

O codec AV1 no videomonitoramento

Compactação de vídeo preparada para o futuro em sistemas de segurança modernos

Junho 2026

Resumo

O setor de monitoramento está passando do padrão de compactação de vídeo H.264, utilizado há muito tempo, para o AV1. Esse codec mais recente é capaz de atender melhor às crescentes demandas de largura de banda e armazenamento dos vídeos modernos de alta resolução. Ao contrário do H.265, cuja adoção foi retardada por um sistema complexo de licenças, o AV1 oferece uma alternativa livre de royalties¹ e altamente eficiente, apoiada pelos principais líderes do setor de tecnologia.

A Axis integrou o suporte ao AV1 em câmeras baseadas no sistema em chip ARTPEC-9. A implementação foca em recursos relevantes para casos de uso no setor de monitoramento, em vez de em funções voltadas para a transmissão. Ele oferece eficiência de compactação comparável à do H.265, sem aumento nos custos de hardware nem no consumo de energia. O AV1 é compatível com as tecnologias existentes da Axis, como o Zipstream, ao mesmo tempo em que possibilita novos recursos, incluindo Toggable overlays e o formato AVIF para imagens estáticas.

O AV1 se baseia nos mesmos princípios fundamentais de compactação baseada em blocos, estimativa de movimento e codificação por transformação utilizados no H.264 e no H.265, ao mesmo tempo em que introduz mecanismos de previsão mais flexíveis. Ele substitui as estruturas rígidas de tipo quadro P e quadro B por estruturas intermediárias versáteis e estruturas-chave mais eficientes. O particionamento de imagens é mais preciso, utilizando superblocos que podem ser divididos em diversas formas e proporções.

Especificamente no que diz respeito ao monitoramento, as ferramentas de movimento global e distorcido permitem que o codificador processe os movimentos da câmera com o mínimo de dados. Os quadros de transição permitem a transmissão com taxa de bits adaptativa, possibilitando alterações na resolução sem a necessidade de um novo quadro-chave independente. A qualidade técnica é mantida por meio de maior profundidade de bits interna, diversos tipos de transformação e filtros avançados no circuito. Essas melhorias contam com o apoio de um codificador aritmético não binário projetado para uma implementação eficiente no hardware e um processamento mais rápido.

¹ Os usuários devem se certificar de que compreendem os termos e condições da licença associados à tecnologia de vídeo AV1.

Índice

1	Introdução	4
2	A necessidade de um novo padrão de compactação	4
3	Adoção do AV1	4
4	Benefícios do AV1 no videomonitoramento	5
5	Implementação do AV1 pela Axis	5
5.1	Zipstream e AV1: melhores em conjunto	6
5.2	Novo recursos do AV1	6
5.2.1	Toggable overlays	6
5.2.2	AVIF (formato de imagem AV1)	6
6	Eficiências de taxa de bits dos formatos AV1, H.264 e H.265	7
6.1	Exemplos de cenas	7
6.2	Comparação de codecs: qualidade de vídeo para fins forenses versus taxa de bits	9
7	Fundamentos técnicos do AV1	9
7.1	Tipos de quadros refinados e previsão	9
7.1.1	A estrutura I-P-B estabelecida nos padrões H.264 e H.265	10
7.1.2	A abordagem flexível do AV1 em relação à interpredição	10
7.2	Conjuntos de ferramentas avançadas de programação	10
7.3	Recursos de eficiência operacional	11
7.4	Processamento e filtragem	11
8	Guia de integração técnica	12
8.1	Transmissão e decodificação de vídeo AV1 em dispositivos Axis	12
8.2	Considerações importantes para desenvolvedores	12
8.2.1	Recuperação de fluxos AV1	12
8.2.1.1	Protocolos padrão	12
8.2.1.2	WebRTC	12
8.2.2	Decodificação e reprodução de fluxos AV1	13
9	Atribuições de marca registrada	13

1 Introdução

Há mais de duas décadas, o H.264 (AVC) tem sido o padrão dominante de compactação de vídeo no monitoramento e em aplicações semelhantes, oferecendo um equilíbrio confiável entre taxa de bits e qualidade da imagem. No entanto, os sistemas de segurança modernos estão enfrentando demandas de dados sem precedentes. Resoluções mais altas, um número maior de câmeras e o crescimento de dados analíticos baseados na nuvem estão levando a largura de banda de rede e as capacidades de armazenamento ao seu limite. O setor cresceu, exigindo que a tecnologia de compactação evoluísse junto com ele.

Embora o H.265 já tenha sido considerado o sucessor natural, as complexas condições de licença retardaram sua adoção. No contraste, o padrão mais recente, o AV1, oferece eficiência de compactação superior, aliada a um amplo suporte de TI e à maturidade do ecossistema. trata-se de um codec aberto e livre de royalties, apoiado pelas principais empresas de tecnologia do mundo e projetado para atender às exigências de vídeo modernas.

