

Compressione video a prova di futuro nei moderni sistemi di sicurezza

Giugno 2026

Sommario

Il settore della videosorveglianza sta passando dal tradizionale standard di compressione video H.264 all'AV1. Questo codec di nuova generazione è in grado di soddisfare meglio le crescenti esigenze in termini di larghezza di banda e capacità di archiviazione dei moderni video ad alta risoluzione. A differenza dello standard H.265, il cui sviluppo è stato rallentato da complesse procedure di concessione di licenze, l'AV1 offre un'alternativa esente da royalty¹ e altamente efficiente, sostenuta dai principali leader del settore tecnologico.

Axis ha integrato il supporto per lo standard AV1 nelle telecamere basate sul sistema su chip ARTPEC-9. L'implementazione si concentra sulle funzionalità rilevanti per i casi d'uso nel campo della videosorveglianza, piuttosto che sulle funzioni specifiche del settore basato sulla trasmissione. Garantisce un'efficienza di compressione paragonabile a quella dell'H.265 senza comportare un aumento dei costi hardware né del consumo energetico. L'AV1 è compatibile con le tecnologie Axis esistenti, quali Zipstream, abilitando al contempo nuove funzionalità, tra cui Toggable overlays e il formato AVIF per le immagini fisse.

L'AV1 si basa sugli stessi principi fondamentali della compressione a blocchi, della stima del movimento e della codifica per trasformazione utilizzati negli standard H.264 e H.265, introducendo al contempo meccanismi di previsione più flessibili. Sostituisce le rigide strutture P-frame e B-frame con inter-frame versatili e frame chiave più efficienti. La partizione delle immagini è più precisa, grazie all'utilizzo di superblocchi che possono essere suddivisi in varie forme e proporzioni.

Per quanto riguarda specificatamente la sorveglianza, gli strumenti di movimento globale e deformato consentono al codificatore di gestire i movimenti della telecamera con una quantità minima di dati. I frame di commutazione abilitano lo streaming a velocità in bit adattive, permettendo la modifica della risoluzione senza richiedere un nuovo frame chiave indipendente. La qualità tecnica è garantita da una maggiore profondità di bit interna, da diversi tipi di trasformazioni e da filtri avanzati integrati nel circuito. Tali miglioramenti sono supportati da un codificatore aritmetico non binario progettato per garantire un'implementazione hardware efficiente e un'elaborazione più rapida.

¹ *Gli utenti sono tenuti ad assicurarsi di aver compreso i termini e le condizioni di licenza relativi alla tecnologia video AV1.*

Indice

1	Introduzione	4
2	La necessità di un nuovo standard di compressione	4
3	L'adozione di AV1	4
4	I vantaggi di AV1 nella videosorveglianza	5
5	Implementazione di AV1 da parte di Axis	5
5.1	Zipstream e AV1: insieme sono ancora più efficaci	6
5.2	Nuove funzionalità con AV1	6
5.2.1	Toggable overlays	6
5.2.2	AVIF (formato immagine AV1)	6
6	Efficienza in termini di velocità in bit dei formati AV1, H.264 e H.265	7
6.1	Esempi di scene	7
6.2	Confronto tra codec: qualità video forense rispetto a velocità in bit	9
7	Fondamenti tecnici di AV1	9
7.1	Tipi di fotogrammi perfezionati e predizione	9
7.1.1	Il framework I-P-B definito negli standard H.264 e H.265	10
7.1.2	L'approccio flessibile di AV1 alla inter-predizione	10
7.2	Set di strumenti di codifica avanzati	10
7.3	Funzioni di efficienza operativa	11
7.4	Elaborazione e filtraggio	11
8	Guida all'integrazione tecnica	12
8.1	Streaming e decodifica di video AV1 nei dispositivi Axis	12
8.2	Considerazioni fondamentali per gli sviluppatori	12
8.2.1	Recupero dei flussi AV1	12
8.2.1.1	Protocolli standard	12
8.2.1.2	WebRTC	12
8.2.2	Decodifica e riproduzione di flussi AV1	13
9	Marchi	13

1 Introduzione

Da oltre due decenni, lo standard H.264 (AVC) è lo standard di compressione video prevalente nel settore della videosorveglianza e in applicazioni simili, garantendo un equilibrio affidabile tra velocità in bit e qualità di immagine. Tuttavia, i moderni sistemi di sicurezza si trovano ad affrontare esigenze in materia di dati senza precedenti. Risoluzioni più elevate, un numero maggiore di telecamere e l'affermarsi dell'analisi dei dati basata sul cloud stanno portando la larghezza di banda di rete e le capacità di archiviazione al limite. Il settore si è ampliato, rendendo necessaria un'evoluzione della tecnologia di compressione al passo con tale crescita.

Sebbene l'H.265 fosse un tempo considerato il successore naturale, la complessità delle licenze ne ha rallentato l'adozione. Al contrario, il più recente standard AV1 offre un'efficienza di compressione superiore, unita a un ampio supporto IT e alla maturità dell'ecosistema. Si tratta di un codec aperto e esente da diritti d'autore, sostenuto dalle principali aziende tecnologiche mondiali e progettato per soddisfare le esigenze dei video moderni.

