Protocolli streaming

Scritto da Febogamedev

I protocolli di streaming definiscono le regole utilizzate per trasportare e gestire contenuti multimediali attraverso una rete.

A seconda della tecnologia utilizzata, questi protocolli possono stabilire:

- Come vengono organizzati e trasportati i dati.
- Come vengono identificati e ordinati i pacchetti.
- Come viene gestita la temporizzazione.
- Come vengono monitorati la perdita di pacchetti, il jitter e il ritardo (Schulzrinne et al., 2003).
- Come viene descritta o inizializzata una sessione multimediale.

È importante distinguere i protocolli dai codec.

- Un codec, come H.264, *AV1*, *AAC* o Opus, stabilisce come audio e video vengono codificati e compressi.
- Un protocollo, invece, definisce le regole della comunicazione: a seconda della sua funzione, può occuparsi del trasporto dei contenuti oppure della segnalazione e del controllo della sessione (Schulzrinne et al., 2003; Rosenberg et al., 2002).

Per esempio:

- Opus → codifica la voce (Valin et al., 2012).
- *RTP* → trasporta i dati audio codificati (Schulzrinne et al., 2003).

I protocolli e le tecnologie utilizzate nello streaming non svolgono tutti la stessa funzione. Alcuni si occupano del trasporto dei dati multimediali in tempo reale, altri della gestione della sessione, altri ancora dell'invio del flusso verso una piattaforma o della sua distribuzione a un grande numero di utenti.

Per questo, nella dispensa, è utile suddividerli in cinque famiglie principali. Si tratta di una classificazione didattica basata sulle funzioni prevalenti, non di una tassonomia normativa con categorie mutuamente esclusive:

- Trasporto e controllo dei flussi multimediali in tempo reale, che comprende tecnologie come *RTP*, *RTCP* e *SRTP (Schulzrinne et al., 2003; Baugher et al., 2004)*.
- Segnalazione, descrizione e controllo della sessione, che comprende *SIP*, *SDP* e *RTSP (Rosenberg et al., 2002; Begen et al., 2021; Schulzrinne et al., 2016)*.
- Contribution e ingest, con protocolli come *RTMP*, *SRT* e *RIST (Amazon Web Services, s.d.; Haivision, s.d.; Video Services Forum, 2020)*.
- Delivery adattivo, basato su tecnologie come *HLS* e *MPEG-DASH (Pantos e May, 2017; ISO/IEC, 2026)*.
- Comunicazione interattiva real-time, rappresentata soprattutto da WebRTC, che utilizza *SRTP* per il trasporto sicuro di audio e video e *SCTP* su *DTLS* per i dati generici (data channel) (Perkins et al., 2021; Jesup et al., 2021).

Questa suddivisione permette di capire meglio in quale punto dell'architettura interviene ciascuna tecnologia e quale problema cerca di risolvere.
Non si tratta necessariamente di protocolli alternativi tra loro: molti svolgono funzioni complementari, mentre altri possono rappresentare soluzioni alternative per la stessa fase.

Nota:
La maggior parte delle tecnologie e dei protocolli trattati in questo capitolo opera al livello applicativo o comunque sopra il livello di trasporto.
Alcune tecnologie, come *RTP*, *SRT* e *RIST*, svolgono funzioni di trasporto multimediale pur appoggiandosi a protocolli di trasporto sottostanti, soprattutto *UDP (Schulzrinne et al., 2003; Haivision, s.d.; Video Services Forum, 2020)*.

Materiale di supporto

Esercizi

Esercizio 1 — Capire il ruolo dei protocolli di streaming
Una piattaforma deve gestire diversi aspetti di un servizio audiovisivo attraverso la rete. Durante la progettazione vengono individuate queste necessità:

- A. Codificare e comprimere la voce prima di trasmetterla.
- B. Trasportare audio e video in una comunicazione in tempo reale e raccogliere informazioni sul funzionamento del flusso.
- C. Stabilire o descrivere una sessione multimediale e permetterne il controllo.
- D. Portare il flusso prodotto da una regia o da un encoder verso la piattaforma di streaming.
- E. Distribuire il contenuto dalla piattaforma a un numero molto elevato di spettatori, potendo adattare la qualità della riproduzione.
- F. Permettere a due o più utenti di comunicare tra loro in modo interattivo e in tempo reale, scambiando anche dati oltre ad audio e video.