Há muitos anos, a Axis liderou o setor na transição para a era do H.264, ao se tornar a primeira fabricante de câmeras de segurança a adotar o H.264 em seus produtos. Agora, a Axis está apresentando o AV1 ao setor.

Este white paper analisa o AV1 no videomonitoramento, desde a eficiência da compactação até o suporte do ecossistema e a integração prática. Isso inclui comparações de taxa de bits, uma análise técnica aprofundada sobre o funcionamento do AV1 e um guia para desenvolvedores sobre a integração de dispositivos Axis.

2 A necessidade de um novo padrão de compactação

Sem a compactação de vídeo, a transmissão e o armazenamento de vídeos seriam praticamente impossíveis. Um vídeo padrão em 1080p a 30 quadros por segundo consumiria quase 1 Gbps sem qualquer compactação. Com uma taxa de bits tão alta, você encheria um disco de 1 TB em menos de três horas de gravação, e uma rede comum não conseguiria transmitir o vídeo de uma única câmera. Com uma câmera de 8K, que oferece uma qualidade da imagem excepcional, você encheria o mesmo disco em cerca de 30 minutos.

Os codificadores de vídeo realizam a compactação dos dados de vídeo de forma significativa, tornando viável o fluxo, o armazenamento e a transmissão de vídeos de monitoramento em grande escala.

Embora o H.265 tenha trazido melhorias em relação ao H.264, permitindo resoluções mais altas das câmeras e uma taxa de bits reduzida, o grande número de câmeras instaladas continua sobrecarregando a largura de banda de rede e a infraestrutura de armazenamento. À medida que o setor vai além da resolução 4K, já não é mais suficiente ter uma compactação incrementalmente melhor.

Além disso, os codificadores de vídeo modernos são baseados em métodos de compactação desenvolvidos por diversas empresas e pesquisadores ao longo dos anos. Um desafio significativo tanto para o H.264 quanto para o H.265 tem sido, portanto, seus modelos de licenciamento de patentes fragmentados e, muitas vezes, imprevisíveis. O H.265 enfrentou diversos consórcios de patentes e detentores individuais de patentes, criando um ecossistema opaco e oneroso para fabricantes e usuários. Essa complexidade tem dificultado a adoção, limitado a compatibilidade e adicionado custos não previstos durante a implantação. Isso chegou a levar alguns dos principais fabricantes de hardware a começarem a remover o suporte de hardware ao H.265 dos produtos já existentes.

O setor de segurança exige um codec que não apenas ofereça compactação superior, mas também funcione com base em uma estrutura transparente, acessível e preparada para o futuro.

3 Adoção do AV1

O padrão de compactação de vídeo AV1 foi desenvolvido pela Alliance for Open Media (AOMedia), um consórcio fundado com o objetivo de criar um formato de vídeo aberto e livre de royalties. Atualmente, o AV1 é o codec preferido dos principais provedores de serviços de transmissão, como a Netflix e o YouTube. É compatível com

todos os principais sistemas operacionais para computadores (Windows®, macOS® e Linux®) e plataformas móveis (Android™ e iOS®).

Por ser um padrão aberto apoiado por empresas como Amazon, Apple, Cisco, Google, Intel, Meta, Microsoft, Mozilla, Netflix, Nvidia e Samsung por meio da AOMedia, o AV1 apresenta sólidas perspectivas de longo prazo. Sua natureza aberta também implica menos incertezas em relação às licenças e custos de patentes mais baixos do que outros codecs.

A adoção do VMS está em andamento, com vários fornecedores líderes do setor, incluindo Milestone, Genetec e Axis, já oferecendo suporte a essa tecnologia. O cliente web de muitas soluções VMS, incluindo o AXIS Camera Station Pro, conta com suporte nativo ao AV1 — algo que o H.265 tem tido dificuldade em alcançar, mesmo após uma década no mercado. A adição do suporte ao AV1 é relativamente simples, graças às bibliotecas e ferramentas de código aberto já consolidadas.

A Axis está ativamente envolvida com órgãos do setor, como a ONVIF®, para promover a interoperabilidade em torno do AV1. A Axis considera que o atual método de transmissão de vídeo da ONVIF já está alinhado com o AV1, prevendo que uma adoção mais ampla pelo setor abrirá caminho para sua inclusão formal em um padrão da ONVIF.

No que diz respeito ao hardware, as CPUs modernas já incluem, de forma generalizada, o decodificador AV1 integrado. Embora alguns equipamentos de hardware fabricados entre os anos de 2015 e 2020 sejam compatíveis com o H.265, mas não com o AV1, a rápida expansão da compatibilidade com o AV1 em dispositivos modernos significa que essa lacuna está se fechando rapidamente. Por exemplo, o AXIS Camera Station S2216 Mk II Rack Appliance é uma solução de gravação que oferece suporte à decodificação AV1 por hardware para 16 canais, sem a necessidade de uma GPU dedicada. No entanto, mesmo CPUs comuns de notebooks são capazes de processar fluxos AV1 em 8K30. Além disso, um número cada vez maior de smartphones e tablets inclui decodificadores de hardware AV1, o que elimina as preocupações com o consumo da bateria ou a latência durante a reprodução em dispositivos móveis.