Molti anni fa, Axis ha guidato il settore nell'era dell'H.264, essendo stata la prima azienda produttrice di telecamere di sicurezza ad adottare lo standard H.264 nei propri prodotti. Ora, Axis sta introducendo lo standard AV1 nel settore.

Il presente documento tecnico analizza l'AV1 nel campo della videosorveglianza, dall'efficienza di compressione al supporto dell'ecosistema e all'integrazione pratica. Il documento comprende confronti tra le velocità in bit, un'analisi tecnica approfondita del funzionamento dell'AV1 e una guida per gli sviluppatori per l'integrazione dei dispositivi Axis.

2 La necessità di un nuovo standard di compressione

Senza la compressione video, lo streaming video e l'archiviazione dei video sarebbero praticamente impossibili. Un video standard a 1080p a 30 fotogrammi al secondo richiederebbe quasi 1 Gbit/s senza alcuna compressione. Con una velocità in bit così elevata, si riempirebbe un disco da 1 TB in meno di tre ore di registrazione, e una rete standard non sarebbe in grado di trasmettere il video proveniente da una singola telecamera. Con una telecamera 8K, che garantisce una qualità di immagine eccezionale, lo stesso disco si riempirebbe in circa 30 minuti.

I video encoder comprimono notevolmente i dati video, rendendone possibile il flusso, l'archiviazione e la trasmissione di filmati di videosorveglianza su larga scala.

Sebbene lo standard H.265 abbia offerto miglioramenti rispetto allo standard H.264, consentendo risoluzioni di telecamere più elevate e una riduzione della velocità in bit, l'enorme numero di telecamere installate continua a mettere a dura prova la larghezza di banda di rete e l'infrastruttura di archiviazione. Man mano che il settore va oltre la risoluzione 4K, una compressione sempre più efficiente non è più sufficiente.

Inoltre, i moderni video encoder si basano su metodi di compressione sviluppati nel corso degli anni da numerose aziende e ricercatori. Una sfida significativa sia per lo standard H.264 che per quello H.265 è stata quindi rappresentata dai loro modelli di concessione delle licenze di brevetto frammentati e spesso imprevedibili. Lo standard H.265 si è trovato a dover fare i conti con numerosi consorzi di brevetti e singoli titolari di brevetti, creando un ecosistema poco trasparente e oneroso per produttori e utenti. Tale complessità ha ostacolato l'adozione, limitato la compatibilità e aggiunto costi imprevisti durante l'implementazione. Ciò ha persino indotto alcuni dei principali produttori di hardware a iniziare a rimuovere il supporto hardware per lo standard H.265 dai prodotti esistenti.

Il settore della sicurezza richiede un codec che non solo garantisca una compressione di qualità superiore, ma che operi anche su una base trasparente, accessibile e a prova di futuro.

3 L'adozione di AV1

Lo standard di compressione video AV1 è stato sviluppato dall'Alliance for Open Media (AOMedia), un consorzio fondato con l'obiettivo di creare un formato video aperto e esente da diritti d'autore. Attualmente, AV1 è il

codec preferito dai principali service provider di streaming, quali Netflix e YouTube. È supportato da tutti i principali sistemi operativi desktop (Windows®, macOS® e Linux®) e piattaforme mobili (Android™ e iOS®).

In quanto standard aperto sostenuto da aziende quali Amazon, Apple, Cisco, Google, Intel, Meta, Microsoft, Mozilla, Netflix, Nvidia e Samsung attraverso AOMedia, AV1 presenta solide prospettive a lungo termine. La sua natura aperta comporta inoltre minori incertezze in materia di licenze e costi di brevetto inferiori rispetto ad altri codec.

L'adozione del sistema VMS è in corso e diversi fornitori leader del settore, tra cui Milestone, Genetec e Axis, lo supportano già. Il client web di numerose soluzioni VMS, tra cui AXIS Camera Station Pro, beneficia del supporto nativo al formato AV1: un risultato che H.265 ha faticato a raggiungere anche dopo un decennio di presenza sul mercato. L'aggiunta del supporto AV1 è relativamente semplice grazie alla disponibilità di librerie e strumenti open source ormai consolidati.

Axis collabora attivamente con organismi di settore quali ONVIF® per promuovere l'interoperabilità relativa allo standard AV1. Axis ritiene che l'attuale metodo di streaming video di ONVIF sia già in linea con lo standard AV1 e prevede che una più ampia adozione da parte del settore aprirà la strada alla sua integrazione formale in uno standard ONVIF.

Dal punto di vista hardware, le moderne CPU includono ormai ampiamente la decodifica AV1 integrata. Sebbene alcuni hardware prodotti tra il 2015 e il 2020 supportino lo standard H.265 ma non l'AV1, la rapida diffusione del supporto hardware per l'AV1 nei dispositivi moderni fa sì che questo divario si stia rapidamente riducendo. Ad esempio, AXIS Camera Station S2216 Mk II Rack Appliance è una soluzione di registrazione che offre il supporto hardware per la decodifica AV1 su 16 canali senza una GPU dedicata. Tuttavia, anche le normali CPU dei laptop sono in grado di gestire flussi AV1 a 8K30. Inoltre, un numero sempre maggiore di smartphone e tablet è dotato di decodificatori hardware AV1, il che elimina ogni preoccupazione relativa al consumo della batteria o alla latenza durante la riproduzione su dispositivi mobili.

