

MODULO C

METODOLOGIA DELLE COMUNICAZIONI

GESTIONE DELLA LATENZA

La **latenza**, o il **ritardo temporale**, è un elemento critico da considerare nei flussi audio e video, con l'intenzione di evitare situazioni in cui il suono precede o ritarda rispetto all'azione visiva.

Le tecniche di compensazione della latenza comprendono **l'ottimizzazione dei protocolli di trasmissione**, l'uso di **algoritmi di compressione avanzati** e **l'implementazione di buffering intelligente**. L'obiettivo principale è ridurre il divario temporale tra la registrazione e la riproduzione

Affrontare la latenza nei flussi audio e video e garantire una sincronizzazione accurata sono **aspetti cruciali per offrire un'esperienza multimediale di qualità**, specialmente in contesti di fruizione in cui la tempistica e l'allineamento sono fondamentali.

LATENZA AUDIO

Con il termine **latenza audio** indichiamo il **tempo che intercorre tra un segnale in ingresso che entra in un dispositivo di registrazione**, una digital audio workstation o un software per lo streaming, **e il segnale in uscita che sarà riprodotto** dalle casse o dalle cuffie.

Questo ritardo può essere misurato in **sample/millisecondi** ed è una conseguenza al tempo impiegato dal segnale audio per:

- Passare nel preamplificatore
- Accedere all'interfaccia audio
- Passare attraverso il processo di conversione da analogico a digitale
- Essere acquisito dal software di streaming o DAW
- Essere processato dal software di streaming o DAW
- Passare attraverso il processo di conversione da digitale ad analogico
- Essere riprodotto attraverso gli altoparlanti o le cuffie

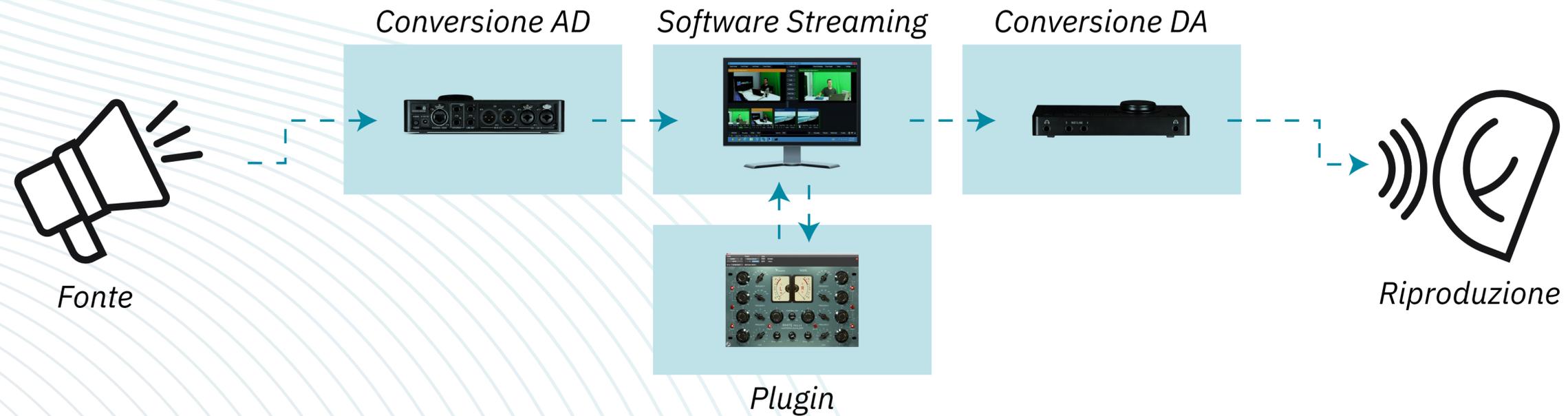
LATENZA AUDIO IN FASE DI ACQUISIZIONE E RIPRODUZIONE

Durante l'acquisizione il segnale passa attraverso l'interfaccia audio AD per essere poi elaborato dal software per lo streaming o dalla DAW, ed essere nuovamente riprodotto tramite l'interfaccia audio DA.

La latenza sarà **generata dalla conversione da analogico a digitale e viceversa**, dalla **frequenza di campionamento** e dal **processo di buffering**, quindi dal passaggio del segnale tra l'hardware e il software.

Inoltre, bisogna considerare che altre app aperte richiedono potenza di elaborazione della CPU e della RAM che potrebbero influenzare la velocità con cui l'input raggiunge la sua destinazione.

COSA GENERA LATENZA AUDIO?



I processi che possono causare latenza in fase di acquisizione e riproduzione possono essere:

- Le impostazioni dell'interfaccia audio
- Specifiche del computer (RAM e processore non performanti)
- Impostazioni del software per lo streaming o della DAW
- Il processamento del segnale tramite i plug-in

LATENZA AUDIO IN FASE DI CODIFICA

Il codec audio (codificatore e decodificatore) è un dispositivo software con la funzione principale di codificare (scrittura) o decodificare (lettura) i dati audio.

