

# 视频监控中的AV1编码器

现代化安防系统中面向未来的视频压缩技术

6月 2026

# 概述

监控行业正在从沿用已久的H.264视频压缩标准向AV1过渡。这种新型编码器能够更好地满足现代高分辨率视频日益增长的带宽和存储需求。与因复杂的许可问题而发展受阻的H.265不同，AV1提供了一种免版税<sup>1</sup>、高效且得到主要科技领军企业支持的替代方案。

安讯士已在基于ARTPEC-9系统级芯片的摄像机中集成了对AV1的支持。该实施聚焦于与监控用例相关的功能，而不是以广播为中心的功能。它提供了与H.265相当的压缩效率，且无需增加硬件成本或功耗。AV1与安讯士现有技术（如Zipstream）兼容，同时还启用了Toggleable overlays以及用于静止图像的AVIF格式等新功能。

AV1基于与H.264和H.265中使用的相同核心原则，即基于块的压缩、运动估计和变换编码，同时引入了更灵活的预测机制。它用多功能的帧间帧和更高效的关键帧取代了刚性的P帧和B帧结构。图像分割更加精确，利用了可分割成各种形状和长宽比的超级块。

就监控而言，全局和畸变运动工具使编码器能够仅使用极少的数据来处理摄像机运动。交换帧通过允许分辨率变化而不需要新的独立关键帧来实现自适应比特率流传输。通过更高的内部位深度、多种变换类型以及先进的环内滤波器，确保了技术质量。这些改进得益于一种专为高效硬件实施和更快处理而设计的非二进制算术编码器。

<sup>1</sup> 用户应确保自己了解与AV1视频技术相关的许可条款和条件。

# 目录

|         |                        |    |
|---------|------------------------|----|
| 1       | 引言                     | 4  |
| 2       | 制定新压缩标准的必要性            | 4  |
| 3       | AV1的推广                 | 4  |
| 4       | AV1在视频监控中的优势           | 5  |
| 5       | 安讯士AV1的实施              | 5  |
| 5.1     | Zipstream与AV1：强强联手     | 5  |
| 5.2     | AV1带来全新功能              | 5  |
| 5.2.1   | Toggable overlays      | 6  |
| 5.2.2   | AVIF ( AV1图像格式 )       | 6  |
| 6       | AV1、H.264和H.265的比特率效率  | 6  |
| 6.1     | 场景示例                   | 6  |
| 6.2     | 编码器对比：取证视频质量与比特率       | 8  |
| 7       | AV1的技术基础               | 8  |
| 7.1     | 优化的帧类型与预测              | 8  |
| 7.1.1   | H.264和H.265中确立的I-P-B框架 | 8  |
| 7.1.2   | AV1以灵活方式处理帧间预测         | 9  |
| 7.2     | 高级编码工具集                | 9  |
| 7.3     | 运行效率功能                 | 9  |
| 7.4     | 处理与滤波                  | 10 |
| 8       | 技术集成指南                 | 10 |
| 8.1     | 在安讯士设备中流式传输和解码AV1视频    | 10 |
| 8.2     | 开发者需考虑的关键因素            | 10 |
| 8.2.1   | 提取AV1流                 | 10 |
| 8.2.1.1 | 标准协议                   | 10 |
| 8.2.1.2 | WebRTC                 | 11 |
| 8.2.2   | AV1流的解码与渲染             | 11 |
| 9       | 商标归属说明                 | 11 |

# 1 引言

二十多年来，H.264 (AVC) 一直是监控及类似应用领域中占主导地位的视频压缩标准，在比特率和图像质量之间实现了可靠的平衡。然而，现代安防系统正面临着前所未有的数据需求。更高的分辨率、更多的摄像机数量以及基于云端的智能分析兴起，正在将网络带宽和存储容量推向极限。随着行业规模的扩大，压缩技术也需要随之发展。