4 Benefícios do AV1 no videomonitoramento

Embora o AV1 não tenha sido inicialmente projetado para monitoramento, o H.264 e o H.265 também não foram. A compactação subjacente a todos os padrões é, no entanto, altamente adaptável, e a implementação do AV1 no sistema em chip ARTPEC-9 da Axis está otimizada para o monitoramento.

Para uma determinada quantidade de dados de vídeo, as taxas de bits mais baixas que se pode obter com o AV1 levam diretamente a uma redução nas necessidades de armazenamento, o que pode prolongar a vida útil da infraestrutura de armazenamento existente ou permitir períodos de retenção mais longos. Além disso, a redução do consumo de largura de banda de rede pode adiar ou eliminar atualizações dispendiosas da rede. De modo geral, isso resulta em um custo total de propriedade (TCO) reduzido para um sistema de monitoramento.

Além disso, o videomonitoramento baseado na nuvem está crescendo rapidamente, o que impõe exigências significativas à tecnologia de compactação. A transmissão de vídeo de centenas ou milhares de câmeras para plataformas de armazenamento na nuvem e de recursos analíticos requer um codec capaz de oferecer alta qualidade com baixas taxas de bits em conexões da internet. O AV1 foi projetado para a transmissão de vídeo pela internet e, graças ao seu modelo de licenciamento livre de royalties, é compatível nativamente com navegadores, plataformas e serviços na nuvem. Esse amplo suporte simplifica a integração com a nuvem e remove as barreiras de compatibilidade que, historicamente, dificultaram a implantação em escala do H.265 em ambientes de nuvem.

5 Implementação do AV1 pela Axis

A Axis lidera o setor de segurança como a primeira fabricante a integrar suporte ao AV1 em câmeras. Isso reflete um compromisso com o avanço do setor de videomonitoramento e com a melhoria da utilidade para o cliente.

A implementação do AV1 foca nos pontos fortes fundamentais do codec para aplicações de segurança, e é projetada para atender às demandas específicas de gravação contínua 24 horas por dia, 7 dias por semana, de integração com recursos analíticos de IA e de interoperabilidade de sistemas de monitoramento. Recursos

orientados à transmissão que não sejam relevantes para o monitoramento são deliberadamente excluídos. Em vez disso, são utilizadas as capacidades de compactação do núcleo, que se baseiam no particionamento flexível de blocos do codec, na intraprevisão e interprevisão avançadas e na filtragem sofisticada.

O suporte ao AV1 não representa um fator de aumento de custo nas câmeras Axis, uma vez que a arquitetura ARTPEC integrada às câmeras permite a implementação e integração eficientes de novos codecs. Os clientes obtêm todos os benefícios de eficiência do AV1 sem custos adicionais. O ARTPEC-9 oferece desempenho total de codificação AV1 em tempo real com sobrecarga mínima, sem exigir recursos adicionais da CPU nem aumentar o consumo de energia da câmera.

Todos os recursos da Axis disponíveis com os padrões H.264 e H.265 são compatíveis desde o lançamento, incluindo Zipstream, vídeo assinado, algoritmos de controle da taxa de bits e perfis Zipstream. O AV1 também é totalmente compatível com o AXIS Camera Station e o AXIS Site Designer.

5.1 Zipstream e AV1: melhores em conjunto

Os padrões AV1, H.264 e H.265 foram todos desenvolvidos para ampla utilização em diversos setores. Como os padrões focam no decodificador, e não no codificador, melhorias incrementais no codificador podem ser desenvolvidas de forma independente. Foi isso que permitiu à Axis desenvolver o Zipstream, uma otimização específica para monitoramento, projetada para funcionar em conjunto com o codec de vídeo subjacente. Propicia uma economia de pelo menos 50% em largura de banda e armazenamento, ao mesmo tempo em que protege o valor forense do vídeo.

O Zipstream analisa cenas de vídeo em tempo real, identificando dinamicamente áreas de interesse, como rostos humanos e placas de licença de veículos, e preserva os detalhes enquanto realiza a compactação de áreas menos críticas de forma mais agressiva. Combinado com a compactação inerentemente superior do AV1 para objetos em movimento complexos, os detalhes forenses de alta qualidade são mantidos onde são mais importantes, enquanto a taxa de bits geral é significativamente reduzida.

5.2 Novo recursos do AV1

Já em sua primeira implementação ARTPEC, o AV1 demonstra consistentemente uma eficiência de compactação comparável à da implementação de terceira geração do H.265. Além disso, o AV1 oferece um conjunto de ferramentas mais avançado que possibilita recursos totalmente novos. Entre os recursos que em breve estarão disponíveis nas câmeras da Axis estão as Toggable overlays e o formato AVIF para imagens estáticas.