Sono inoltre disponibili questi termini:
Opus — RTP — RTCP — SRTP — SIP — SDP — RTSP — RTMP — SRT — RIST — HLS — MPEG-DASH — WebRTC

- Quale tra le necessità descritte riguarda un codec e non un protocollo di streaming? Motiva.
- Spiega con parole tue la differenza fondamentale tra codec protocollo di streaming.
- Associa le necessità B, C, D, E e F alle cinque famiglie presentate nella dispensa:
    - Trasporto e controllo dei flussi multimediali in tempo reale.
    - Segnalazione, descrizione e controllo della sessione.
    - Contribution e ingest.
    - Delivery adattivo.
    - Comunicazione interattiva real-time.
- Colloca quindi i termini forniti nella famiglia indicata dalla dispensa:

Famiglia	**Tecnologie**
Trasporto e controllo real-time	
Segnalazione, descrizione e controllo della sessione	
Contribution e ingest	
Delivery adattivo	
Comunicazione interattiva real-time	

- Dove collocheresti Opus? Spiega perché non dovrebbe essere inserito in nessuna delle cinque famiglie di protocolli.

- Uno studente afferma: «H.264 e RTP sono praticamente la stessa cosa perché entrambi servono per trasmettere video». Spiega che cosa non funziona in questa affermazione utilizzando soltanto la distinzione tra codec e protocollo studiata nella dispensa.
- Un altro studente afferma: «Se un servizio utilizza un protocollo di contribution e ingest, non può utilizzare anche un protocollo di delivery adattivi». È necessariamente vero? Motiva considerando che le famiglie possono intervenire in punti differenti dell'architettura.
- Spiega perché le tecnologie presenti nell'elenco non devono essere considerate automaticamente tutte concorrenti tra loro.
- Quali tecnologie, semplicemente osservando la classificazione della dispensa, sembrano invece affrontare problemi appartenenti alla stessa fase generale?
- Completa infine lo schema concettuale "Contenuto audiovisivo → _____ → trasmissione/gestione attraverso la rete". Inoltre spiega quale ruolo generale svolgono codec e protocolli nelle due parti dello schema.

Bibliografia

Amazon Web Services (s.d.). Amazon IVS Streaming Configuration. Amazon IVS. https://docs.aws.amazon.com/ivs/latest/LowLatencyUserGuide/streaming-config.html

Baugher, M., McGrew, D., Naslund, M., Carrara, E., & Norrman, K. (2004). The Secure Real-time Transport Protocol (SRTP). RFC 3711. RFC Editor. https://www.rfc-editor.org/info/rfc3711/

Begen, A., Kyzivat, P., Perkins, C., & Handley, M. (2021). SDP: Session Description Protocol. RFC 8866. RFC Editor. https://datatracker.ietf.org/doc/rfc8866/

Haivision (s.d.). SRT: Secure, Reliable, Transport. Repository ufficiale e documentazione tecnica. Consultato il 18 ottobre 2026. https://github.com/Haivision/srt

ISO/IEC (2026). Information technology — Dynamic adaptive streaming over HTTP (DASH) — Part 1: Media presentation description and segment formats. ISO/IEC 23009-1:2026. Scheda ufficiale dello standard. https://www.iso.org/standard/23009-1

Jesup, R., Loreto, S., & Tüxen, M. (2021). WebRTC Data Channels. RFC 8831. RFC Editor. https://www.rfc-editor.org/info/rfc8831/

Pantos, R., & May, W. (2017). HTTP Live Streaming. RFC 8216. RFC Editor. https://www.rfc-editor.org/info/rfc8216/

Perkins, C., Westerlund, M., & Ott, J. (2021). Media Transport and Use of RTP in WebRTC. RFC 8834. RFC Editor. https://www.rfc-editor.org/info/rfc8834/

Rosenberg, J., Schulzrinne, H., Camarillo, G., Johnston, A., Peterson, J., Sparks, R., Handley, M., & Schooler, E. (2002). SIP: Session Initiation Protocol. RFC 3261. RFC Editor. https://www.rfc-editor.org/info/rfc3261/

Schulzrinne, H., Casner, S., Frederick, R., & Jacobson, V. (2003). RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. RFC 3550. RFC Editor. https://www.rfc-editor.org/info/rfc3550/

Schulzrinne, H., Rao, A., Lanphier, R., Westerlund, M., & Stiemerling, M. (2016). Real-Time Streaming Protocol Version 2.0. RFC 7826. RFC Editor. https://datatracker.ietf.org/doc/rfc7826/