4 I vantaggi di AV1 nella videosorveglianza

L'AV1 non è stato inizialmente progettato per la sorveglianza, proprio come H.264 e H.265. Il metodo di compressione alla base di tutti gli standard è tuttavia altamente adattabile e l'implementazione dello standard AV1 nel sistema su chip ARTPEC-9 di Axis è ottimizzata per la sorveglianza.

Per una data quantità di dati video, le velocità in bit inferiori ottenibili con AV1 comportano direttamente una riduzione dei requisiti di archiviazione, prolungando potenzialmente la durata di vita dell'infrastruttura di archiviazione esistente o consentendo periodi di conservazione più lunghi. Inoltre, una riduzione del consumo di banda di rete può consentire di rinviare o evitare costosi aggiornamenti della rete. Nel complesso, ciò comporta una riduzione del costo totale di proprietà (TCO) di un sistema di sorveglianza.

Inoltre, si consideri che la videosorveglianza basata sul cloud è in rapida crescita e ciò comporta esigenze significative in termini di tecnologia di compressione. La trasmissione di video provenienti da centinaia o migliaia di telecamere verso piattaforme di archiviazione e analisi nel cloud richiede un codec in grado di garantire un'elevata qualità a basse velocità in bit su connessioni internet. AV1 è stato progettato per la trasmissione video su internet e dispone di un modello di licenza esente da diritti d'autore per cui, è supportato in modo nativo da browser, piattaforme e servizi cloud. Questo ampio supporto semplifica l'integrazione nel cloud e rimuove gli ostacoli di compatibilità che, storicamente, hanno reso difficile l'implementazione su larga scala dello standard H.265 negli ambienti cloud.

5 Implementazione di AV1 da parte di Axis

Axis è all'avanguardia nel settore della sicurezza in quanto primo produttore ad aver integrato il supporto AV1 nelle telecamere. Ciò riflette l'impegno sia nella promozione del settore della videosorveglianza sia nel miglioramento dell'utilità per i clienti.

L'implementazione di AV1 si concentra sui punti di forza fondamentali del codec per le applicazioni di sicurezza, progettata per soddisfare le esigenze specifiche della registrazione continua 24/7, dell'integrazione con l'analisi basata sull'IA e dell'interoperabilità dei sistemi di sorveglianza. Le funzionalità incentrate sulla trasmissione che

non sono rilevanti ai fini della sorveglianza sono state deliberatamente escluse. Invece, si ricorre alle funzionalità di compressione del nucleo, che si fondano sulla flessibile partizioni in blocchi del codec, sulle tecniche avanzate di intra e inter-predizione, nonché su sofisticati sistemi di filtraggio.

Il supporto AV1 non incide sui costi delle telecamere Axis, poiché l'architettura ARTPEC integrata nelle telecamere consente un'implementazione e un'integrazione efficienti dei nuovi codec. I clienti possono usufruire di tutti i vantaggi in termini di efficienza offerti dallo standard AV1 senza costi aggiuntivi. ARTPEC-9 garantisce prestazioni di codifica AV1 in tempo reale con un overhead minimo, senza carico aggiuntivo sulla CPU o un aumento del consumo energetico della telecamera.

Tutte le funzionalità Axis disponibili con H.264 e H.265 sono supportate sin dal lancio, tra queste è incluso: Zipstream, video firmati, algoritmi di controllo della velocità in bit e profili Zipstream. Il formato AV1 inoltre, è pienamente supportato in AXIS Camera Station e AXIS Site Designer.

5.1 Zipstream e AV1: insieme sono ancora più efficaci

I formati AV1, H.264 e H.265 sono stati tutti sviluppati per un ampio impiego in numerosi settori. Poiché gli standard si concentrano sul decodificatore piuttosto che sul codificatore, è possibile sviluppare miglioramenti incrementali al codificatore in modo indipendente. È proprio questo che ha permesso ad Axis di sviluppare Zipstream, un'ottimizzazione specifica per la videosorveglianza progettata per funzionare in sinergia con il codec video sottostante. Consente un risparmio di almeno il 50% in termini di larghezza di banda e di archiviazione, salvaguardando al contempo il valore a livello forense del video.

Zipstream analizza le scene video in tempo reale, identificando dinamicamente le aree di interesse, quali i volti delle persone e le targhe dei veicoli, e preservandone i dettagli, mentre effettua una compressione più intensa delle aree meno rilevanti. In combinazione con la compressione intrinsecamente superiore offerta dal formato AV1 per gli oggetti in movimento complessi, i dettagli forensi di alta qualità vengono preservati proprio dove sono più importanti, mentre la velocità in bit complessiva viene ridotta in modo significativo.

5.2 Nuove funzionalità con AV1

Già nella sua prima implementazione ARTPEC, l'AV1 ha dimostrato costantemente un'efficienza di compressione paragonabile a quella dell'implementazione di terza generazione dello standard H.265. Inoltre, l'AV1 offre una suite di strumenti più avanzata che consente di sfruttare funzionalità completamente nuove. Tra le funzionalità che saranno presto disponibili nelle telecamere Axis figurano le Toggable overlays e il formato AVIF per le immagini fisse.