I codec audio sono usati per **convertire i file audio tra un formato** e l'altro e vengono usati dai programmi di modifica ed elaborazione come gli editor (audio e video), i convertitori audio e i software per lo streaming.

I codec possono effettuare una compressione senza perdita di informazioni o con perdita di informazioni in modo da **ridurre la quantità di dati che compone un flusso audio.**

Ad esempio, in ambito streaming, una delle **codifiche più comuni è quella tra formato WAV e AAC o MP3.**

Questo processo, insieme all'incorporamento del segnale video conosciuto come embedding, genera latenza.

COMPENSAZIONE LATENZA AUDIO IN ACQUISIZIONE

Il **buffer audio** è una zona di memoria usata per **compensare differenze di velocità nel trasferimento o nella trasmissione di dati**.

A valori bassi, comunemente utilizzati per l'acquisizione, corrispondono tempi brevi di trasferimento e trasmissione con conseguente latenza minima, mentre a valori alti, comunemente utilizzati per il processamento ad esempio con molti plugin, corrispondono tempi più lunghi di trasferimento e trasmissione con significativi tempi di latenza.

Al fine di compensare la latenza in acquisizione bisogna settare in maniera ottimale il buffer, il quale si misura in **sample** per le interfacce audio USB o Thunderbolt, mentre in **millisecondi** per le interfacce con protocolli Ethernet.

LATENZA VIDEO

La **latenza video** è il tempo che intercorre tra il momento dell'acquisizione del segnale ed il momento in cui questo sarà **riprodotto**, ad esempio, da un monitor.

La latenza video in uno streaming può essere attribuita a diverse cause, tra cui la **compressione dei dati**, la trasmissione attraverso reti con **limitata larghezza di banda**, il **buffering** e la **gestione del protocollo di trasmissione**.

Questo ritardo è generalmente misurato in **frame/millisecondi** e viene gestita in fase di passaggio dei dati dai seguenti dispositivi, i quali si occupano della compensazione:

- Mixer Video
- Mixer Grafici
- Convertitori di protocollo

LATENZA VIDEO

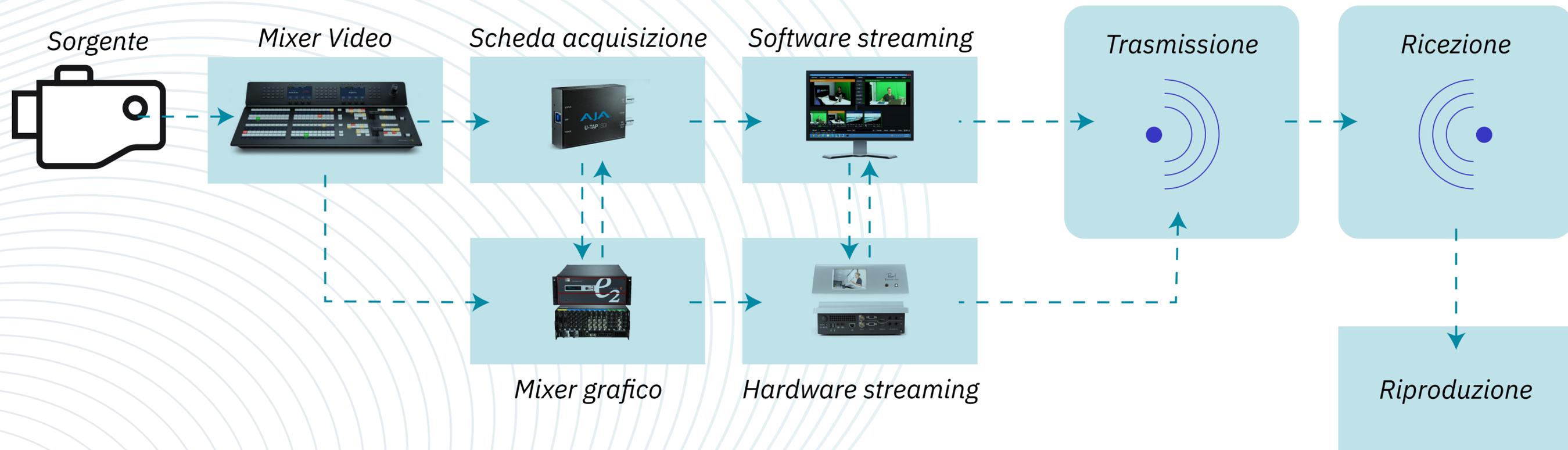
Per un filmato con risoluzione 1920 X 1080 a 25 frame per secondo, verrà composto un flusso video con questa specifica risoluzione e framerate.

Dato che il frame equivale alla 25esima parte di un secondo, il ritardo rispetto al segnale audio sarà pari a 40 millisecondi.

Inoltre, il segnale video prima di essere riprodotto deve venire processato, di conseguenza maggiori saranno le prestazioni delle macchine designate a questo incarico, minore sarà il tempo richiesto per l'elaborazione e di conseguenza la latenza.

Possiamo quindi dire che **la qualità dell'hardware andrà ad influire direttamente sul ritardo video** da compensare.

