеозвонках
2. Как устроены сервера VK Звонков
3. Оптимизации для уменьшения нагрузки на сервер
4. Как восстанавливаются данные при потерях в сети
5. Демонстрация экрана в VK Звонках
6. Масштабирование на тысячи пользователей
7. Тестирование



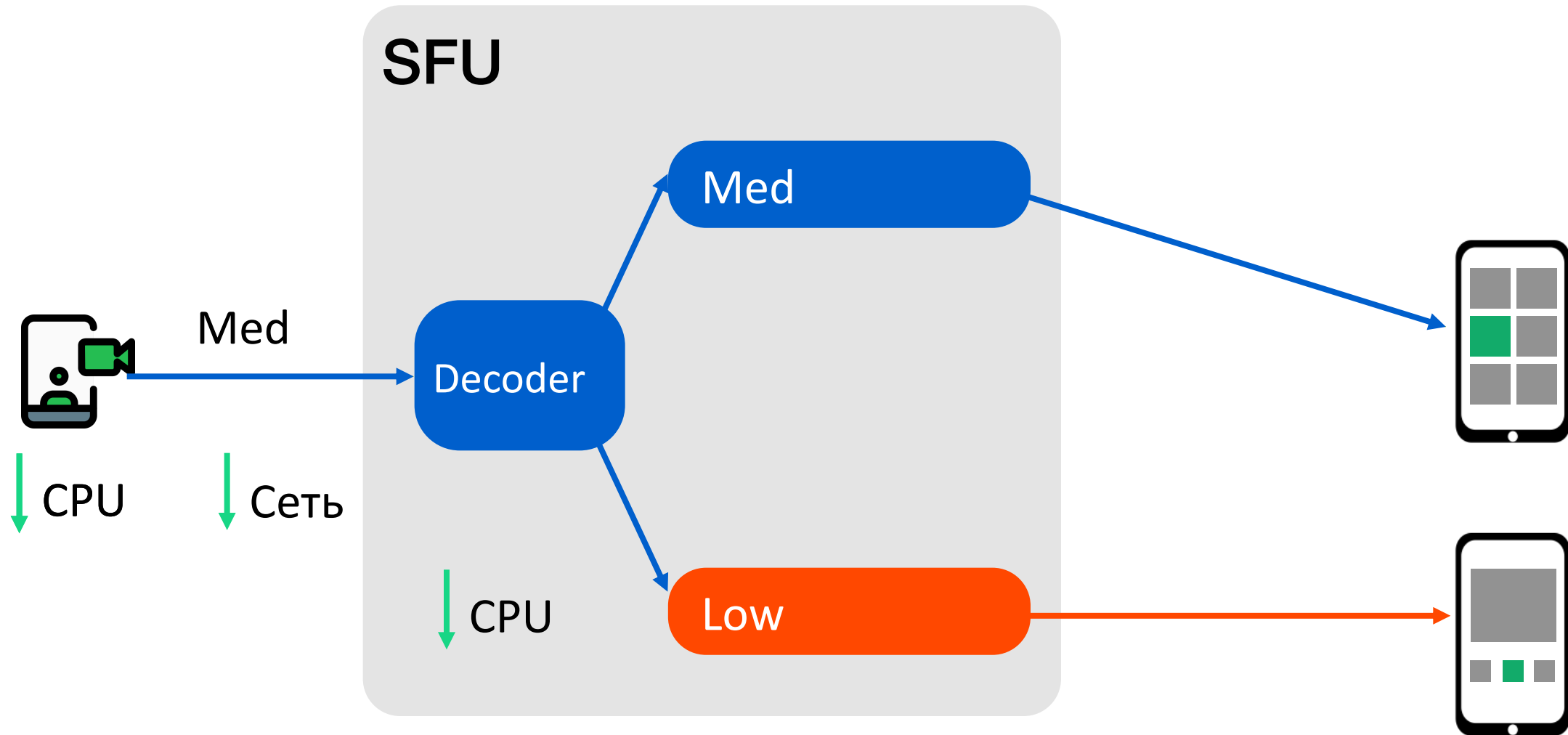
# On-demand transcode



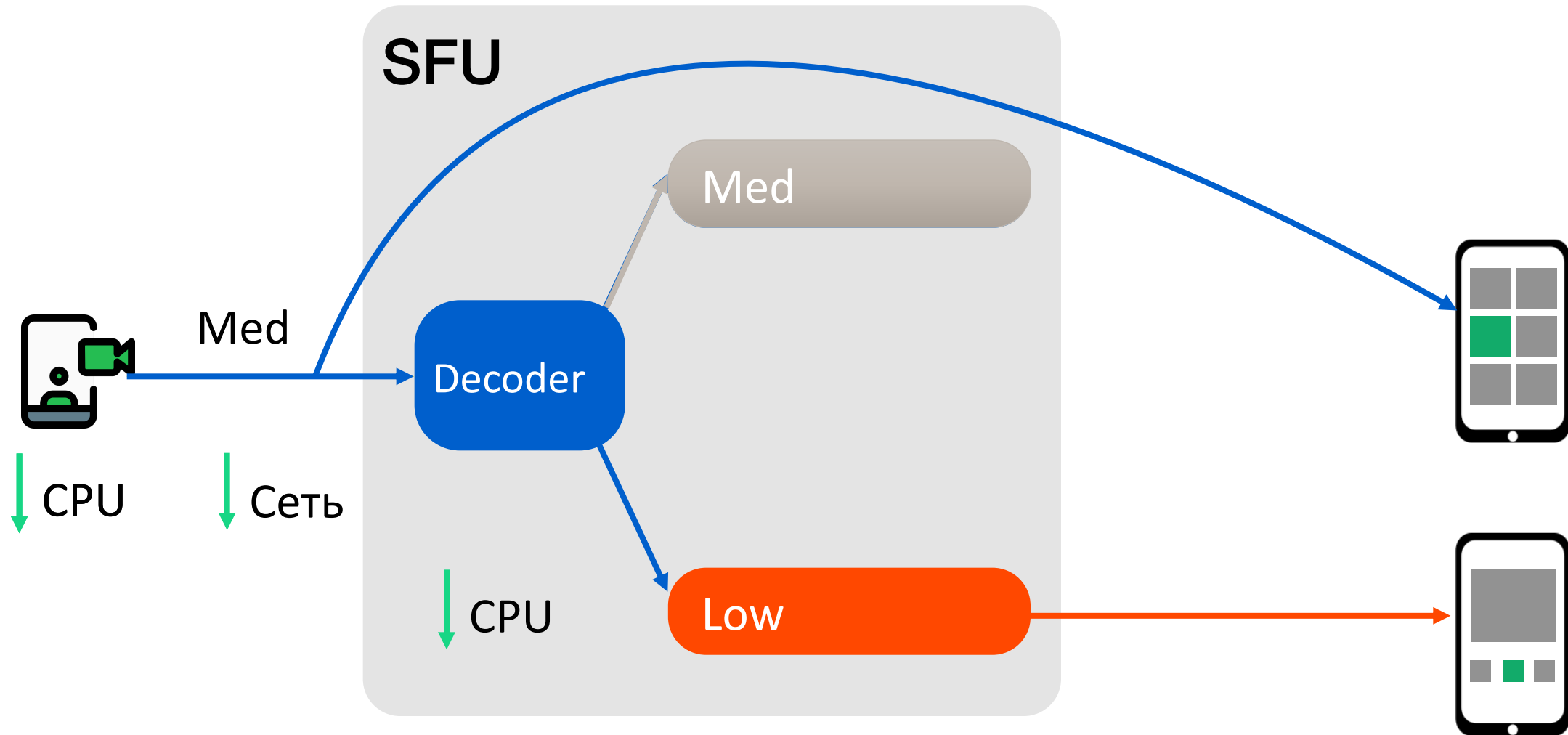
# On-demand quality



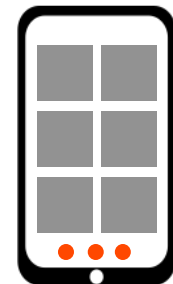
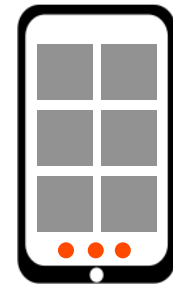
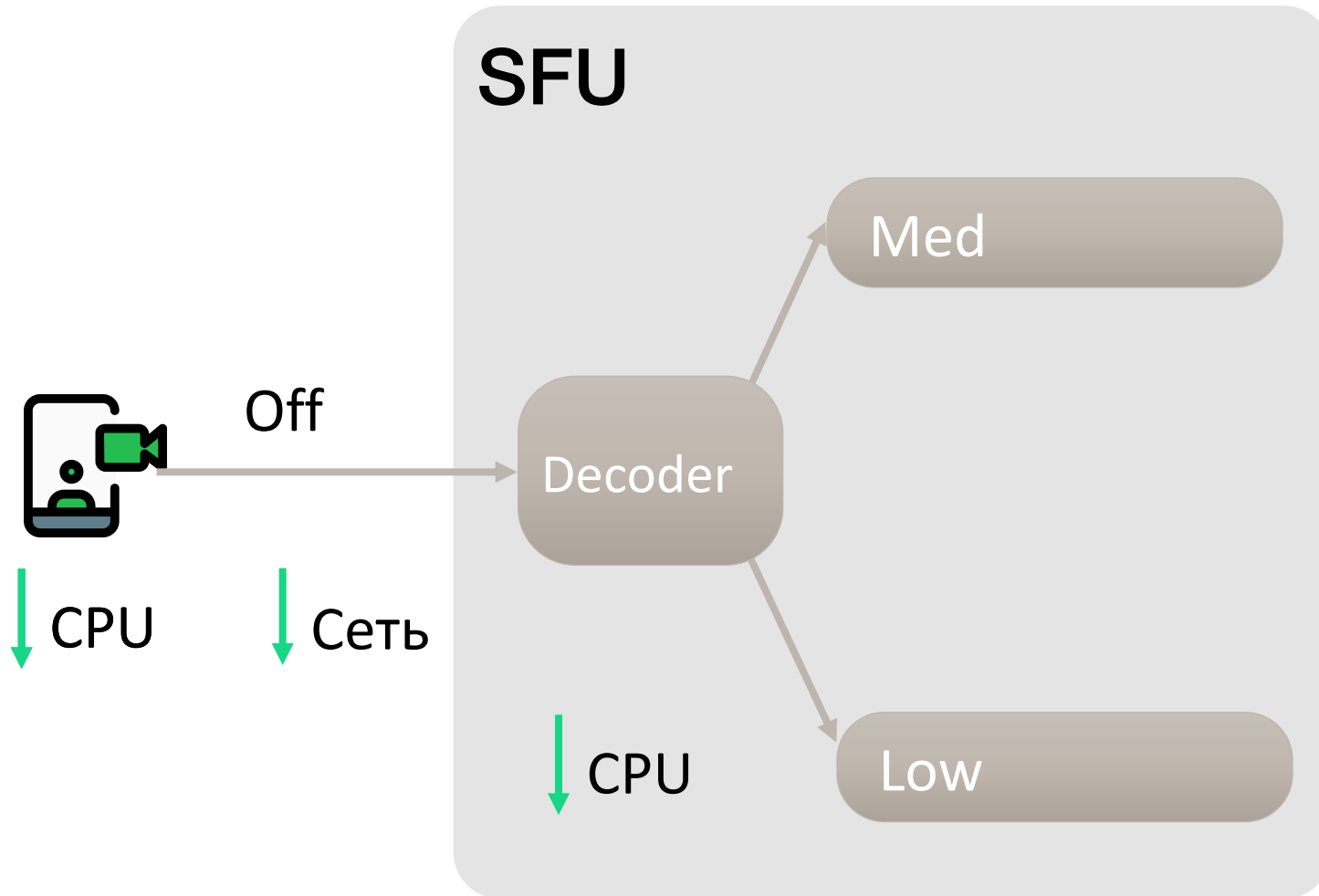
# On-demand quality