5.2.1 Toggable overlays

Toggable overlays è una funzione che consente agli utenti di attivare o disattivare gli elementi grafici presenti nel video sia durante la riproduzione in diretta che durante la registrazione. Tali elementi comprendono riquadri delimitatori del testo, annotazioni testuali e visualizzazioni dei dati MQTT. Le sovrapposizioni sono integrate in modo permanente in un livello dedicato all'interno del video, pertanto sono sempre presenti anche quando non sono visibili. Ciò significa che gli operatori possono scegliere di visualizzare il video pulito quando non hanno bisogno delle informazioni della sovrapposizione, senza perdere i dati integrati. La funzione Toggable overlays dimostra come l'architettura più avanzata di AV1 abiliti funzionalità completamente nuove che vanno oltre quelle supportate dagli standard H.264 e H.265.

5.2.2 AVIF (formato immagine AV1)

AVIF è un moderno formato immagine basato sulla stessa tecnologia di compressione del video AV1. Proprio come l'AV1 rappresenta un miglioramento rispetto agli standard H.264 e H.265 per i video, l'AVIF offre un'efficienza di compressione notevolmente superiore rispetto ai formati immagine più datati, quali il JPEG, pur mantenendo una qualità di immagine elevata. In ambito di videosorveglianza, ciò significa che le immagini fisse acquisite dalle telecamere, come le istantanee utilizzate negli avvisi o come prove, possono essere archiviate e trasmesse in modo più efficiente. Il formato AVIF supporta inoltre un'ampia gamma cromatica e un'elevata gamma dinamica, preservando un maggior numero di dettagli in condizioni di illuminazione difficili, tipiche della sorveglianza.

6 Efficienza in termini di velocità in bit dei formati AV1, H.264 e H.265

Il video encoder integrato nell'ARTPEC-9 è in grado di effettuare la compressione dei video utilizzando i formati MJPEG, H.264, H.265 o AV1.

Sebbene il formato MJPEG sia estremamente inefficiente in termini di velocità in bit, è un formato di facile utilizzo e, a distanza di 30 anni, trova ancora alcune applicazioni. Poiché l'algoritmo JPEG genera velocità in bit molto elevate, il software integrato nella telecamera impone un limite alla velocità di trasmissione totale in formato MJPEG.

Gli standard H.264, H.265 e AV1 presentano velocità in bit di base notevolmente inferiori rispetto a MJPEG, e ARTPEC-9 è in grado di trasmettere flussi con tutti e tre questi codificatori contemporaneamente. È possibile combinare le impostazioni relative alla risoluzione, alla velocità in fotogrammi e alla codifica in base alle esigenze della propria applicazione, entro i limiti delle prestazioni del dispositivo. Nella sua configurazione di memoria più performante, ARTPEC-9 è in grado di trasmettere un flusso 4K a 60 fps, raggiungendo una larghezza di banda totale di 540 MP/s. Per ulteriori informazioni, consultare il documento tecnico *Prestazioni di streaming dei prodotti ARTPEC-9*

È difficile predire la velocità in bit di una nuova scena, poiché i codec video sono complessi e l'efficienza della velocità in bit varia in modo significativo da una scena all'altra. I codec più avanzati tendono a mostrare maggiore variabilità. Per ricevere assistenza nella stima della velocità in bit e delle esigenze di archiviazione per installazioni complete con H.264, H.265 e AV1, è possibile utilizzare lo strumento di progettazione AXIS Site Designer, axis.com/support/tools/axis-site-designer

6.1 Esempi di scene

I test condotti da Axis con flussi simultanei dalla stessa telecamera, durante le riprese di scene di sorveglianza selezionate, dimostrano che la velocità in bit con AV1 è in genere simile a quella dell'H.265, mentre quella dell'H.264 risulta significativamente più elevata.

Tabella 6.1 Velocità in bit e confronto delle velocità in bit tra i codec.

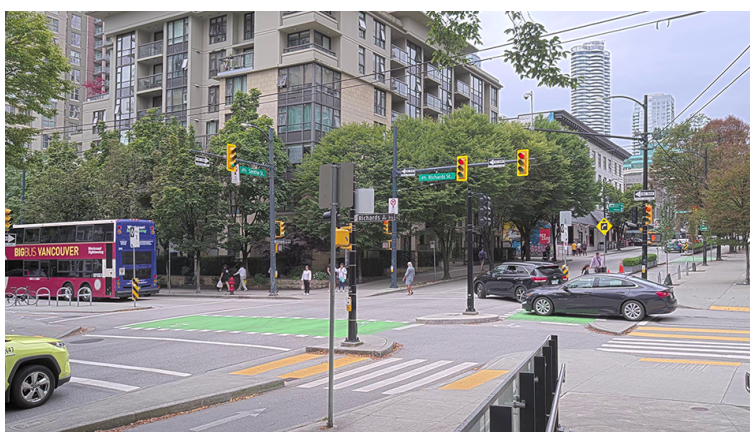
Scena	H.264 (Mbit/s)	H.265 (Mbit/s)	AV1 (Mbit/s)	AV1 rispetto a H.264	AV1 rispetto a H.265
Sorveglianza cittadina in una città trafficata	23.558	16.842	15.862	-33%	-5.8%
Monitoraggio del traffico	20.525	15.773	15.660	-24%	-0.72%
Sorveglianza cittadina diurna	16.211	13.249	13.244	-18%	-0.04%
Sorveglianza cittadina notturna	4.7725	3.5333	3.3637	-30%	-4.8%