DOVE SI GENERA LATENZA VIDEO?



Il segnale video è acquisito ad alta definizione e verrà compresso per permettere un minore impiego di banda, generando un ritardo addizionale al processamento del segnale.

SINCRONIZZAZIONE AUDIO/VIDEO

Nonostante entrambi i processi, audio e video, abbiano latenza, l'elemento che sarà **maggiormente in ritardo tra i due sarà sempre il video** a causa della maggiore intensità di dati, i quali richiedono più tempo per l'elaborazione e la codifica.

Al fine di **sincronizzare le due sorgenti** sarà quindi necessario applicare un ritardo al segnale audio.

Per determinare la latenza standard, considerando un singolo elemento che genera latenza, la formula da applicare è la seguente:

$$1000 \text{ ms} / \text{FPS} = \text{Latenza (ms)}$$

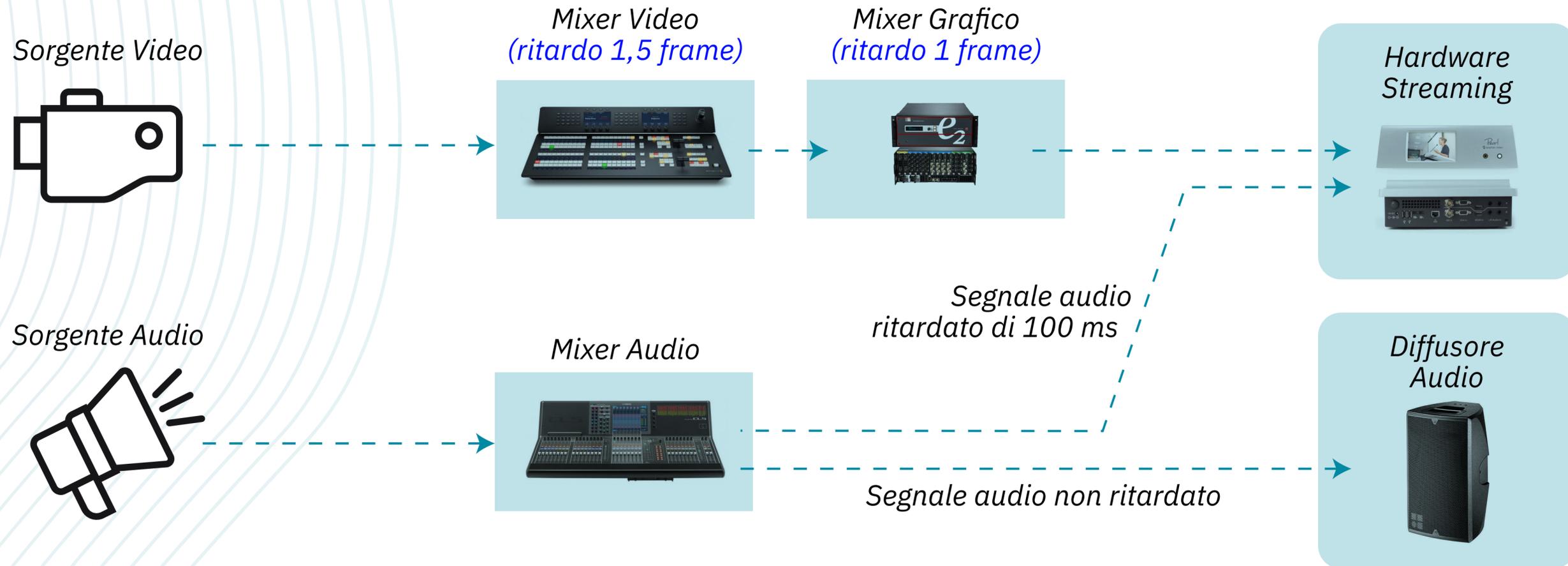
SINCRONIZZAZIONE AUDIO/VIDEO

Riprendendo l'esempio precedente in cui abbiamo un flusso video a 25 fps, possiamo quindi andare a determinare la latenza calcolando:

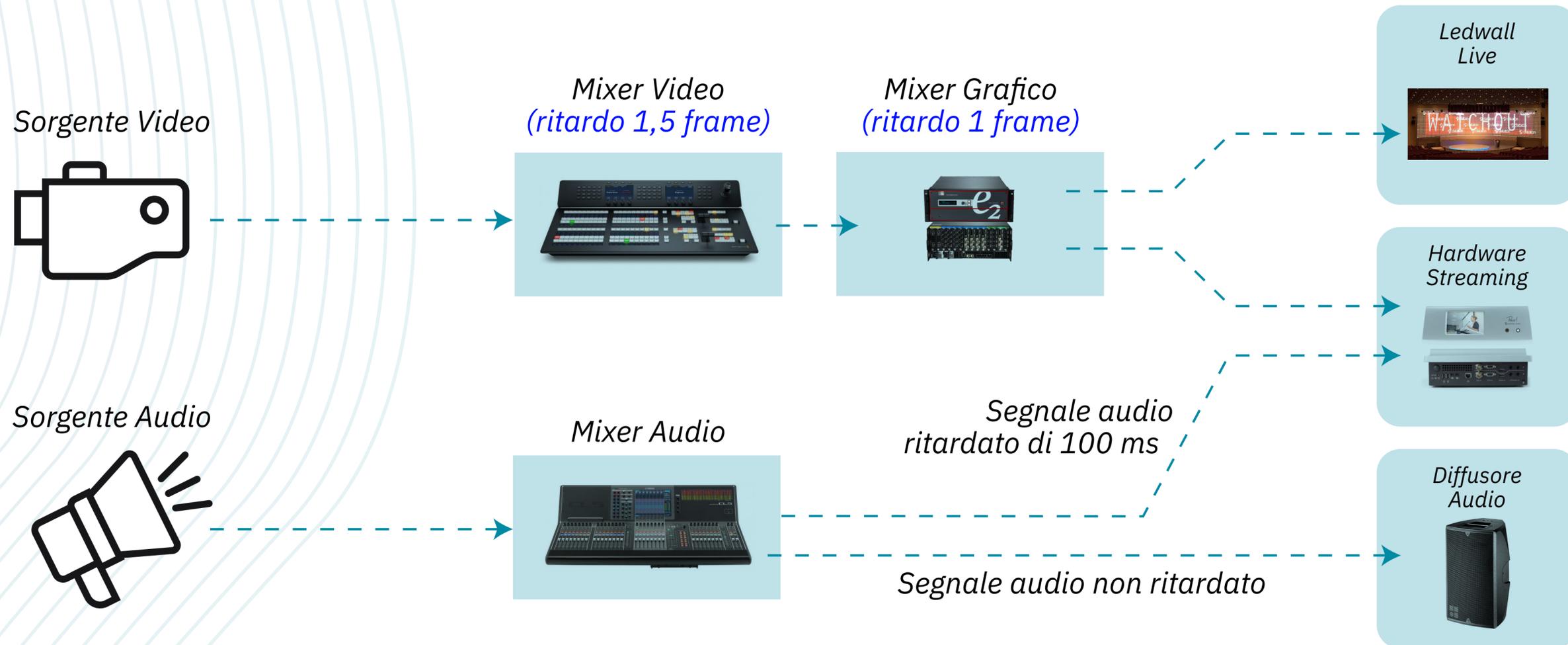
$$1000 \text{ ms} / 25 \text{ FPS} = 40 \text{ ms}$$

Il valore esatto della latenza dipenderà però, come detto in precedenza, anche dalla capacità di elaborazione degli hardware utilizzati. Per questo motivo **non si potranno mai avere i millisecondi precisi** ma, conoscendo i frame di latenza dell'hardware video, si potrà avere **un punto di partenza** come i 40 ms dell'esempio.

