

영상 감시 분야의 AV1 코덱

현대적인 보안 시스템을 위한 미래 보장형 비디오 압축

6월 2026

요약

영상 감시 업계는 오랫동안 사용해 온 H.264 비디오 압축 표준에서 AV1로 전환하고 있습니다. 이 최신 코덱은 현대의 고해상도 비디오가 요구하는 막대한 대역폭과 스토리지 수요를 더욱 효과적으로 충족합니다. 복잡한 라이선스 문제로 도입이 지연된 H.265와 달리, AV1은 주요 기술 기업들이 지원하는 로열티가 없는¹ 고효율 대안입니다.

Axis는 시스템 온 칩 ARTPEC-9 기반 카메라에 AV1 지원을 통합했습니다. 이 솔루션은 브로드캐스팅 중심의 기능보다는 실제 영상 감시 시나리오에 필요한 핵심 기능들에 초점을 맞추어 구현되었습니다. AV1은 하드웨어 비용이나 전력 소비를 늘리지 않으면서 H.265에 버금가는 압축 효율성을 제공합니다. 또한 AV1은 Zipstream과 같은 기존 Axis 기술과 호환되며, toggleable overlays와 정지 이미지용 AVIF 형식 같은 새로운 기능도 지원할 수 있게 해줍니다.

AV1은 H.264와 H.265에서 사용된 블록 기반 압축, 모션 추정, 변환 코딩이라는 동일한 핵심 원리를 기반으로 하면서도 더 유연한 예측 메커니즘을 도입했습니다. 이 방식은 고정적 P-프레임 및 B-프레임 구조를 다목적 인터프레임과 더 효율적인 키프레임으로 대체합니다. 다양한 형태와 중형비로 나눌 수 있는 수퍼블록을 활용해 이미지를 더 정밀하게 분할합니다.

특히 감시 용도의 경우, 전역 모션 및 워프 모션 도구를 통해 엔코더가 최소한의 데이터로 카메라 움직임 처리할 수 있습니다. 스위치 프레임은 새로운 독립 키 프레임 없이도 해상도를 자유롭게 변경할 수 있도록 하여 가변 비트 레이트 스트리밍을 가능하게 합니다. 더 높은 내부 비트 심도, 다양한 변환 유형, 고급 인루프 필터를 통해 기술적 품질을 유지합니다. 이러한 개선 사항은 효율적인 하드웨어 구현과 더 빠른 처리를 위해 설계된 비이진 산술 코더를 통해 뒷받침됩니다.

¹ 사용자는 AV1 비디오 기술과 관련된 라이선스 약관을 반드시 이해해야 합니다.

목차

1	서론	4
2	새로운 압축 표준의 필요성	4
3	AV1 도입	4
4	영상 감시 분야에서 AV1의 이점	5
5	Axis의 AV1 구현	5
5.1	Zipstream과 AV1: 결합을 통한 시너지 효과	6
5.2	AV1의 새로운 기능	6
5.2.1	Togglable overlays	6
5.2.2	AVIF(AV1 Image Format)	6
6	AV1, H.264 및 H.265의 비트 레이트 효율성	6
6.1	장면 예시	7
6.2	코덱 비교: 포렌식 비디오 품질과 비트 레이트	8
7	AV1의 기술적 토대	9
7.1	정교해진 프레임 유형 및 예측	9
7.1.1	H.264 및 H.265에서 확립된 기존의 I-P-B 프레임워크	9
7.1.2	화면간 예측에 대한 AV1의 유연한 접근 방식	9
7.2	고급 코딩 톨세트	10
7.3	운영 효율성 기능	10
7.4	처리 및 필터링	10
8	기술 통합 가이드	11
8.1	Axis 장치에서 AV1 비디오 스트리밍 및 디코딩	11
8.2	개발자가 고려해야 할 주요 사항	11
8.2.1	AV1 스트림 가져오기	11
8.2.1.1	표준 프로토콜	11
8.2.1.2	WebRTC	11
8.2.2	AV1 스트림의 디코딩 및 렌더링	12
9	상표 속성	12

1 서론

지난 20년 이상 H.264(AVC)는 영상 감시 및 유사 응용 분야에서 비트 레이트와 이미지 품질 간의 안정적인 균형을 제공하며 독보적인 비디오 압축 표준으로 자리매김해 왔습니다. 그러나 현대의 보안 시스템은 전례 없는 수준의 데이터 처리 요구에 직면해 있습니다. 해상도의 고도화, 카메라 수량의 증가, 클라우드 기반 분석의 부상은 네트워크 대역폭과 스토리지 용량을 한계점까지 밀어붙이고 있습니다. 산업의 외형적 성장에 발맞추어 압축 기술 역시 동반 진화해야 하는 시점입니다.

H.265는 한때 당연한 후속 표준으로 여겨졌지만, 복잡한 라이선스 문제로 인해 도입 속도가 늦어졌습니다. 반면에, 최신 표준인 AV1은 광범위한 IT 생태계의 지원과 기술적 성숙도에 기반해 한 차원 높은 압축 효율을 달성했습니다. AV1은 세계 유수의 기술 기업들이 지원하는 개방형 오픈 소스 코덱으로, 현대 비디오 데이터의 까다로운 요구 사항을 충족하도록 설계되었습니다.

오래 전에, Axis는 보안 카메라 제조사 중 최초로 제품에 H.264를 도입하며 업계를 H.264 시대로 이끌었습니다. 이제 Axis는 업계에 AV1을 선보이고 있습니다.