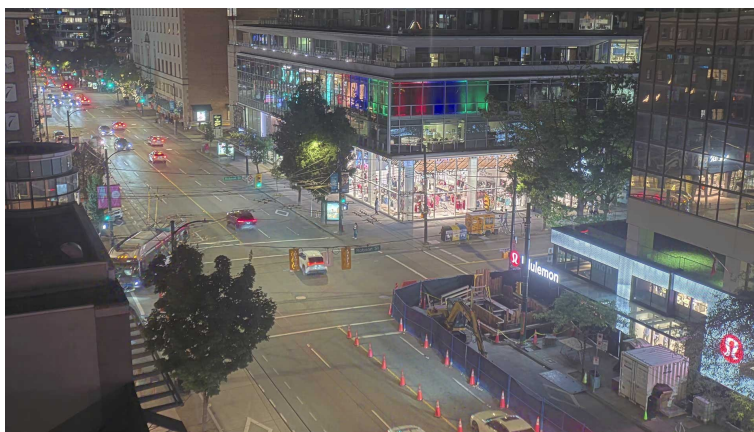
*Scena di sorveglianza cittadina molto trafficata, tratta da un video di sequenza di prova standard.
Velocità in bit con AV1: -33% rispetto all'H.264, -5,8% rispetto all'H.265.*



*Scena di monitoraggio del traffico, ripresa con la telecamera AXIS Q1728 Block Camera.
Velocità in bit con AV1: -24% rispetto all'H.264, -0,72% rispetto all'H.265.*



*Scena di sorveglianza cittadina diurna, ripresa con la telecamera AXIS Q1728 Block Camera.
Velocità in bit con AV1: -18% rispetto all'H.264, -0,04% rispetto all'H.265.*



*Scena di sorveglianza cittadina notturna, ripresa con la telecamera AXIS Q1728 Block Camera.
Velocità in bit con AV1: -30% rispetto all'H.264, -4,8% rispetto all'H.265.*

6.2 Confronto tra codec: qualità video forense rispetto a velocità in bit

Confrontare le velocità in bit non ha senso se la qualità video è diversa. Purtroppo, non esiste un metodo affidabile per misurare automaticamente la qualità di immagine e la valutazione manuale richiede molto tempo.

Se si usano due telecamere, si dovrebbe:

- regolare entrambe le telecamere in modo da fornire la stessa velocità in bit e poi confrontare la qualità video scorrendo i fotogrammi, individuando eventuali artefatti
- oppure regolare entrambe le telecamere in modo che offrano la stessa qualità di immagine (operazione che richiede tempo ed è difficile da verificare), quindi confrontare la velocità in bit.

Tuttavia, due telecamere affiancate avranno solo un campo visivo approssimativamente uguale. In tali impostazioni di prova, l'incertezza relativa alla velocità in bit può arrivare fino al 20%, il che è decisamente troppo per consentire un confronto significativo. Sarebbe necessario girare una grande varietà di scene per compensare il fatto che si stanno riprendendo solo contenuti per lo più identici.

Per confrontare in modo equo due codec, è necessario codificare lo stesso identico video con entrambi. Il video deve essere identico fotogramma per fotogramma, il che significa che tutte le impostazioni della telecamera, il campo visivo, la nitidezza e il contenuto della scena devono corrispondere. L'unico modo per ottenere questo risultato dalla visualizzazione in diretta è codificare entrambi i flussi contemporaneamente nella stessa telecamera. I recenti chip ARTPEC dispongono di una potenza di elaborazione sufficiente per gestire questa operazione. È possibile codificare due flussi in parallelo e salvarli entrambi su una scheda di memoria oppure trasmetterli in streaming a un VMS. L'approccio consigliato consiste nell'utilizzare una telecamera con profili di streaming e trigger preconfigurati; è proprio in questo modo che è stato condotto il confronto sull'efficienza della velocità in bit qui presentato.

7 Fondamenti tecnici di AV1

Sebbene il passaggio all'AV1 comporti nuovi vantaggi in termini di efficienza, è opportuno considerarlo come un perfezionamento degli standard esistenti. L'AV1 si basa sullo stesso nucleo di principi fondamentali di compressione a blocchi, stima del movimento e codifica di trasformazione utilizzati negli standard H.264 e H.265. L'AV1 introduce inoltre una serie di strumenti avanzati e meccanismi di predizione.

7.1 Tipi di fotogrammi perfezionati e predizione

Le principali differenze tra i codec risiedono nel grado di flessibilità di cui dispone il codificatore nel prevedere il movimento dei pixel.

7.1.1 Il framework I-P-B definito negli standard H.264 e H.265

Gli standard H.264 e H.265 si basano su una gerarchia standard composta da tre tipi principali di fotogrammi compressi per ottenere la compressione inter frame. Una sequenza di questi fotogrammi forma un group of pictures (GOP), che in genere inizia con un I-frame, seguito da una combinazione di fotogrammi P-frame e B-frame. Il codificatore può selezionare liberamente il tipo di fotogramma successivo all'I-frame.