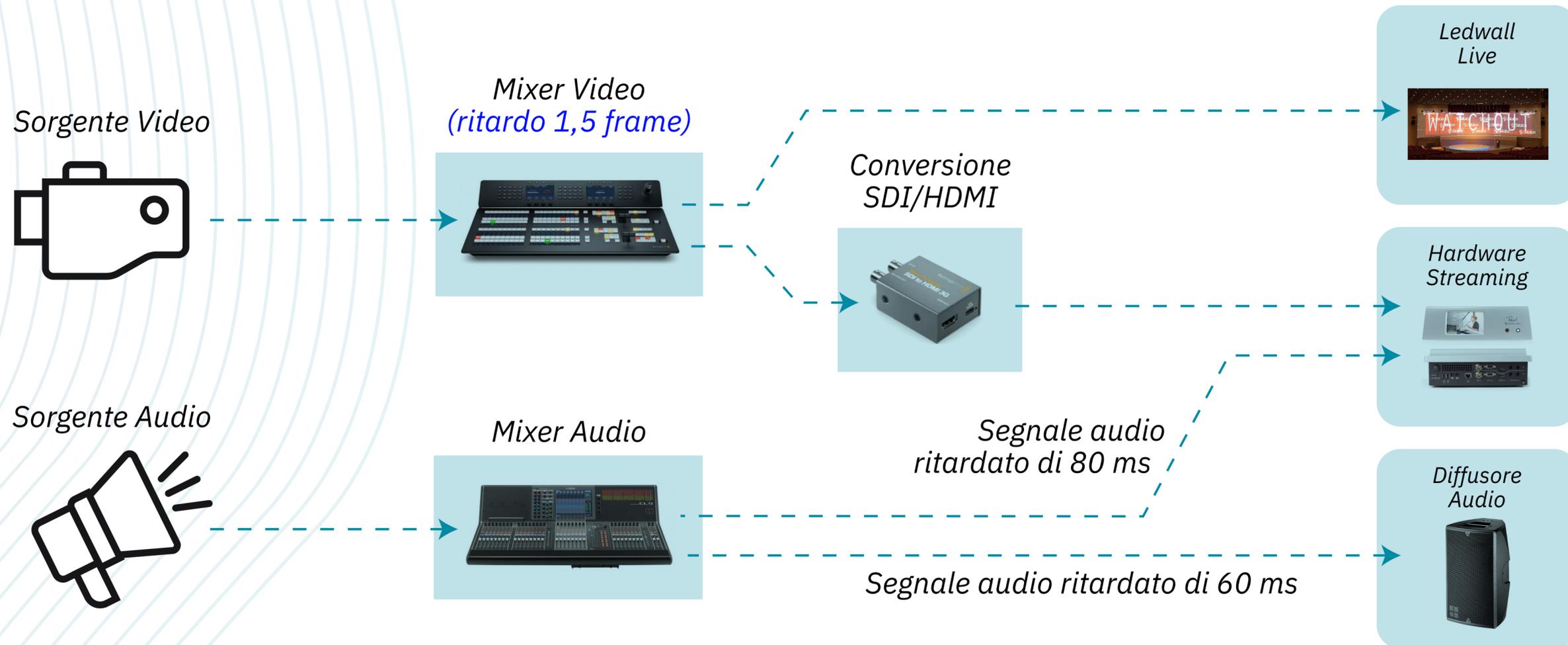
TECNICHE DI SINCRONIZZAZIONE



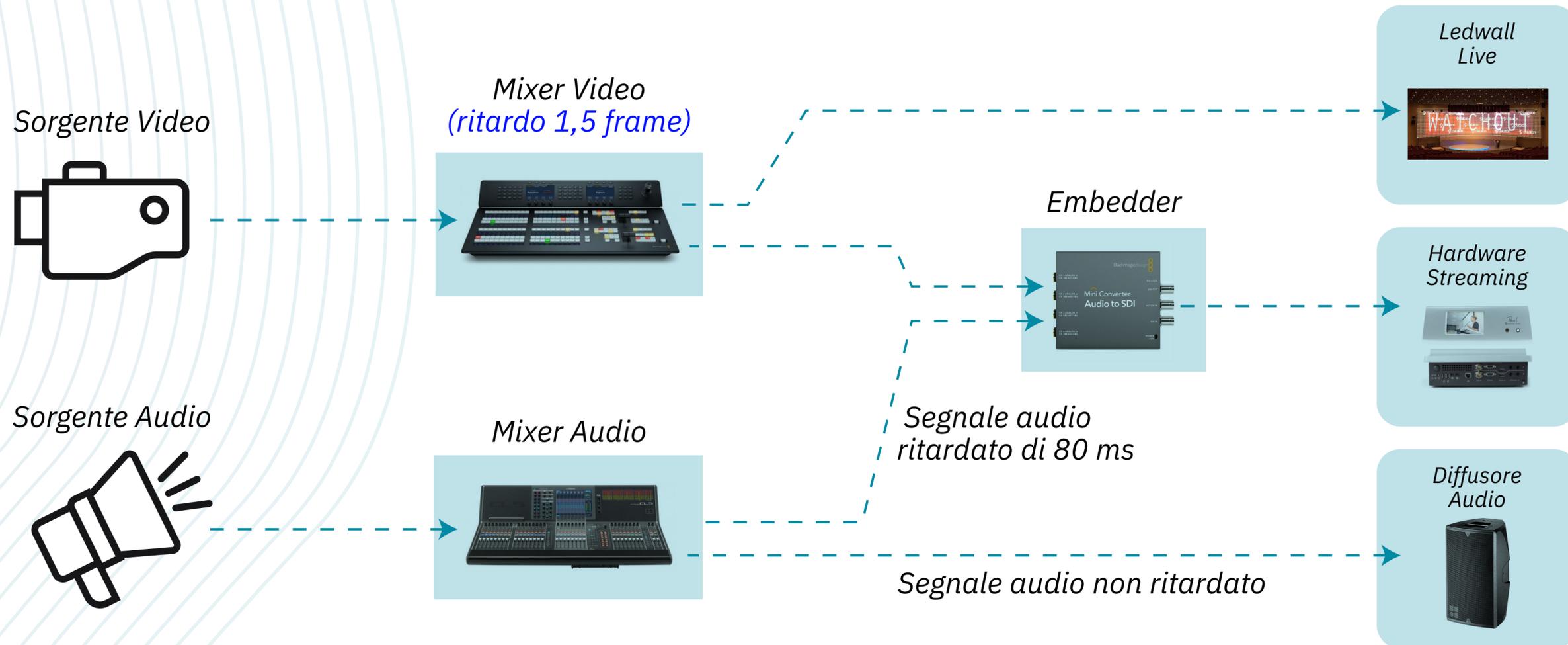
TECNICHE DI SINCRONIZZAZIONE



TECNICHE DI SINCRONIZZAZIONE



TECNICHE DI SINCRONIZZAZIONE



LO STREAMING

Trasmettere in streaming significa **inviare e ricevere dati in un flusso continuo su una rete di computer**, da un server remoto a un dispositivo.

Lo streaming online consente di avviare la riproduzione dei contenuti mentre il resto dei dati viene inviato al dispositivo.

