

MODULO B

TRASMISSIONE DEI DATI E RETI

STRUTTURA DELLE RETI DI COMUNICAZIONE

Esistono due tipologie di rete per trasmettere e ricevere uno streaming e sono denominate **LAN e WAN**.

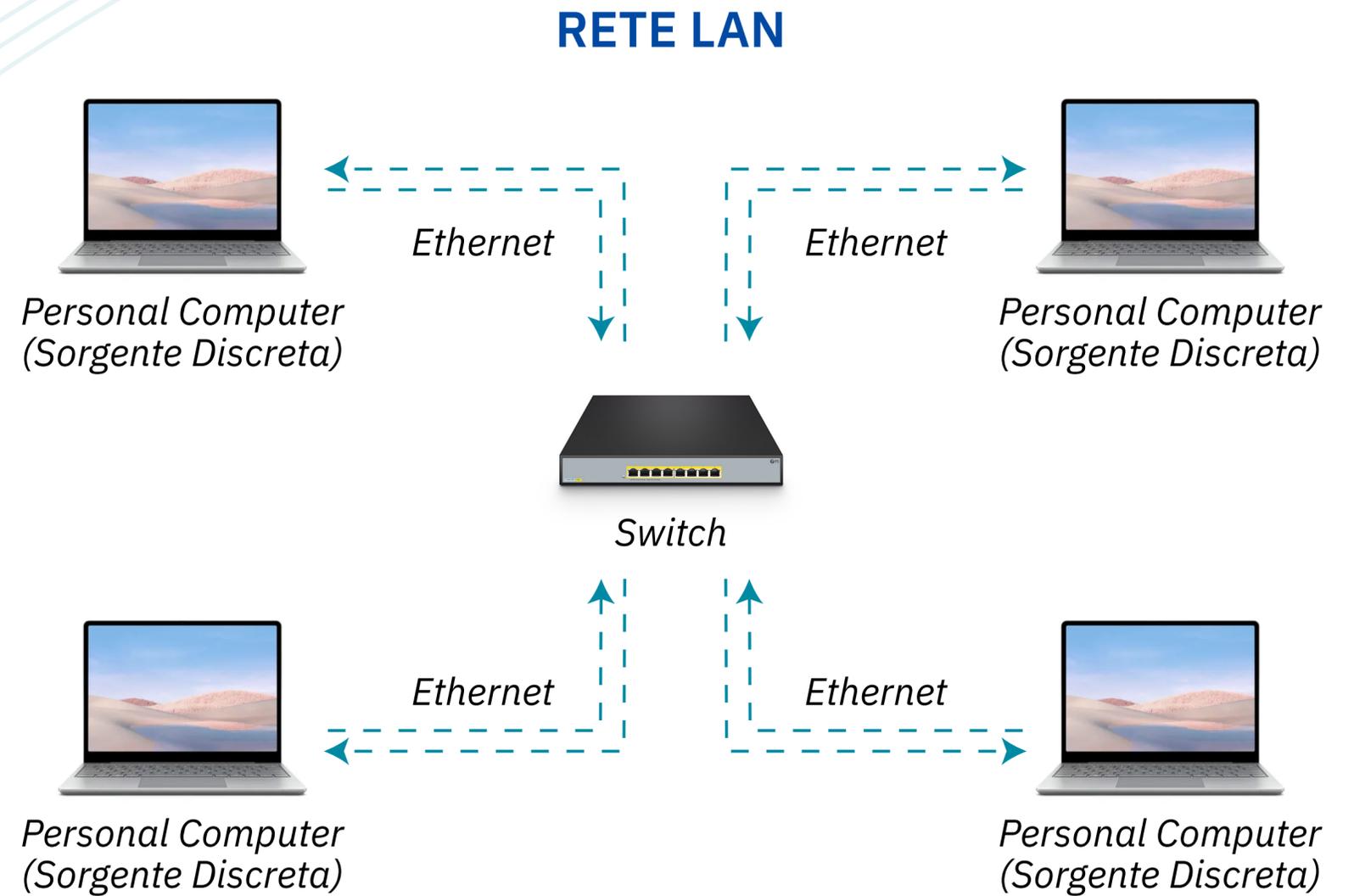
La LAN (Local Area Network) trasmette e riceve i flussi dati tramite la stessa rete all'interno di uno stesso spazio come ad esempio una stanza o un ufficio con connessi due o più dispositivi.

A seconda del numero, i dispositivi possono essere connessi direttamente o tramite uno switch.

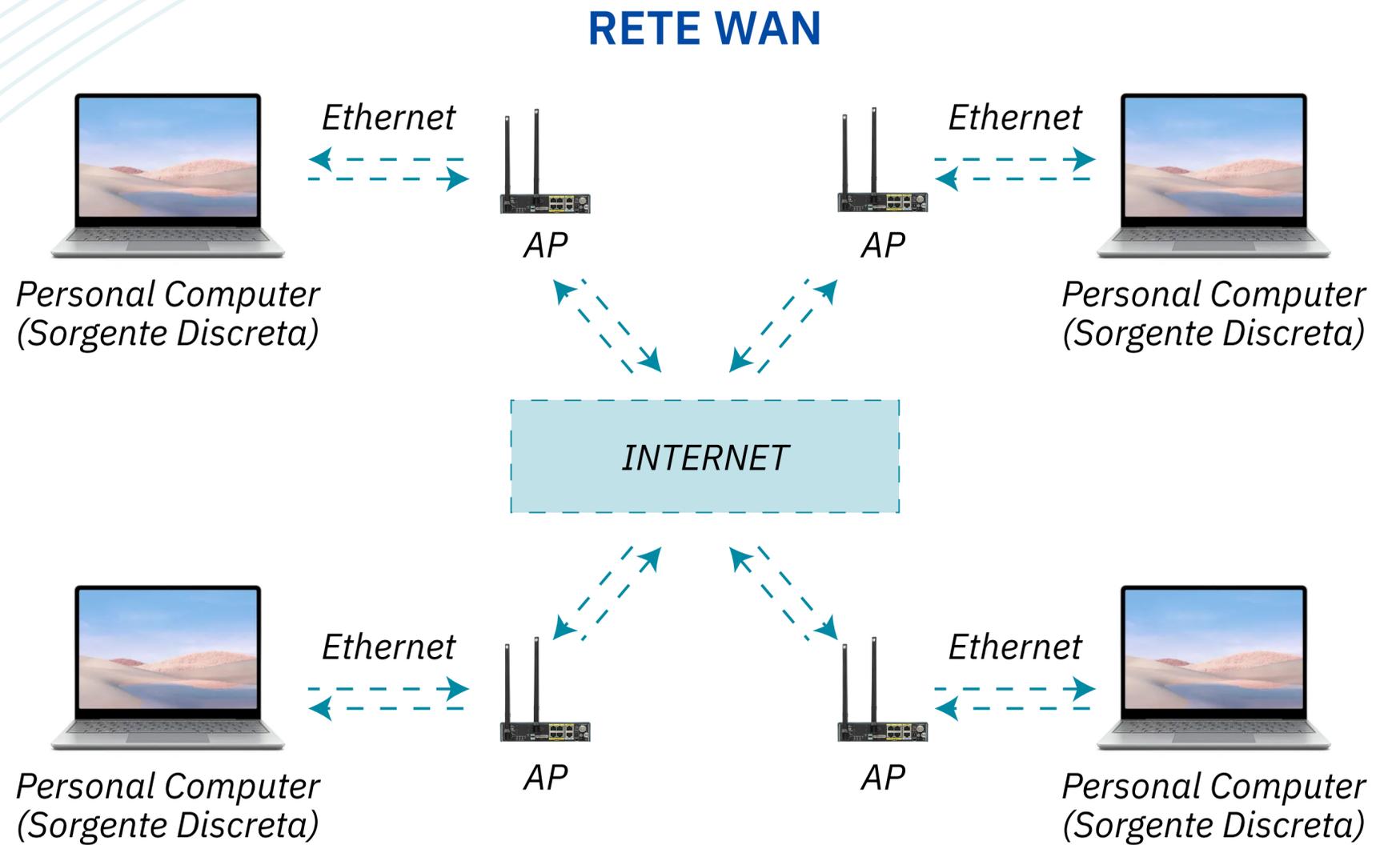
La WAN (Wide Area Network) consente la trasmissione dei flussi dati non solo all'interno di una stessa rete ma anche all'esterno tramite una connessione internet.

Per questo tipo di rete i dispositivi sono connessi tramite switch e router.

STRUTTURA DELLE RETI DI COMUNICAZIONE

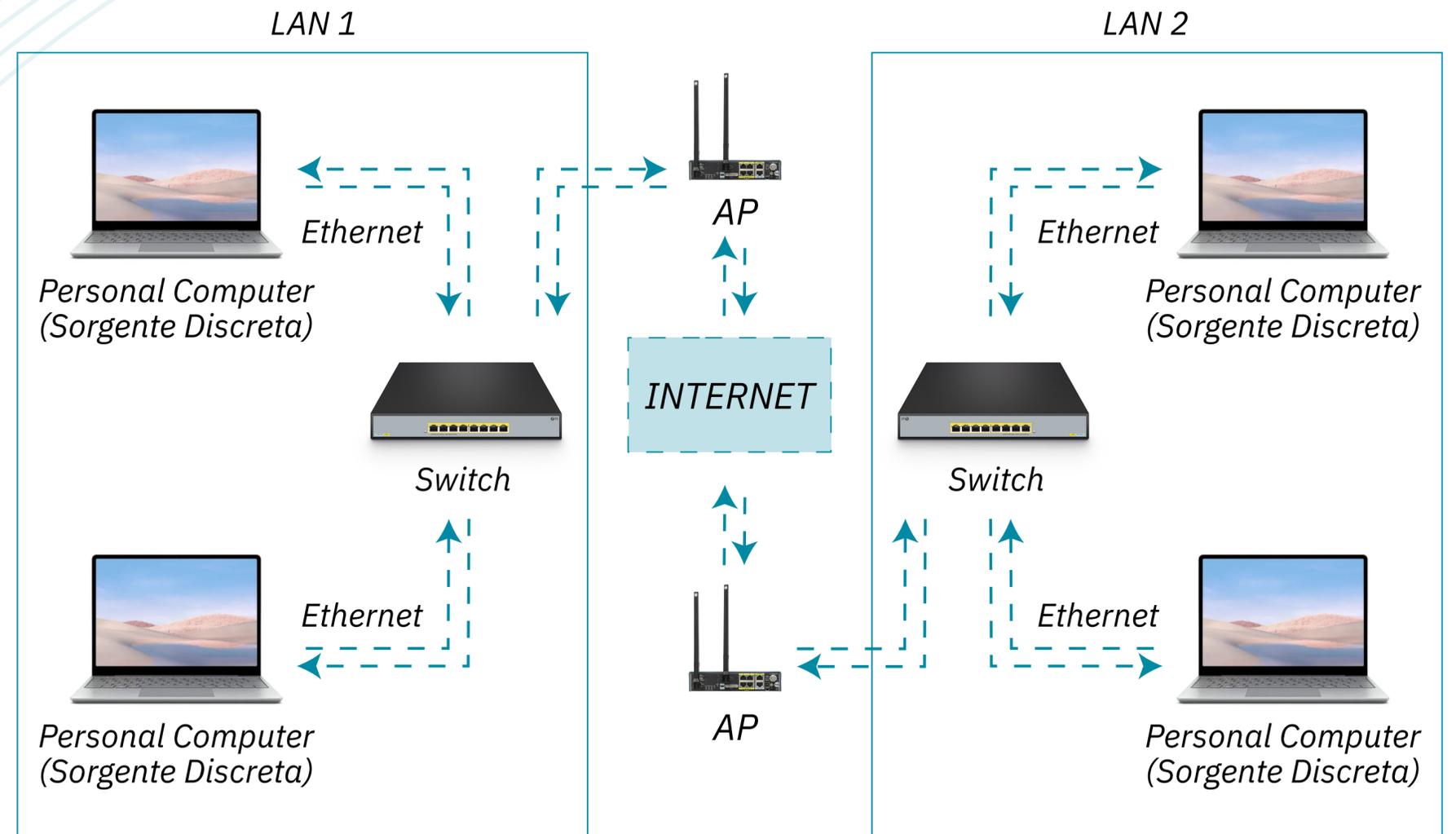


STRUTTURA DELLE RETI DI COMUNICAZIONE



STRUTTURA DELLE RETI DI COMUNICAZIONE

RETE LAN + WAN



CODIFICA E DECODIFICA AUDIO E VIDEO

La codifica e decodifica dei segnali audio e video sono processi fondamentali per consentire la trasmissione efficiente di dati attraverso le reti.