- **I-frame**, ovvero i fotogrammi con codifica interna, sono fotogrammi di riferimento indipendenti che contengono un'immagine completa senza fare riferimento ad altri fotogrammi. In genere offrono access point casuali per la decodifica, la ricerca e il recupero dagli errori. Utilizzando esclusivamente la previsione spaziale dai pixel vicini all'interno dello stesso fotogramma, i-frame rappresentano il tipo di fotogramma di dimensioni maggiori. Lo standard H.265 ha potenziato la previsione intra introducendo un maggior numero di modalità direzionali e blocchi di previsione di dimensioni maggiori rispetto allo standard H.264.
- **P-frame** sono fotogrammi predittivi, codificati prevedendo le differenze rispetto a uno o due I-frame o P-frame precedenti. Sono notevolmente più piccoli degli I-frame poiché memorizzano solo i vettori di movimento (che indicano come si sono spostati i blocchi di pixel) e i dati residui (le differenze tra l'immagine prevista e quella effettiva). Sebbene i P-frame rappresentino in modo efficiente il movimento tra i fotogrammi, il fatto che si basino su un riferimento passato può limitare l'accuratezza della previsione in caso di movimenti complessi o di modifiche sostanziali della scena.
- **B-frame** sono fotogrammi bi-predittivi che fanno riferimento sia ai dati passati che a quelli futuri per massimizzare l'efficienza di codifica. Raggiungono i rapporti di compressione più elevati sfruttando le informazioni provenienti da due direzioni e ricorrendo a una gerarchia che impedisce agli artefatti di propagarsi ad altri fotogrammi. Sebbene siano ideali per garantire un movimento fluido, i B-frame comportano un ritardo nella decodifica a causa della loro dipendenza dai fotogrammi successivi. Lo standard H.265 ha migliorato le prestazioni dei B-frame grazie a elenchi di riferimento flessibili e alla previsione adattiva dei vettori di movimento.

7.1.2 L'approccio flessibile di AV1 alla inter-predizione

AV1 mantiene il concetto di riferimento ad altri fotogrammi per ridurre i dati, sostituendo al contempo le rigide etichette dei fotogrammi P-frame o B-frame con una struttura inter-fotogramma versatile.

- **I fotogrammi chiave** svolgono lo stesso ruolo fondamentale degli I-frame, fornendo immagini auto-contenute che possono essere decodificate indipendentemente. Rimangono fondamentali per l'avvio della riproduzione, la ricerca e la resilienza agli errori. La previsione intra avanzata garantisce che anche i fotogrammi chiave "completi" in AV1 vengano codificati in modo più efficiente rispetto agli I-frame dei codec precedenti, riducendone le dimensioni pur mantenendo la qualità. Tra gli strumenti specifici di previsione intra figurano modalità più direzionali, i predittori di Paeth e di palette, nonché Chroma from Luma.
 - Un numero maggiore di modalità direzionali comporta una gamma più ampia di 56 angoli per la previsione dei valori dei pixel in base a quelli dei pixel adiacenti, rispetto ai 35 dello standard H.265 e ai nove dello standard H.264.
 - Il predittore Paeth seleziona le direzioni in base ai gradienti, mentre il predittore di palette gestisce in modo efficiente i contenuti con set di colori limitati, come nel caso della grafica computerizzata.
 - Il Chroma from Luma (CfL) è una tecnica di previsione intra che prevede le informazioni relative al colore (chroma) a partire dai dati di luminosità (luma).
- **Inter-frame** rappresentano il movimento e le modifiche tra i fotogrammi chiave. Sono sostanzialmente simili ai P-frame, ma superano le capacità sia dei P-frame che dei B-frame grazie all'utilizzo di una struttura di riferimento multidirezionale. A differenza dei P-frame, che hanno un solo riferimento, e dei B-frame, che ne hanno fino a due, i fotogrammi inter-frame AV1 possono fare riferimento a un massimo di sei fotogrammi precedentemente decodificati per un dato blocco. Ciò consente al codificatore di individuare la corrispondenza ottimale tra più distanze temporali, garantendo una previsione più accurata e residui più ridotti.

7.2 Set di strumenti di codifica avanzati

AV1 introduce diversi strumenti sofisticati per ottimizzare l'elaborazione dei blocchi.

Partizionamento avanzato a blocchi. Sebbene AV1 supporti i superblocchi 128x128, il principale punto di forza del codec risiede nella flessibilità del partizionamento in blocchi. I superblocchi da 128x128 o 64x64 pixel possono essere suddivisi in schemi estremamente flessibili, tra cui divisioni a forma di T e proporzioni di aspetto 4:1 o 1:4, fino a 4x4 pixel. Ciò consente al codificatore di suddividere le immagini in modo più preciso attorno ai dettagli più accurati rispetto alle strutture rigide negli standard H.264 o H.265.

Predizione dei composti. Questa funzione abilita la mescolanza di due diverse predizioni relative a un singolo blocco. La tecnica inter-inter combina diversi sistemi di riferimento o vettori di movimento, mentre la tecnica inter-intra integra le previsioni inter e intra per migliorare i contorni degli oggetti. Strumenti come la predizione con partizionamento a cuneo creano linee di transizione oblique e uniformi tra le predizioni di mescolanza, al fine di evitare artefatti a blocchi e separare con precisione gli oggetti in movimento.