이 백서에서는 압축 효율성부터 생태계 지원 및 실제 통합에 이르기까지, 영상 감시 분야의 AV1을 심층적으로 살펴봅니다. 여기에는 비트 레이트 비교, AV1 작동 원리에 대한 심층적인 기술적 분석, 그리고 Axis 장치 통합을 위한 개발자 가이드가 포함되어 있습니다.

2 새로운 압축 표준의 필요성

비디오 압축 기술이 없다면 비디오를 스트리밍하고 저장하는 것은 사실상 불가능합니다. 표준 1080p 영상을 초당 30 프레임으로 전송할 경우, 압축하지 않으면 거의 1Gbit/s의 대역폭을 소모하게 됩니다. 이처럼 높은 비트 레이트 환경에서는 단 3시간도 안 되어 1TB 용량의 디스크가 가득 차게 되며, 일반적인 네트워크로는 단 한 대의 카메라에서 전송되는 영상조차 감당하기 어렵습니다. 매우 높은 이미지 품질을 제공하는 8K 카메라를 사용하면, 같은 용량의 디스크가 약 30분 만에 가득 찹니다.

비디오 엔코더는 비디오 데이터를 극적으로 압축함으로써 감시 영상을 대규모로 스트리밍, 저장 및 전송할 수 있는 현실적인 기반을 마련해 줍니다.

H.265가 H.264에 비해 카메라 해상도를 높이고 비트 레이트를 낮추는 등의 발전을 이루었지만, 현장에 설치된 카메라 대수가 폭발적으로 증가함에 따라 네트워크 대역폭과 스토리지 인프라는 여전히 커다란 압박을 받고 있습니다. 업계가 4K 해상도 그 이상을 바라보고 있는 상황에서, 단순히 조금 더 나은 수준의 압축 효율 개선만으로는 더 이상 충분하지 않습니다.

아울러 현대의 비디오 엔코더는 오랜 세월 동안 수많은 기업과 연구원들이 개발한 압축 방식들을 토대로 구축되었습니다. 이에 따라 H.264와 H.265 모두 파편화되고 예측하기 어려운 특허 라이선스 모델이 커다란 걸림돌로 작용해 왔습니다. 특히 H.265는 복수의 특허 풀과 개별 특허 보유자들이 얽혀 있어 제조사와 사용자 모두에게 불투명하고 비용 부담이 높은 생태계를 형성했습니다. 이러한 복잡성은 도입을 가로막고 호환성을 제한했으며, 시스템 구축 과정에서 예기치 못한 추가 비용을 발생시켰습니다. 심지어 일부 주요 하드웨어 제조사가 기존 제품에서 H.265 하드웨어 지원을 제거하기 시작하는 결과까지 초래했습니다.

이제 보안 업계는 탁월한 압축 성능을 제공할 뿐만 아니라, 투명하고 접근하기 쉬우며 미래 변화에 대응할 수 있는 견고한 기반 위에서 작동하는 코덱을 요구하고 있습니다.

3 AV1 도입

AV1 비디오 압축 표준은 개방형의 오픈 소스 비디오 형식을 만들기 위한 목표로 설립된 컨소시엄인 오픈 미디어 연합(Alliance for Open Media: AOMedia)에서 개발했습니다. 오늘날 AV1은 Netflix와 YouTube 같은 주요 스트리밍 서비스 제공업체가 선호하는 코덱으로 자리 잡았습니다. 모든 주요 데스크톱 OS(Windows®, macOS® 및 Linux®)와 모바일 플랫폼(Android™ 및 iOS®)에서 지원됩니다.

AV1은 AOMedia를 통해 Amazon, Apple, Cisco, Google, Intel, Meta, Microsoft, Mozilla, Netflix, Nvidia, 삼성 등의 기업이 지원하는 개방형 표준으로서 장기 전망이 밝습니다. 또한 개방형 특성 덕분에 다른 코덱보다 라이선스 불확실성과 특허 비용 부담이 더 적습니다.

VMS 진영에서도 AV1 도입이 진행 중이며, Milestone, Genetec, Axis를 비롯한 여러 업계 선도 업체가 이미 AV1을 지원하고 있습니다. AXIS Camera Station Pro를 비롯한 많은 VMS 솔루션의 웹 클라이언트에서는 AV1이 기본 지원되어 활용도가 높습니다. 반면 H.265는 출시된 지 10년이 지난 뒤에도 이처럼 폭넓은 기본 지원을 확보하는 데 어려움을 겪어 왔습니다. 성숙한 오픈 소스 라이브러리와 도구 덕분에 AV1 지원 추가는 비교적 간단합니다.

Axis는 AV1 중심의 상호 운용성을 확보하기 위해 ONVIF®와 같은 업계 기관과 적극적으로 협력하고 있습니다. Axis는 현재의 ONVIF 비디오 스트리밍 방식이 이미 AV1과 부합한다고 판단하며, 향후 업계 전반의 도입 확대를 통해 ONVIF 표준에 공식적으로 추가될 수 있는 길이 열릴 것으로 기대하고 있습니다.