Valin, J.-M., Vos, K., & Terriberry, T. B. (2012). Definition of the Opus Audio Codec. RFC 6716. RFC Editor. https://datatracker.ietf.org/doc/rfc6716/

Video Services Forum (2020). Reliable Internet Stream Transport (RIST): Protocol Specification — Simple Profile. TR-06-1:2020. https://static.vsf.tv/download/technical_recommendations/VSF_TR-06-1_2020_06_25.pdf

Approfondimenti

- Cloudflare, Cosa sono i formati di codifica video?, Cloudflare Learning Center — Un'introduzione ai principi della codifica audiovisiva e ai formati utilizzati per rappresentare i contenuti multimediali digitali. L'articolo approfondisce le differenze tra codec, contenitori e formati video, illustrando il ruolo della compressione nella riduzione della quantità di dati da trasmettere. È particolarmente pertinente alla distinzione iniziale della dispensa tra codec e protocolli di streaming. Permette di comprendere perché tecnologie come H.264, AV1, AAC e Opus si occupino della rappresentazione e della compressione dei contenuti, mentre protocolli come RTP, RTMP e HLS intervengano nella loro organizzazione, trasmissione o distribuzione.
- Cloudflare, Cos'è lo streaming? Come funziona lo streaming video, Cloudflare Learning Center — Una panoramica del funzionamento dello streaming audio e video attraverso Internet, con particolare attenzione al trasferimento progressivo dei dati, ai protocolli di trasporto e alle condizioni che influenzano la riproduzione. L'articolo introduce le differenze tra TCP e UDP e descrive il rapporto tra streaming, buffering e infrastrutture di distribuzione. È particolarmente pertinente all'impostazione generale della dispensa perché permette di comprendere perché esistano protocolli differenti per la trasmissione multimediale. Fornisce inoltre una base per distinguere le applicazioni che privilegiano la tempestività della comunicazione da quelle che richiedono soprattutto continuità, affidabilità e capacità di distribuire contenuti a numerosi utenti.
- Cloudflare, Cos'è il Voice over Internet Protocol (VoIP)?, Cloudflare Learning Center — Un approfondimento sulle comunicazioni vocali attraverso reti IP e sui protocolli necessari per trasportare contenuti audio in tempo reale. L'articolo esamina il ruolo dei protocolli di trasporto e delle tecnologie applicative utilizzate per gestire chiamate e conversazioni, mostrando perché la comunicazione interattiva abbia esigenze differenti rispetto alla distribuzione di contenuti preregistrati. È particolarmente pertinente alla famiglia dei protocolli dedicati al trasporto e al controllo dei flussi multimediali in tempo reale. Permette inoltre di comprendere perché RTP e RTCP siano particolarmente utili nelle comunicazioni sensibili alla latenza e perché il semplice trasferimento dei pacchetti non sia sufficiente a descrivere l'intero funzionamento di una sessione multimediale.
- Microsoft, Direct Routing: definizioni e standard RFC, Microsoft Learn — Una documentazione tecnica che presenta gli standard utilizzati nelle infrastrutture di comunicazione di Microsoft Teams, distinguendo il ruolo della segnalazione SIP da

quello dei protocolli dedicati al trasporto dei contenuti audiovisivi. Il documento richiama gli standard SIP, SDP, RTP, SRTP e altri protocolli utilizzati per stabilire e gestire comunicazioni multimediali. È particolarmente pertinente alla famiglia dedicata alla segnalazione, descrizione e controllo delle sessioni. Permette di comprendere perché un sistema di comunicazione richieda meccanismi differenti per stabilire una sessione, concordarne i parametri e trasportare successivamente audio e video, mostrando come protocolli diversi possano svolgere funzioni complementari.