La **codifica**, o **compressione**, riduce le dimensioni del file audio o video senza comprometterne eccessivamente la qualità, ottimizzando così la larghezza di banda necessaria per la trasmissione. Questo è cruciale soprattutto in contesti in cui la disponibilità di banda è limitata, come nelle reti internet o wireless.

La **decodifica**, d'altro canto, ripristina il segnale originale una volta ricevuto, consentendo agli utenti di fruire dei contenuti senza perdite significative.

RILEVANZA DELLA CODIFICA AUDIO

Come abbiamo visto nel modulo precedente, gli esseri umani **percepiscono i suoni diversamente in base alla frequenza, l'ampiezza e anche al tempo tra due suoni consecutivi.**

- L'idea è quella di utilizzare queste proprietà percettive degli esseri umani a proprio vantaggio;
- Possiamo evitare di memorizzare (e riprodurre) tutto ciò che risulterebbe comunque impercettibile alla maggior parte degli esseri umani;

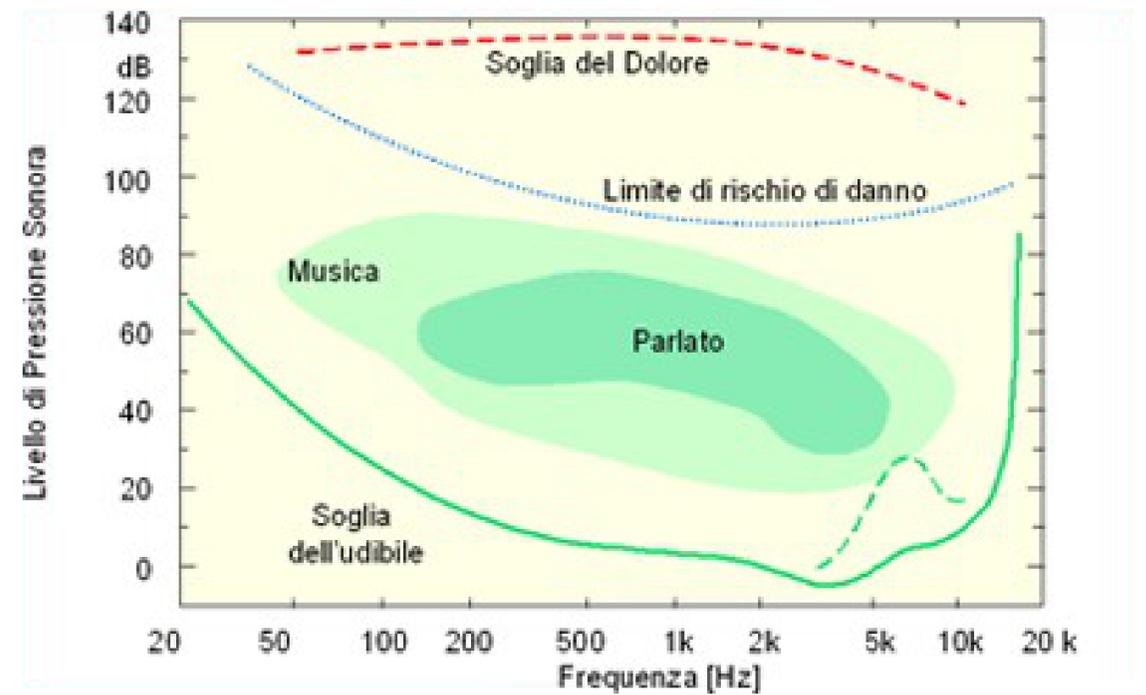
Le strategie di codifica basate su questi principi prendono il nome di **codifiche psicoacustiche** e la maggior parte delle codifiche avanzate moderne sfruttano queste proprietà.

LA CODIFICA PSICOACUSTICA

- SOGLIA DI UDIBILITÀ

Gli esseri umani non possono udire in generale suoni inferiori a 0 phon. I corrispondenti valori in dB dipendono però dalla frequenza. Le curve isofoniche mostrano come a frequenze molto basse o molto alte, sia necessaria più energia per superare la soglia di udibilità.

- Se controllando lo spettro notiamo che una frequenza non supera la soglia di udibilità, possiamo semplicemente sopprimerla. Non verrà udita in ogni caso!
- Alle frequenze basse o alte l'orecchio perde sensibilità e selettività, per cui anche se udibili, si tende a ridurre l'informazione relativa ad esse.



LA CODIFICA PSICOACUSTICA

- FREQUENCY MASKING

Se consideriamo **un tono composto da due frequenze vicine tra loro** (es: 1000 e 1100 Hz), potremmo aspettarci che quella avente ampiezza (energia) **maggiore sovrasti l'altra** rendendola non udibile. In particolare, dato un tono puro ad una certa frequenza detto **mascheratore**, ed un tono puro detto **mascherato**, si definisce mascheramento frequenziale il fenomeno per cui la presenza del suono mascheratore rende non udibile il suono mascherato.

Parliamo quindi di “**Frequency Masking**” quando il segnale mascherato e il segnale mascheratore hanno una frequenza simile, ed il segnale mascherato non ha un'ampiezza sufficientemente grande.

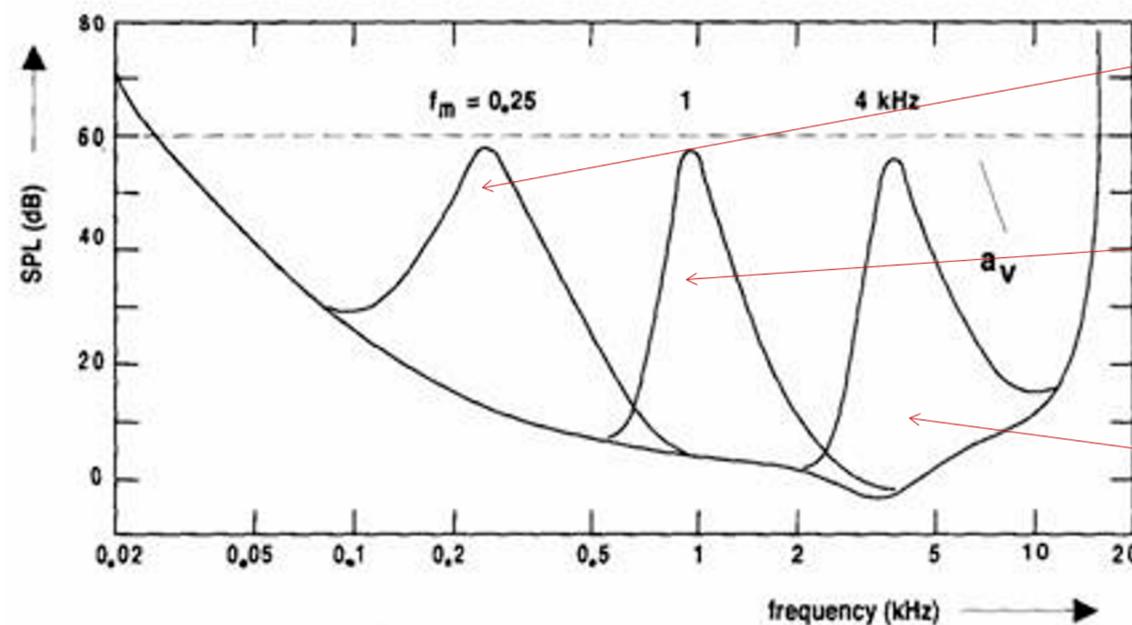
Nella pratica questa situazione ci permette di **evitare di prendere in considerazione** il suono mascherato ai fini della codifica.

LA CODIFICA PSICOACUSTICA

- FREQUENCY MASKING

Per ogni mascheratore, fissata l'ampiezza in decibel, si può definire la soglia di mascheramento, ovvero i minimi valori in decibel, per cui le frequenze vicine risultano udibili.

Il grafico di seguito ad esempio dimostra che in presenza di un suono a 1000 Hz a 60 dB, non possiamo udire un suono a 2000 Hz se inferiore a 10 dB.



Soglia di mascheramento per
tono a 250 Hz e 60 dB

Soglia di mascheramento per
tono a 1000 Hz e 60 dB

Soglia di mascheramento per
tono a 4000 Hz e 60 dB

LA CODIFICA PSICOACUSTICA

- TEMPORAL MASKING

Ricordiamo che gli esseri umani hanno difficoltà a percepire **suoni differenti che siano troppo vicini tra loro nel tempo**. Il tempo necessario affinché sia possibile percepire due toni in sequenza **dipende dalla frequenza e dall'ampiezza**.

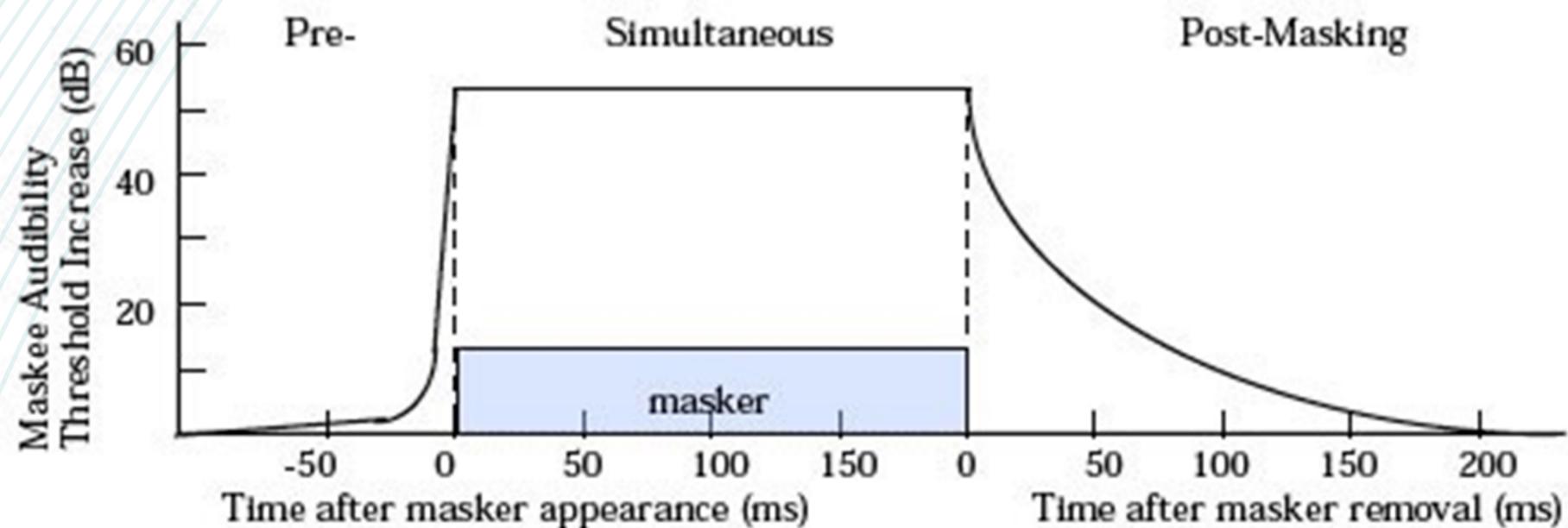
Anche in questo caso si possono chiamare **mascheratore e mascherato** i toni protagonisti del fenomeno. In particolare se il tono mascheratore cessa ed il tono mascherato cessa poco dopo, ma senza essere comunque udito, si parla di mascheramento temporale.

La differenza di ampiezza tra i due segnali è anche in questo caso una discriminante nel verificarsi del fenomeno, mentre il **valore di soglia caratteristico** sarà dato dal minimo tempo necessario per poter udire il suono mascherato al variare dell'ampiezza.