하드웨어 측면에서는 최신 CPU에 내장형 AV1 디코딩 기능이 광범위하게 탑재되는 추세입니다. 2015년에서 2020년 사이에 제조된 일부 하드웨어는 H.265는 지원하지만 AV1은 지원하지 않는 경우가 있지만, 최신 장치에서 하드웨어 기반의 AV1 지원이 빠르게 확대되면서 이러한 격차는 급속히 좁혀지고 있습니다. 예를 들어 AXIS Camera Station S2216 Mk II Rack Appliance는 전용 GPU 없이도 16개 채널의 하드웨어 AV1 디코딩을 지원하는 녹화 솔루션입니다. 일반적인 노트북 CPU만으로도 8K30 AV1 스트림을 원활하게 처리할 수 있습니다. 또한 AV1 하드웨어 디코더를 탑재한 스마트폰과 태블릿이 늘어나면서 모바일 재생 시 배터리 소모나 지연 시간에 대한 우려가 사라졌습니다.

4 영상 감시 분야에서 AV1의 이점

초기 AV1이 영상 감시용으로 설계된 것은 아니지만, 이는 H.264와 H.265도 마찬가지였습니다. 그러나 모든 표준의 근간이 되는 압축 방식은 가변성이 매우 뛰어나며, Axis의 ARTPEC-9 시스템 온 칩(SoC)에 구현된 AV1은 영상 감시에 최적화되어 있습니다.

같은 양의 영상 데이터라도 AV1을 사용하면 더 낮은 비트 레이트로 처리할 수 있습니다. 그만큼 필요한 저장 공간이 줄어 기존 스토리지 인프라를 더 오래 사용하거나 보존 기간을 늘릴 수 있습니다. 나아가 네트워크 대역폭 소비가 줄어들면 막대한 비용이 드는 네트워크 업그레이드를 연기하거나 생략할 수 있습니다. 전반적으로 이는 감시 시스템의 총소유비용(TCO) 절감으로 이어집니다.

또한 클라우드 기반 영상 감시 시장이 급격히 성장함에 따라 압축 기술에 대한 요구 수준도 높아지고 있습니다. 수백 대 또는 수천 대의 카메라에서 클라우드 스토리지와 분석 플랫폼으로 비디오를 전송하려면 인터넷 연결을 통해 낮은 비트 레이트에서도 고품질을 제공할 수 있는 코덱이 필요합니다. AV1은 인터넷 비디오 전송을 위해 설계되었으며, 오픈 소스 라이선스 모델 덕분에 브라우저, 플랫폼, 클라우드 서비스 전반에서 기본적으로 지원됩니다. 이처럼 폭넓게 지원되기 때문에 클라우드 통합이 더 쉬워지고, 그동안 H.265를 클라우드 환경에서 대규모로 도입하기 어렵게 했던 호환성 장벽도 해소됩니다.

5 Axis의 AV1 구현

Axis는 카메라에 AV1 지원을 통합한 최초의 제조사로서 보안 업계를 선도하고 있습니다. 이는 영상 감시 산업을 발전시키는 동시에 고객의 실질적인 효용을 향상시키겠다는 Axis의 의지를 반영하는 것입니다.

AV1 구현은 보안 애플리케이션을 위한 코덱의 근본적인 강점에 중점을 두며, 연중무휴 24시간 연속 녹화, AI 분석 통합, 감시 시스템 상호운용성과 같은 특정 요구 사항에 맞게 설계되었습니다. 감시와 관련이 없는 브로드캐스트 중심 기능은 의도적으로 제외되었습니다. 대신 유연한 블록 분할, 고급 화면 내/화면 간 예측, 정교한 필터링을 기반으로 하는 코덱의 핵심 압축 기능을 활용합니다.

카메라에 통합된 ARTPEC 아키텍처가 새로운 코덱의 효율적인 구현과 통합을 가능하게 하므로 AV1 지원은 Axis 카메라의 비용 증가 요인이 아닙니다. 고객은 추가 비용 부담 없이 AV1이 제공하는 탁월한 효율성의 이점을 온전히 누릴 수 있습니다. ARTPEC-9는 카메라에 추가 CPU 또는 전력 부하를 주지 않고 최소한의 오버헤드로 완전한 실시간 AV1 인코딩 성능을 제공합니다.

Zipstream, signed video, 비트레이트 제어 알고리즘, Zipstream 프로파일을 포함하여 기존 H.264 및 H.265에서 제공되던 모든 Axis 기능이 출시와 동시에 지원됩니다. 또한 AV1은 AXIS Camera Station 및 AXIS Site Designer에서도 완전히 지원됩니다.

5.1 Zipstream과 AV1: 결합을 통한 시너지 효과

AV1, H.264, H.265는 모두 다양한 산업 분야에서 광범위하게 사용되도록 개발되었습니다. 이러한 표준들은 엔코더보다 디코더에 초점을 맞추고 있기 때문에, 엔코더의 점진적인 성능 개선을 독립적으로 진행할 수 있습니다. 덕분에 Axis는 기본 비디오 코덱과 상호 작용하도록 설계된 영상 감시 전용 최적화 기술인 Zipstream을 개발할 수 있었습니다. 이 기술은 비디오의 포렌식 가치를 보호하면서 대역폭과 스토리지를 50% 이상 절감합니다.

Zipstream은 비디오 장면을 실시간으로 분석하여 사람 얼굴과 차량 번호판 같은 관심 영역을 동적으로 식별하고, 해당 영역의 디테일을 유지하는 한편, 중요도가 낮은 영역은 더욱 강력하게 압축합니다. 복잡하게 움직이는 객체에 대한 본질적으로 뛰어난 AV1의 압축 성능과 결합되면, 가장 중요한 부분의 고품질 포렌식 디테일은 유지하면서도 전체 비트 레이트는 획기적으로 낮출 수 있습니다.