# On-demand quality



# On-demand quality



# Оптимизация переключений

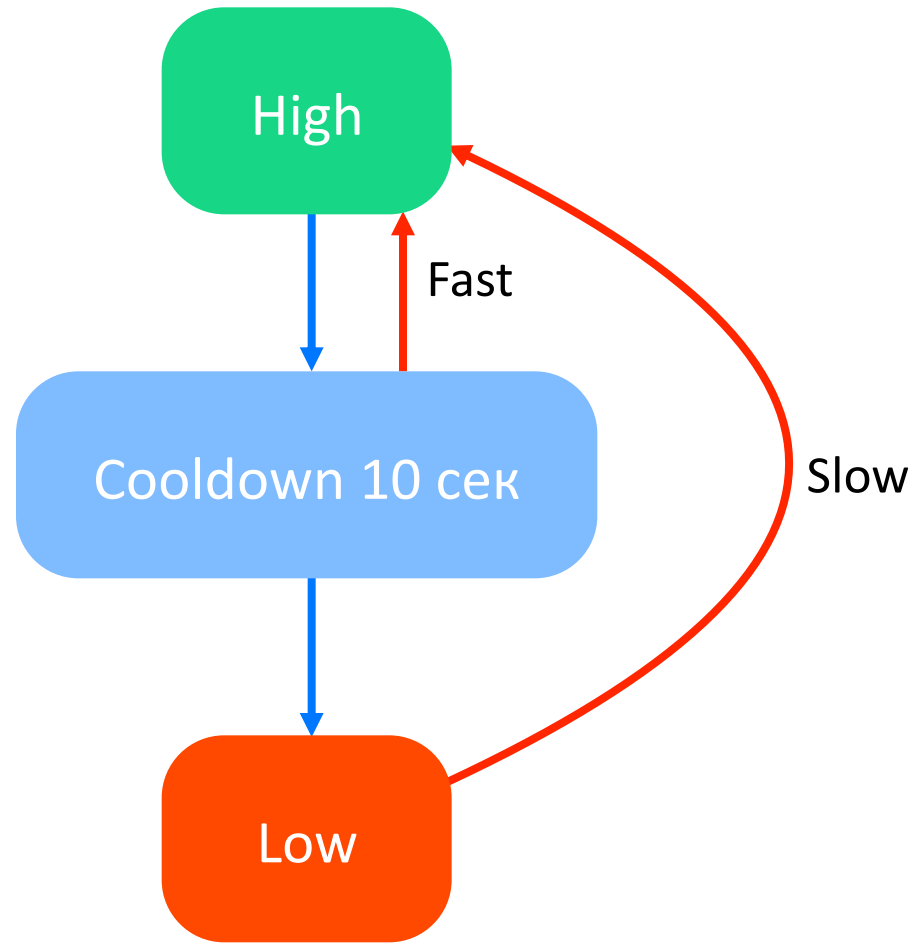
## Проблема:

Переключение  
качества занимает  
время

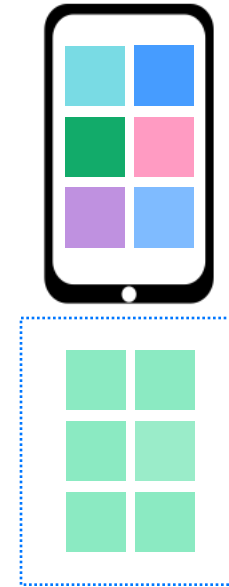
## Как обходим:

- Серверный декодер всегда работает
- Видео энкодеры в режиме нулевой задержки
- Энкодеры умеют отдавать ключевой кадр по запросу
- 🌊 Предсказываем будущее (Cooldown+Prefetch)

# Cooldown



# Prefetch



# Выводы: Transcode

Транскодирование — дорого,  
нужны оптимизации

- Transform on-demand
- Quality on-demand

Оптимизируем задержки  
при переключениях on-demand

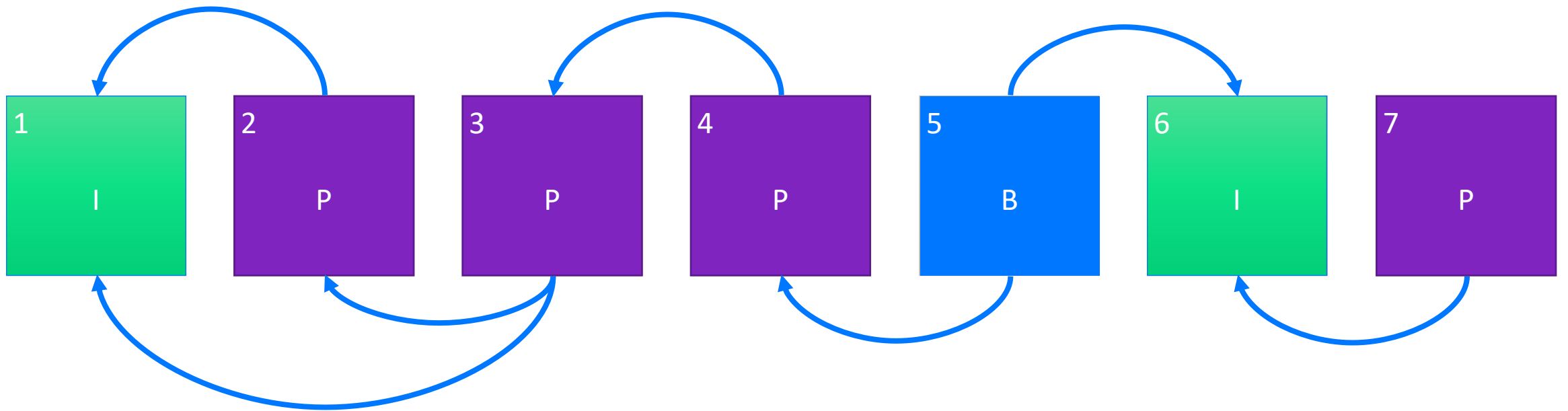
- Cooldown
- Prefetch



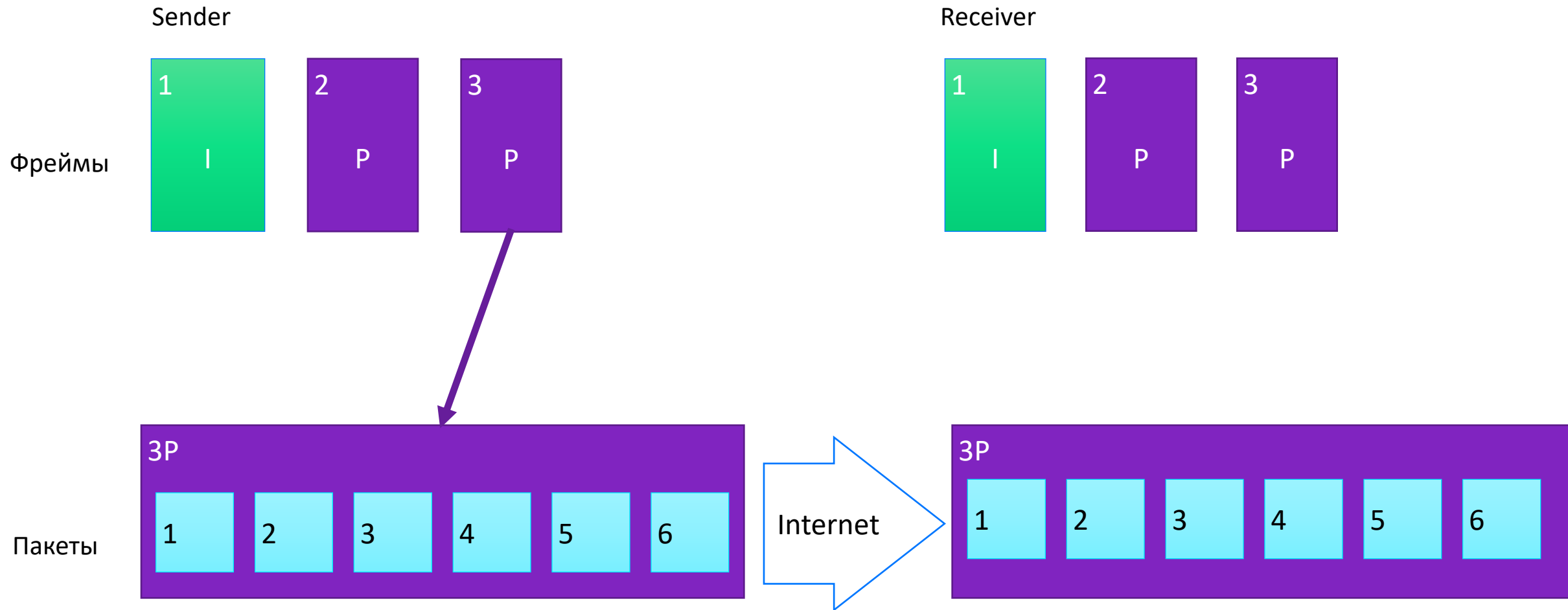
# О чем доклад?

1. Сетевые протоколы, используемые в видеозвонках
2. Как устроены сервера VK Звонков
3. Оптимизации для уменьшения нагрузки на сервер
4. Как восстанавливаются данные при потерях в сети
5. Демонстрация экрана в VK Звонках
6. Масштабирование на тысячи пользователей
7. Тестирование

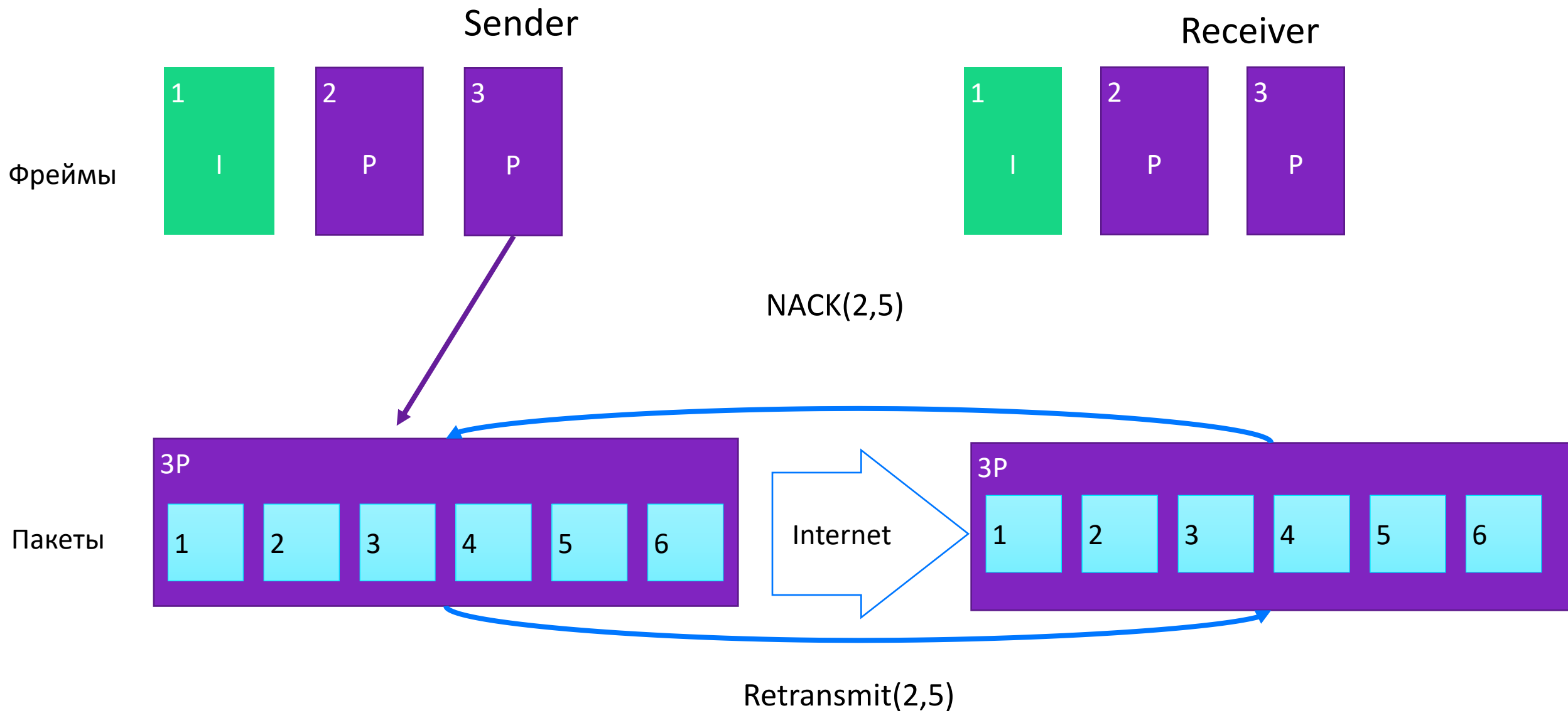
# Как устроено видео?