Lo streaming funziona **scomponendo il contenuto in pezzi più piccoli o pacchetti di dati**. Questi pacchetti di dati vengono inviati al browser, dove il lettore video li **interpreta** come filmato.

Non appena il browser dispone di un numero sufficiente di pacchetti di dati (**buffer**) per iniziare, il filmato viene riprodotto.

STANDARD WebRTC

WebRTC, acronimo di **Web Real-Time Communication**, è un progetto open source che permette ad un browser web e/o ad applicazioni mobile la comunicazione in real time tramite l'uso di **API** (Application Programming Interface).

Esso garantisce il collegamento audio/video all'interno di pagine web/webview permettendo comunicazioni peer-to-peer **senza la necessità di plug-in supplementari**.

Il protocollo WebRTC è **supportato dai principali browser** e per funzionare ha bisogno di uno o più server a supporto, gestendo le varie fasi della della comunicazione e consentendo ai client di scambiare metadati, coordinare le comunicazione tra i client e gestire le comunicazione attraverso i firewall.

DIFFERENZA TRA STREAMING E WebRTC

Le **piattaforme di videoconferenza**, come Zoom oppure GoogleMeet, sono solitamente utilizzate per realizzare webinar o riunioni aziendali e utilizzano una tecnologia **completamente differente dalla tecnologia streaming**: in questo caso parliamo infatti di webRTC.

- **Streaming** – Un solo flusso trasmesso, migliore qualità, latenza della trasmissione.
- **WebRTC** – Tanti flussi trasmessi, peggiore qualità, trasmissione in tempo reale.

Lo **streaming** viene usato quando vogliamo trasmettere **un segnale ad un pubblico in modo unidirezionale**, mentre la **webRTC** viene utilizzata quando **tante persone vogliono trasmettere il proprio segnale ad altre persone** che fanno altrettanto.

EMITTENTE E RICEVENTE

Grazie al progresso tecnologico e delle reti di telecomunicazione si sta sviluppando sempre di più il live streaming, ossia la fruizione di contenuti in diretta attraverso la tecnologia streaming.

Fatta eccezione per i dispositivi di riproduzione quali gli streamer audio/video, ad oggi **i computer, gli smartphone ed i tablet** possono essere dispositivi sia emittenti che riceventi all'interno di un flusso streaming.

Ad esempio una diretta YouTube, Facebook o Twitch può essere ripresa con uno smartphone e trasmessa online tramite internet ed essere ricevuta e riprodotta da altri smartphone, computer, tablet o streamer.

IL BUFFERING

Uno dei processi alla base dello streaming è il **buffering**, il quale si verifica quando i dati audio o video vengono precaricati nella riserva di memoria del lettore multimediale (**buffer**) durante lo streaming di contenuti online.

Il buffering assicura che, in caso di breve interruzione della connessione, sia possibile visualizzare i dati già raccolti nel buffer.

Tuttavia, se la connessione Internet è troppo lenta, il lettore può rimanere bloccato nel processo di buffering, il che significa che il contenuto raccolto in precedenza è già stato trasmesso in streaming. Può essere necessario attendere alcuni secondi o minuti prima che nel buffer si accumuli una quantità di contenuti sufficiente per riprendere la riproduzione.

RISOLUZIONE DEI FILES E REQUISITI

L'elemento che richiede più trasferimento dati al secondo in un contesto streaming sono i contenuti video mentre l'audio necessita di risorse inferiori.

Starà a noi **richiedere la larghezza di banda necessaria a trasmettere la risoluzione del contenuto video desiderato.**

Potremmo tuttavia trovarci in situazioni in cui quanto necessario non sarà disponibile e dovremo quindi diminuire la qualità e/o la risoluzione dei nostri contenuti in trasmissione, oppure ridurre la qualità dei file riprodotti nel caso in cui chi riceve abbia una connessione non ottimale.

Nelle slide successive vedremo i requisiti necessari in termini di larghezza di banda sia per il video che per l'audio.

RISOLUZIONE DEI FILES E REQUISITI - VIDEO

Qualità video SD 720x576

Per uno streaming servono in media da 1Mb/s a 3 Mb/s, anche se alla velocità minima la qualità dell'immagine sarà molto bassa.

Con la larghezza di banda minima potrebbero inoltre verificarsi blocchi nella riproduzione e si potrebbero creare difficoltà se si utilizzano più dispositivi nella stessa rete.

Qualità video Full HD 1920x1080

I valori per questo formato oscillano da un minimo di 4,5 Mb/s a un massimo di 10 megabit per secondo, con una necessità media di 6.25 Mb/s.

RISOLUZIONE DEI FILES E REQUISITI - VIDEO

Ultra HD o 4K 3480X2160

L'ultra alta definizione (4K) ha bisogno di una rete con una velocità minima di 7 Mb/s.

In alcuni casi possono essere necessari anche connessioni ultrarapide di 25 Mb/s mentre in media questa risoluzione richiede una connessione di 19,31 Mb/s.