5.2 AV1의 새로운 기능

ARTPEC에 처음 적용된 초기 단계임에도 불구하고, AV1은 3세대 H.265 기술에 필적하는 압축 효율을 지속적으로 입증하고 있습니다. 아울러 AV1은 완전히 새로운 가능성을 열어주는 더욱 진보된 툴셋을 제공합니다. Togglable overlays 및 정지 이미지용 AVIF 형식은 조만간 Axis 카메라에 적용될 예정입니다.

5.2.1 Togglable overlays

Togglable overlays는 사용자가 라이브 및 녹화 재생 중에 비디오의 그래픽 요소를 켜거나 끌 수 있게 해주는 기능입니다. 이러한 요소에는 바운딩 박스, 텍스트 주석, MQTT 데이터 시각화 등이 포함됩니다. 오버레이는 비디오 내부의 전용 레이어에 영구적으로 내장되어 있으므로 화면에 보이지 않을 때도 항상 존재합니다. 즉, 운영자는 오버레이 정보가 필요하지 않을 때 내장된 데이터를 잃지 않고 오버레이가 표시되지 않는 깔끔한 영상을 볼 수 있습니다. Togglable overlays는 AV1의 발전된 아키텍처가 어떻게 H.264 및 H.265의 한계를 넘어 완전히 새로운 기능을 구현하는지 잘 보여주는 사례입니다.

5.2.2 AVIF(AV1 Image Format)

AVIF는 AV1 비디오와 동일한 압축 기술을 기반으로 하는 최신 정지 이미지 형식입니다. AV1이 비디오 분야에서 H.264와 H.265를 개선한 것과 마찬가지로, AVIF는 높은 이미지 품질을 유지하면서도 JPEG와 같은 기존 이미지 형식보다 훨씬 더 우수한 압축 효율을 제공합니다. 영상 감시의 경우, 이는 경보나 증거에 사용되는 스냅샷처럼 카메라에서 캡처한 정지 이미지를 더 효율적으로 저장하고 전송할 수 있음을 의미합니다. AVIF는 또한 넓은 색 영역과 높은 다이내믹 레인지를 지원하여 감시 환경에서 흔히 발생하는 까다로운 조명 조건에서도 더 많은 디테일을 보존합니다.

6 AV1, H.264 및 H.265의 비트 레이트 효율성

ARTPEC-9에 내장된 비디오 엔코더는 MJPEG, H.264, H.265 또는 AV1 형식을 사용하여 비디오를 압축할 수 있습니다.

MJPEG는 비트 레이트 효율이 매우 낮지만 사용하기 쉬운 형식이며, 30년이 지난 지금도 일부 분야에서는 여전히 사용되고 있습니다. JPEG 알고리즘은 매우 높은 비트 레이트를 생성하기 때문에, 카메라의 내장 소프트웨어는 총 MJPEG 처리량에 제한을 두게 됩니다.

H.264, H.265, AV1은 MJPEG보다 기본 비트 레이트가 훨씬 낮으며, ARTPEC-9는 이 세 가지 엔코더를 사용하여 스트림을 동시에 제공할 수 있습니다. 장치의 성능 한도 내에서 응용 분야의 요구 조건에 맞춰 해상도, 프레임 레이트, 인코딩 설정을 자유롭게 조합할 수 있습니다. 최고 성능 메모리 구성에서 ARTPEC-9는 60fps의 4K 스트림을 제공하며, 총 처리량은 540MP/s에 도달합니다. 자세한 내용은 백서 *ARTPEC-9 제품의 스트리밍 성능*에서 확인할 수 있습니다.

비디오 코덱은 복잡하고 장면에 따라 비트 레이트 효율이 크게 달라지기 때문에, 새로운 장면의 비트 레이트를 예측하기는 어렵습니다. 고급 코덱일수록 이러한 편차가 더 크게 나타나는 경향이 있습니다. H.264, H.265, AV1을 사용하는 전체 설치 환경의 비트 레이트와 스토리지 필요량을 산정하려면 설계 도구인 *AXIS Site Designer*(axis.com/support/tools/axis-site-designer)를 사용할 수 있습니다.

6.1 장면 예시

Axis가 동일한 카메라에서 동시에 스트림을 생성하며 선택된 감시 장면을 촬영해 테스트한 결과, AV1의 비트 레이트는 일반적으로 H.265와 비슷한 반면 H.264의 비트 레이트는 훨씬 높은 것으로 나타났습니다.

표 6.1 비트 레이트 및 코덱별 비트 레이트 비교.

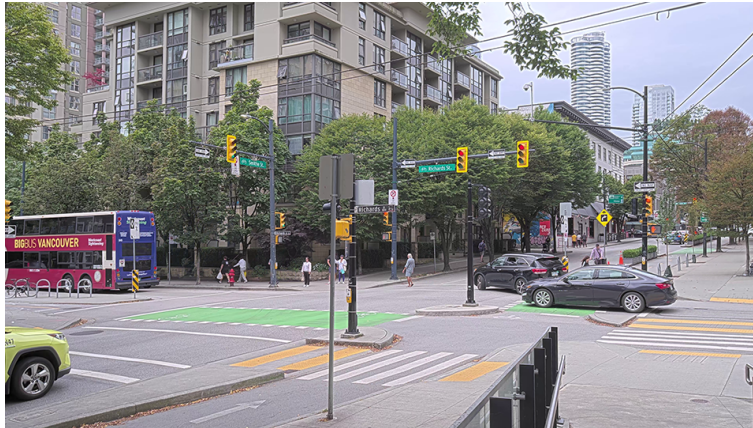
장면	H.264(Mbit/s)	H.265(Mbit/s)	AV1(Mbit/s)	AV1 대 H.264	AV1 대 H.265
혼잡한 도시 방법	23.558	16.842	15.862	-33%	-5.8%
트래픽 모니터 링	20.525	15.773	15.660	-24%	-0.72%
주간 도시 방 범	16.211	13.249	13.244	-18%	-0.04%
야간 도시 방 범	4.7725	3.5333	3.3637	-30%	-4.8%



표준 테스트 시퀀스 비디오의 혼잡한 도시 방법 장면.
AV1 사용 시 비트 레이트: H.264 대비 -33%, H.265 대비 -5.8%.