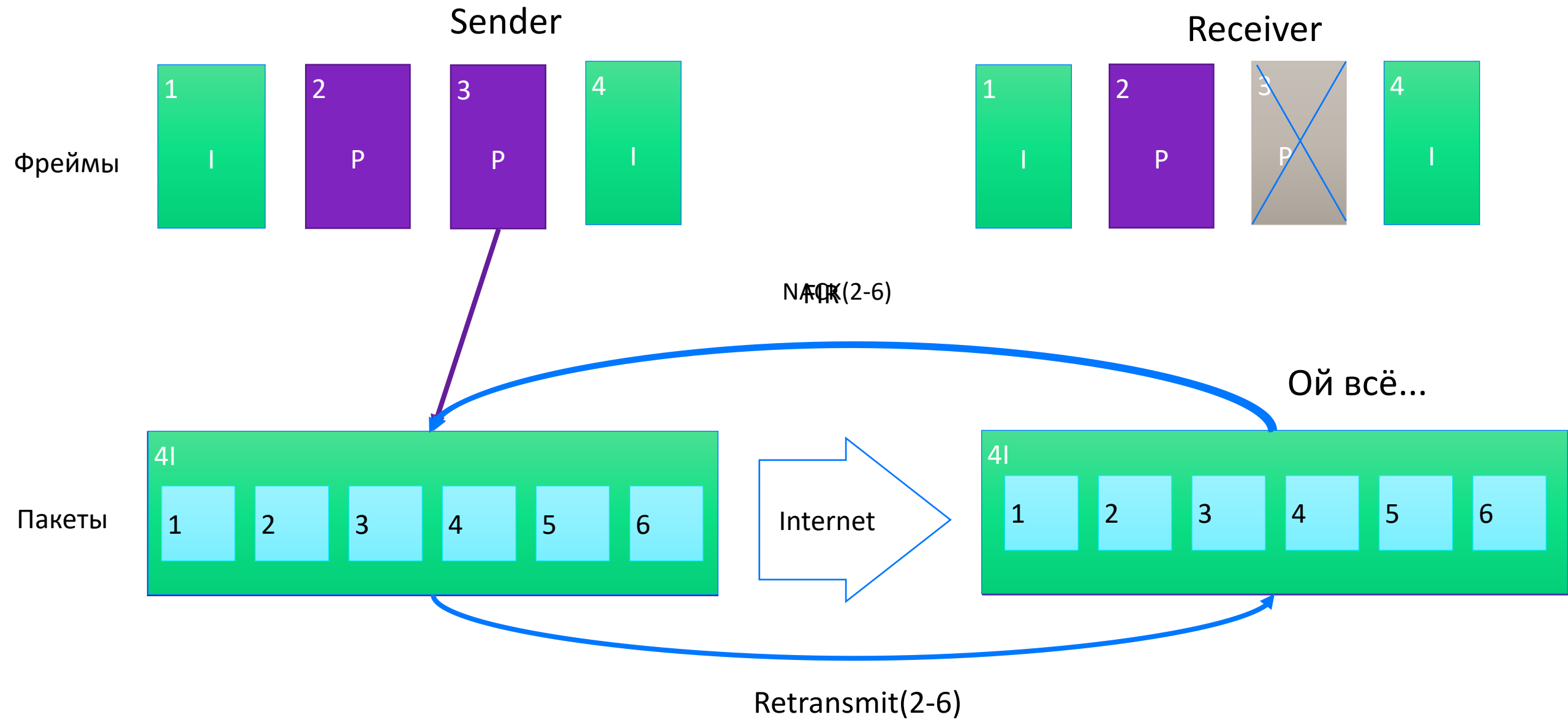


# WebRTC - восстановление потерянных данных









# О чем доклад?

1. Сетевые протоколы, используемые в видеозвонках
2. Как устроены сервера VK Звонков
3. Оптимизации для уменьшения нагрузки на сервер
4. Как восстанавливаются данные при потерях в сети
5. **Демонстрация экрана в VK Звонках**
6. Масштабирование на тысячи пользователей
7. Тестирование

# Текстовый контент — другие ожидания качества



**Фидбек от коллег:**

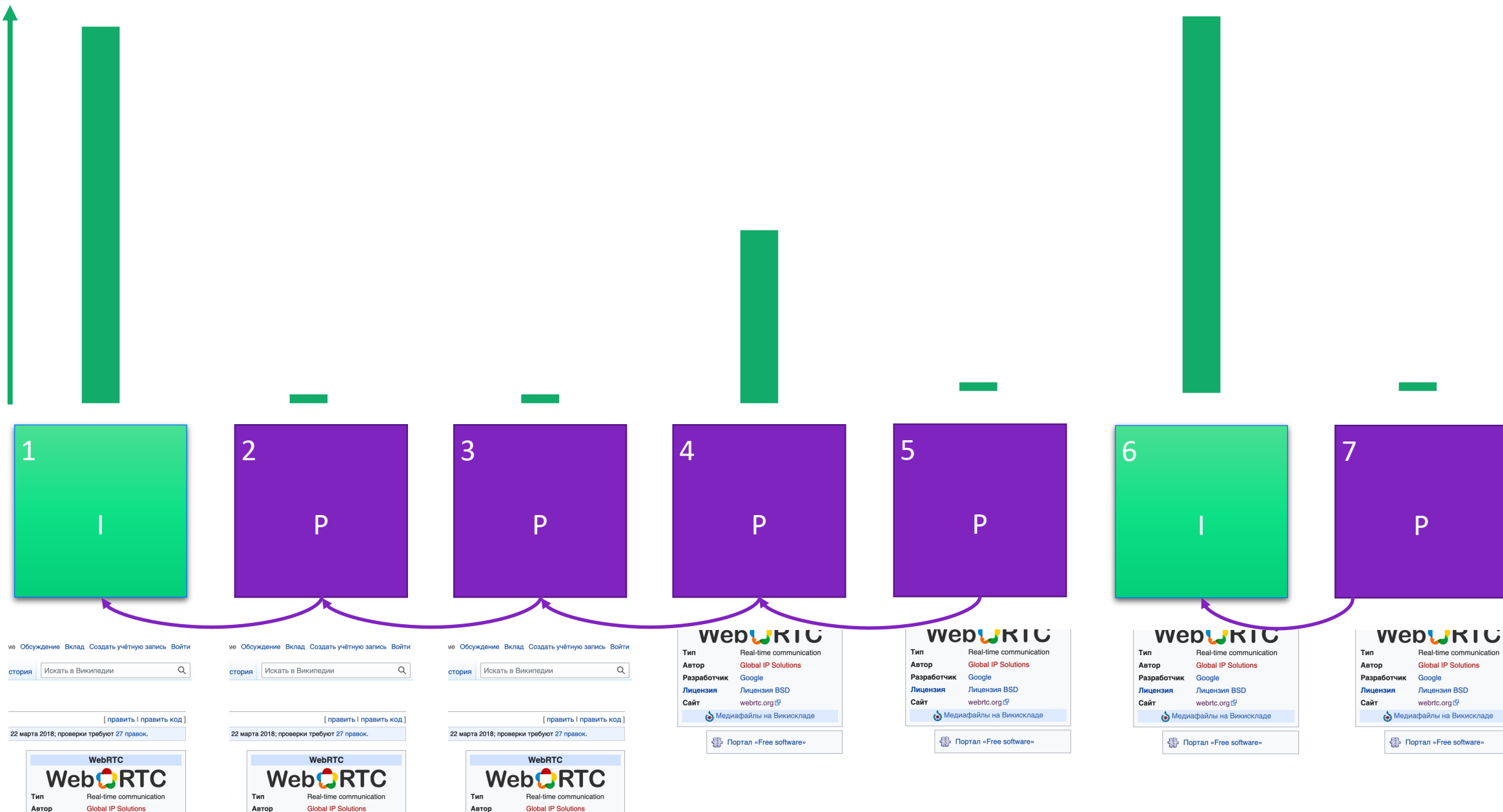
«Текст шакалит»

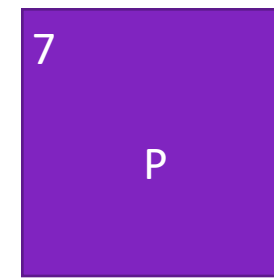
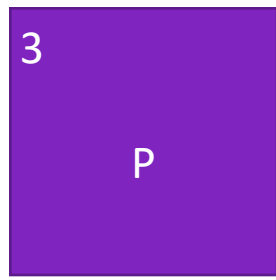
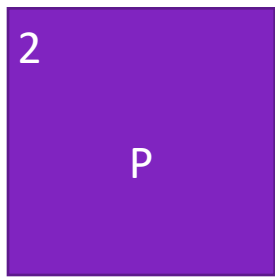
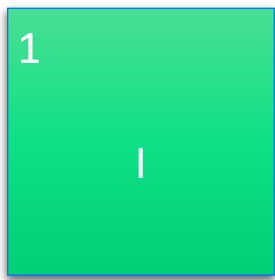
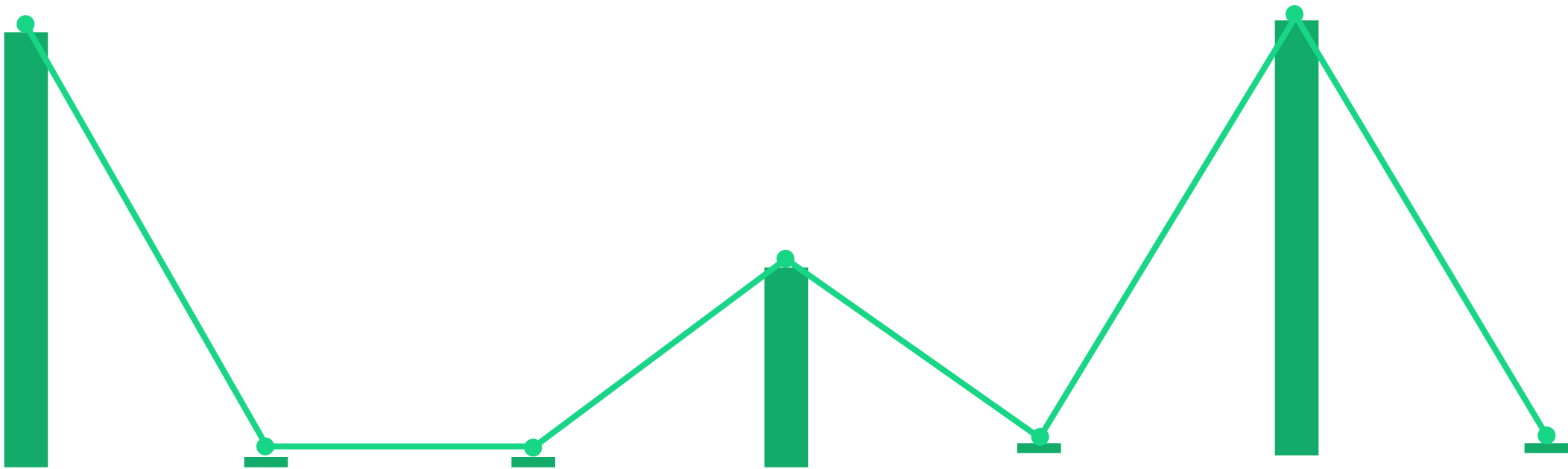
«Мылит шару»

«Блурит экран»



Количество информации





me Обсуждение Вклад Создать учётную запись Войти

стория

[ править | править код ]

22 марта 2018; проверки требуют 27 правок.

WebRTC	
<b>WebRTC</b>	
<b>Тип</b>	Real-time communication
<b>Автор</b>	Global IP Solutions

me Обсуждение Вклад Создать учётную запись Войти

стория

[ править | править код ]

22 марта 2018; проверки требуют 27 правок.

WebRTC	
<b>WebRTC</b>	
<b>Тип</b>	Real-time communication
<b>Автор</b>	Global IP Solutions

me Обсуждение Вклад Создать учётную запись Войти

стория

[ править | править код ]

22 марта 2018; проверки требуют 27 правок.