7.3 Funzioni di efficienza operativa

Alcuni strumenti AV1 sono progettati specificamente per il movimento della telecamera e le prestazioni di flusso.

Movimento globale e movimento con deformazione. Il formato AV1 tiene conto dei movimenti della telecamera, quali panoramica, inclinazione o zoom, applicando un unico insieme di parametri di deformazione a vaste regioni o a interi fotogrammi. Ciò elimina la necessità di codificare i singoli vettori di movimento per ogni blocco durante il movimento della telecamera e risulta estremamente efficiente per le riprese di sorveglianza.

Frame di commutazione (S-frame). Si tratta di fotogrammi intermedi specializzati, progettati per il flusso con velocità in bit adattive. È possibile ricavarli da un sistema di riferimento a risoluzione più elevata. Ciò consente a un decodificatore di passare a un flusso a risoluzione inferiore senza necessitare di un fotogramma chiave completo, ottimizzando le mutevoli condizioni di rete.

7.4 Elaborazione e filtraggio

AV1 introduce diversi miglioramenti matematici e di post-elaborazione che ottimizzano la qualità di immagine finale e l'efficienza di codifica.

Maggiore precisione interna. AV1 esegue l'elaborazione interna a 10 o 12 bit per campione per ridurre gli errori di arrotondamento e preservare i dettagli. Ciò risulta particolarmente vantaggioso in contesti caratterizzati da un'elevata gamma dinamica.

Trasformazioni. L'AV1 supporta una gamma di trasformazioni notevolmente più ampia rispetto all'H.265. Utilizza vari tipi di trasformazioni per mappare i modelli residui nel dominio di frequenza, tra cui la DCT rettangolare (trasformata cosinusoidale discreta) e la DST asimmetrica (trasformata sinusoidale discreta). Il codec è in grado di combinare diverse trasformazioni 1D in senso orizzontale e verticale per adattarsi meglio alle caratteristiche dei dati residui.

Filtraggio in-loop. AV1 utilizza il filtro di potenziamento direzionale vincolato (CDEF) per attenuare gli artefatti di oscillazione lungo i bordi dominanti. Utilizza inoltre un filtro di ripristino del loop basato sul metodo di Wiener per ridurre gli artefatti di sfocatura all'interno del fotogramma.

Sintesi della grana della pellicola. Aniché codificare in modo inefficiente il rumore casuale, AV1 trasmette i parametri necessari per sintetizzare la granulosità a livello di decodificatore. Ciò consente di preservare la percezione della trama, risparmiando al contempo una notevole quantità di velocità in bit. Questa funzione è stata progettata per l'uso nel settore cinematografico e televisivo, piuttosto che per la sorveglianza.

Codifica aritmetica non binaria. AV1 utilizza un codificatore aritmetico non binario che può risultare più efficiente e più veloce da implementare a livello hardware rispetto ai sistemi CABAC binari utilizzati negli standard H.264 o H.265.

8 Guida all'integrazione tecnica

8.1 Streaming e decodifica di video AV1 nei dispositivi Axis

Axis supporta lo standard di codifica video AV1 sui dispositivi dotati del sistema su chip (SoC) ARTPEC-9 o versioni successive. L'implementazione è pienamente conforme alle specifiche AV1 e supporta il Main profile con una profondità di colore a 8 bit, garantendo la compatibilità con un'ampia gamma di piattaforme.

La libreria di streaming in Axis supporta lo streaming di video AV1 tramite RTSP/RTP. Questa implementazione è scritta in C# e utilizza VAPIX per comunicare con i dispositivi Axis.

Per garantire una riproduzione con alte prestazioni, vengono utilizzate strategie di decodifica specifiche in base alla piattaforma di visualizzazione. Per le applicazioni desktop, si utilizza FFmpeg con la libreria di decodifica dav1d abilitata. I client web si avvalgono del supporto integrato per i video AV1 nei browser moderni.

Per le applicazioni mobili sviluppate per iOS e Android, l'implementazione di Axis AV1 garantisce un equilibrio tra flessibilità e prestazioni. FFmpeg viene utilizzato per estrarre i fotogrammi video dal flusso. È la piattaforma mobile stessa a eseguire la decodifica vera e propria. I lettori video nativi gestiscono il rendering dei fotogrammi per garantire una riproduzione fluida e un consumo energetico efficiente.

8.2 Considerazioni fondamentali per gli sviluppatori

Le API VAPIX® forniscono gli strumenti e la documentazione necessari per un'integrazione personalizzata con AXIS OS. Per indicazioni su come integrare i flussi video codificati in formato AV1 provenienti dai nostri dispositivi nelle proprie integrazioni e soluzioni, consultare la documentazione per sviluppatori di Axis, in particolare: <https://developer.axis.com/video-streaming-and-recording/av1/how-to-guides/integration-guide-av1/>

Prima di procedere all'integrazione con dispositivi Axis abilitati ad AV1, controllare che l'hardware e il software del sistema siano in grado di supportare la decodifica video AV1. I video AV1 possono richiedere maggiori risorse della CPU rispetto all'H.265 qualora manchi il supporto hardware o la libreria del decodificatore non sia ottimizzata. Valutare la possibilità di migliorare le prestazioni della propria applicazione ricorrendo al multi-threading, all'accelerazione GPU o ad altre tecniche.