AXIS Q1728 Block Camera로 촬영한 교통 모니터링 장면.
AV1 사용 시 비트 레이트: H.264 대비 -24%, H.265 대비 -0.72%.



AXIS Q1728 Block Camera로 촬영한 주간 도시 방범 장면.
AV1 사용 시 비트 레이트: H.264 대비 -18%, H.265 대비 -0.04%.



AXIS Q1728 Block Camera로 촬영한 야간 도시 방범 장면.
AV1 사용 시 비트 레이트: H.264 대비 -30%, H.265 대비 -4.8%.

6.2 코덱 비교: 포렌식 비디오 품질과 비트 레이트

비디오 품질이 다르다면 비트 레이트를 비교하는 것은 의미가 없습니다. 안타깝게도 이미지 품질을 자동으로 신뢰성 있게 측정할 방법은 없으며, 수동 평가는 시간이 많이 걸립니다.

두 대의 카메라를 사용하는 경우 다음 중 하나의 방법을 선택해야 합니다.

- 두 카메라가 동일한 비트 레이트를 제공하도록 조정한 뒤, 프레임을 하나씩 확인하며 아티팩트를 찾아 비디오 품질을 비교합니다.
- 또는 두 카메라가 동일한 이미지 품질을 제공하도록 조정한 다음(시간이 많이 들고 검증도 어려움), 비트 레이트를 비교합니다.

하지만 카메라 두 대를 나란히 배치하더라도 화각이 완전히 같지는 않고 대략적으로만 비슷합니다. 이러한 테스트 구성에서는 비트 레이트 불확실성이 최대 20%에 이를 수 있으며, 이는 의미 있는 비교를 하기에는 지나치게 큰 편차입니다. 거의 동일하지만 완전히 같지는 않은 콘텐츠를 촬영한다는 한계를 보완하려면 매우 다양한 장면을 촬영해야 합니다.

두 코덱을 공정하게 비교하려면 두 코덱으로 정확히 동일한 비디오를 인코딩해야 합니다. 비디오는 프레임 단위로 완전히 동일해야 하며, 이는 모든 카메라 설정, 화각, 선명도, 장면 내용이 일치해야 한다는 의미입니다. 실시간 보기에서 이를 구현할 수 있는 유일한 방법은 동일한 카메라에서 두 스트림을 동시에 인코딩하는 것입니다. 최신 ARTPEC 칩은 이를 처리할 수 있을 만큼 충분한 처리 성능을 갖추고 있습니다. 두 스트림을 병렬로 인코딩해 둘 다 SD 카드에 저장하거나 VMS로 스트리밍할 수 있습니다. 권장 방식은 사전 구성된 스트림 프로파일과 트리거가 적용된 카메라 한 대를 사용하는 것이며, 이 문서의 비트 레이트 효율성 비교도 이 방식으로 수행되었습니다.

7 AV1의 기술적 토대

AV1으로 전환하면 새로운 수준의 효율성을 구현할 수 있는 것은 사실이지만, 기본적으로는 기존 표준들의 진화된 형태로 이해하는 것이 좋습니다. AV1은 H.264 및 H.265에서 사용되는 블록 기반 압축, 모션 추정, 변환 코딩과 동일한 핵심 원리를 기반으로 삼고 있으며, 여기에 일련의 고급 도구와 예측 메커니즘을 추가로 도입했습니다.

7.1 정교해진 프레임 유형 및 예측

코덱 간의 가장 핵심적인 차이는 픽셀의 움직임 예측할 때 엔코더가 갖는 유연성의 정도에 있습니다.

7.1.1 H.264 및 H.265에서 확립된 기존의 I-P-B 프레임워크

H.264와 H.265는 프레임간 압축을 구현하기 위해 세 가지 주요 압축 프레임 유형의 표준 계층 구조에 의존합니다. 이러한 프레임들이 연속적으로 이어져 Group of Pictures(GOP)를 구성하며, 일반적으로 I-프레임으로 시작하고, 그 뒤를 P-프레임과 B-프레임이 혼합되어 구성됩니다. 엔코더는 I-프레임 이후의 프레임 유형을 자유롭게 선택할 수 있습니다.