5.2.1 Toggable overlays

Toggable overlays é um recurso que permite aos usuários ativar ou desativar elementos gráficos no vídeo, durante a reprodução ao vivo e na reprodução de gravações. Esses elementos incluem caixas delimitadoras, anotações de texto e visualizações de dados MQTT. As sobreposições são incorporadas permanentemente em uma camada dedicada dentro do vídeo; portanto, estão sempre presentes, mesmo quando não estão visíveis. Isso significa que os operadores podem escolher a exibição do vídeo sem sobreposição quando não precisarem das informações sobrepostas, sem perder nenhum dos dados incorporados. Toggable overlays demonstram como a arquitetura mais avançada do AV1 possibilita recursos totalmente novos, que vão além do que o H.264 e o H.265 são capazes de suportar.

5.2.2 AVIF (formato de imagem AV1)

AVIF é um formato moderno de imagem estática baseado na mesma tecnologia de compactação de vídeo AV1. Assim como o AV1 representa um avanço em relação ao H.264 e ao H.265 no que diz respeito a vídeos, o AVIF oferece uma eficiência de compactação significativamente superior à de formatos de imagem mais antigos, como o JPEG, mantendo, ao mesmo tempo, uma alta qualidade da imagem. No que diz respeito ao videomonitoramento, isso significa que as imagens estáticas capturadas pelas câmeras, como os instantâneos utilizados em alertas ou como prova, podem ser armazenadas e transmitidas com maior eficiência. O AVIF também oferece suporte a uma ampla gama de cores e alta faixa dinâmica, preservando mais detalhes em condições de iluminação desafiadoras, comuns no videomonitoramento.

6 Eficiências de taxa de bits dos formatos AV1, H.264 e H.265

O codificador de vídeo integrado no ARTPEC-9 pode realizar a compactação de vídeo utilizando os formatos MJPEG, H.264, H.265 ou AV1.

Embora o MJPEG seja extremamente ineficiente em termos de taxa de bits, é um formato fácil de usar e, após 30 anos, ainda tem algumas aplicações. Como o algoritmo JPEG gera taxas de bits muito altas, o software incorporado à câmera impõe um limite à taxa de transferência total de MJPEG.

Os padrões H.264, H.265 e AV1 apresentam taxas de bits básicas, muito mais baixas do que o MJPEG, e o ARTPEC-9 é capaz de transmitir fluxos com todos esses três codificadores simultaneamente. É possível combinar configurações de resolução, taxa de quadros e codificação de acordo com as necessidades da sua aplicação, até o limite de desempenho do dispositivo. Em sua configuração de memória de maior desempenho, o ARTPEC-9 oferece uma transmissão em 4K a 60 fps, atingindo uma taxa de transferência total de 540 MP/s. Saiba mais no white paper : *Desempenho de transmissão dos produtos ARTPEC-9*

É difícil prever a taxa de bits de uma nova cena, pois os codecs de vídeo são complexos e a eficiência da taxa de bits varia significativamente de cena para cena. Os codecs mais avançados tendem a apresentar maior variação. Para obter ajuda na estimativa da taxa de bits e das necessidades de armazenamento para instalações completas com H.264, H.265 e AV1, você pode utilizar a ferramenta de design AXIS Site Designer, axis.com/support/tools/axis-site-designer

6.1 Exemplos de cenas

Testes da Axis com fluxos simultâneos na mesma câmera, filmando cenas de monitoramento selecionadas, mostram que a taxa de bits com o AV1 é, em geral, semelhante à do H.265, enquanto a taxa de bits do H.264 é significativamente mais alta.

Tabela 6.1 *Taxas de bits e comparação entre as taxas de bits dos codecs.*

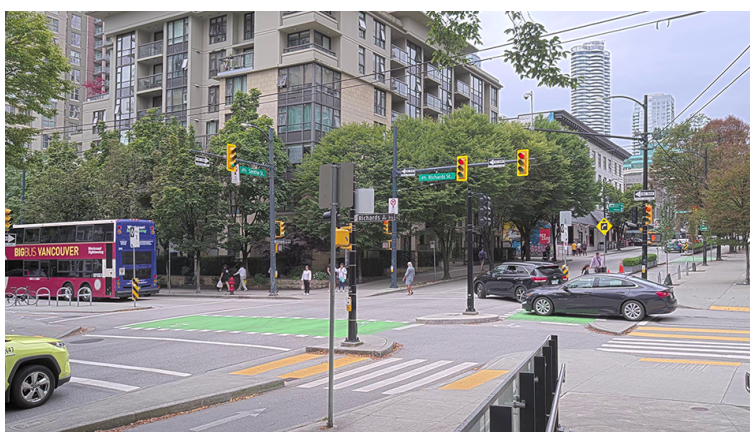
Cena	H.264 (Mbit/s)	H.265 (Mbit/s)	AV1 (Mbps)	AV1 x H.264	AV1 vs. H.265
Monitoramento em cidades movimentadas	23.558	16.842	15.862	-33%	-5.8%
Monitoramento de tráfego	20.525	15.773	15.660	-24%	-0.72%
Monitoramento urbano durante o dia	16.211	13.249	13.244	-18%	-0.04%
Monitoramento urbano durante a noite	4.7725	3.5333	3.3637	-30%	-4.8%