WebRTC	
<b>WebRTC</b>	
<b>Тип</b>	Real-time communication
<b>Автор</b>	Global IP Solutions

WebRTC	
<b>Тип</b>	Real-time communication
<b>Автор</b>	Global IP Solutions
<b>Разработчик</b>	Google
<b>Лицензия</b>	Лицензия BSD
<b>Сайт</b>	webrtc.org <a href="#">↗</a>
<a href="#">Медиафайлы на Викискладе</a>	

[Портал «Free software»](#)

WebRTC	
<b>Тип</b>	Real-time communication
<b>Автор</b>	Global IP Solutions
<b>Разработчик</b>	Google
<b>Лицензия</b>	Лицензия BSD
<b>Сайт</b>	webrtc.org <a href="#">↗</a>
<a href="#">Медиафайлы на Викискладе</a>	

[Портал «Free software»](#)

WebRTC	
<b>Тип</b>	Real-time communication
<b>Автор</b>	Global IP Solutions
<b>Разработчик</b>	Google
<b>Лицензия</b>	Лицензия BSD
<b>Сайт</b>	webrtc.org <a href="#">↗</a>
<a href="#">Медиафайлы на Викискладе</a>	

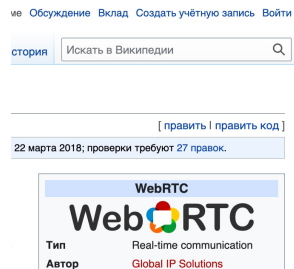
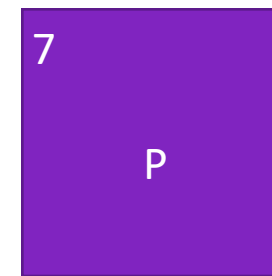
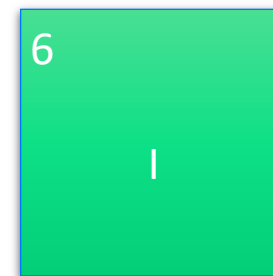
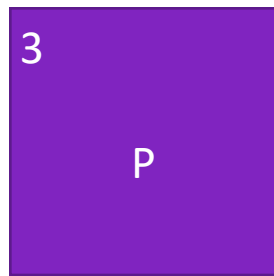
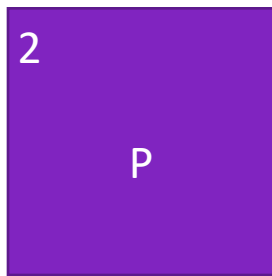
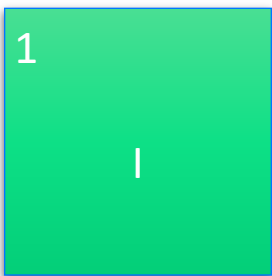
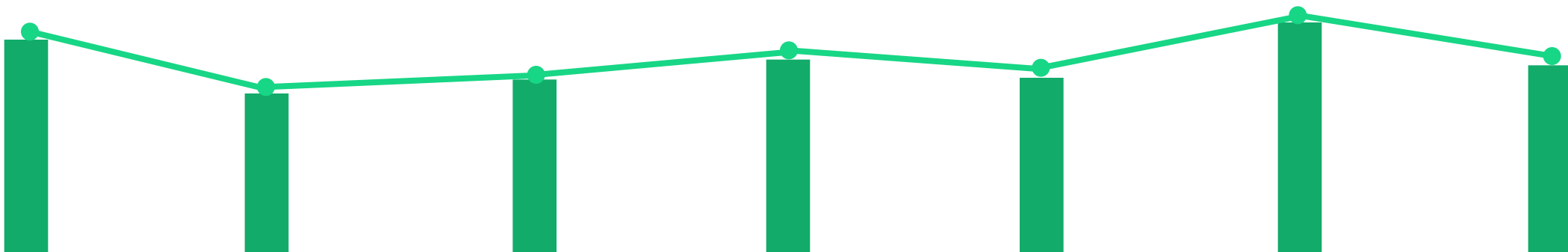
[Портал «Free software»](#)

WebRTC	
<b>Тип</b>	Real-time communication
<b>Автор</b>	Global IP Solutions
<b>Разработчик</b>	Google
<b>Лицензия</b>	Лицензия BSD
<b>Сайт</b>	webrtc.org <a href="#">↗</a>
<a href="#">Медиафайлы на Викискладе</a>	

[Портал «Free software»](#)



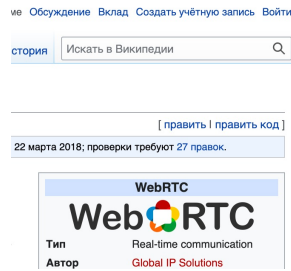
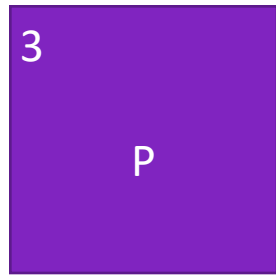
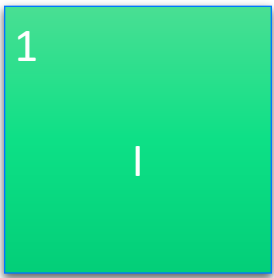
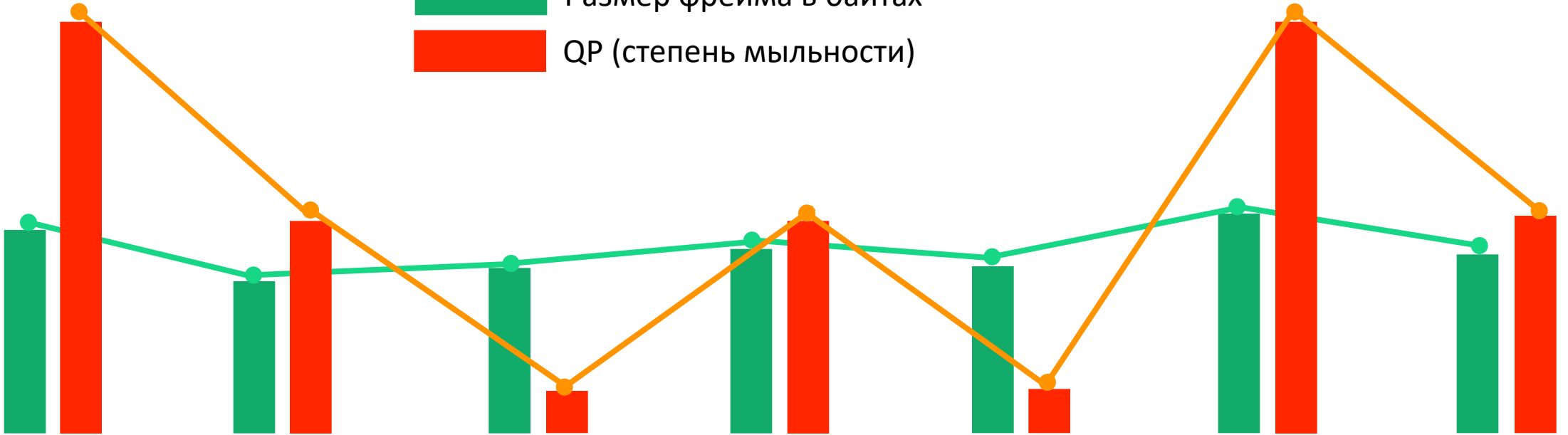
Размер фрейма в байтах





Размер фрейма в байтах

QP (степень мыльности)



# Проблема:

Кодек выравнивает битрейт, но жертвует стабильностью качества

## Решение WebRTC:

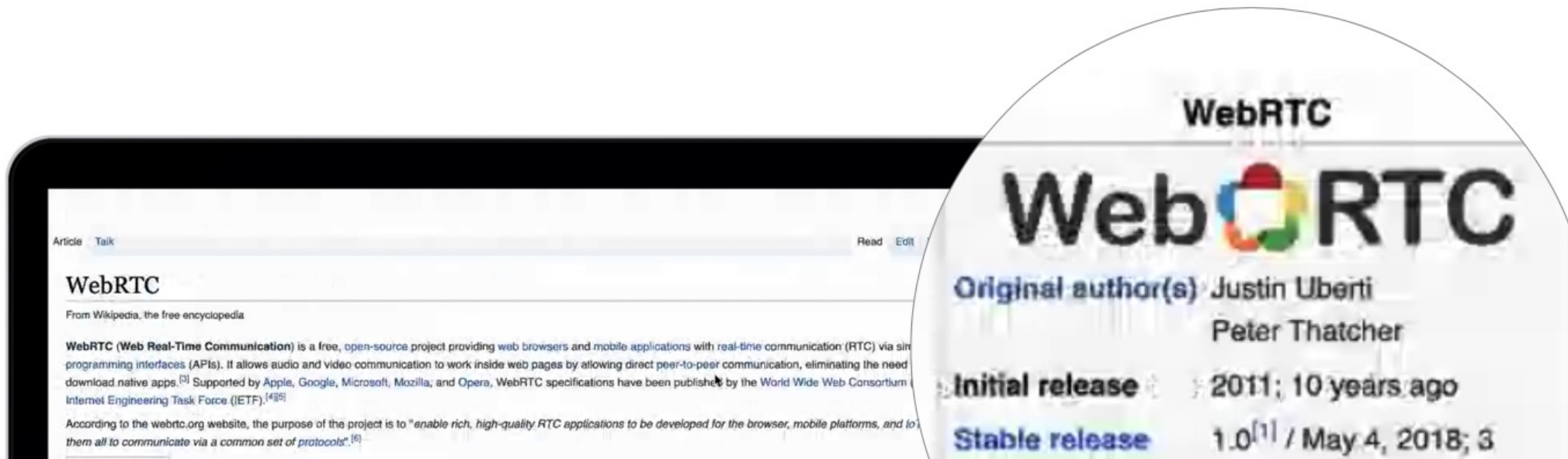
Подсказать кодеку, что детали важны и нужно понижать не качество, а фреймрейт

```
degradationPreference="maintain-resolution"
```

```
contentHint="text"
```

Всё равно мылит!

Нет доступа к настройкам энкодера



# Выкручиваем чёткость на максимум

Encoder:

*VP9E\_SET\_TUNE\_CONTENT*

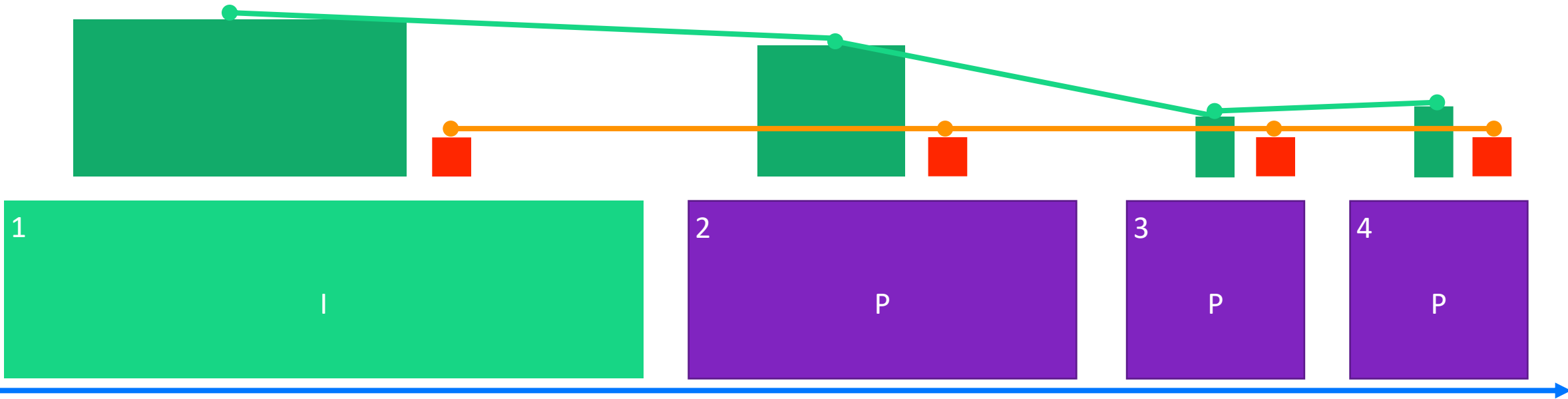
*screen*

*rc\_max\_quantizer 8*

Rate Control:

Frame drops

Размер фрейма в байтах  
 QR (степень мыльности)



Время

[we](#) [Обсуждение](#) [Вклад](#) [Создать учётную запись](#) [Войти](#)  
 история    
 [ [править](#) | [править код](#) ]  
 22 марта 2018; проверки требуют 27 правок.