- **I-프레임**, 즉 화면내 인코딩 프레임은 다른 프레임을 참조하지 않고 온전한 전체 이미지를 저장하는 독립적인 앵커 프레임입니다. 이는 대개 디코딩, 탐색 및 오류 복구를 위한 임의 액세스 포인트 역할을 합니다. 동일한 프레임 내부의 인접 픽셀로부터 공간적 예측만을 사용하므로, I-프레임은 프레임 유형 중 크기가 가장 큼니다. H.265는 H.264 표준보다 더 많은 방향성 모드와 더 큰 예측 블록 크기를 도입하여 화면내 예측 성능을 강화했습니다.
- **P-프레임**은 예측 프레임으로, 이전의 하나 또는 두 개의 I 프레임 또는 P-프레임과의 차이를 예측하여 인코딩됩니다. P-프레임은 모션 벡터(픽셀 블록의 이동 경로)와 잔차 데이터(예측값과 실제 이미지 간의 차이)만 저장하므로 I-프레임에 비해 크기가 훨씬 작습니다. P-프레임은 프레임 간의 움직임을 효율적으로 나타내지만, 과거의 참조 시점에만 의존하기 때문에 복잡한 움직임이나 급격한 장면 전환 시 예측 정확도가 제한될 수 있습니다.
- **B-프레임**은 양방향 예측 프레임으로, 과거와 미래의 데이터를 모두 참조하여 코딩 효율을 극대화합니다. 두 방향의 정보를 모두 활용하고 아티팩트가 다른 프레임으로 확산되는 것을 방지하는 계층 구조를 사용하여 가장 높은 압축률을 달성합니다. B-프레임은 부드러운 움직임 표현에는 적합하지만, 미래 프레임에 의존하기 때문에 디코딩 지연이 발생합니다. H.265는 유연한 참조 목록과 적응형 모션 벡터 예측을 통해 B-프레임 성능을 개선했습니다.

7.1.2 화면간 예측에 대한 AV1의 유연한 접근 방식

AV1은 데이터를 줄이기 위해 다른 프레임을 참조한다는 개념은 유지하면서, 고정적인 P-프레임 또는 B-프레임 라벨을 더 유연한 인터-프레임 구조로 대체합니다.

- **키 프레임**은 독자적으로 디코딩이 가능한 독립적인 이미지를 제공함으로써 기본적으로 I-프레임과 동일한 역할을 수행합니다. 키 프레임은 재생 시작, 탐색, 오류 복원력에 여전히 필수적입니다. 향상된 화면내 예측 덕분에 AV1의 전체 키 프레임도 기존 코덱의 I-프레임보다 더 효율적으로 인코딩되어, 품질을 유지하면서 크기를 줄일 수 있습니다. 구체적인 화면내 예측 도구로는 더 많은 방향성 모드, Paeth 예측기 및 팔레트 예측기, 휘도 기반 색도 예측(Chroma from Luma)이 있습니다.
 - 더 많은 방향성 모드란 인접 픽셀로부터 픽셀 값을 예측하는 각도를 기존 H.264의 9개, H.265의 35개에서 56개 각도로 대폭 확장하여 더욱 넓은 범위를 지원함을 의미합니다.
 - Paeth 예측기는 기울기를 기반으로 방향을 선택하는 반면, 팔레트 예측기는 컴퓨터 그래픽과 같이 제한된 색상 세트를 가진 콘텐츠를 효율적으로 관리합니다.

- 휘도 기반 색도 예측(CfL)은 밝기 데이터(휘도)를 분석하여 색상 정보(색도)를 예측하는 화면 내 예측 기법입니다.
- 인터 프레임은 키 프레임 사이의 움직임과 변화를 표현합니다. 이는 근본적으로 P-프레임과 유사하지만, 다방향 참조 구조를 활용함으로써 P-프레임과 B-프레임 모두의 성능을 뛰어넘습니다. 참조 프레임이 하나뿐인 P-프레임이나 최대 두 개까지 참조할 수 있는 B-프레임과 달리, AV1 인터 프레임은 지정된 블록에 대해 이전에 디코딩된 프레임을 최대 6개까지 참조할 수 있습니다. 이를 통해 엔코더는 여러 시간적 간격에서 가장 일치하는 대상을 찾아내어 더욱 정확한 예측을 수행하고 잔차 데이터를 최소화할 수 있습니다.

7.2 고급 코딩 툴세트

AV1은 블록 처리 방식을 고도화하기 위해 몇 가지 정교한 도구를 도입했습니다.

고급 블록 분할. AV1은 128x128 수퍼블록을 지원하지만, 이 코덱의 핵심 강점은 블록 분할의 유연성에 있습니다. 128x128 또는 64x64 픽셀 크기의 수퍼블록은 T자형 분할, 4:1 또는 1:4 종횡비 등의 매우 유연한 패턴으로 나눌 수 있으며, 최소 4x4 픽셀까지 분할할 수 있습니다. 따라서 엔코더는 H.264나 H.265의 고정적인 구조와 달리, 미세한 디테일 주변의 이미지를 더 정밀하게 분할할 수 있습니다.

복합 예측. 이 기능은 하나의 블록에 대해 서로 다른 두 가지 예측을 혼합할 수 있게 해줍니다. 인터-인터 복합 예측은 서로 다른 참조 프레임이나 모션 벡터를 결합하는 반면, 인터-인트라 복합 예측은 화면간 예측과 화면내 예측을 혼합하여 객체의 경계선을 더 깔끔하게 개선합니다. 썩기형 분할 예측과 같은 도구는 혼합된 예측 사이에 부드러운 사선 전환선을 만들어 블록형 아티팩트를 방지하고 움직이는 객체를 더 정확하게 구분합니다.

7.3 운영 효율성 기능

일부 AV1 도구는 카메라 움직임과 스트리밍 성능에 맞춰 특별히 설계되었습니다.

전역 모션 및 워프 모션. AV1은 넓은 영역이나 전체 프레임에 하나의 워핑 파라미터 세트를 적용해 팬, 틸트, 줌과 같은 카메라 움직임을 처리합니다. 따라서 카메라가 움직일 때 블록마다 개별 모션 벡터를 인코딩할 필요가 없어 감시 영상에 매우 효율적입니다.