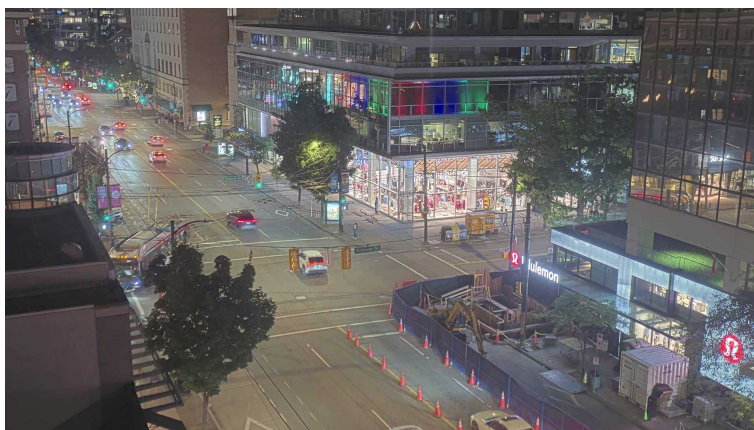
*Cena de monitoramento urbano movimentado, extraída de um vídeo de sequência de teste padrão.
Taxa de bits com AV1: -33% em comparação com o H.264, -5,8% em comparação com o H.265.*



*Cena de monitoramento de tráfego, filmada com a AXIS Q1728 Block Camera.
Taxa de bits com AV1: -24% em comparação com o H.264, -0,72% em comparação com o H.265.*



*Cena de monitoramento urbano durante o dia, filmada com a AXIS Q1728 Block Camera.
Taxa de bits com AV1: -18% em comparação com o H.264, -0,04% em comparação com o H.265.*



*Cena de monitoramento urbano durante a noite, filmada com a AXIS Q1728 Block Camera.
Taxa de bits com AV1: -30% em comparação com o H.264, -4,8% em comparação com o H.265.*

6.2 Comparação de codecs: qualidade de vídeo para fins forenses versus taxa de bits

Comparar taxas de bits não faz sentido se a qualidade do vídeo for diferente. Infelizmente, não há uma maneira confiável de medir a qualidade da imagem automaticamente, e a avaliação manual é muito demorada.

Ao utilizar duas câmeras, você teria que:

- configurar ambas as câmeras para que apresentassem a mesma taxa de bits e, em seguida, comparar a qualidade do vídeo percorrendo os quadros um a um e procurando por artefatos
- ou ajustar ambas as câmeras para que apresentassem a mesma qualidade da imagem (o que é demorado e difícil de verificar) e, em seguida, comparar a taxa de bits.

No entanto, duas câmeras colocadas lado a lado terão apenas aproximadamente o mesmo campo de visão. A incerteza na taxa de bits pode chegar a 20% nessas configurações de teste, o que é um valor excessivamente alto para uma comparação significativa. Seria necessário filmar uma grande variedade de cenas para compensar o fato de que você está filmando apenas conteúdo quase idêntico.

Para comparar dois codecs de forma justa, é necessário codificar exatamente o mesmo vídeo com ambos. O vídeo deve ser idêntico quadro a quadro, o que significa que todas as configurações da câmera, o campo de visão, a nitidez e o conteúdo da cena devem corresponder. A única maneira de conseguir isso a partir de uma visualização ao vivo é codificar os dois fluxos simultaneamente na mesma câmera. Os chips ARTPEC mais recentes possuem capacidade de processamento suficiente para lidar com isso. Elas podem codificar dois fluxos em paralelo e salvar ambos em um cartão SD ou transmiti-los para um VMS. A abordagem recomendada é utilizar uma câmera com perfis de fluxo e acionadores pré-configurados, e foi assim que foi realizada a comparação de eficiência de taxa de bits aqui apresentada.

7 Fundamentos técnicos do AV1

Embora a transição para o AV1 traga novas eficiências, ela deve ser entendida, antes de tudo, como um aprimoramento dos padrões existentes. O AV1 se baseia nos mesmos princípios fundamentais de compactação baseada em blocos, estimativa de movimento e codificação por transformação utilizados no H.264 e no H.265. O AV1 também introduz um conjunto de ferramentas avançadas e mecanismos de previsão.

7.1 Tipos de quadros refinados e previsão

As principais diferenças entre os codecs residem no grau de flexibilidade que o codificador possui ao prever o movimento dos pixels.

7.1.1 A estrutura I-P-B estabelecida nos padrões H.264 e H.265

Os padrões H.264 e H.265 se baseiam em uma hierarquia padronizada de três tipos principais de quadros compactados para obter a compactação entre quadros. Uma sequência desses quadros forma um grupo de imagens (GOP), que normalmente começa com um quadro I, seguido por uma combinação de quadros P e B. O codificador pode selecionar livremente o tipo de quadro após o quadro I.