**WebRTC**

Тип Real-time communication  
 Автор Global IP Solutions

**WebRTC**

Тип Real-time communication  
 Автор Global IP Solutions  
 Разработчик Google  
 Лицензия Лицензия BSD  
 Сайт webrtc.org

[Медиафайлы на Викискладе](#)

[Портал «Free software»](#)

**WebRTC**

Тип Real-time communication  
 Автор Global IP Solutions  
 Разработчик Google  
 Лицензия Лицензия BSD  
 Сайт webrtc.org

[Медиафайлы на Викискладе](#)

[Портал «Free software»](#)

**WebRTC**

Тип Real-time communication  
 Автор Global IP Solutions  
 Разработчик Google  
 Лицензия Лицензия BSD  
 Сайт webrtc.org

[Медиафайлы на Викискладе](#)

[Портал «Free software»](#)

Отдаём на  
тестирование и  
радуемся 🌟😄

Фидбек:

«Чёрный экран»

«Шару не видно»

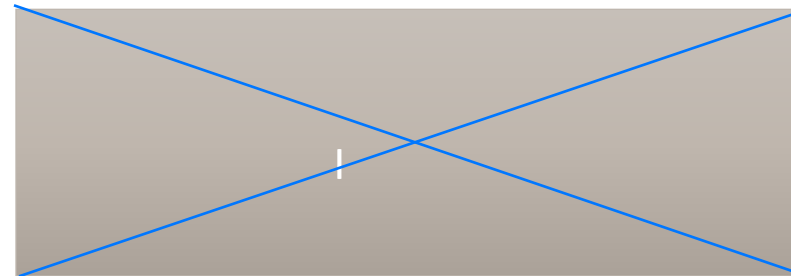
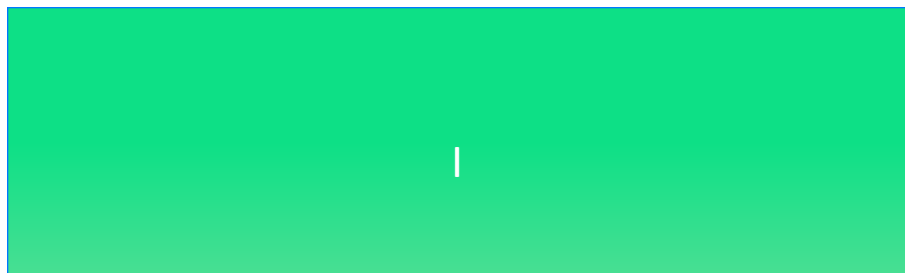




Sender

Receiver

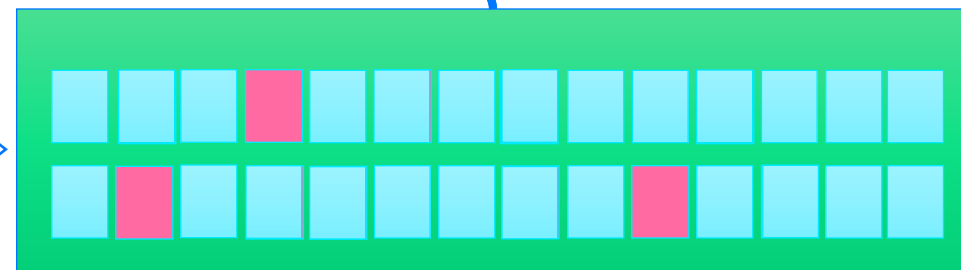
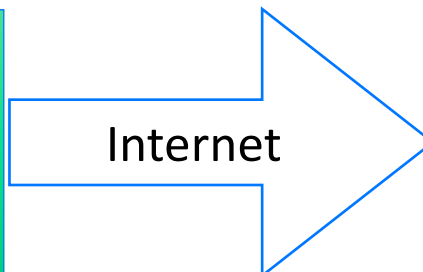
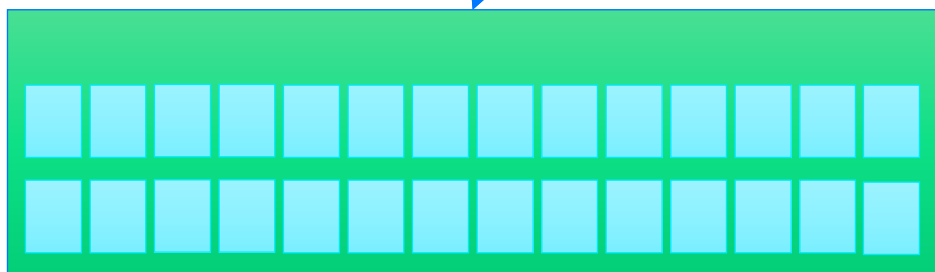
Фреймы



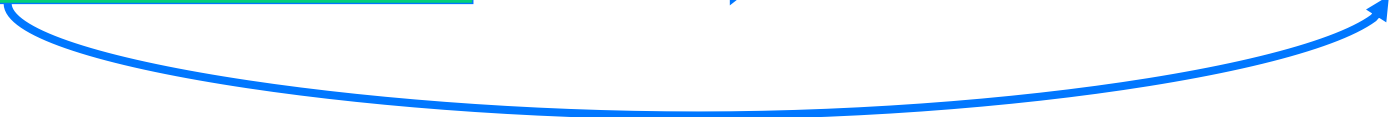
ACK(...)

Ой всё...

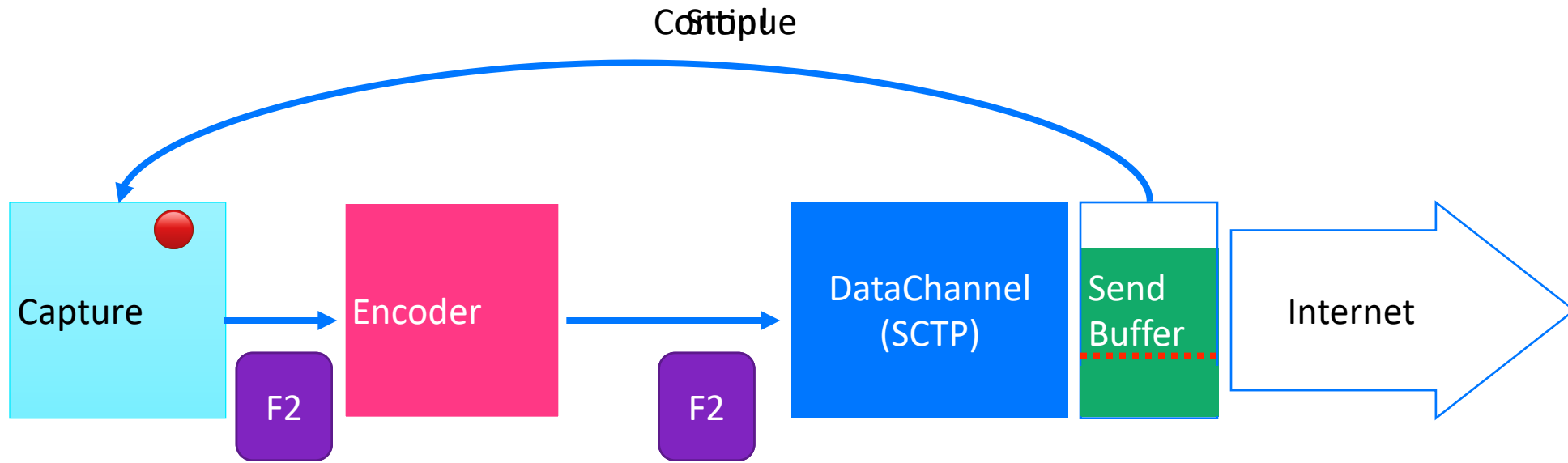
Пакеты



Retransmit(...)



# Заменяем транспорт на датаканал



# Выводы: демонстрация экрана

## Фидбек:

4K демонстрация экрана 🔥

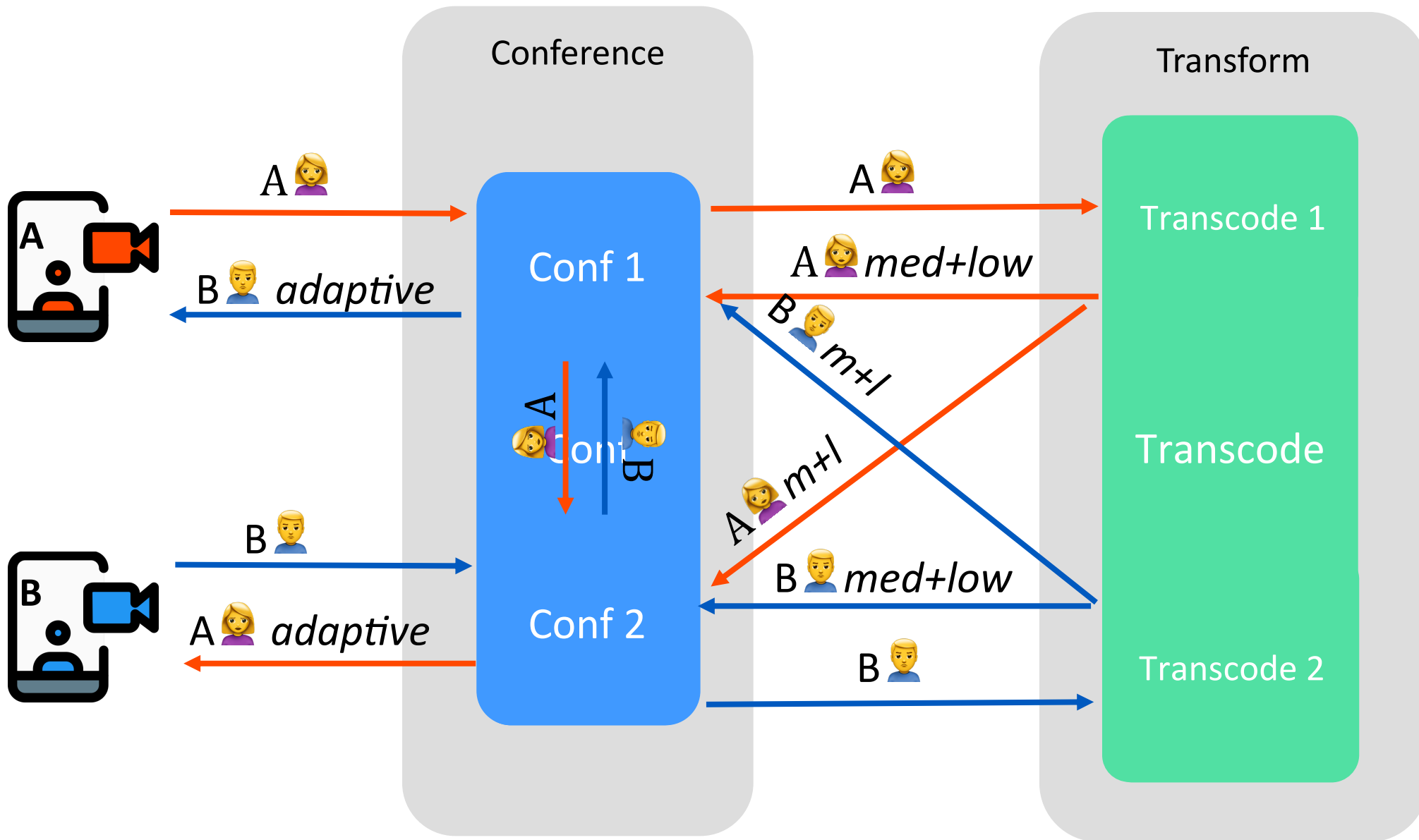
WebRTC оптимизирован  
под видео с камеры

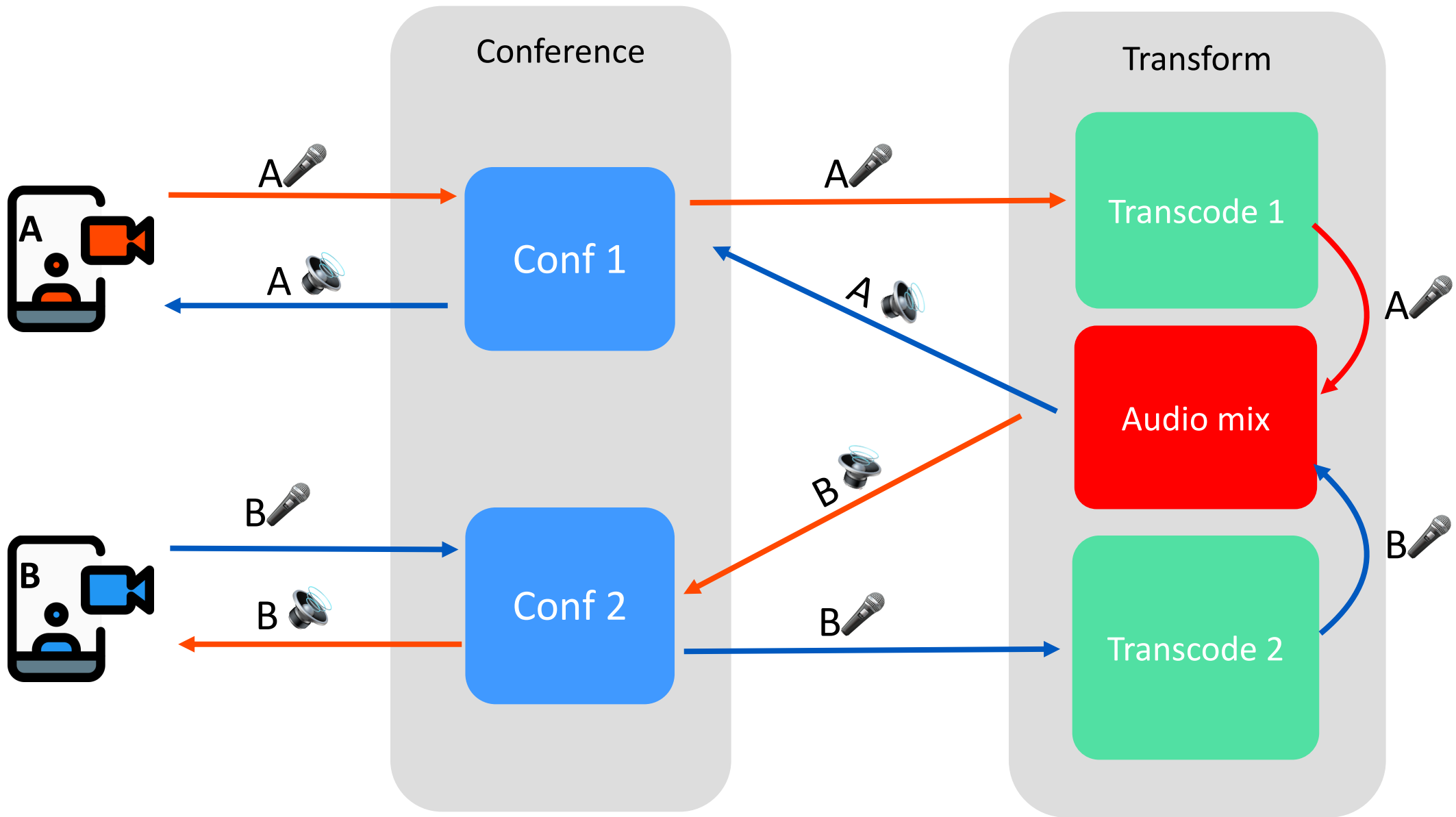
Наш пайплайн для демонстрации  
экрана:

- VP9 кодек
- Доставляем по датаканалу
- Bitrate control: drop frames

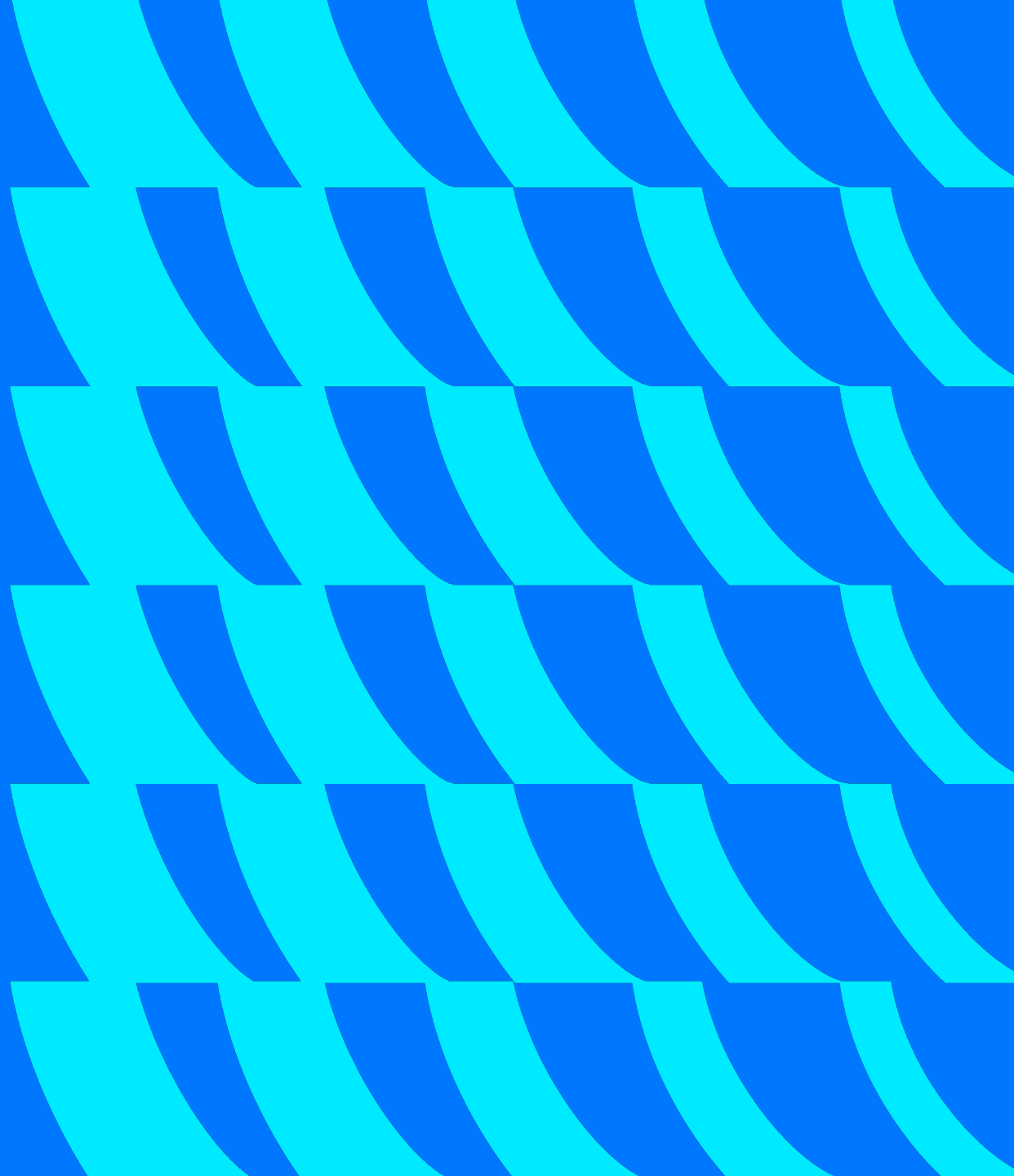
# О чем доклад?

1. Сетевые протоколы, используемые в видеозвонках
2. Как устроены сервера VK Звонков
3. Оптимизации для уменьшения нагрузки на сервер
4. Как восстанавливаются данные при потерях в сети
5. Демонстрация экрана в VK Звонках
6. Масштабирование на тысячи пользователей
7. Тестирование