스위치 프레임(S-프레임). 이는 가변 비트 레이트 스트리밍을 위해 고안된 특수 인터 프레임입니다. 스위치 프레임은 더 높은 해상도의 참조 프레임에 기반해 예측할 수 있습니다. 이를 통해 디코더는 전체 키 프레임 없이도 더 낮은 해상도의 스트림으로 전환할 수 있어, 변화하는 네트워크 조건에 맞게 최적화할 수 있습니다.

7.4 처리 및 필터링

AV1은 최종 이미지 품질과 인코딩 효율성을 높이기 위해 여러 수학적 개선 사항과 후처리 개선 사항을 도입했습니다.

더 높은 내부 정밀도. AV1은 반올림 오차를 줄이고 디테일을 보존하기 위해 샘플당 10비트 또는 12비트 수준으로 내부 처리를 수행합니다. 이는 높은 다이내믹 레인지가 필요한 상황에서 특히 유용합니다.

변환. AV1은 H.265보다 훨씬 폭넓은 변환을 지원합니다. 직사각형 DCT(discrete cosine transform, 이산 코사인 변환)와 비대칭 DST(discrete sine transform, 이산 사인 변환)를 포함한 다양한 유형을 사용해 잔차 패턴을 주파수 도메인으로 매핑합니다. 이 코덱은 가로 및 세로 방향으로 서로 다른 1차원 변환을 조합하여 잔차 데이터의 특성에 더 정밀하게 적응할 수 있습니다.

인루프 필터링. AV1은 제약형 방향성 강화 필터(CDEF)를 사용해 주요 경계선을 따라 나타나는 링잉 아티팩트를 부드럽게 줄입니다. 또한 Wiener 기반 루프 복원 필터를 사용해 프레임 전체의 블러 아티팩트를 줄입니다.

필름 그레인 합성. AV1은 무작위 노이즈를 비효율적으로 인코딩하는 대신, 디코더에서 그레인을 합성할 수 있도록 파라미터를 전송합니다. 이를 통해 시각적 질감은 고스란히 유지하면서 비트 레이트를 획기적으로 줄일 수 있습니다. 이 기능은 감시보다는 영화 및 방송 용도에 맞춰 설계되었습니다.

비이진 산술 코딩. AV1은 H.264 또는 H.265에서 사용하는 이진 CABAC 시스템보다 하드웨어에서 더 효율적이고 빠르게 구현할 수 있는 비이진 산술 코더를 사용합니다.

8 기술 통합 가이드

8.1 Axis 장치에서 AV1 비디오 스트리밍 및 디코딩

Axis는 ARTPEC-9 시스템 온 칩(SoC) 이상이 탑재된 장치에서 AV1 비디오 인코딩 표준을 지원합니다. 이 구현은 AV1 사양을 완전히 준수하며, 다양한 플랫폼과의 호환성을 위해 8-비트 색상 심도의 메인 프로파일을 지원합니다.

Axis 스트리밍 라이브러리는 RTSP/RTP를 통한 AV1 비디오 스트리밍을 지원합니다. 이 구현은 C# 언어로 작성되었으며 VAPIX를 사용하여 Axis 장치와 통신합니다.

고성능 재생을 보장하기 위해 보기 플랫폼에 따라 서로 다른 디코딩 전략을 사용합니다. 데스크톱 애플리케이션에서는 dav1d 디코더 라이브러리를 활성화한 FFmpeg을 사용합니다. 웹 클라이언트는 최신 브라우저에 내장된 AV1 비디오 지원 기능을 사용합니다.

iOS 및 Android용 모바일 애플리케이션의 경우, Axis AV1 구현은 유연성과 성능의 균형을 맞추도록 설계되었습니다. FFmpeg은 스트림에서 비디오 프레임을 가져오는 데 사용됩니다. 실제 디코딩은 모바일 플랫폼 자체에서 수행합니다. 기본 비디오 플레이어가 프레임 렌더링을 처리하므로 부드러운 재생과 효율적인 전력 사용이 가능합니다.

8.2 개발자가 고려해야 할 주요 사항

VAPIX® API는 AXIS OS와의 맞춤형 통합에 필요한 도구와 문서를 제공합니다. Axis 장치의 AV1 인코딩 영상을 사용자의 통합 환경과 솔루션에 연동하는 방법은 Axis 개발자 문서, 특히 <https://developer.axis.com/video-streaming-and-recording/av1/how-to-guides/integration-guide-av1>를 참조하십시오.

AV1을 지원하는 Axis 장치와 통합하기 전에 시스템의 하드웨어와 소프트웨어가 AV1 비디오 디코딩을 지원하는지 확인해야 합니다. 하드웨어 지원이 없거나 디코더 라이브러리가 최적화되어 있지 않으면 AV1 영상은 H.265보다 더 많은 CPU 리소스를 필요로 할 수 있습니다. 멀티스레딩, GPU 가속 또는 기타 기법을 사용해 애플리케이션 성능을 높이는 방안을 고려하십시오.

AV1 비디오 기술 사용에는 관련 라이선스 약관이 적용됩니다. AV1 비디오 기술 사용에 필요할 수 있는 특허 또는 기타 지적 재산권과 관련하여 타사로부터 필요한 라이선스를 취득하는 것은 사용자의 책임입니다.