LA CODIFICA PSICOACUSTICA

- TEMPORAL MASKING

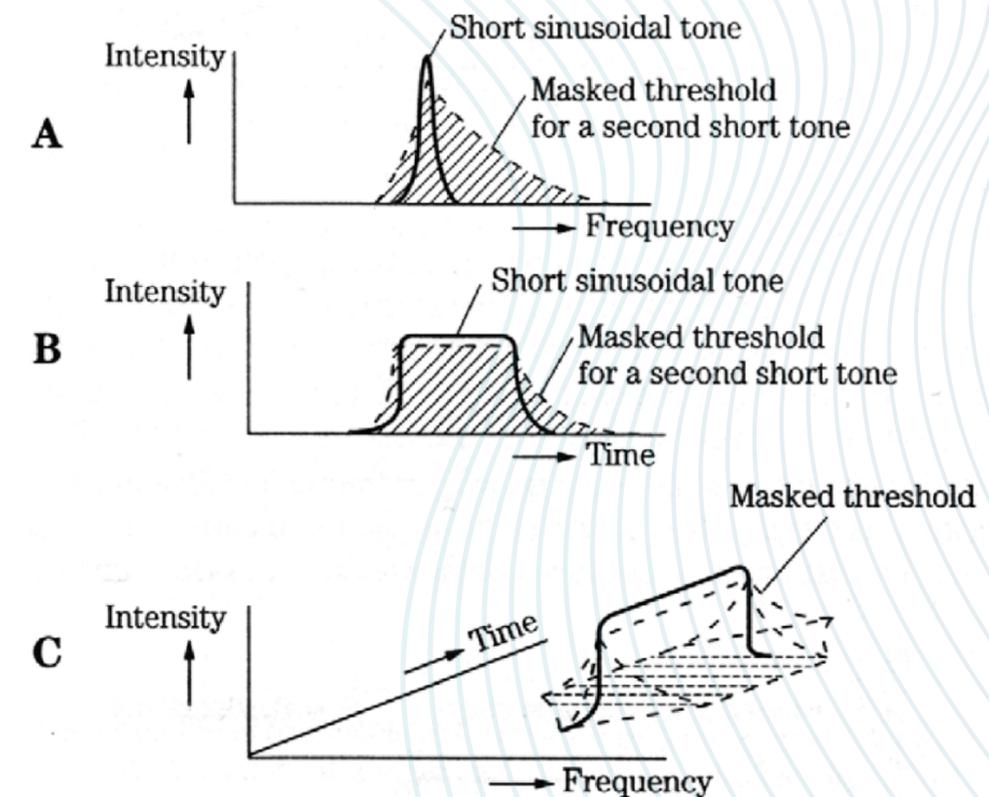
Grafico caratteristico per il mascheramento temporale tra il suono mascheratore a 1000 Hz e 60 dB e il suono mascherato a 1050 Hz. Nell'esempio per poter udire un suono a 1050 Hz a 20 dB, dovrò attendere almeno 50 ms dalla fine del tono mascheratore.



LA CODIFICA PSICOACUSTICA

Tutti i fenomeni visti, insieme ad altri, vengono impiegati per giustificare la rimozione di informazione negli algoritmi di codifica e compressione avanzata.

- **Il masking frequenziale** è un fenomeno di tipo simultaneo , poiché si interessa toni riprodotti negli stessi intervalli di tempo.
- **Il masking temporale** interviene invece dopo e si dice per questo non simultaneo. In altre parole prende in considerazione l'effetto di un tono puro su un altro, nonostante il primo sia già cessato mentre il secondo è ancora attivo.



A. Simultaneous masking.
B. Temporal masking.
C. Combined masking effect in time-frequency.

RILEVANZA DELLA CODIFICA VIDEO

La rappresentazione di contenuti multimediali video in formato digitale **richiede una grande quantità di dati.**

Nonostante il continuo incremento delle capacità di memorizzazione e trasmissione, il processo di digitalizzazione genera un volume di dati che risulta essere eccessivamente elevato e non compatibile con la maggior parte dei sistemi di archiviazione e di trasmissione odierni. Ad esempio, una sequenza video non compressa a risoluzione Full HD (1080p) può arrivare ad occupare oltre 1.2 Gbps.

La codifica, o compressione, video è il processo responsabile della conversione di un video in formato digitale ad uno stream numerico di dimensioni più adatte per una sua memorizzazione e trasmissione.

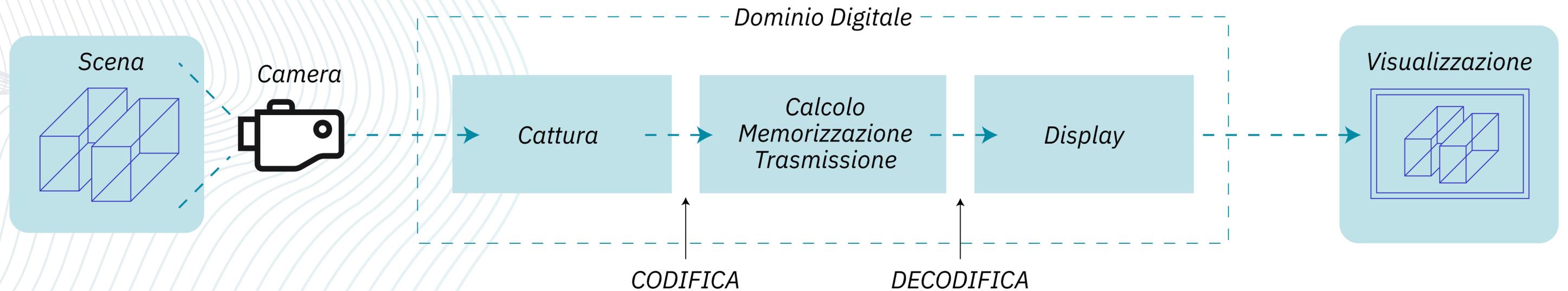
RILEVANZA DELLA CODIFICA VIDEO - ENCODER E DECODER

Il termine video codec è usato per indicare un dispositivo o software responsabile della **compressione (encoder) e decompressione (decoder) di una sequenza digitale**. La coppia composta da codificatore e decodificatore è indicata con il termine **CODEC** (enCOder/DECoder).

Con il termine **lossy** indichiamo i processi di compressione che, a favore di una maggiore riduzione della dimensione del file, comportano una maggiore perdita di informazioni durante la compressione.

Scopo principale di un sistema di video coding è **ridurre il più possibile il volume dei dati processati, cercando di mantenere un livello "accettabile" di qualità**. Per raggiungere tale proposito, vengono adoperate apposite strategie di compressione.

MODELLO BASE DI CATTURA E RIPRODUZIONE VIDEO



TECNICHE DI CODIFICA VIDEO

Le tecniche standard usate per la codifica delle immagini restituiscono rapporti di compressione pari a 10 : 1 e spesso non sono sufficienti per garantire un'adeguata fruizione dei contenuti video.

Per questo, al fine di ottimizzare la compressione, si può sfruttare il fatto che **sequenze consecutive di fotogrammi risultino spesso molto simili fra loro**. Tali somiglianze, indicate con il termine di **ridondanze temporali**, possono essere codificate come delle piccole differenze numeriche tra un campione ed il successivo utilizzando una **codifica differenziale DPCM** (differential pulse-code modulation).

Inoltre, nei video naturali spesso capita che **alcuni oggetti o porzioni di un frame rimangono simili anche in frame successivi**, ma presentano dei leggeri spostamenti. Per cui, anche questa considerazione può essere sfruttata per migliorare ulteriormente la codifica differenziale, adoperando delle apposite tecniche di compensazione del moto.

IL FRAME COME ELEMENTO BASE

In un file video, un **frame** rappresenta un singolo **fotogramma o immagine statica** che, quando visualizzato rapidamente in successione, **crea l'illusione del movimento**.

Ogni frame contiene informazioni complete sull'immagine in un determinato istante temporale durante la registrazione. La sequenza di questi frame costituisce il **video**, e la frequenza con cui vengono visualizzati, nota come **frame rate**, determina la percezione di fluidità del video.

La codifica video si occupa di compressione e ottimizzazione di questi frame, riducendo la quantità di dati necessaria per rappresentare ogni immagine e garantendo così una trasmissione più efficiente attraverso le reti.

TECNICHE DI CODIFICA VIDEO

Le due precedenti considerazioni, che sono alla **base delle tecniche di compressione di tutti i principali sistemi di codifica video**, vengono unite ed utilizzate per effettuare una **codifica MC-DPCM** (Motion-Compensated DPCM), che consente, nel caso in cui gli elementi di un frame risultano simili ma in una differente posizione rispetto a elementi precedentemente codificati, di **codificare solamente la quantità di moto ed eventuali piccole differenze nell'aspetto degli elementi**.

Durante l'esecuzione della codifica MC-DPCM, ogni frame è suddiviso in dei blocchi, tipicamente di dimensioni 16x16 pixel. Tali blocchi vengono chiamati macroblocchi (MB) e sono processati in maniera indipendente.

TECNICHE DI CODIFICA VIDEO

Per ogni MB presente all'interno di un frame n , si esegue la **ricerca di un'area simile** nel frame $n-1$. Questa operazione è nominata motion estimation (ME) e la ricerca può essere effettuata in tutto il frame $n-1$ (full-scan) oppure può essere limitata ai MB adiacenti alla posizione di partenza, che probabilmente presenteranno delle somiglianze.

Si effettua poi la codifica dei valori che rappresentano il moto del MB del frame n rispetto all'area di riferimento scelta nel frame $n-1$. Il **vettore utile ad indicare il moto del MB è chiamato motion vector (MV)**. Infine, nel caso in cui il MB e l'area selezionata presentano delle ulteriori discrepanze nell'aspetto, viene codificata anche la loro differenza, che prende il nome di **prediction residual**.

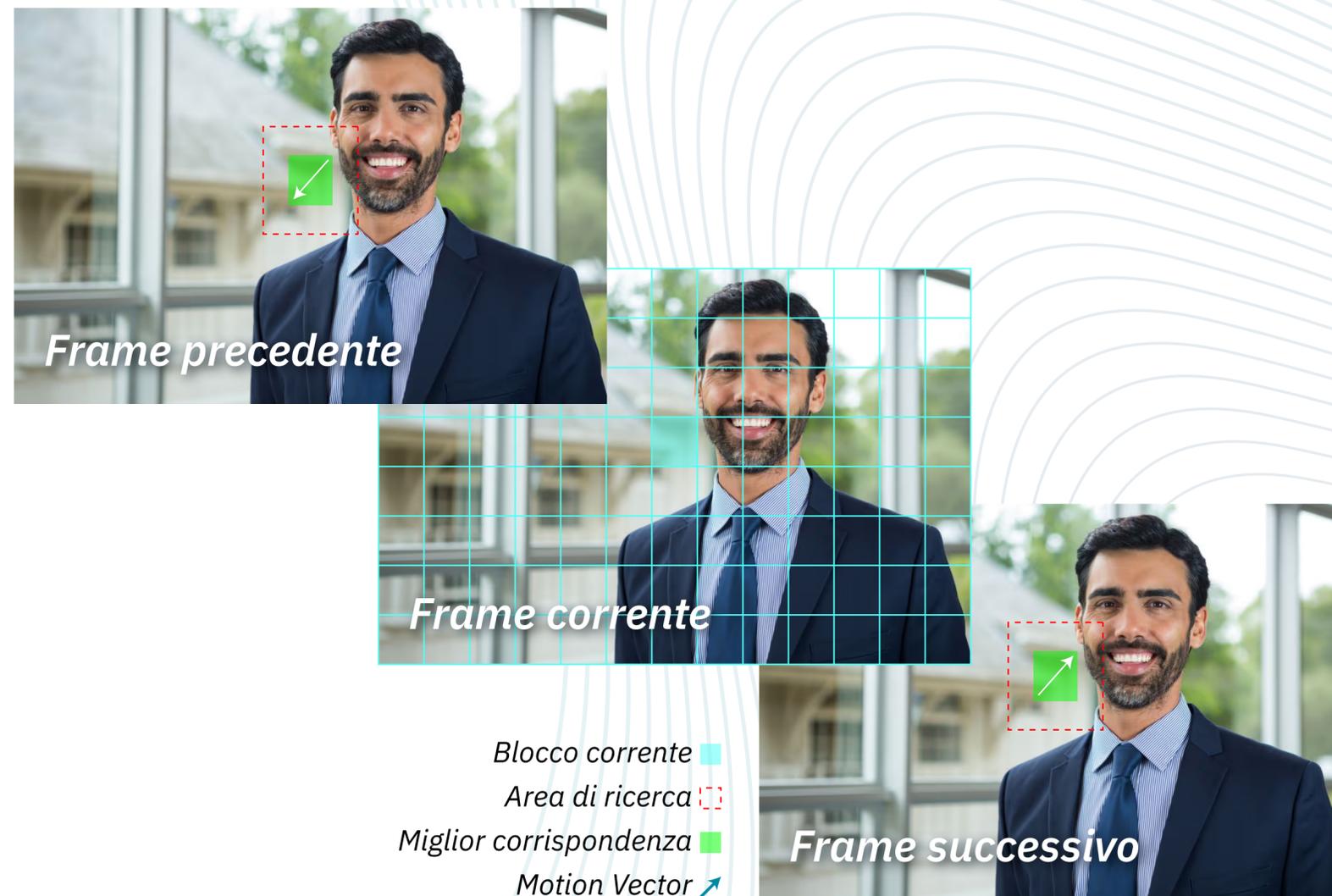


Blocco corrente ■
Area di ricerca □
Miglior corrispondenza ■
Motion Vector ↗

TECNICHE DI CODIFICA VIDEO

Nel caso in cui il codificatore abbia a disposizione anche ulteriori fotogrammi futuri, è possibile effettuare delle predizioni volte a codificare eventuali nuovi oggetti che entrano nella scena.