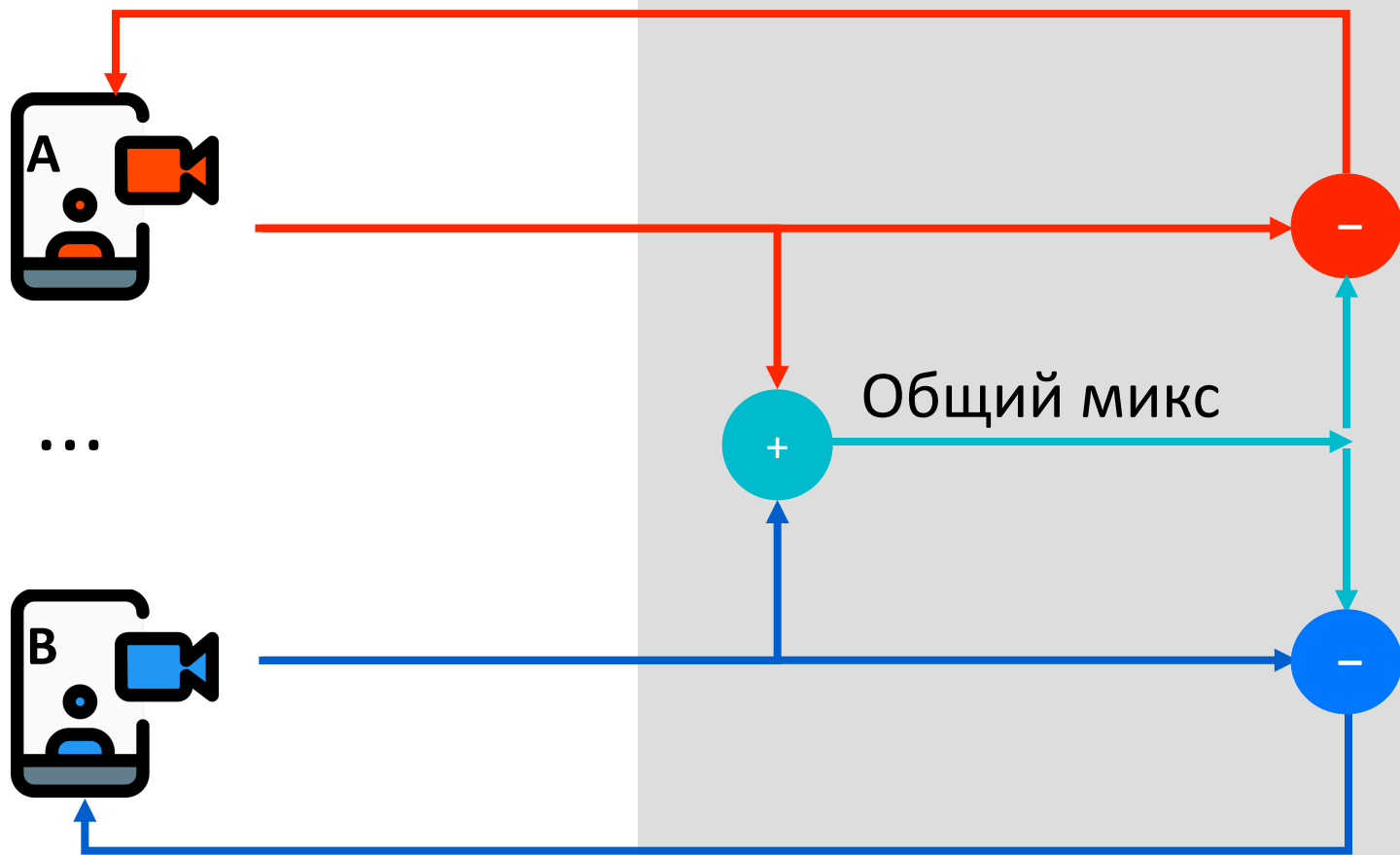




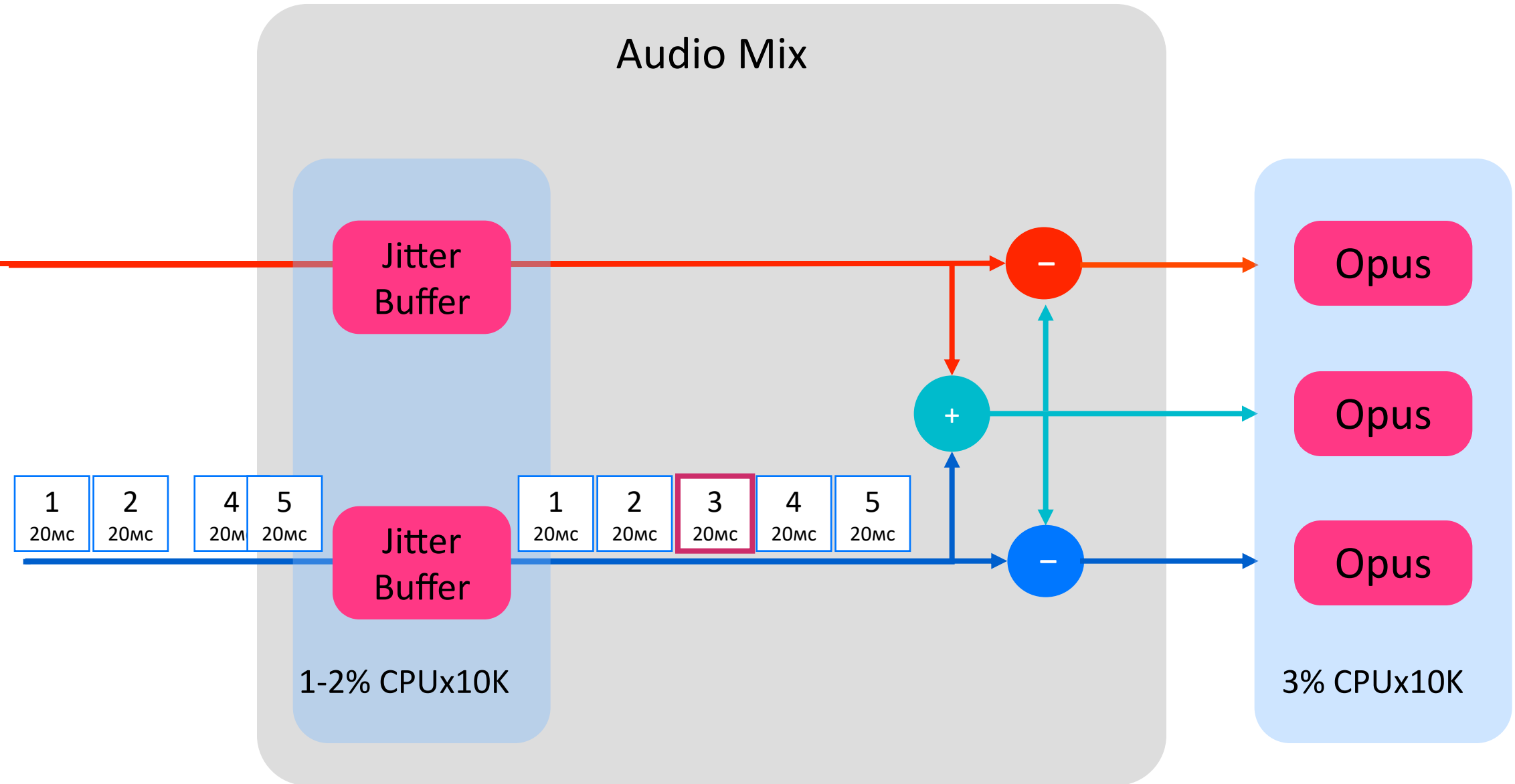
10к аудио  
в миксе

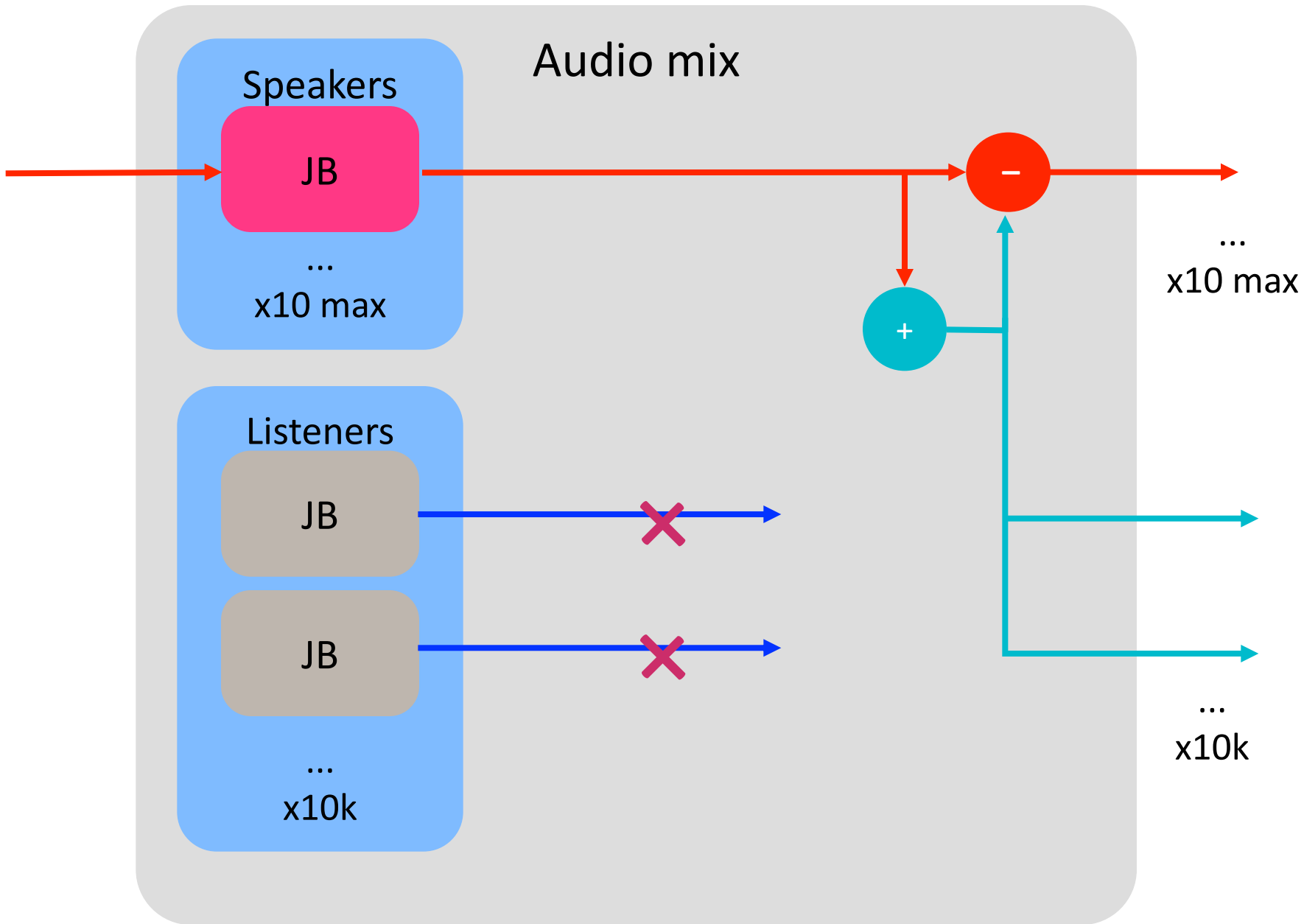


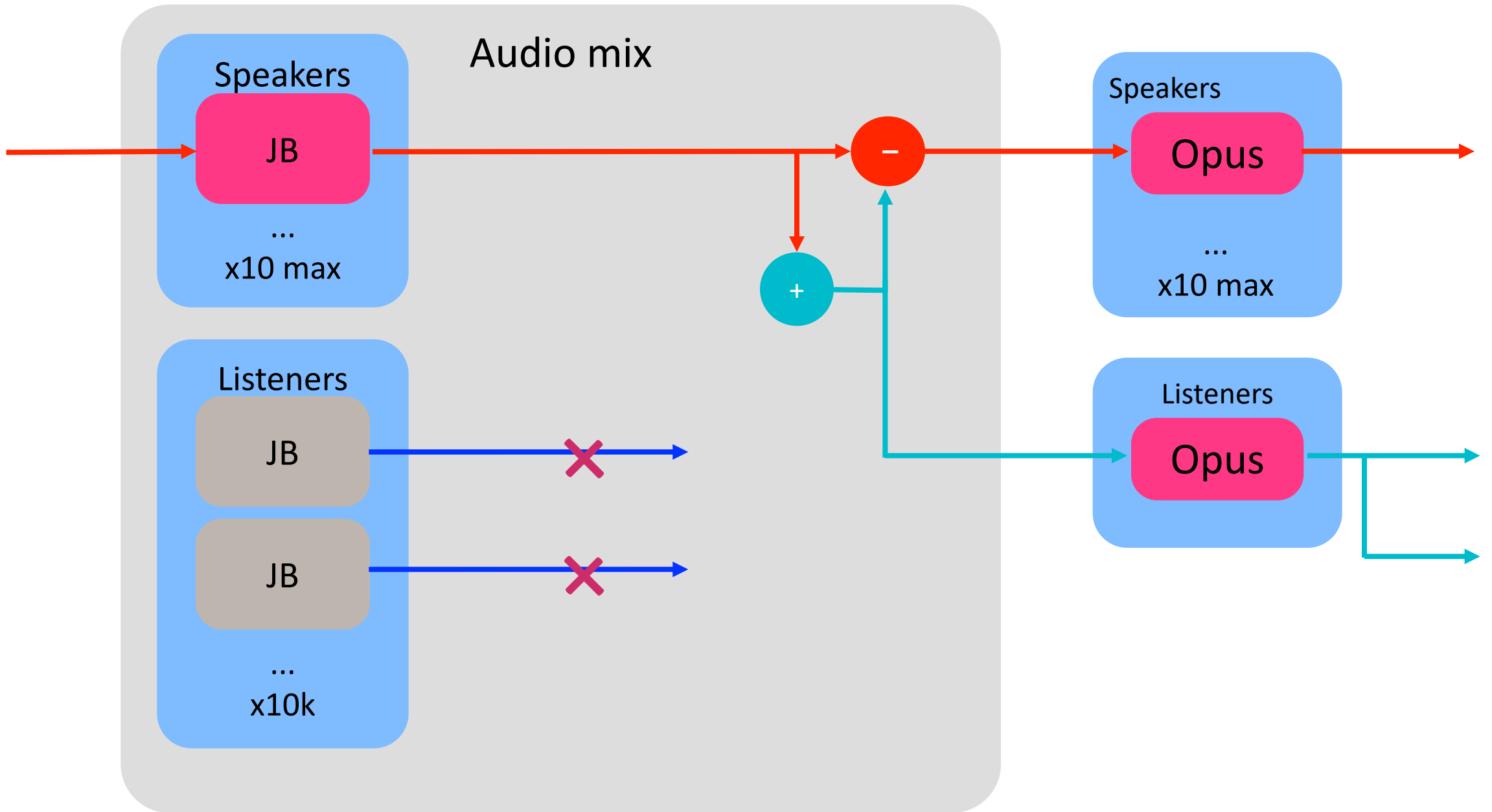
# Audio Mix



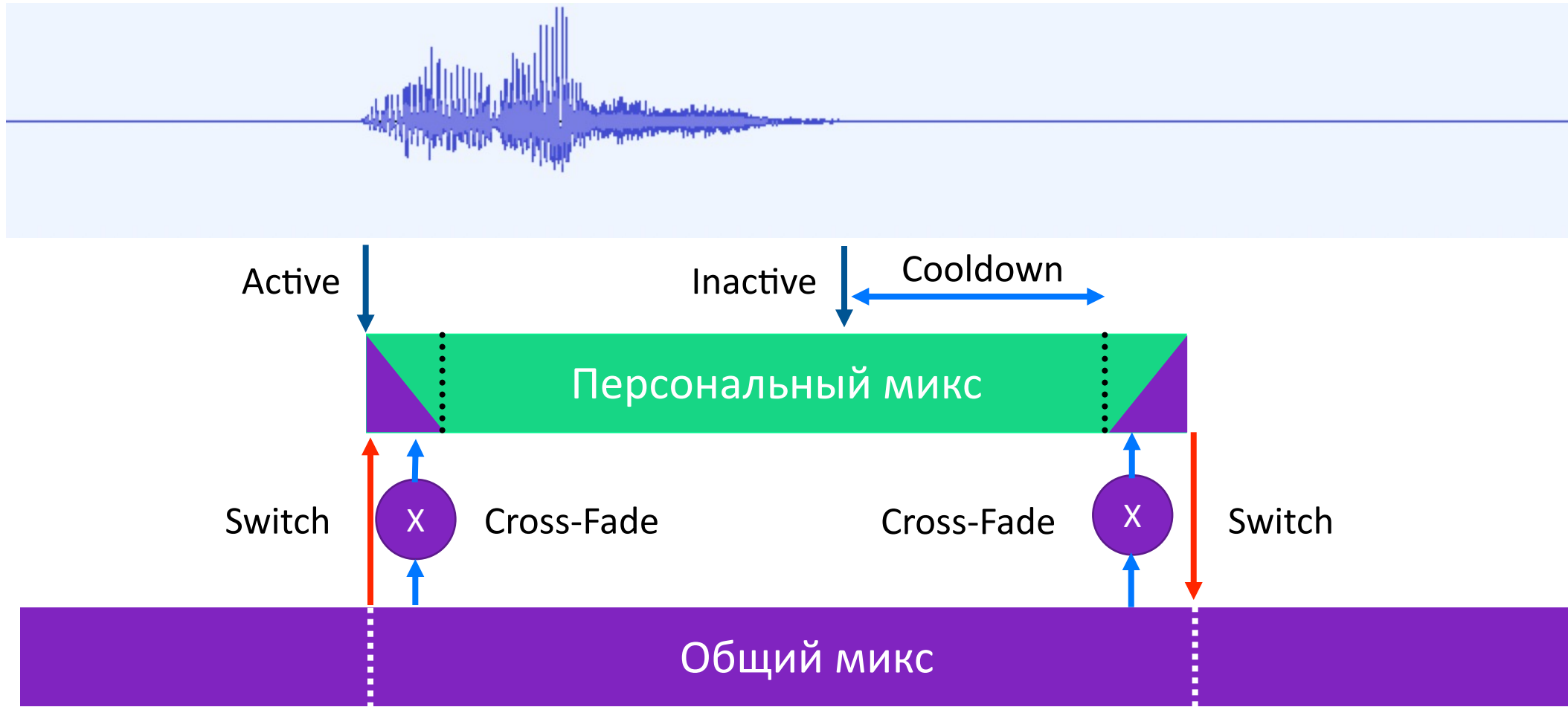




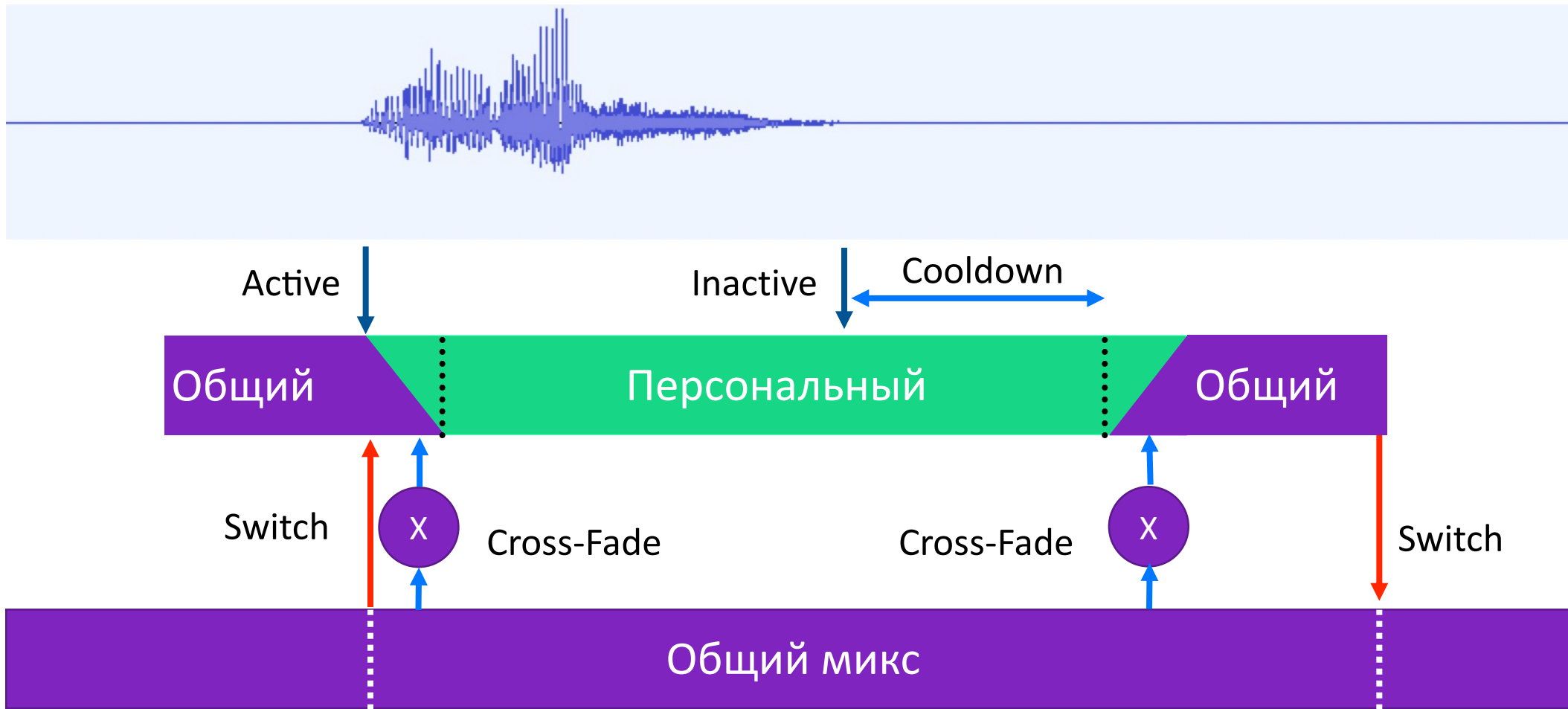




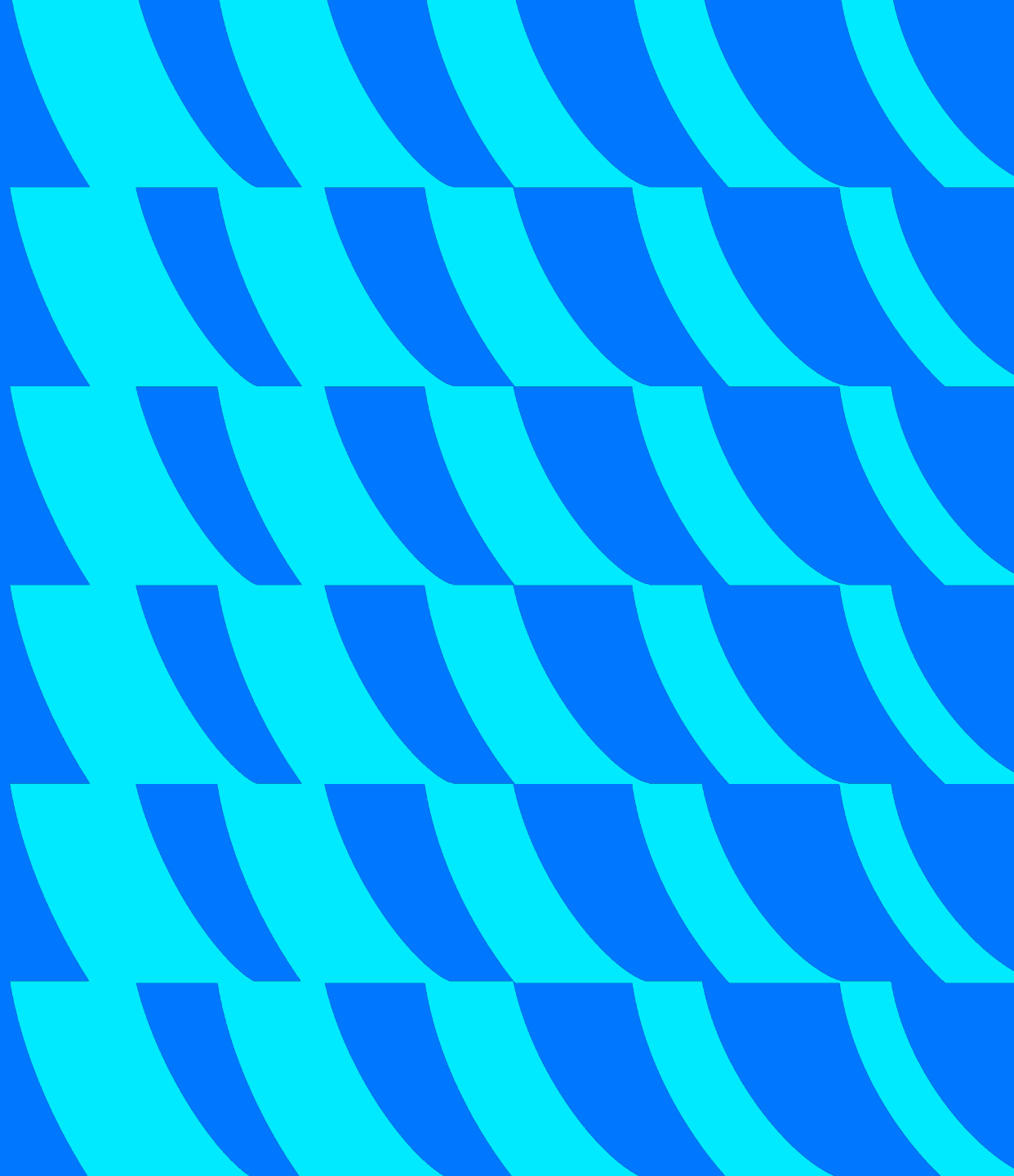
# Переключение speaker/listener PCM



# Переключение speaker/listener OPUS



10к видео  
в звонке

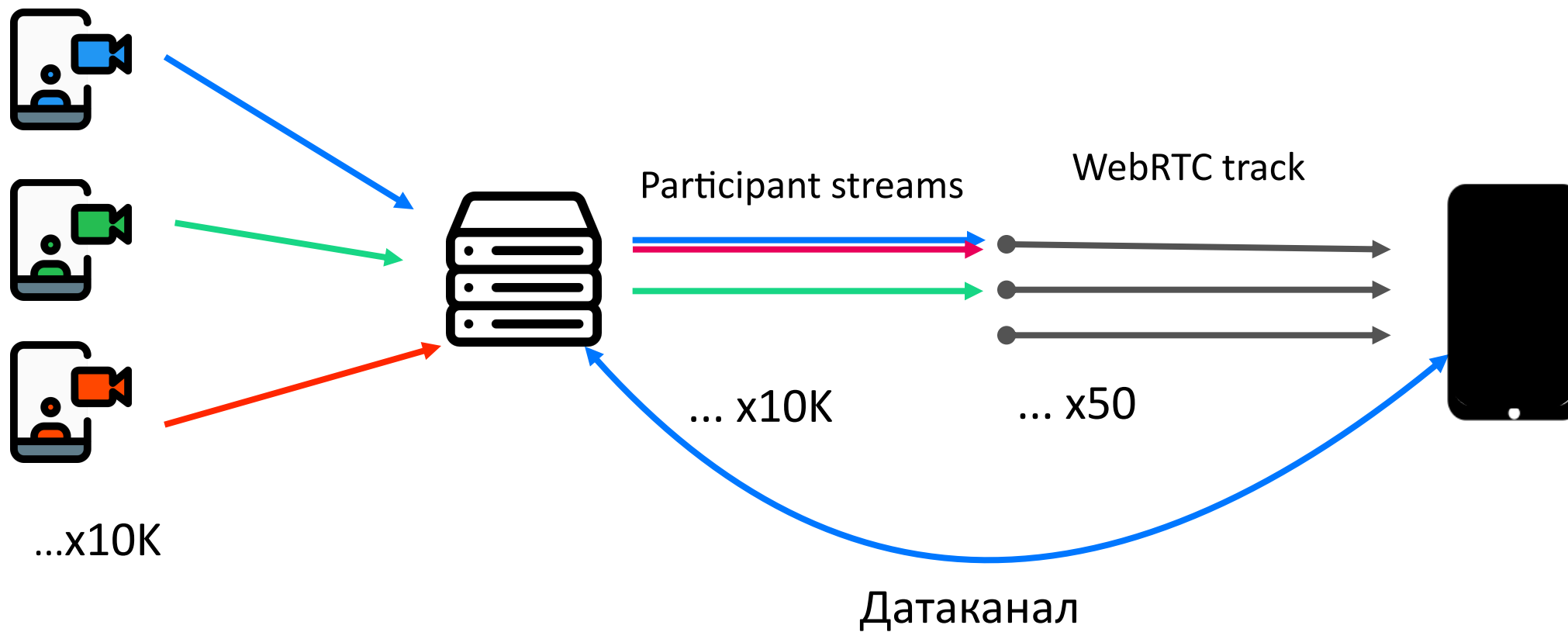




Видеотреки: нужно 10000  
Стабильно работают: 50-100



# Решение — слоты для видео





# Выводы: масштаби- рование

- ✓ Транскодеры и conference (SFU):  
один звонок на много серверов
- Audio MCU (mix) —  
✓ Speaker/Listener
- Video: ограничения WebRTC,  
✓ переиспользуем трек для разных участников

# О чем доклад?

1. Сетевые протоколы, используемые в видеозвонках
2. Как устроены сервера VK Звонков
3. Оптимизации для уменьшения нагрузки на сервер
4. Как восстанавливаются данные при потерях в сети
5. Демонстрация экрана в VK Звонках
6. Масштабирование на тысячи пользователей
7. Тестирование

# Как протестировать 10000 участников?

- ✓ Надеяться и верить
- ✓ Нанять 3 смены по 10 000 человек в отдел тестирования
- ✓ Нас спасут только автотесты!

## Наша автотестовая инфраструктура

- Облачный сервис в idle режиме
- Специально написанное на JS тестовое приложение
- Виртуальная камера и микрофон

0:15:48:050 18961 Alex	0:15:48:150 18983 Jenn	0:15:50:050 18081 Mike	0:15:51:350 19027 Anna
0:15:48:350 18967 Jack	0:15:48:450 18929 Jim	0:15:50:300 19006 Alex	0:15:48:300 18938 Bill