8.2.1 AV1 스트림 가져오기

8.2.1.1 표준 프로토콜

개발자는 코덱, 해상도, 프레임 레이트, 비트 레이트 같은 스트리밍 파라미터를 받는 특정 URL에 액세스하여 RTSP/RTP 또는 HTTP 같은 표준 프로토콜로 AV1 스트림을 요청할 수 있습니다.

8.2.1.2 WebRTC

WebRTC를 사용하여 AV1 스트림을 가져올 수도 있습니다. 이를 위해서는 비디오 스트림을 보기 위한 WebRTC 클라이언트 애플리케이션, 초기 연결을 설정하기 위한 하나 이상의 시그널링 서버, NAT 트래버설을 위한 STUN 또는 TURN 서버가 필요합니다.

WebRTC 클라이언트 애플리케이션의 경우 가장 보편적이고 유연한 옵션은 최신 웹 브라우저를 기반으로 JavaScript를 사용해 WebRTC API(예: `RTCPeerConnection`, `getUserMedia`)와 상호 작용하는 웹 페이지를 개발하는 것입니다. 데스크톱 또는 모바일 환경에서는 LibWebRTC와 같은 WebRTC 라이브러리를 사용해 비디오 스트림을 통합하는 맞춤형 애플리케이션을 개발할 수도 있습니다.

Axis Cloud Connect 솔루션을 사용하지 않는 경우에는 자체 시그널링 서버를 호스팅해야 합니다. 시그널링 서버는 조정자 역할을 하며, 한쪽 WebRTC 엔드포인트인 Axis 카메라와 다른 쪽 엔드포인트인 클라이언트가 직접 연결을 설정하는 데 필요한 정보를 교환할 수 있게 해줍니다. 여기에는 다음과 같은 내용이 포함됩니다.

- SDP(세션 설명 프로토콜) 제안/응답: 각 피어의 미디어 기능 및 구성을 정의합니다.
- ICE(Interactive Connectivity Establishment) 후보군. 이는 각 피어에 도달할 수 있는 잠재적인 네트워크 주소(IP 및 포트 조합)를 의미합니다.

이러한 데이터 교환을 처리하기 위해 다양한 백엔드 기술(예: WebSockets 기반 Node.js, Python, Java, Go 등)을 사용해 시그널링 서버를 구축할 수 있습니다.

카메라와 클라이언트 컴퓨터를 비롯한 대부분의 장치는 NAT(Network Address Translator) 라우터와 방화벽 후단에 있습니다. 이로 인해 내부 IP 주소가 공용 네트워크에서 라우팅되지 않으므로, 직접적인 피어 투 피어 연결을 수립하는 데 어려움이 따릅니다. STUN(Session Traversal Utilities for NAT) 서버는 피어가 자신의 공용 IP 주소와 포트 매핑을 확인할 수 있도록 도와줍니다. STUN은 비교적 가볍습니다. 공용 STUN 서버를 사용하거나 자체 서버를 호스팅할 수 있습니다.

엄격한 대칭형 NAT나 기업 방화벽 등으로 인해 STUN만으로 직접 연결을 설정하기 어려운 경우, TURN(Traversal Using Relays around NAT) 서버가 필요합니다. TURN 서버는 릴레이 역할을 수행하여 피어 간의 미디어 트래픽을 상호 전달해 줍니다. 이 방식은 더 많은 대역폭을 사용하고 약간의 지연을 발생시키지만, 연결성은 보장합니다. TURN 서버는 직접 호스팅해야 합니다.

8.2.2 AV1 스트림의 디코딩 및 렌더링

애플리케이션에서 AV1 비디오 스트림을 디코딩하려면 널리 사용되는 오픈 소스 멀티미디어 프레임워크인 FFmpeg를 사용할 수 있습니다. AV1 비디오 스트림을 렌더링하려면 대부분의 최신 브라우저, 미디어 플레이어, 비디오 하드웨어 또는 공개 프레임워크를 사용할 수 있습니다.

9 상표 속성

© 2026 Axis Communications AB. AXIS COMMUNICATIONS, AXIS, ARTPEC 및 VAPIX는 각 관할 지역에서 Axis AB의 등록상표입니다. Microsoft 및 Windows는 Microsoft 그룹 계열사의 등록 상표입니다. MacOS 및 Apple은 미국 및 기타 국가에 등록된 Apple Inc.의 상표입니다. IOS는 미국 및 기타 국가에서 Cisco의 상표 또는 등록 상표이며 라이선스에 따라 사용됩니다. Android 및 Google은 Google LLC의 상표입니다. Linux는 미국 및 기타 국가에서 Linus Torvalds의 등록 상표입니다. ONVIF는 ONVIF, Inc.의 상표입니다. 모든 다른 상표는 각 소유주의 재산입니다.

Axis Communications에 대하여

Axis는 보안, 안전, 운영 효율성 및 비즈니스 인텔리전스를 향상시켜 더 스마트하고 더 안전한 세상을 실현합니다. 네트워크 기술 회사이자 업계 선도 기업인 Axis는 영상 감시, 접근 제어, 인터콤 및 오디오 솔루션을 제공합니다. 이러한 솔루션은 지능형 분석 애플리케이션으로 보완되고 고품질 교육을 통해 지원됩니다.

50개 이상의 국가에서 약 5,000명의 Axis 임직원이 전 세계의 기술 및 시스템 통합 파트너와 협력하여 고객에게 최적의 솔루션을 제공하고 있습니다. Axis는 1984년에 설립되었으며 본사는 스웨덴 룬드에 있습니다.