In questo caso, avendo a disposizione sia frame passati sia frame futuri, vengono eseguite delle **predizioni bi-direzionali**, che consentono di ridurre ulteriormente il prediction residual garantendo una migliore predizione.



A questo punto possiamo integrare diverse tecniche nel seguente modo:

Prima compressione

Per il primo fotogramma effettuiamo una **codifica indipendente**, sfruttando le tecniche tipiche della compressione delle immagini (suddivisione in blocchi, sottocampionamento della crominanza, DCT, quantizzazione, zig-zag re-ordering, RLE e codifica entropica)

MC-DPCM

Per i fotogrammi successivi utilizziamo l'algoritmo MC-DPCM, con motion estimation, ricerca dei motion vectors e calcolo del prediction residual.

Se nessuna delle aree prese in considerazione è reputata abbastanza soddisfacente, allora viene eseguita una codifica indipendente.

METODI AVANZATI DI CODIFICA

LA GESTIONE DEI FRAME IN VIDEO COMPRESSI

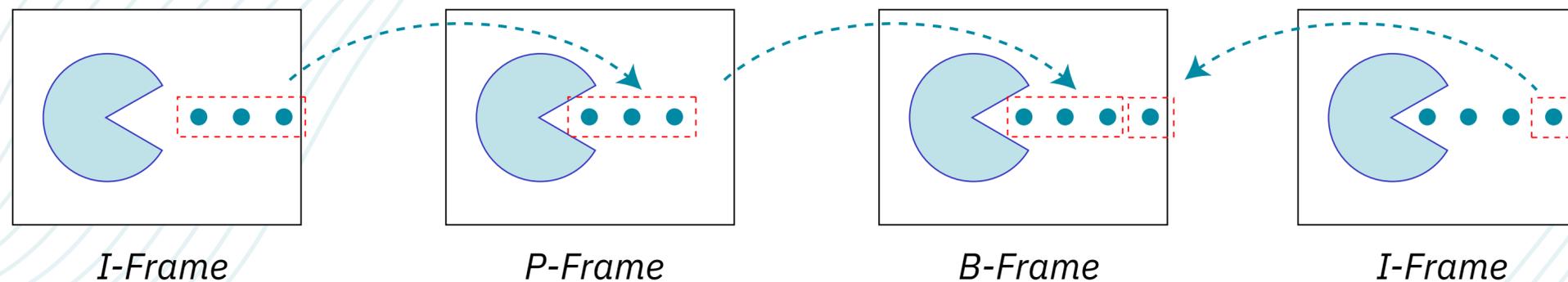
I fotogrammi che caratterizzano una sequenza video compressa possono essere solitamente raggruppati in tre categorie:

- **I (Intra)**: in nessuno dei macroblocchi che compongono il frame sono utilizzate strategie di predizione.
- **P (Predictive)**: nella codifica del frame sono usate tecniche di predizione, ma solamente rispetto a riferimenti passati. I macroblocchi del frame possono essere di tipo I e P.
- **B (Bi-predictive)**: vengono utilizzate tutte le tipologie di predizione (riferimenti nel passato e futuro) e i macroblocchi possono essere di tipo I, P e B.

LA GESTIONE DEI FRAME IN VIDEO COMPRESSI

Nel caso in cui si utilizzano i frame di tipo B, è necessario codificare le aree di riferimento ricavate dai fotogrammi futuri prima del frame B corrispondente. Si viene così a generare un **ordine di codifica dei frame** (codec order) che risulta essere **differente rispetto all'ordine in cui essi vengono naturalmente mostrati** (display order).

Il codificatore dovrà, quindi, inviare al decodificatore i frame nell'ordine in cui essi dovranno essere correttamente processati

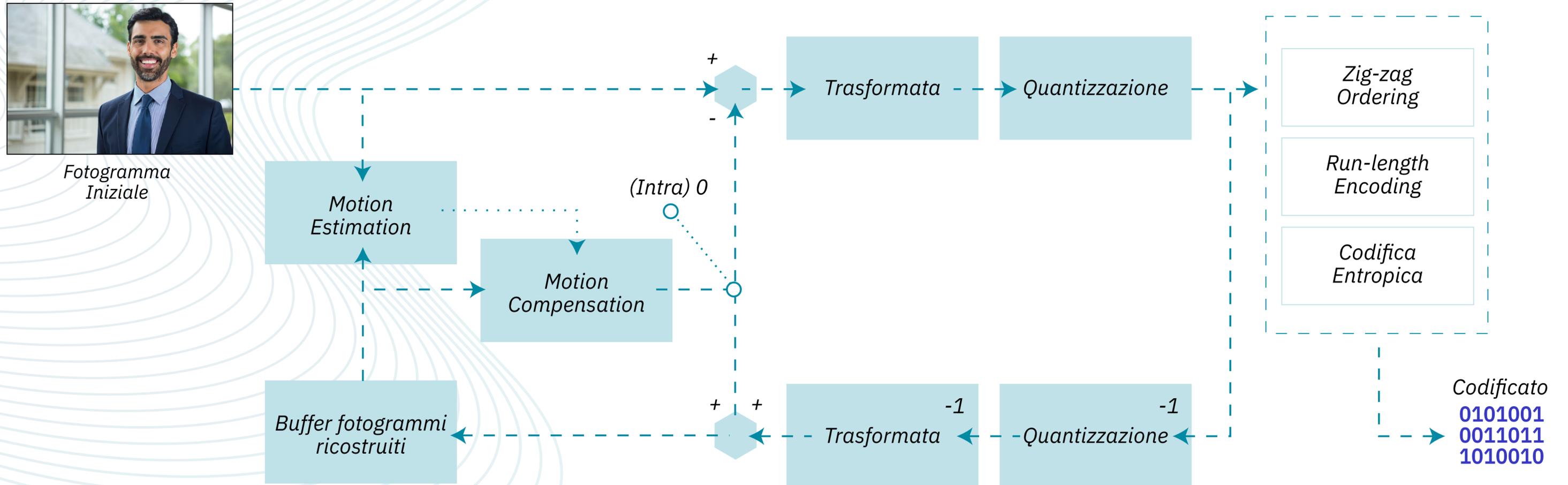


STRUTTURA DEL CODIFICATORE

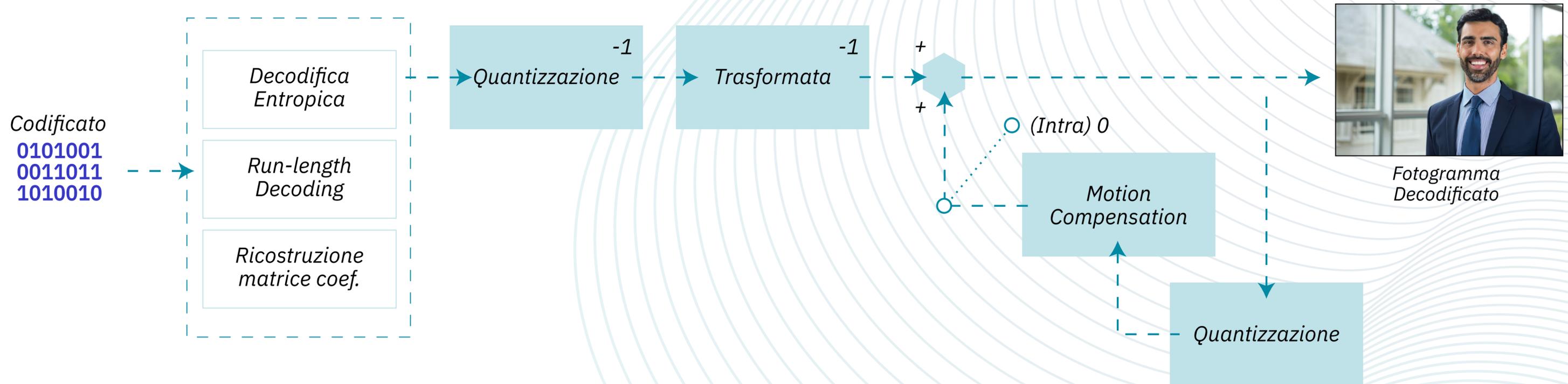
Quando si fa uso della codifica DPCM, la predizione deve essere effettuata rispetto ai dati che vengono processati dal decodificatore, per questo è sua responsabilità **eseguire le predizioni basandosi sulla versione ricostruita del frame.**

Complessivamente, **le operazioni eseguite dal codificatore sono molto più onerose in termini di calcolo rispetto a quelle eseguite dal decodificatore.** Di conseguenza, la codifica video è un procedimento di tipo asimmetrico che, in uno scenario broadcast, è effettuata solamente una volta dall'emittente mentre la decodifica viene eseguita più volte da ogni singolo utente finale.

STRUTTURA DEL CODIFICATORE



STRUTTURA DEL DECODIFICATORE



La decodifica è **procedimento più semplice rispetto alla codifica** e le principali operazioni svolte dal decoder, ovvero quelle che si occupano della ricostruzione dei fotogrammi, vengono effettuate anche all'interno del codificatore.

CODIFICA MULTI-PASS

Nel caso in cui sia sufficiente effettuare una codifica in modalità 'offline', come per memorizzare dei contenuti localmente o trasmettere dei video streaming on-demand, il tempo necessario per la compressione diventa meno rilevante ed è possibile adottare delle strategie di **codifica multipass**, in cui:

- Si studiano le caratteristiche del contenuto video da codificare
- Si sceglie, secondo le informazioni precedentemente acquisite, il modo in cui è maggiormente conveniente allocare i bit che si hanno a disposizione
- Si esegue la codifica con i parametri scelti.

FORMATI DI CODIFICA VIDEO

- H.261

È il primo standard di codifica video appartenente alla famiglia H.26x.

Progettato dal Video Coding Experts Group (VCEG) dell'ITU-T, è stato **rilasciato nel 1988** ed è stato sviluppato per essere utilizzato nelle trasmissioni ISDN, in cui i dati sono multipli di 64 kbit/s.

Lo standard supporta due formati immagine: CIF (luminanza 352x288 e crominanza 176x144) e QCIF (luminanza 176x144 e crominanza 88x72).

Entrambi i formati usano uno schema di sottocampionamento 4:2:0.

Fu il primo codificatore video ad utilizzare come unità di elaborazione i **macroblocchi**.

FORMATI DI CODIFICA VIDEO

- H.261

Le principali caratteristiche impiegate dallo standard sono:

- **Predizioni:** basate sulle differenze esistenti tra il frame corrente ed il precedente. Vengono impiegati frame di tipo I e P.
- **Trasformata:** DCT, con suddivisione in blocchi da 8x8, usata per ridurre le ridondanze spaziali.
- **Quantizzazione:** consente di ottenere una miglior compressione rappresentando i coefficienti della DCT con precisione adeguata.
- **Codifica Entropica:** viene utilizzata la codifica di Huffman (nonlossy).