- **Os quadros I**, ou quadros com codificação interna, são quadros de referência independentes que armazenam uma imagem completa sem fazer referência a outros quadros. Normalmente, elas oferecem access points aleatórios para decodificação, busca e recuperação de erros. Utilizando apenas a previsão espacial a partir de pixels vizinhos dentro do mesmo quadro, os quadros I são o maior tipo de quadro. O H.265 aprimorou a previsão intra ao introduzir mais modos direcionais e tamanhos de blocos de previsão maiores do que o padrão H.264.
- **Os quadros P** são quadros preditivos, codificados por meio da previsão das diferenças em relação a um ou dois quadros I ou P anteriores. Eles são significativamente menores do que os quadros I, pois armazenam apenas vetores de movimento (que indicam como os blocos de pixels se moveram) e dados residuais (as diferenças entre a imagem prevista e a imagem real). Embora os quadros P representem com eficiência o movimento entre quadros, o fato de dependerem de uma referência anterior pode limitar a precisão da previsão durante movimentos complexos ou mudanças significativas na cena.
- **Os quadros B** são quadros bipreditivos que utilizam dados do passado e do futuro para maximizar a eficiência da codificação. Eles alcançam as maiores taxas de compactação ao aproveitar informações provenientes de duas direções e utilizar uma hierarquia que impede que os artefatos se espalhem para outros quadros. Embora sejam ideais para garantir um movimento suave, os quadros B introduzem um atraso na decodificação devido à sua dependência de quadros futuros. O H.265 aprimorou o desempenho dos quadros B por meio de listas de referência flexíveis e previsão adaptativa de vetores de movimento.

7.1.2 A abordagem flexível do AV1 em relação à interpredição

O AV1 mantém o conceito de fazer referência a outros quadros para reduzir o volume de dados, ao mesmo tempo em que substitui as designações rígidas de quadros P ou B por uma estrutura versátil entre quadros.

- **Os quadros-chave** desempenham a mesma função fundamental que os quadros I, fornecendo imagens autônomas que podem ser decodificadas de forma independente. Eles continuam sendo essenciais para o início da reprodução, a navegação e a resiliência a erros. A intrapredição aprimorada garante que mesmo os quadros-chave "completos" no AV1 sejam codificados de forma mais eficiente do que os quadros I em codecs mais antigos, reduzindo seu tamanho e, ao mesmo tempo, mantendo a qualidade. Entre as ferramentas específicas de intrapredição estão os modos mais direcionais, os preditores de Paeth e de paleta, e o Chroma da Luma.
 - Um maior número de modos direcionais significa uma faixa mais ampla de 56 ângulos para prever os valores dos pixels a partir dos vizinhos, em comparação com 35 no H.265 e nove no H.264.
 - O preditor Paeth seleciona direções com base em gradientes, enquanto o preditor de paleta gerencia com eficiência diversos tipos de conteúdo com conjuntos limitados de cores, como gráficos computacionais.
 - A técnica "Chroma from Luma (CfL)" é uma técnica de previsão intra que prevê informações de cor (croma) a partir de dados de brilho (luma).
- **Os quadros intermediários** representam o movimento e as alterações entre os quadros-chave. Eles são fundamentalmente semelhantes aos quadros P, mas superam as capacidades dos quadros P e dos quadros B ao utilizarem uma estrutura de referência multidirecional. Ao contrário dos quadros P, que possuem uma referência, e dos quadros B, que possuem até duas, os quadros inter-frame do AV1 podem fazer referência a até seis quadros decodificados anteriormente para qualquer bloco específico. Isso permite que o codificador encontre a melhor correspondência entre várias distâncias temporais, proporcionando uma previsão mais precisa e resíduos menores.

7.2 Conjuntos de ferramentas avançadas de programação

O AV1 apresenta diversas ferramentas sofisticadas para aprimorar a forma como os blocos são processados.

Particionamento avançado em blocos. Embora o AV1 ofereça suporte a superblocos de 128x128, o principal ponto forte do codec reside na flexibilidade de seu particionamento em blocos. Superblocos de 128x128 ou 64x64 pixels podem ser divididos em padrões altamente flexíveis, incluindo divisões em forma de T e proporções de 4:1 ou 1:4, até pixels 4x4. Isso permite que o codificador divida as imagens com maior precisão em torno de detalhes finos do que as estruturas rígidas do H.264 ou do H.265.

Previsão composta. Esse recurso ativa a fusão de duas previsões diferentes para um único bloco. A combinação "inter-inter" integra diferentes sistemas de referência ou vetores de movimento, enquanto a combinação "inter-intra" realiza a fusão de previsões inter e intra para aprimorar os contornos dos objetos. Ferramentas como a previsão com partição em wedge criam linhas de transição oblíquas suaves entre as previsões combinadas, a fim de evitar artefatos em blocos e separar com precisão os objetos em movimento.