Un esempio è YouTube Premium con il quale si può effettuare uno streaming in 4K ma richiede una connessione di 20 MB/s.

RISOLUZIONE DEI FILES E REQUISITI - AUDIO

Per calcolare le dimensioni di un file audio avremo bisogno dei seguenti parametri:

- *Frequenza di campionamento in Hertz*
- *Profondità di bit*
- *Canali utilizzati*
- *Durata del file*

Per ogni secondo di registrazione avremo n campioni con una certa profondità di bit p , mentre i bit necessari per memorizzare un secondo di registrazione saranno $x = n * p$. A questo valore moltiplichiamo il numero di canali utilizzati, ad esempio per un file stereo $x * 2$.

Otterremo così la **quantità di campioni presenti in un secondo di registrazione.**

IL MEZZO DI COMUNICAZIONE

Le peculiarità essenziali di un mezzo di comunicazione per l'emissione di contenuti streaming saranno:

- Avere una **videocamera e un microfono** integrati o la possibilità di connettere insieme un microfono ed una videocamera tramite apposite schede di acquisizione.
- Un **software per l'acquisizione e la codifica** dei contenuti
- Un **modem con connessione ethernet o wi-fi per l'emissione** dei contenuti in rete.
- Un **modem con connessione ethernet o wi-fi per la ricezione** dei contenuti dalla rete.
- Un **software per la decodifica e la riproduzione** dei contenuti.
- Un **monitor e un diffusore audio** per la riproduzione dei contenuti video.

Entrambi i dispositivi di comunicazione dovranno disporre di una sufficiente larghezza di banda.

SORGENTI UNICHE E DISCRETE

Per **sorgente unica** si intende un dispositivo atto a effettuare **solo l'acquisizione di un segnale video o audio**.
Un esempio di sorgente unica è la **webcam**.

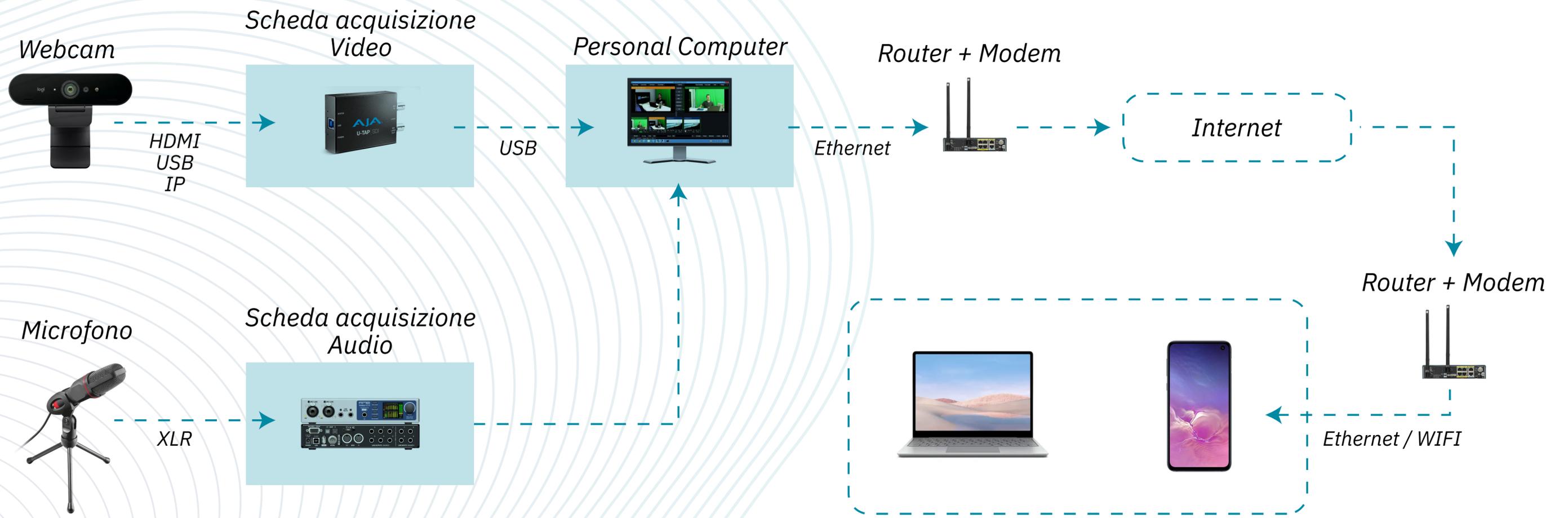


Per **sorgente discreta** si intende un dispositivo in grado di effettuare sia **l'acquisizione di un segnale video che di un segnale audio**.

Un esempio di sorgente discreta è un **computer con camera e microfoni integrati**.



