

Сопровождает статью 5.3 Блока 5. Печатать на A4 или US Letter.

Handshake WebRTC за 2 секунды

1. Signalling-канал (WebSocket) уже открыт. Оба узла зарегистрированы.
2. Узел A: createOffer() — SDP с кодеками, fingerprint, ICE-creds. setLocalDescription.
3. Signalling-сервер пересылает offer узлу B. B: setRemote, createAnswer, setLocal.
4. Signalling-сервер пересылает answer обратно. Узел A: setRemote.
5. Trickle ICE: host → server-reflexive (STUN) → relay (TURN).
6. Connectivity checks: STUN-пробинг каждой пары кандидатов по приоритету.
7. Первая пара, где оба пробинга прошли, побеждает. DTLS handshake.
8. SRTP-ключи выведены. Медиа идёт. Время установки: меньше 2 секунд.

SDP — что важно знать

- Текстовый формат. Браузер генерирует из createOffer(), потребляет в setRemoteDescription().
- Руками не пишут. Воспринимайте как непрозрачный транспорт между узлами.
- Каждая m= — одна media-секция (audio, video, data). Кодеки в порядке приоритета.
- a=fingerprint привязывает DTLS-сертификат к signalling — защита от MITM.
- a=ice-ufrag / a=ice-pwd аутентифицируют ICE connectivity checks этой сессии.

ICE / STUN / TURN — три типа кандидатов

Кандидат	Источник	RFC	Порт	Когда работает	Трафик
Host	Локальный NIC	8445	любой	Одна LAN	Ноль
Server-reflexive	Ответ STUN	8489	UDP 3478	Большинство NAT	Ноль
Relay	TURN allocation	8656	UDP 3478 / 443	Любой firewall	Обе ноги

TURN — практические правила

- Консьюмер: бюджет 30% TURN. Enterprise: 60–80%.
- ВСЕГДА слушайте TURN на UDP/3478 И TCP/443. Корп. firewall блокирует UDP, разрешает TCP/443.
- Минимум 2 географических региона, если пользователи на разных континентах. +5–50 мс за hop.
- coturn — open-source дефолт. Twilio NTS, Cloudflare Calls, Xirsys, Subspace — managed.
- Расчёт: 1 Mbps × минуты × TURN-rate × 2 (обе ноги) = месячный bandwidth.

Mesh vs SFU vs MCU

Топология	Роль сервера	Up/Down (6 чел, 1 Mbps)	Sweet spot	Вердикт 2026
Mesh	Никакой	5 Mbps / 5 Mbps	Только 2 чел.	Legacy / ниша
SFU	Только форвард	1 Mbps / 5 Mbps	3 — ~500 чел.	Дефолт для новых
MCU	Декод + composite	1 Mbps / 1 Mbps	Broadcast / SIP	Выживает в нишах
Гибрид	SFU + MCU egress	1 Mbps / 1 Mbps	Вебинары, запись	Прагматика scale

Open-source SFU — выбор по задаче

- LiveKit (Go, Apache 2.0) — дефолт 2026. Чистые SDK, simulcast/SVC, AI-агенты.
- mediasoup (C++/Node, ISC) — глубокий контроль routing. Использует Discord.
- Janus (C, GPLv3) — зрелая плагиновая архитектура. Для мостов с SIP / legacy.
- Pion (Go, MIT) — библиотека под LiveKit. Для embedded / хакерских сценариев.

Пятивопросное дерево решений

- Q1. Макс. участников? 2 → Mesh. 3–500 → SFU. 500+ → SFU + HLS egress.
 Q2. Нужен composite stream? Да → MCU-стадия (гибрид). Нет → чистый SFU.
 Q3. Сети пользователей? Консьюмер → 30% TURN. Enterprise → 60–80% TURN.
 Q4. Скрыть медиа от своего SFU? Да → Insertable Streams или MLS E2EE. Нет → SRTP.
 Q5. Инженерный ресурс? Много → self-host SFU. Мало → managed (LiveKit Cloud).