L'utilizzo della tecnologia video AV1 è soggetto a termini e condizioni di licenza. È vostra responsabilità ottenere da terzi tutte le licenze necessarie relative a eventuali brevetti o altri diritti di proprietà intellettuale che potrebbero essere richiesti per l'utilizzo della tecnologia video AV1.

8.2.1 Recupero dei flussi AV1

8.2.1.1 Protocolli standard

Gli sviluppatori possono richiedere flussi AV1 utilizzando protocolli standard quali RTSP/RTP o HTTP, accedendo a un URL specifico che accetta parametri di streaming quali codec, risoluzione, velocità in fotogrammi e velocità in bit.

8.2.1.2 WebRTC

È inoltre possibile utilizzare WebRTC per recuperare flussi AV1. A tal fine, è necessario utilizzare un'applicazione client WebRTC per visualizzare il flusso video, almeno un server di segnalazione per l'impostazione della connessione iniziale e un server STUN o TURN per il NAT traversal.

Per l'applicazione client WebRTC, l'opzione più comune e flessibile consiste nell'utilizzare un browser web moderno e sviluppare una pagina Web utilizzando JavaScript per interagire con le API WebRTC (come `RTCPeerConnection` e `getUserMedia`). Sia per desktop che per dispositivi mobili, si potrebbe invece sviluppare un'applicazione personalizzata utilizzando librerie WebRTC (come `LibWebRTC`) per integrare il flusso video.

Se non si utilizza una soluzione Axis Cloud Connect, si dovrà ospitare autonomamente il proprio server di segnalazione. Fungerà da coordinatore, consentendo alla telecamera Axis (in qualità di uno degli endpoint WebRTC) e al proprio client (l'altro endpoint) di scambiarsi le informazioni necessarie per stabilire una connessione diretta. I materiali comprendono:

- Risposte e richieste SDP (Session Description Protocol). Queste descrivono le capacità multimediali e le configurazioni di ciascun peer.
- ICE (Interactive Connectivity Establishment) è un candidato. Si tratta di indirizzi di rete potenziali (combinazioni di indirizzi IP e porte) attraverso i quali ciascun peer potrebbe essere raggiungibile.

È possibile realizzare un server di segnalazione utilizzando diverse tecnologie di backend (come Node.js con WebSockets, Python, Java, Go) per gestire questi scambi.

La maggior parte dei dispositivi, comprese le telecamere e i computer client, si trovano dietro router NAT (Network Address Translator) e firewall. Ciò rende difficili le connessioni dirette peer-to-peer, poiché i loro indirizzi IP interni non sono pubblicamente instradabili. Un server STUN (Session Traversal Utilities for NAT) consente ai peer di individuare i loro indirizzi IP pubblici e le mappature delle porte. È relativamente leggero. Si possono utilizzare server STUN pubblici oppure ospitarne uno proprio.

Se lo STUN non è sufficiente per stabilire una connessione diretta (ad esempio a causa di NAT simmetrici restrittivi o firewall aziendali), è necessario un server TURN (Traversal Using Relays around NAT). Il server TURN funge da relè, inoltrando il traffico multimediale tra i peer. Ciò comporta un maggiore consumo di larghezza di banda e introduce un leggero ritardo, ma garantisce la connettività. Si dovrebbe ospitare il proprio server TURN.

8.2.2 Decodifica e riproduzione di flussi AV1

Per decodificare i flussi video AV1 nella propria applicazione potete utilizzare FFmpeg, un noto framework multimediale open-source. Per riprodurre flussi video AV1 è possibile utilizzare la maggior parte dei browser più recenti, dei lettori multimediali, di hardware video o di framework pubblici.

9 Marchi

© 2026 Axis Communications AB. AXIS COMMUNICATIONS, AXIS, ARTPEC e VAPIX sono marchi registrati di Axis AB in diverse giurisdizioni. Microsoft e Windows sono marchi registrati del gruppo Microsoft. MacOS e Apple sono marchi commerciali di Apple Inc., registrati negli Stati Uniti e in altri paesi. iOS è un marchio commerciale o un marchio registrato di Cisco negli Stati Uniti e in altri paesi ed è utilizzato con una licenza. Android e Google sono marchi commerciali di Google LLC. Linux è un marchio registrato di Linus Torvalds negli Stati Uniti e in altri paesi. ONVIF è un marchio commerciale di ONVIF, Inc. Tutti gli altri marchi sono proprietà dei rispettivi proprietari.

Informazioni su Axis Communications

Axis permette di creare un mondo più intelligente e sicuro migliorando la sicurezza, la protezione, l'efficienza operativa e la business intelligence. In qualità di azienda leader nelle tecnologie di rete, Axis offre videosorveglianza, controllo accessi, intercom e soluzioni audio, che supporta con applicazioni analitiche intelligenti e una formazione di alta qualità.

Axis ha oltre 5000 dipendenti in più di 50 paesi e collabora con partner tecnologici e integratori di sistemi in tutto il mondo per fornire soluzioni ai clienti. Fondata nel 1984, Axis è una società con sede a Lund, in Svezia.