- Amazon Web Services, Configurazione dello streaming di Amazon IVS, Documentazione Amazon Interactive Video Service — Una guida tecnica dedicata ai protocolli utilizzati per inviare contenuti audiovisivi da un encoder all'infrastruttura di una piattaforma streaming. La documentazione descrive il supporto a RTMP, RTMPS e SRT, illustrando le configurazioni necessarie per collegare software e dispositivi di produzione agli endpoint di ingest. È particolarmente pertinente alla famiglia Contribution e ingest descritta nella dispensa. Permette di comprendere come il trasporto del contenuto dalla sorgente alla piattaforma costituisca un'operazione distinta dalla sua successiva distribuzione agli spettatori e perché protocolli differenti possano essere utilizzati nelle diverse fasi della stessa architettura.
- Cloudflare, Cos'è HTTP Live Streaming? HLS Streaming, Cloudflare Learning Center — Un approfondimento sul funzionamento di HTTP Live Streaming, tecnologia che permette di distribuire contenuti audiovisivi attraverso l'infrastruttura HTTP del Web. L'articolo descrive la suddivisione dei contenuti in segmenti, il ruolo delle playlist e il funzionamento dello streaming con bitrate adattivo. È particolarmente pertinente alla famiglia Delivery adattivo, perché permette di comprendere come HLS utilizzi server Web e CDN per raggiungere numerosi spettatori e adattare la qualità alle condizioni della rete. Offre inoltre un esempio della distinzione tra protocolli destinati alla distribuzione dei contenuti e protocolli progettati principalmente per il trasporto multimediale in tempo reale.
- Cloudflare, Cos'è MPEG-DASH? HLS e DASH, Cloudflare Learning Center — Un'introduzione a MPEG-DASH, standard internazionale per la distribuzione adattiva di contenuti audiovisivi attraverso HTTP. L'articolo confronta il funzionamento di MPEG-DASH con quello di HLS, evidenziando l'utilizzo condiviso di segmenti multimediali, documenti descrittivi e meccanismi di selezione della qualità. È particolarmente pertinente alla classificazione della dispensa perché permette di approfondire due tecnologie che svolgono funzioni simili all'interno della stessa fase di distribuzione. Il confronto aiuta inoltre a comprendere la distinzione tra protocolli complementari, che collaborano svolgendo compiti differenti, e soluzioni alternative che affrontano lo stesso problema attraverso approcci tecnologici diversi.
- Google, Guida introduttiva alle connessioni peer, Documentazione ufficiale WebRTC — Una guida tecnica dedicata alla creazione di connessioni tra dispositivi attraverso WebRTC, tecnologia utilizzata per comunicazioni audiovisive e scambio di dati in tempo reale. La documentazione introduce il ruolo di RTCPeerConnection, del signaling e dei meccanismi ICE, STUN e TURN necessari per individuare possibili percorsi di comunicazione attraverso Internet. È particolarmente pertinente alla quinta famiglia della dispensa, dedicata alle comunicazioni interattive real-time. Permette di comprendere perché WebRTC non debba essere interpretato come un singolo protocollo, ma come un insieme di API e tecnologie che collaborano per stabilire connessioni, attraversare reti differenti e trasportare audio, video e dati.

- Google, Canali dati, Documentazione ufficiale WebRTC — Un approfondimento sulle funzionalità dei WebRTC Data Channel, utilizzati per scambiare informazioni differenti dai contenuti audio e video attraverso una connessione interattiva. La guida introduce RTCDataChannel e le operazioni necessarie per creare un canale, inviare messaggi e gestirne il funzionamento. È particolarmente pertinente alla distinzione proposta nella dispensa tra i protocolli destinati al trasporto multimediale e quelli utilizzati per la comunicazione di dati generici. Permette inoltre di comprendere come una stessa applicazione possa combinare flussi audiovisivi e scambio di messaggi, eventi o informazioni relative allo stato di un sistema, anticipando il ruolo di SCTP e DTLS nell'architettura WebRTC.

Nota editoriale

Per la realizzazione di questi materiali ho utilizzato strumenti di intelligenza artificiale generativa come supporto alla scrittura, in particolare per migliorare la forma del testo, riorganizzare i contenuti, correggere la formulazione e velocizzare alcune attività redazionali.

Lavorando autonomamente alla produzione di questi materiali, cerco infatti di automatizzare tutte le attività che possono esserlo, così da poter dedicare più tempo alla ricerca, alla progettazione e allo sviluppo dei contenuti.

L'intelligenza artificiale non determina però i contenuti dell'opera: la scelta degli argomenti, la struttura, le idee, le interpretazioni, gli esempi e l'impostazione didattica sono elaborati da me. L'IA viene quindi utilizzata principalmente come strumento di supporto alla produzione e alla revisione formale, mentre la responsabilità autoriale e progettuale dei contenuti rimane mia.

Salvo diversa indicazione, questo materiale è distribuito con licenza Creative Commons Attribuzione – Non commerciale – Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale (CC BY-NC-SA 4.0).

È quindi possibile condividere, ridistribuire, modificare e creare opere derivate a partire dal materiale, a condizione di attribuirne correttamente la paternità, di non utilizzarlo per scopi commerciali e di distribuire eventuali versioni modificate o derivate con la stessa licenza.