H.261 è stato il **primo standard** utile in termini pratici e rappresenta la pietra miliare nel campo dello sviluppo della codifica video. **Tutti i successivi formati di compressione video si basano sul progetto di H.261.**

FORMATI DI CODIFICA VIDEO

- H.264 / AVC

Advanced Video Coding, noto anche come H.264 e MPEG-4 Part 10, è uno standard di compressione video sviluppato dal VCEG ITU-T in collaborazione con ISO/IEC JTC1 Moving Picture Experts Group (MPEG) ed è ad oggi, nonostante lo standard abbia più di 15 anni, **il formato più comunemente utilizzato** per la registrazione, compressione e distribuzione di contenuti video.

Scopo del progetto è creare uno standard in grado di fornire una **buona qualità video a rate di codifica notevolmente inferiori rispetto i precedenti standard**. La prima versione è stata rilasciata nel 2003 e nelle successive edizioni sono state aggiunte alcune estensioni alle sue funzionalità, come il supporto per risoluzioni fino 4K (4096×2160) a 60 frame al secondo (fps). AVC è protetto da vari brevetti, la cui licenza è amministrata dall'azienda MPEG LA, e l'uso commerciale delle tecnologie brevettate AVC necessita il pagamento di royalties.

FORMATI DI CODIFICA VIDEO

- H.264 / AVC

- **Trasformata:** utilizza una differente tipologia di trasformata, di dimensioni 4x4 e simile ad una DCT 4x4, che consente di lavorare con i numeri interi più semplici da gestire.
 - **Predizioni:** sono state estese le modalità di predizione. Ogni MB utilizza un maggior numero di MVs (fino a 16). Le predizioni sono anche all'interno dei frame di tipo I, utilizzando i macroblocchi precedentemente codificati (intra-prediction). Le aree di riferimento non sono più limitate all'ultimo frame decodificato. Anche i frame di tipo B possono essere usati come riferimento. I riferimenti dei frame B possono essere tutti nel passato o nel futuro.
 - **VCL e NAL:** Video Coding Layer e Network Abstraction Layer, sono livelli introdotti nello standard per ottenere una separazione tra l'esecuzione della codifica e il trasferimento dei dati.
 - **Parameter Sets:** consentono di codificare in maniera separata importanti dati utili in fase di decodifica. Fanno parte degli elementi del NAL e possono essere trasmessi anche out-of-band.
 - **Deblocking Filter:** filtro che permette di ridurre gli artefatti causati dal processamento dell'immagine.
- Codifica Entropica Adattativa: cambia la probabilità dei simboli da codificare secondo le ricorrenze di quelli precedenti

FORMATI DI CODIFICA VIDEO

- AV1

Per **far fronte ai problemi introdotti dai termini di licenza** relativi l'utilizzo delle tecnologie brevettate HEVC, diverse grandi aziende hanno intrapreso lo sviluppo di **nuovi video codec royalty-free**.

Google, dopo VP8, ha iniziato lo sviluppo di VP9 e VP10, Cisco ha cominciato ad implementare Thor nei propri prodotti di videoconferenza e Xiph, insieme a Mozilla, si è occupato dello sviluppo di Daala.

Tali video codec stavano producendo dei risultati piuttosto promettenti, ma gli sforzi individuali necessari per portare avanti il lavoro avevano iniziato a soffocarne lo sviluppo e una possibile adozione su larga scala.

Per tale ragione, nel 2015 sette grandi aziende (Amazon, Cisco, Google, Intel, Microsoft, Mozilla e Netflix) hanno deciso di **unire i propri brevetti nel campo del video coding e fondare l'Alliance for Open Media (AOM)**, un consorzio nato con l'intento di promuovere lo sviluppo e l'adozione di un nuovo video codec congiunto.

FORMATI DI CODIFICA VIDEO

- AV1

Il progetto ha dato origine a AOMedia Video 1 (AV1), un formato di compressione sviluppato per essere:

- **Royalty-free:** aperto, interoperabile e senza la necessità di dover pagare royalties o tasse di licenza per essere implementato.
- **Scalabile:** in grado funzionare su ogni dispositivo moderno a qualunque banda.
- **Flessibile:** implementabile in contenuti commerciali e non.
- **Ottimizzato:** per poter al meglio operare in servizi di video streaming e relative applicazioni.

E in grado di offrire:

- **Una miglior compressione:** utilizzando, a parità di qualità percepita, meno bit rispetto ai precedenti standard.
- **Video real-time ad alta qualità:** supportando caratteristiche come 4K UHD, HDR e WCG nei video real-time.

METRICHE PER IL LIVE STREAMING

I principali parametri che possono essere usati per misurare le prestazioni vengono definiti **metriche**, e costituiscono i **fattori principali attraverso cui è possibile valutare la qualità di un flusso multimediale**.

Le metriche principali possono essere divise in due insiemi: l'insieme delle **metriche legate alla Quality of Service (QoS)** e quelle **metriche legate alla Quality of Experience (QoE)**, quest'ultimo suddivisibile a sua volta in fattori legati alla percezione dello spettatore e fattori tecnici.

QUALITY OF SERVICE (QoS)

QoS è una misura oggettiva che si riferisce alle prestazioni di una rete di trasmissione e comprende fattori importanti come i **tempi di uptime, la probabilità di interruzione, i tassi di errore, il throughput e la latenza.**

La QoS si concentra maggiormente sul processo che avviene tra l'IP e l'applicazione di streaming, piuttosto che sugli utenti finali stessi. La QoS è **fondamentale per i fornitori di contenuti ad alto traffico, come gli eventi sportivi e musicali in diretta streaming, poiché una QoS scadente influisce notevolmente sulla QoE.**

Secondo il distributore CDN Akamai, ben il 50% degli spettatori abbandona uno streaming se impiega più di 5 secondi per caricarsi. Il 76% degli spettatori abbandona anche un servizio se lo streaming viene bufferizzato più volte.

QUALITY OF SERVICE (QOS)

I fattori di maggior rilevanza per la QOS sono identificati secondo le seguenti voci:

- Latenza
- Latenza di buffer
- Congestione

- Perdita pacchetti/Corruzione/Out of order
- Ritrasmissione pacchetti
- Riordinamento

- Jitter o Packet Pacing

QUALITY OF EXPERIENCE (QOE)

Con **quality of experience** si intende il **risultato a livello di esperienza** che riceve ogni spettatore partecipante al live streaming, in particolare l'insieme di fattori che veicolano un certo stato di insoddisfazione nella visione del flusso video e possono portare eventualmente anche all'abbandono della visione.

Possiamo identificare due macro gruppi:

- Fattori di percezione
- Fattori tecnici

QUALITY OF EXPERIENCE (QOE)

- FATTORI DI PERCEZIONE

In questo gruppo sono inseriti tutti i termini collegati che incidono a livello di sensazioni e di percezioni dall'utente finale dell'applicazione e sono disaccoppiati dallo sviluppo tecnico del live streaming.

Ad esempio, diverse ragioni tecniche possono contribuire a introdurre un ritardo iniziale, ma l'utente finale percepirà solamente il tempo di attesa derivante.

QUALITY OF EXPERIENCE (QOE)

- **Mean Opinion Score**
- **Tempi di attesa**
 - Ritardo iniziale
 - Statistica delle durate degli stalli
- **Adattamento video**
 - Frequenza di switching
 - Ampiezza
 - Tempo in ogni Layer
- **Qualità video**
 - Risoluzione spaziale
 - Scalabilità temporale
 - Qualità d'immagine
- **Fattori di contesto**
 - Dispositivo
 - Contenuto
 - Utilizzo

QUALITY OF EXPERIENCE (QOE) - FATTORI TECNICI

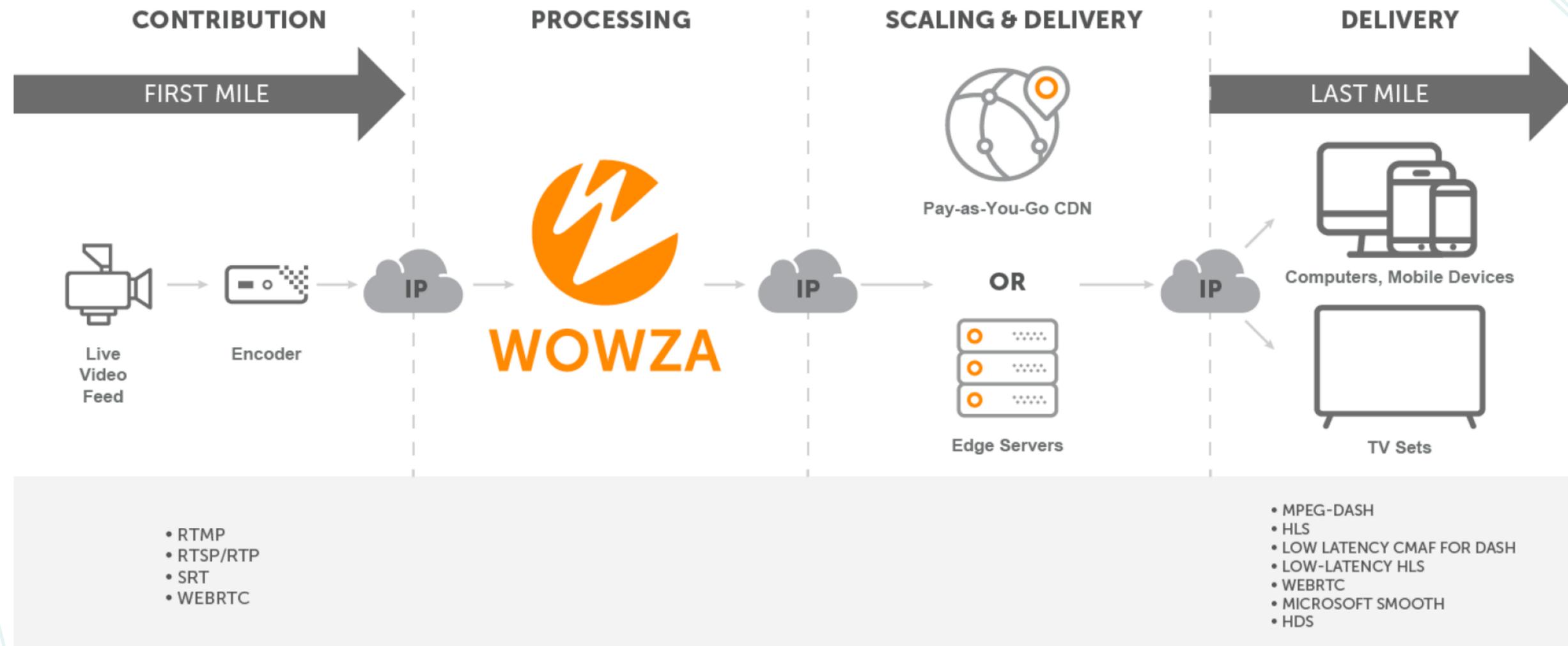
I fattori tecnici che guidano la percezione degli utenti finali giocano un ruolo nella **QoE percepita** a destinazione.

In questa sezione possiamo identificare i seguenti fattori:

- **Server side**
 - Codec video
 - Grandezza segmenti
- **Client side**
 - Riproduttore video
 - Adattamento
 - Buffer video
- **Logica di adattamento**
 - Monitoraggio della QoS
 - Stima del bitrate
 - Riempimento del buffer

CONSEGNA VIDEO LIVE STREAM

LIVE VIDEO OVER IP DELIVERY CHAIN



PROTOCOLLI PER IL LIVE STREAMING

I protocolli per il live streaming si concentrano nel **descrivere regole e metodi standard per sezionare file video in segmenti più piccoli**, in modo tale da poterli **consegnare velocemente all'utente finale** per, infine, riassembrarli in unico flusso video.

Essi ricadono principalmente nel livello di applicazione, ma protocolli differenti si possono basare su differenti sotto-protocolli di trasporto (come ad esempio TCP/UDP).