7.3 Recursos de eficiência operacional

Algumas ferramentas AV1 foram desenhadas especificamente para o movimento da câmera e o desempenho da transmissão.

Movimento global e movimento distorcido. O AV1 leva em conta movimentos da câmera, como pan, inclinação ou zoom, aplicando um único conjunto de parâmetros de distorção em grandes regiões ou em quadros inteiros. Isso elimina a necessidade de codificar vetores de movimento individuais para cada bloco durante o movimento da câmera e é altamente eficiente para imagens de monitoramento.

Switch frames (S-frames). Trata-se de quadros intermediários especializados, projetados para transmissão com taxa de bits adaptativa. Eles podem ser previstos a partir de um quadro de referência de maior resolução. Isso permite que um decodificador mude para um fluxo de resolução mais baixa sem a necessidade de um quadro-chave completo, otimizando-se para condições variáveis de rede.

7.4 Processamento e filtragem

O AV1 introduz diversas melhorias matemáticas e de pós-processamento que aprimoram a qualidade da imagem e a eficiência da codificação.

Maior precisão interna. O AV1 realiza o processamento interno a 10 ou 12 bits por amostra para reduzir erros de arredondamento e preservar os detalhes. Isso é especialmente benéfico em cenários de alta faixa dinâmica.

Transformações. O AV1 suporta uma faixa significativamente mais ampla de transformações do que o H.265. Ele utiliza vários tipos para mapear padrões residuais no domínio da frequência, incluindo a DCT retangular (transformada discreta de cosseno) e a DST assimétrica (transformada discreta de seno). O codec pode combinar diferentes transformações 1D na horizontal e na vertical para se adaptar melhor às características dos dados residuais.

Filtragem em loop. O AV1 utiliza o filtro de aprimoramento direcional restrito (CDEF) para suavizar artefatos de oscilação ao longo das bordas dominantes. Além disso, utiliza um filtro de restauração de loop baseado no algoritmo de Wiener para reduzir os artefatos de desfoque em todo o quadro.

Síntese de granulação de filme. Em vez de codificar ruído aleatório de forma ineficiente, o AV1 transmite parâmetros para sintetizar o efeito de granulação no decodificador. Isso preserva a textura percebida e, ao mesmo tempo, economiza significativamente a taxa de bits. Esse recurso foi projetado para uso em cinema e televisão, e não para monitoramento.

Codificação aritmética não binária. O AV1 utiliza um codificador aritmético não binário que pode ser mais eficiente e mais rápido de implementar em hardware do que os sistemas CABAC binários utilizados no H.264 ou no H.265.

8 Guia de integração técnica

8.1 Transmissão e decodificação de vídeo AV1 em dispositivos Axis

A Axis oferece suporte ao padrão de codificação de vídeo AV1 em dispositivos equipados com o sistema em chip (SoC) ARTPEC-9 ou versões posteriores. A implementação é totalmente conforme com as especificações do AV1, oferecendo suporte ao Main profile com profundidade de cor de 8 bits para garantir a compatibilidade com uma ampla faixa de plataformas.

A biblioteca de streaming da Axis oferece suporte à transmissão de vídeo AV1 via RTSP/RTP. Essa implementação foi escrita em C# e utiliza VAPIX para se comunicar com dispositivos Axis.

Para garantir uma reprodução de alto desempenho, são utilizadas estratégias específicas de decodificação com base na plataforma de exibição. Para aplicações de desktop, o FFmpeg é utilizado com a biblioteca do decodificador dav1d ativada. Clientes web contam com o suporte integrado ao formato de vídeo AV1 dos navegadores modernos.

Para aplicações móveis desenvolvidas para iOS e Android, a implementação do AV1 da Axis equilibra flexibilidade e desempenho. O FFmpeg é utilizado para recuperar os quadros de vídeo do fluxo. A própria plataforma móvel realiza a decodificação propriamente dita. Os reprodutores de vídeo nativos gerenciam a renderização dos quadros para garantir uma reprodução suave e um uso eficiente de energia.

8.2 Considerações importantes para desenvolvedores

As APIs VAPIX® fornecem as ferramentas e a documentação necessárias para uma integração personalizada com o AXIS OS. Para obter orientações sobre como integrar vídeos codificados em AV1 provenientes de nossos dispositivos às suas integrações e soluções, consulte a documentação para desenvolvedores da Axis, especialmente: <https://developer.axis.com/video-streaming-and-recording/av1/how-to-guides/integration-guide-av1/>

Antes de realizar a integração com dispositivos Axis compatíveis com AV1, certifique-se de que o hardware e o software do seu sistema sejam compatíveis com a decodificação de vídeo AV1. O vídeo AV1 pode exigir mais recursos da CPU do que o H.265 caso não haja suporte de hardware ou a biblioteca do decodificador não esteja otimizada. Considere melhorar o desempenho da sua aplicação utilizando multi-threading, aceleração por GPU ou outras técnicas.