SISTEMA A SORGENTE UNICA



SISTEMA A SORGENTE DISCRETA

Personal Computer



Ethernet

Router + Modem

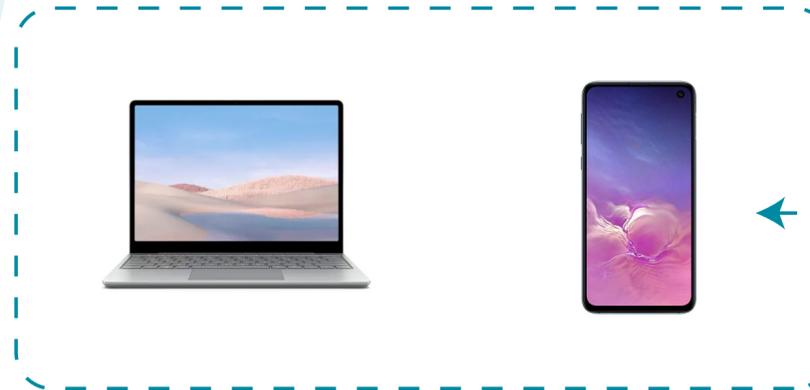


Internet

Router + Modem



Ethernet / WIFI



ELIMINAZIONE DEL RUMORE

Per **eliminazione del rumore** si intende **l'eliminazione di eventuali problematiche che potrebbero incidere sul rallentamento dei dati inviati e ricevuti** dando origine alla mancanza di sincrono tra audio e video o ad una mancata fluidità dei contenuti riprodotti.

Una volta raggiunto il software per lo streaming sotto forma di pacchetti digitali, i files audio/video correttamente sincronizzati saranno inviati tramite il dispositivo emittente al modem per la distribuzione e la riproduzione in rete.

Dopo essere stati ricevuti dal dispositivo ricevente saranno temporaneamente immagazzinati nel buffer per poi essere riprodotti.

La scarsità di larghezza banda, sia in trasmissione che in ricezione, può causare una perdita di sincronia tra i pacchetti audio e video o far sì che vengano riprodotti “a scatti”.

ELIMINAZIONE DEL RUMORE

Al fine di emettere e riprodurre uno streaming ottimale è **sconsigliato l'utilizzo della wi-fi**, poco affidabile e soggetta a cali di rete incontrollabili, interferenze e improvvisi affollamenti di frequenze. È consigliabile utilizzare sempre una connessione **cablata tramite ethernet**.

È necessario inoltre accertarsi che tutti i dispositivi atti alla trasmissione e ricezione dei dati siano cablati con **cavi ethernet appartenenti minimo alla categoria 5e**, meglio se categoria 6 e 7.

Queste tipologie di cavi garantiranno un sufficiente flusso dati rispettivamente 1Gb/s, 10Gb/s a 250 Mhz e 10Gb/s a 600 Mhz.

Nel caso di criticità della larghezza di banda della rete cablata o di impossibilità di averne una, esistono **soluzioni wi-fi utilizzate come soluzioni d'emergenza**, come gli zainetti per lo streaming, unità che generalmente hanno una porta ethernet, la possibilità di connettersi ad una wi-fi e porte USB per le chiavette LTE che consentono di sommare fino a 4 SIM.

STREAMING LIVE O ON-DEMAND

Sebbene per le trasmissioni via Internet si utilizzi molto spesso il termine streaming come sinonimo di diretta, bisogna tuttavia precisare che un determinato **contenuto trasmesso in streaming può essere in realtà erogato con due diverse modalità, ovvero dal vivo o su richiesta.**

Nel primo caso i dati richiesti vengono trasmessi utilizzando una o più appropriate tecniche di compressione in tempo reale (non necessarie invece per il trasferimento di file pre-registrati e pre-compresi) in maniera tale da alleggerire il più possibile il carico sulla rete e sulle unità di calcolo utilizzate per la trasmissione.

L'utilizzo di queste particolari tecniche di compressione comporta una leggera latenza nella trasmissione del flusso di informazioni richiesto.

STREAMING LIVE O ON-DEMAND

Per quanto riguarda invece lo **streaming su richiesta**, detto streaming **on demand**, tutti i contenuti audiovisivi che è possibile richiedere si trovano già pronti all'uso, sotto forma di file compressi, su un server predisposto a soddisfare le richieste che mano a mano gli vengono fatte.

Entrambe le tipologie di streaming utilizzano il buffer, una piccola memoria in cui vengono depositati i dati prima di essere riprodotti.

Tipici esempi di streaming su richiesta sono Spotify e Amazon Music per la trasmissione di musica o i servizi denominati Netflix, Chili e Amazon Prime Video per la trasmissione di film e telefilm.

SOFTWARE E HARDWARE PER LO STREAMING

Per fare la diretta vera e propria potremo utilizzare appositi software che si possono installare su qualunque computer oppure su macchine progettate appositamente per questo scopo.

I due **software ad oggi più utilizzati** per l'acquisizione dei contenuti audio/video, la regia e la messa in onda sono **OBS** e **vMix**.

Questi programmi trasformano il segnale video in un flusso streaming da inviare al media server. Se non si dovesse avere la possibilità di installare un software sul computer o si verificasse la necessità di attrezzatura dedicata, si ha la possibilità di utilizzare dei dispositivi hardware fisici per trasformare il segnale video in un flusso streaming.

GIANLUCA PATRITO
Streaming technician