Ogni protocollo per il live streaming **può basarsi su un diverso protocollo di trasporto e utilizzare strategie differenti per la consegna del flusso video al destinatario**, portando alla creazione di una varietà di protocolli diversi che potremo differenziare come vedremo nella slide seguente:

PROTOCOLLI PER IL LIVE STREAMING

Protocolli tradizionali basati su un utilizzo classico TCP/UDP

- RTMP
- RTSP/RTP

Protocolli adattivi basati su HTTP

- HLS
- LL-HLS
- DASH
- LL-DASH

Protocolli ultima generazione su versioni evolute TCP/UDP

- SRT
- WebRTC
- RIST

CONFRONTO TRA PROTOCOLLI

1 RTMP, RTSP e HLS

Uno studio ha confrontato tra loro i protocolli RTMP, RTSP e HLS in un contesto di utilizzo IPTV in reti mobili. In particolare, è stato utilizzato un video in 720p a 30 FPS ad un bitrate di 8000kbps con codifica H.264, e per HLS sono state fornite anche le qualità inferiori di 240p, 360p e 480p ad un bitrate rispettivo di 5600kbps, 3400kbps e 200kbps. In tutti i casi gli autori hanno compiuto un viaggio in auto per attraversare le diverse coperture 2G, 3G e 4G e osservare il comportamento.

I risultati hanno dimostrato come **HLS sia il protocollo più adatto in termini di stabilità in questo tipo di contesto essendo stato l'unico a non subire blocchi grazie alla sua natura adattiva.**

CONFRONTO TRA PROTOCOLLI

2 RTMP e protocolli HTTP

In uno studio gli autori hanno analizzato l'impatto dei parametri di rete per i protocolli RTMP e HTTP, trasmettendo tre diverse sequenze video su una rete controllata. I video raccolti presso il client sono stati valutati come segue utilizzando parametri soggettivi attraverso il MOS (Mean Opinion Score), secondo lo standard dell'International Telecommunication Union (ITU).

- Il protocollo RTMP ha una valutazione migliore di HTTP dallo 0% al 5% di perdita di pacchetti, mentre con l'aumentare della perdita di pacchetti HTTP è leggermente migliore rispetto a RTMP.
- Quando la variazione del jitter è molto bassa, gli utenti danno valutazioni migliori per i video in streaming RTMP rispetto alle sequenze video HTTP. Quando si applicano variazioni di jitter elevate, HTTP si comporta meglio di RTMP.

CONFRONTO TRA PROTOCOLLI

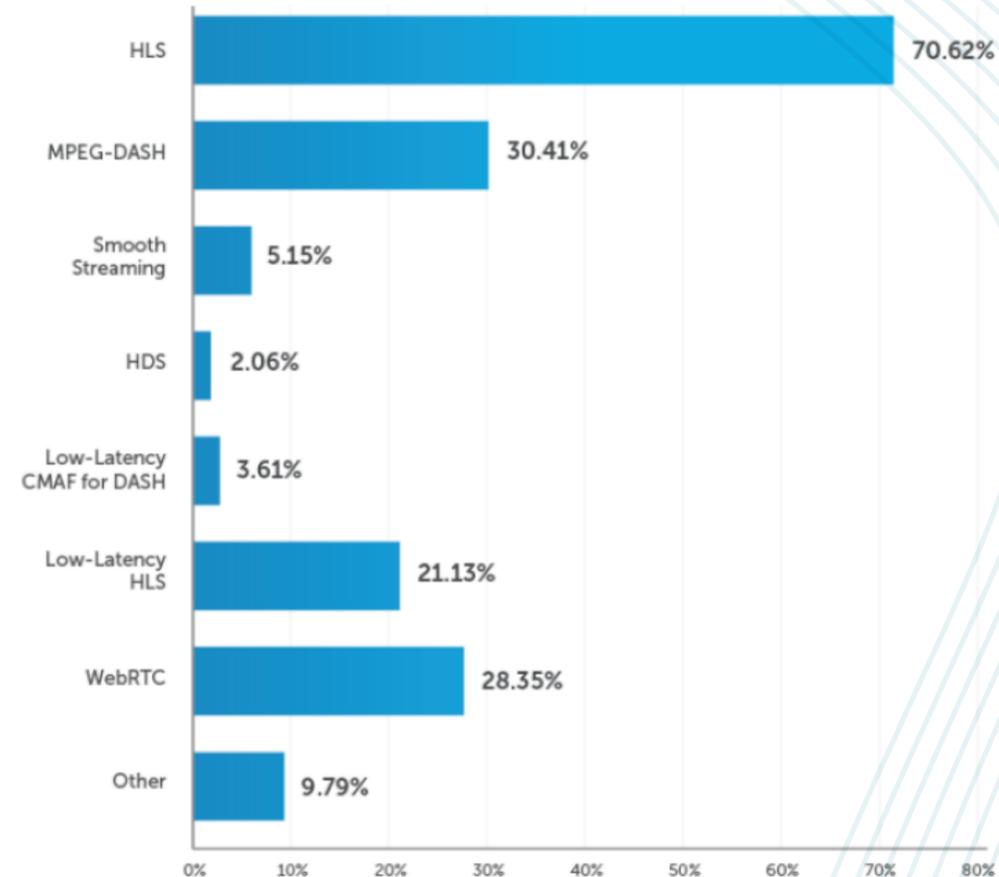
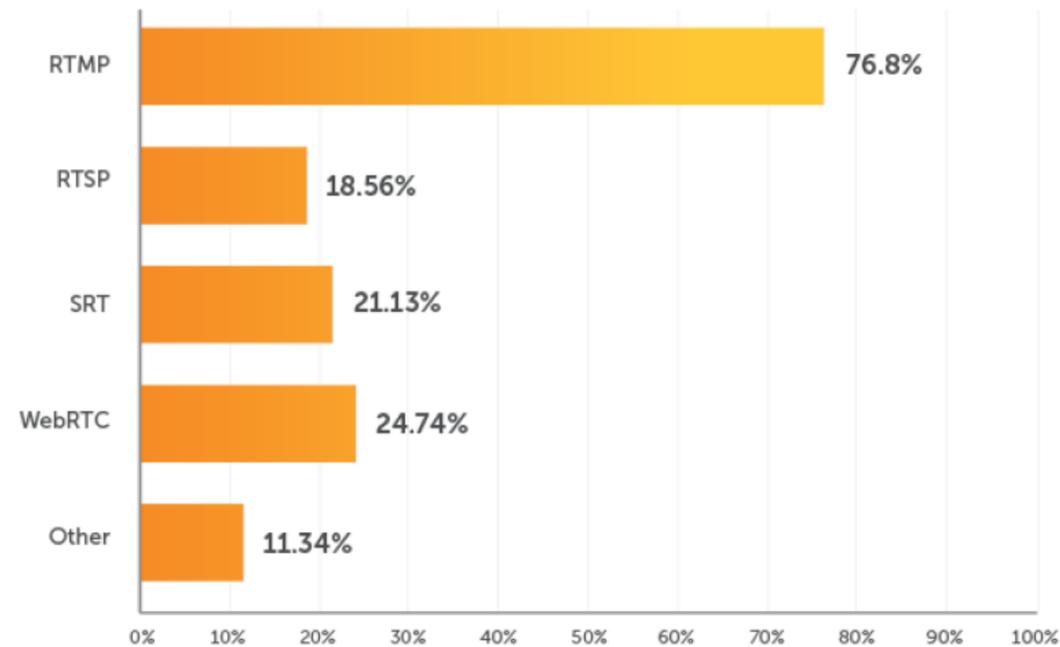
3 RTMP e SRT

Un altro studio si concentra su un **confronto tra i protocolli RTMP e SRT da un punto di vista di latenza end-to-end e di massimo bitrate trasferibile in reti pubbliche**. Per studiare la latenza gli autori hanno misurato il ritardo di uno stream inviato a server sparsi in diverse località utilizzando i due diversi protocolli.

I risultati hanno mostrato come SRT non ha riscontrato problemi nello streaming fino a 20 Mbps in qualsiasi regione del mondo. RTMP ha funzionato bene quando il mittente e il destinatario si trovavano nello stesso continente, in questo caso il Nord America. Da Redmond è stato possibile inviare fino a 20 Mbps con RTMP in California o in Virginia. Lo streaming verso l'Europa e l'Australia, invece, non era possibile a velocità superiori a 2 Mbps.

PREFERENZE DI UTILIZZO

Dal 2021 Video Streaming Latency Report di Wowza è possibile osservare **quali protocolli sono i più utilizzati dai vari provider del settore** sia per quanto riguarda l'aspetto di ingest, sia per quello di egress.

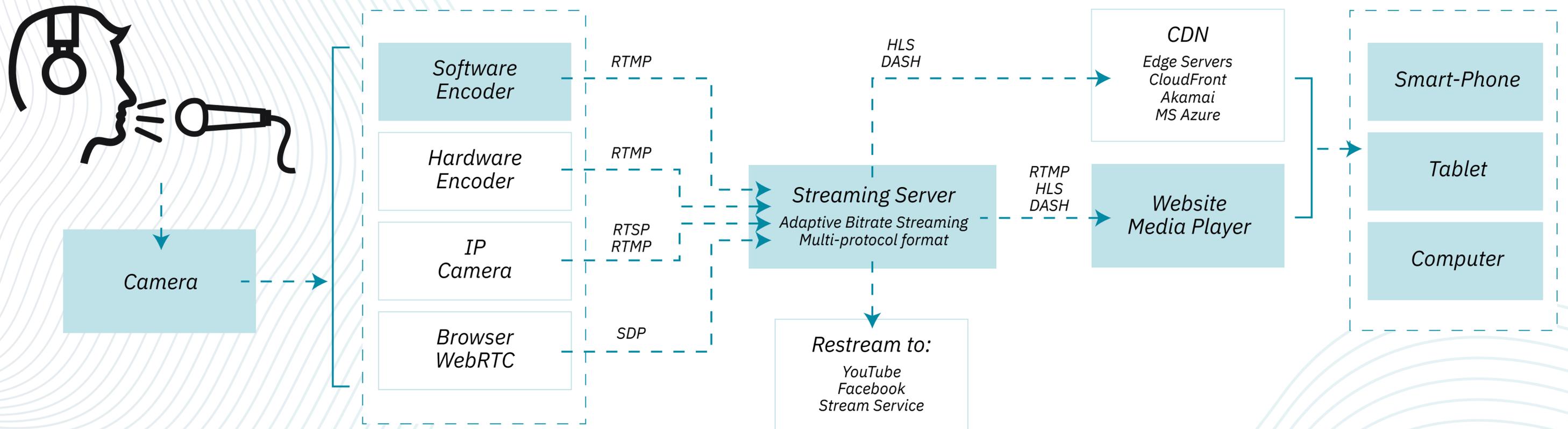


ARCHITETTURE LIVE STREAMING

Concettualmente il Live Streaming si può suddividere in quattro componenti fondamentali:

- La **creazione** del contenuto multimediale
- L'**elaborazione** dei dati
- La **distribuzione** dello streaming dati
- La **riproduzione** dello streaming.

ARCHITETTURA LIVE STREAMING



ARCHITETTURE LIVE STREAMING

1

Creazione del contenuto:

La creazione del contenuto multimediale avviene tramite una sorgente che **crea il flusso audio e video**, può essere ad esempio una telecamera, un microfono, o un altro tipo di sorgente multimediale. **La sorgente genera il flusso video originale (RAW)** che viene indirizzato al componente successivo della catena.

ARCHITETTURE LIVE STREAMING

2 Elaborazione:

La fase di elaborazione dello streaming solitamente inizia già nel dispositivo sorgente, dove tramite un **codificatore software o hardware** si procede **applicando algoritmi di compressione ai dati in uscita dalla sorgente** allo scopo di ridurre l'occupazione di banda.

Inoltre si **suddivide in pacchetti il flusso** per ovviare alla velocità non costante della rete, infatti ogni pacchetto verrà dotato di un timestamp che poi il ricevitore potrà utilizzare per riordinare i pacchetti ricevuti in ordine sparso. L'encoder si occuperà anche di **trasmettere lo streaming al server di elaborazione** tramite un protocollo di ingest (come ad esempio RTMP).