Existem termos e condições de licença associados ao uso da tecnologia de vídeo AV1. É de sua responsabilidade obter todas as licenças necessárias de terceiros relativas a patentes ou outros direitos de propriedade intelectual que possam ser exigidos para o uso da tecnologia de vídeo AV1.

8.2.1 Recuperação de fluxos AV1

8.2.1.1 Protocolos padrão

Os desenvolvedores podem solicitar transmissões em AV1 utilizando protocolos padrão, como RTSP/RTP ou HTTP, acessando uma URL específica que aceita parâmetros de transmissão, tais como codec, resolução, taxa de quadros e taxa de bits.

8.2.1.2 WebRTC

Você também pode usar o WebRTC para recuperar fluxos AV1. Para isso, é necessário utilizar uma aplicação cliente WebRTC para visualizar o fluxo de vídeo, pelo menos um servidor de sinalização para configurar a conexão inicial e um servidor STUN ou TURN para a NAT traversal.

Para a aplicação cliente WebRTC, a opção mais comum e flexível é utilizar um navegador da Web moderno e desenvolver uma página da Web usando JavaScript para interagir com as APIs do WebRTC (como `RTCPeerConnection` e `getUserMedia`). Seja para desktop ou dispositivos móveis, você poderia, em vez disso,

desenvolver uma aplicação personalizada utilizando bibliotecas WebRTC (como a LibWebRTC) para integrar o fluxo de vídeo.

Caso não esteja utilizando uma solução Axis Cloud Connect, será necessário hospedar seu próprio servidor de sinalização. Ele atuará como coordenador, permitindo que a câmera Axis (como um dos pontos finais do WebRTC) e o seu cliente (o outro ponto final) troquem as informações necessárias para estabelecer uma conexão direta. Os recursos incluem:

- Ofertas/respostas do SDP (Protocolo de Descrição de Sessão). Elas descrevem os recursos de mídia e as configurações de cada par.
- Candidatos ICE (Interactive Connectivity Establishment). Esses são endereços potenciais de rede (combinações de IP e porta) por meio dos quais cada par pode ser acessado.

É possível criar um servidor de sinalização utilizando diversas tecnologias de back-end (como Node.js com WebSockets, Python, Java e Go) para lidar com esses compartilhamentos.

A maioria dos dispositivos, incluindo câmeras e computadores clientes, está atrás de roteadores NAT (Network Address Translator) e firewalls. Isso dificulta as conexões diretas ponto a ponto, pois seus endereços IP internos não são roteáveis publicamente. Um servidor STUN (Session Traversal Utilities for NAT) ajuda os pares a descobrirem seus endereços IP públicos e mapeamentos de porta. Ele é relativamente leve. Você pode utilizar servidores STUN públicos ou hospedar o seu próprio.

Caso o STUN não seja suficiente para estabelecer uma conexão direta (por exemplo, devido a NATs simétricos restritivos ou firewalls corporativos), é necessário um servidor TURN (Traversal Using Relays around NAT). O TURN atua como um retransmissor, encaminhando o tráfego de mídia entre os pares. Isso consome mais largura de banda e causa um leve atraso, mas garante a conectividade. Você precisaria hospedar seu próprio servidor TURN.

8.2.2 Decodificação e reprodução de fluxos AV1

Para decodificar fluxos de vídeo AV1 em sua aplicação, você pode utilizar o FFmpeg, uma popular estrutura multimídia de código aberto. Para reproduzir fluxos de vídeo em AV1, é possível utilizar a maioria dos navegadores, reprodutores de mídia, dispositivos de hardware ou frameworks públicos mais modernos.

9 Atribuições de marca registrada

© 2026 Axis Communications AB. AXIS COMMUNICATIONS, AXIS, ARTPEC e VAPIX são marcas comerciais registradas da Axis AB em várias jurisdições. Microsoft e Windows são marcas registradas do grupo de empresas Microsoft. MacOS e Apple são marcas registradas da Apple Inc. nos EUA e em outros países. iOS é uma marca comercial ou marca registrada da Cisco nos EUA e em outros países e é utilizada sob licença. Android e Google são marcas registradas da Google LLC. Linux é marca registrada de Linus Torvalds nos EUA e em outros países. ONVIF é uma marca registrada da ONVIF, Inc. Todas as outras marcas comerciais pertencem aos respectivos proprietários.

Sobre a Axis Communications

A Axis possibilita um mundo mais inteligente e seguro, aprimorando a segurança, proteção, eficiência operacional e inteligência nos negócios. Como uma empresa de tecnologia em rede e líder do setor, a Axis oferece soluções de videomonitoramento, controle de acesso, intercomunicação e áudio. Essas soluções são aprimoradas por meio de aplicativos de análise inteligentes e apoiadas por treinamentos de alta qualidade.

A Axis conta com cerca de 5.000 funcionários dedicados, em mais de 50 países, e colabora com parceiros de tecnologia e integração de sistemas em todo o mundo para oferecer soluções aos clientes. A Axis foi fundada em 1984 e está sediada em Lund, na Suécia.