0:15:49:150 18983 Bill	0:15:49:500 18990 Tom	0:15:49:150 18983 Cort	0:15:49:800 18996 John
0:15:48:700 18974 Alex	0:15:49:150 18983 Cort	0:15:49:550 18991 Jim	0:15:53:750 19075 Alex
0:15:49:100 18982 Cort	0:15:54:650 19093 Anna	0:15:52:250 19045 Jack	0:15:48:500 18970 Tom

### Participants ⋮ ✕













[Copy call link](#)

[Add participants](#)

#### Administrators 1

 **Иван Григорьев** 🔇 📺 ⋮

#### Call participants 9141

-  Jim 🔇 📺 ⋮
-  Cort 🟢 📺 ⋮
-  Cort 🟢 📺 ⋮
-  Alex 🔇 📺 ⋮
-  Jenn 🔇 📺 ⋮
-  Mike 🔇 📺 ⋮
-  Anna 🔇 📺 ⋮
-  Jack 🔇 📺 ⋮
-  Jim 🔇 📺 ⋮
-  Alex 🔇 📺 ⋮
-  Bill 🔇 📺 ⋮
-  Bill 🔇 📺 ⋮

# Выводы

## Топологии

- P2P — для 1 на 1
- Серверная — для больших звонков

## Серверные архитектуры

- MCU, SFU

## Варианты адаптации видео

- Simulcast, SVC, Transcode

## Ограничения WebRTC

- Нестабильное качество скриншары
- Ограниченное количество видеотреков

## Масштабирование

- Много участников в многих звонках
- Много участников в одном звонке

# Спасибо!

13:00



[VK Звонки: соединяем тысячи людей с Android и iOS по WebRTC](#)



#mobile #calls



[Иван Шафран](#)

VK Звонки



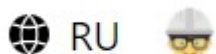
[Никита Разумный](#)

VK Звонки

14:30



[VK Звонки: выходя за лимиты браузера](#)



#vp9 #big\_conferences #4k\_video  
#webrtc

[Посмотреть презентацию](#)



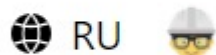
[Вадим Горбачев](#)

VK

14:30



[VK Звонки: десктопный клиент для видеозвонков без лимита на число участников — с нуля за 365 дней](#)



#qt-video #desktop #qt



[Павел Мацула](#)

VK