ARCHITETTURE LIVE STREAMING

Il server di elaborazione ha il compito di **applicare la transcodifica allo streaming in modo da creare più flussi video a risoluzioni e bitrate differenti** in modo da rendere possibile una trasmissione con Adaptive Bitrate (ABR) e poter fornire all'occorrenza al client flussi a minore occupazione di banda per impedire eventuali blocchi nello streaming. Il server si occuperà inoltre della trasmissione tramite un protocollo di egress (ad esempio RTMP, HLS, MPEG-DASH) alla rete di distribuzione.

Un'altra operazione che il server di elaborazione può compiere è **inviare il flusso streaming ad un altro server di elaborazione di un'altra piattaforma streaming** rendendo in questo modo possibile il **restream su più servizi** utilizzando una sola connessione d'uscita per la sorgente.

ARCHITETTURE LIVE STREAMING

3 Distribuzione:

La distribuzione dello streaming dati avviene oggi principalmente per mezzo di **Content Delivery Network** (CDN).

Con CDN si fa riferimento ad un gruppo di server distribuiti geograficamente in punti chiave della rete internet che collaborano per fornire una rapida trasmissione dei contenuti internet.

Oltre ad **aumentare la velocità di accesso** a determinati contenuti, una CDN può fornire anche un **servizio di sicurezza aggiuntivo** contribuendo a proteggere da attacchi dannosi.

ARCHITETTURE LIVE STREAMING

4 Ricezione:

La qualità di ricezione di un flusso streaming è un aspetto chiave per garantire un'esperienza fluida e appagante agli utenti. Nel contesto degli streaming video, la **gestione del bitrate** gioca un ruolo fondamentale nella trasmissione efficace dei dati.

Il bitrate rappresenta la **quantità di dati trasmessi in un certo intervallo di tempo**, misurato in bit al secondo (bps). In uno streaming, il bitrate è direttamente proporzionale alla qualità del video: maggiore è il bitrate, migliore è la qualità dell'immagine. Per questo è importante tenere in considerazione anche la banda di ricezione quando si progetta una trasmissione video streaming.

PIATTAFORME DI STREAMING



Vimeo offre servizi di streaming e di hosting video.

Questa funzionalità di base **comprende analisi**, una piattaforma di **gestione video**, controlli sulla **privacy** e altro ancora.

Per accedere alle funzionalità di base del live streaming, gli utenti devono acquistare un piano Premium. Vimeo fornisce assistenza tecnica via e-mail per i piani di hosting. Per l'assistenza dal vivo, gli utenti devono acquistare un piano personalizzato Premium o Vimeo OTT. È necessario un budget maggiore per accedere all'assistenza dal vivo con questa piattaforma di streaming.

PIATTAFORME DI STREAMING



Caratteristiche:

- Servizio di gestione video
- Video e flussi di alta qualità
- Grande capacità di stoccaggio
- Opzioni per la privacy
- Caricare da qualsiasi luogo

Pro:

- Eventi e spettatori illimitati
- Nessuna pubblicità in-stream
- Aspetto elegante e professionale
- Analisi accuratamente dettagliate
- Facile da usare
- Opzione pay-per-view

Contro:

- Non genera traffico come altri siti
- Nessuna consegna di video in Cina

PIATTAFORME DI STREAMING

Restream

Restream è una piattaforma per la trasmissione di video **in diretta nel browser**, molto popolare tra i settori del gioco, della tecnologia, della pubblica amministrazione, dello sport, dei media e della musica.

Restream è principalmente una **piattaforma di multistreaming**, ma offre il supporto per lo streaming collaborativo in-browser. alternative di streaming .

PIATTAFORME DI STREAMING

Restream

Caratteristiche:

- Streaming in-browser
- Capacità di multistreaming
- Caratteristiche per aumentare il coinvolgimento
- Supporto per lo streaming peer-to-peer
- Strumenti per l'interazione con il pubblico
- Personalizzazione del marchio
- Eventi programmati

Pro:

- Facile da usare
- Strumenti per la collaborazione
- Streaming on-brand
- Strumenti per il coinvolgimento del pubblico

Contro:

- Non è una piattaforma di streaming dedicata
- Streaming in-browser secondario rispetto all'hosting live

PIATTAFORME DI STREAMING



Youtube Live è una **piattaforma gratuita** di streaming video progettata per utenti con poca o nessuna esperienza di trasmissione.

Nascendo come piattaforma di condivisione video, supporta sia VOD che il live streaming, anche se i contenuti più popolari sulla piattaforma rimangono ad oggi i video on-demand.

PIATTAFORME DI STREAMING



Caratteristiche:

- Monetizzazione che premia utenti con molto seguito
- Nessuna caratteristica di sicurezza degna di nota
- Popolare tra i consumatori
- Alimentato da Google
- Facile condivisione dei video
- Nessuna funzionalità white-label

Pro:

- Utilizzo gratuito
- Facile da usare (sia per spettatori che per emittenti)
- Hosting live e VOD

Contro:

- Limitazioni allo streaming live
- Restrizioni rigorose sui contenuti.
- YouTube possiede diritti parziali sui contenuti

PIATTAFORME DI STREAMING



Facebook è una piattaforma social media con strumenti per caricare e condividere video nelle **comunità online**.

Facebook Live funziona al meglio se integrato con una piattaforma di live streaming professionale che consente il lancio simultaneo su più siti.

Può permettervi di connettervi ad un pubblico già sviluppato su Facebook.

PIATTAFORME DI STREAMING



Caratteristiche:

- Facile condivisione dei video
- Commenti e reazioni in diretta
- Annunci a pagamento
- Alcuni strumenti per uso aziendale

Pro:

- L'applicazione è gratuita
- Gli spettatori hanno familiarità con la piattaforma
- La chat dal vivo promuove il coinvolgimento
- Sfrutta il seguito esistente

Contro:

- Nessuna opzione di monetizzazione
- Limiti di tempo per i video in diretta
- Impossibile rimuovere il marchio Facebook Live

PIATTAFORME DI STREAMING



La maggior parte degli utenti di **TikTok** sono **Gen Zers**, vale a dire che la maggior parte degli spettatori della piattaforma ha circa 25 anni o meno. Questa opzione è più **adatta alle aziende con un pubblico di questa fascia d'età.**

TikTok ha alcuni strumenti di live streaming ma la piattaforma è utilizzata principalmente per la condivisione di brevi videoclip per una fruizione on demand. TikTok supporta video di 15 secondi, 60 secondi o 3 minuti.

PIATTAFORME DI STREAMING



Caratteristiche:

Rapida condivisione di contenuti On Demand
Target d'utenza molto specifico
Linguaggio e veicolazione contenuti riconoscibile

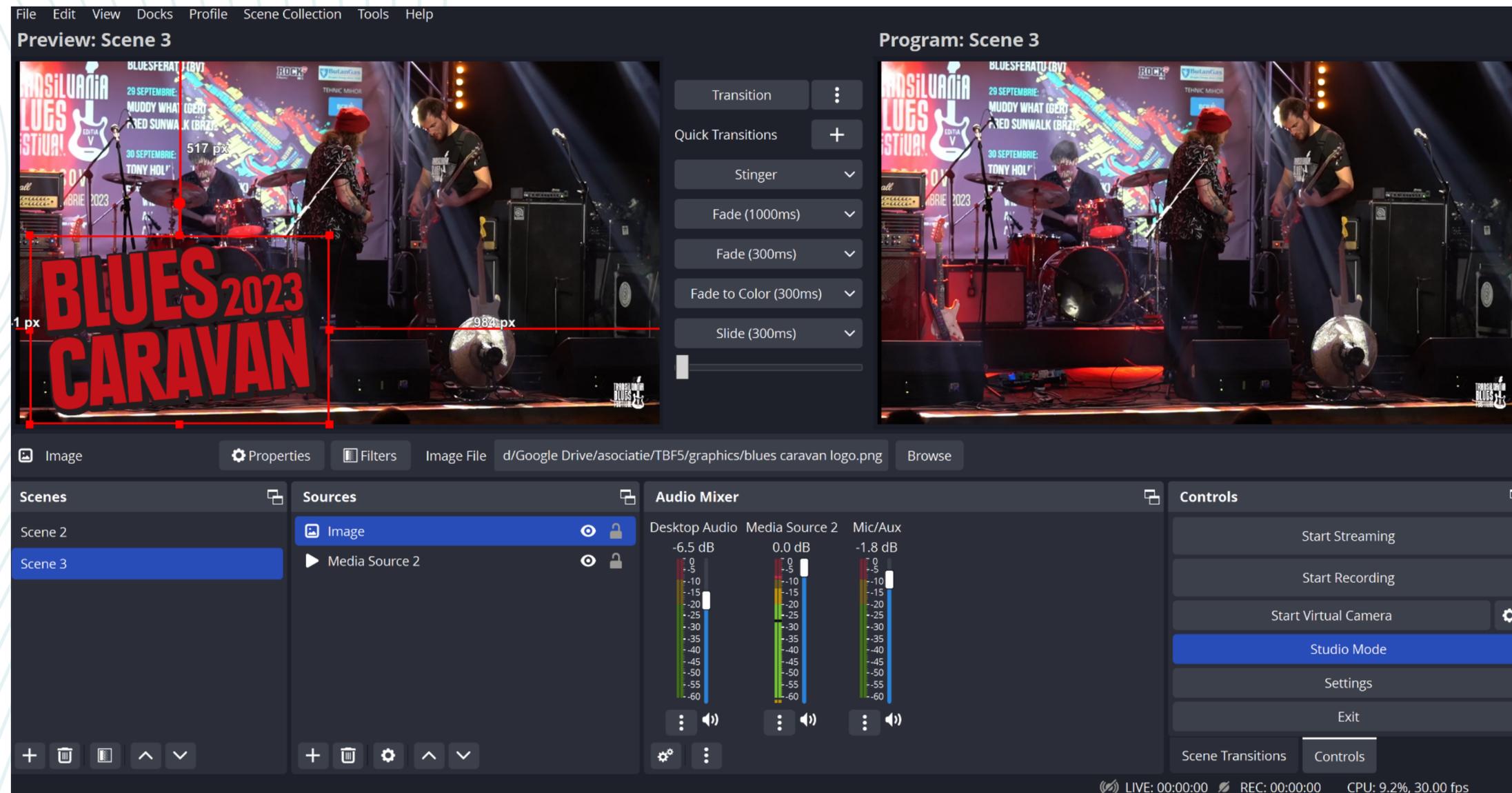
Pro:

Da scaricare e utilizzare gratuitamente
L'algoritmo rende facile la viralità
Adatto per una crescita rapida

Contro:

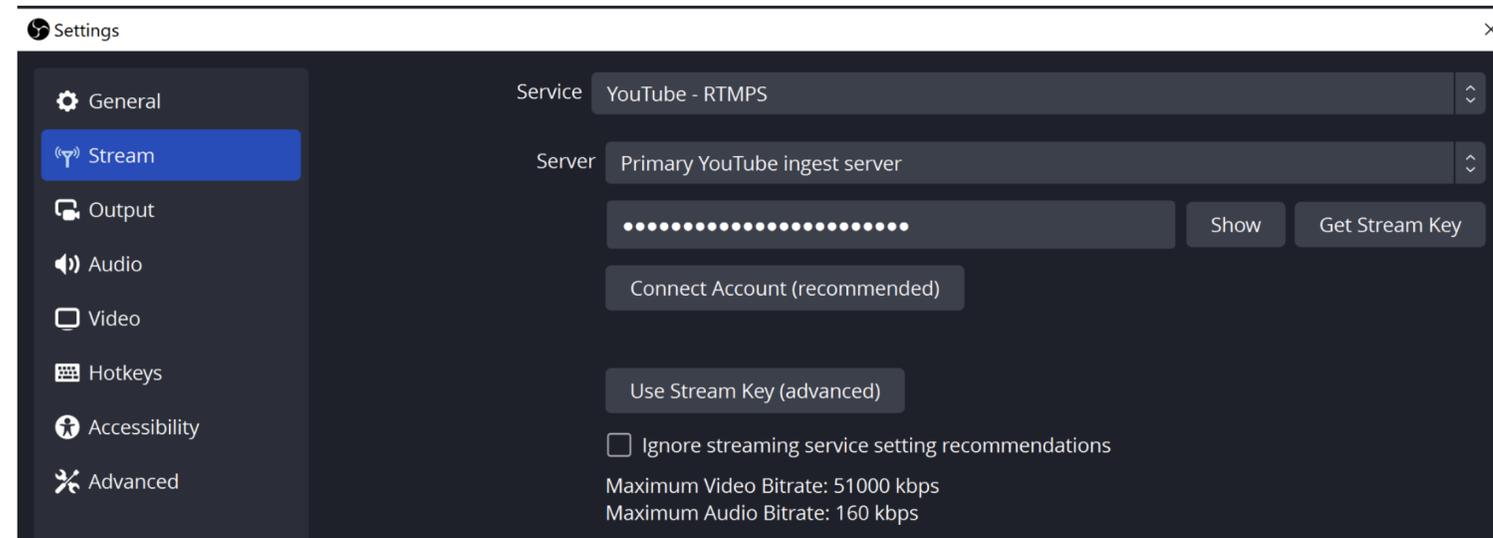
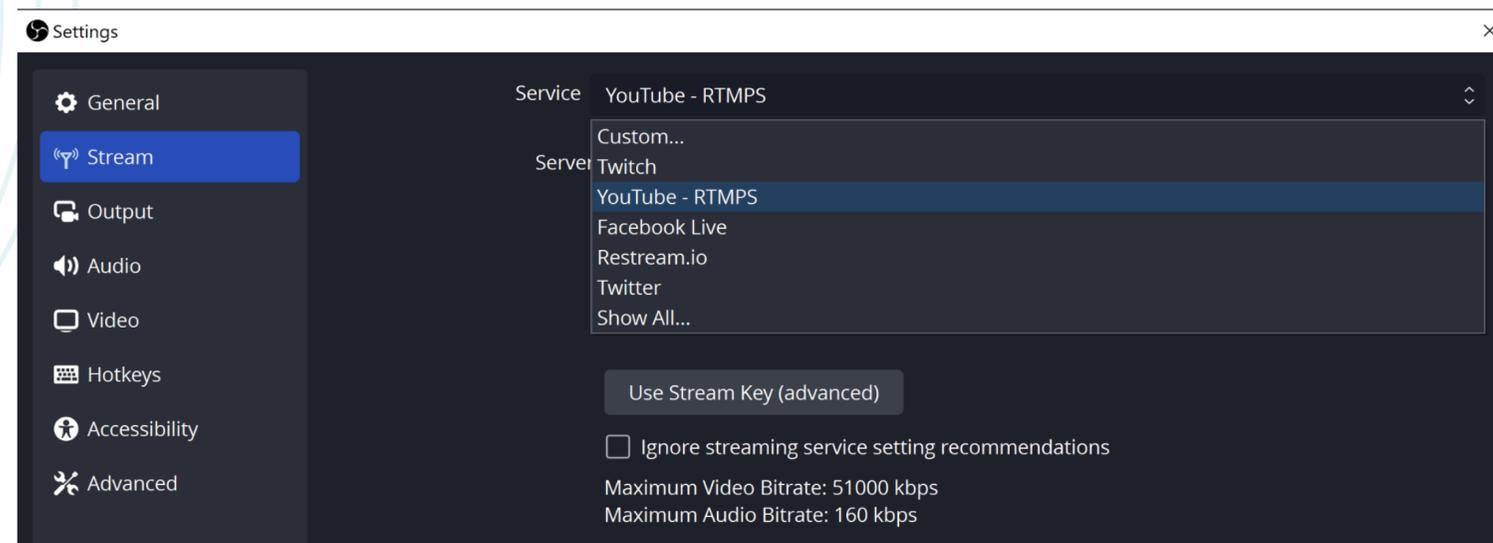
Opzioni di monetizzazione estremamente limitate
Limite di 180 secondi per i video On Demand
Impossibile rimuovere il marchio TikTok
Problemi continui di privacy dei dati
Richiede una base di follower per le dirette live

OPEN BROADCASTER SOFTWARE (OBS)



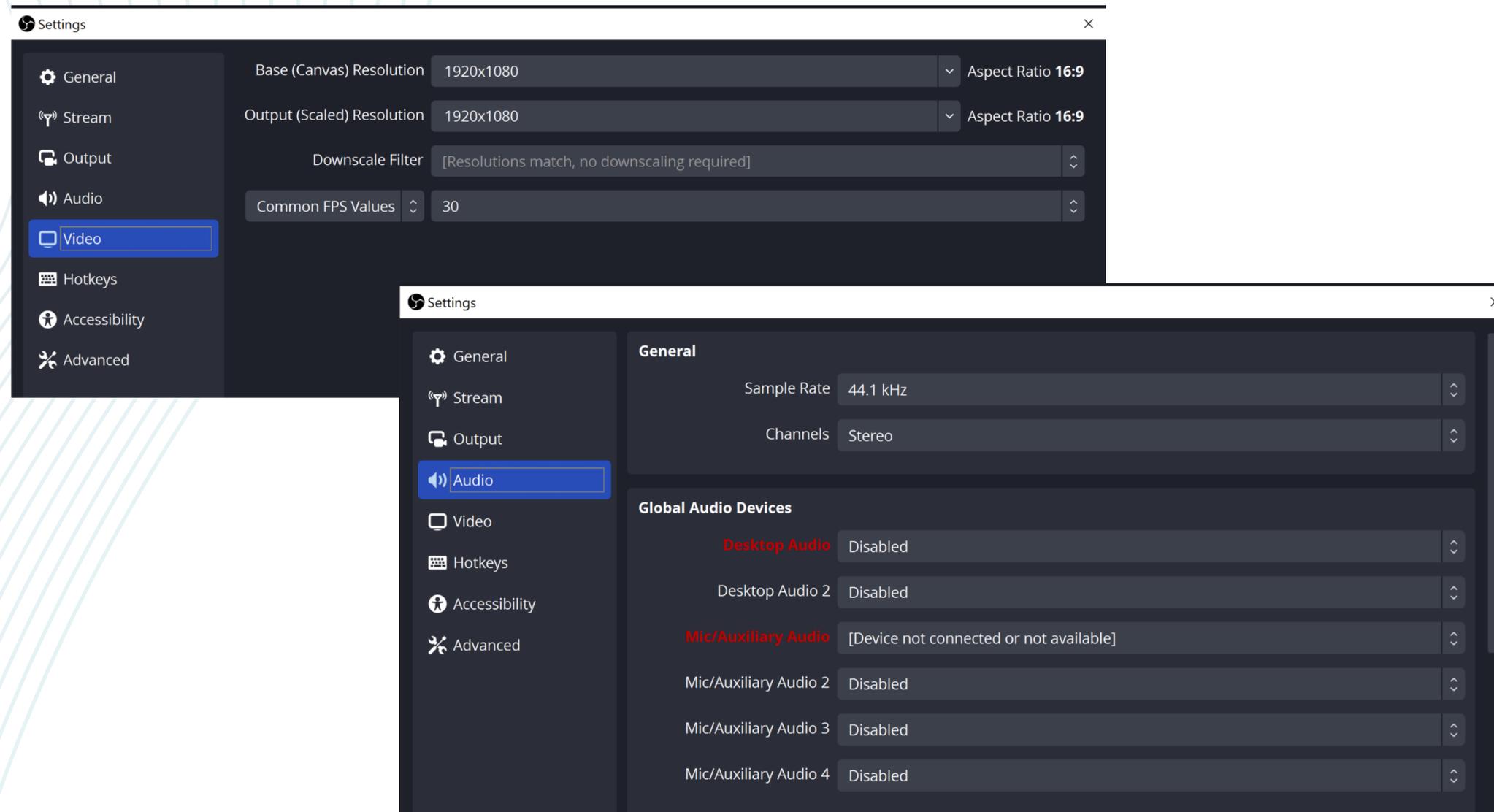
OPEN BROADCASTER SOFTWARE (OBS)

- CONNESSIONE SERVER STREAMING



OPEN BROADCASTER SOFTWARE (OBS)

- IMPOSTAZIONI



STREAMING MULTIPIATTAFORMA

Le tecniche di **Multistreaming** sta ampliando il processo di streaming per includere più sistemi e più piattaforme, trasmettendo simultaneamente a più categorie di utenti invece che solo al pubblico di una sola piattaforma.

Per non confondersi, multistreaming viene definito anche “**simulcasting**”, “**multicasting**” o “**streaming multidestinazione**”. Questi termini si riferiscono allo stesso concetto di streaming verso più destinazioni contemporaneamente.

OBS non permette di fare multistreaming, è necessario acquisire un servizio di streaming multipiattaforma, come per esempio Restream.io, oppure un server proprio dedicato (custom). La scelta del servizio di streaming o del server custom viene fatta dalle impostazioni del programma, scegliendo dal menù a tendina.

OPEN BROADCASTER SOFTWARE (OBS)

- BANDA DI TRASMISSIONE

La codifica video è un'operazione che richiede un utilizzo intensivo della CPU e OBS non fa eccezione.

OBS utilizza la migliore libreria di codifica video open source disponibile, x264, per codificare i video. Tuttavia, si potrebbero riscontrare un utilizzo elevato della CPU e altri programmi in esecuzione sul computer potrebbero riscontrare prestazioni ridotte mentre OBS è attivo se le impostazioni sono troppo elevate per l'hardware del computer.

In alcuni casi, OBS dirà "**Encoding overloaded!**" sulla barra di stato, il che significa che **il computer non può codificare il video abbastanza velocemente da mantenere le impostazioni impostate**, il che causerà il blocco del video dopo alcuni secondi o uno "stuttering" periodico.

OPEN BROADCASTER SOFTWARE (OBS)

- BANDA DI TRASMISSIONE

La codifica video è un'operazione che richiede un utilizzo intensivo della CPU e OBS non fa eccezione.

OBS utilizza la migliore libreria di codifica video open source disponibile, x264, per codificare i video. Tuttavia, si potrebbero riscontrare un utilizzo elevato della CPU e altri programmi in esecuzione sul computer potrebbero riscontrare prestazioni ridotte mentre OBS è attivo se le impostazioni sono troppo elevate per l'hardware del computer.

In alcuni casi, OBS dirà "**Encoding overloaded!**" sulla barra di stato, il che significa che **il computer non può codificare il video abbastanza velocemente da mantenere le impostazioni impostate**, il che causerà il blocco del video dopo alcuni secondi o uno "stuttering" periodico.

OPEN BROADCASTER SOFTWARE (OBS)

- RISOLUZIONE PROBLEMI

1

Ridurre la risoluzione di Output

La risoluzione del video trasmesso è l'aspetto con il maggiore impatto sull'utilizzo della CPU.

Ad esempio, 1080p ha più del doppio del numero di pixel in ciascun fotogramma rispetto a 720p e l'utilizzo della CPU aumenta di conseguenza. Il modo più comune per ridurre l'utilizzo della CPU è ridurre la risoluzione.

Puoi modificare l'entità del downscaling in **Settings > Video > Resolution**. Si può mantenere la stessa risoluzione di base (canvas), in modo che il layout non cambi.

I diversi filtri di downscale (bilineare, bicubico e Lanczos) cambiano semplicemente l'algoritmo utilizzato per ridurre l'immagine: bilineare è più veloce e richiede meno risorse, ma non ha un bell'aspetto, mentre Lanczos richiede più risorse ed ha un aspetto migliore.

OPEN BROADCASTER SOFTWARE (OBS)

- RISOLUZIONE PROBLEMI

2 Ridurre il frame rate

Per trasmissioni in streaming a una velocità superiore a 30 FPS, un'altra opzione da considerare è quella di ridurre la frequenza dei fotogrammi a 30 FPS, riducendo così l'utilizzo della CPU

3 Cambiare la preimpostazione x264

Il codificatore video x264, ha una serie di "preimpostazioni" che modificheranno di conseguenza la qualità del video e l'utilizzo della CPU. L'impostazione predefinita di OBS è molto veloce, che nella maggior parte dei casi rappresenta il miglior equilibrio tra utilizzo della CPU e qualità video. Questa impostazione può essere modificata da **Settings > Output**. L'immagine potrebbe apparire un po' più a blocchi o pixelata, permettendo però di mantenere la risoluzione ed il framerate desiderato.

VLAD POPESCU
Streaming technician