虽然H.265曾被视为理所当然的接班人，但复杂的许可却延缓了其普及进程。相比之下，较新的AV1标准不仅具备更出色的压缩效率，还拥有广泛的IT支持和成熟的生态系统。这是一种开放且免版税的编码器，得到了全球领先科技公司的支持，专为满足现代视频的需求而设计。

多年前，安讯士作为首家在产品中采用H.264标准的安防摄像机制造商，引领行业迈入了H.264时代。如今，安讯士正向业界推出AV1标准。

本白皮书探讨了AV1在视频监控领域的应用，涵盖从压缩效率到生态系统支持及实际集成的各个方面。其中包含比特率对比、对AV1工作原理的深入技术解析，以及关于集成安讯士设备的开发者指南。

## 2 制定新压缩标准的必要性

如果没有视频压缩技术，视频流传输和存储几乎是不可能实现的。一段每秒30帧的标准1080p视频，如果不进行任何压缩，其带宽消耗将接近1 Gbit/s。以如此高的比特率，不到三个小时的录制就会填满一块1 TB的硬盘，而普通网络根本无法传输单台摄像机拍摄的视频。使用一台能提供极致图像质量的8K摄像机，大约30分钟就能填满同等容量的硬盘。

视频编码器能大幅压缩视频数据，从而使大规模流式传输、存储和传输监控视频成为可能。

尽管H.265相比H.264有所改进，既支持更高的摄像机分辨率，又能降低比特率，但已部署的摄像机数量之庞大，仍持续给网络带宽和存储基础设施带来压力。随着行业迈向并超越4K分辨率，仅靠逐步提升的压缩技术已不再足够。

此外，现代视频编码器是基于多年来由众多不同公司和研究人员开发的压缩方法构建而成的。因此，H.264和H.265遭遇的一大挑战在于其专利许可模式分散且往往难以预测。H.265面临多个专利池和个人专利权人的局面，为制造商和用户创造了一个不透明且成本高昂的生态系统。这种复杂性阻碍了该技术的推广，限制了兼容性，并在部署过程中增加了不可预见的成本。这甚至导致一些大型硬件制造商开始从现有产品中删除对H.265的硬件支持。

安防行业需要一种编码器，它不仅能提供卓越的压缩性能，还必须在透明、易于访问且面向未来的基础上运行。

## 3 AV1的推广

AV1视频压缩标准由开放媒体联盟 (AOMedia) 开发。该联盟的成立旨在创建一种开放且免版税的视频格式。如今，AV1已成为Netflix和YouTube等主要流媒体服务提供商的首选编码器。它支持所有主流桌面操作系统 (Windows®、macOS®和Linux®) 以及移动平台 (Android™和iOS®)。

作为一项由亚马逊、苹果、思科、谷歌、英特尔、Meta、微软、Mozilla、奈飞、英伟达和三星等公司通过AOMedia提供支持的开放标准，AV1具有良好的长期发展前景。其开放性也意味着与其他编码器相比，许可方面的不确定性更少，专利成本也更低。

VMS正在不断得到推广，包括Milestone、Genetec和安讯士在内的多家行业领先供应商已提供对此技术的支持。多数视频管理系统 (VMS) 解决方案 (包括AXIS CameraStation Pro) 的网络客户端均支持原生AV1 – 而H.265即使在上市十年后，仍难以实现这一点。得益于成熟的开源库和工具，添加AV1支持相对简单。

安讯士正积极与ONVIF®等行业组织展开合作，推动围绕AV1的互操作性。安讯士认为目前的ONVIF视频流方法已与AV1保持一致，并预计随着在行业内得到更广泛的应用，这将为AV1正式纳入ONVIF标准铺平道路。

在硬件方面，如今的现代CPU已普遍集成了AV1解码。虽然部分生产于2015至2020年间的硬件支持H.265但不支持AV1，但随着现代设备对AV1硬件支持的迅速扩大，这一差距正在很快缩小。例如，AXIS Camera Station S2216 Mk II Rack Appliance是一种录制解决方案，无需专用GPU即可为16个通道提供硬件AV1解码支持。但即使是普通的笔记本电脑CPU，也能处理8K30 AV1流。此外，越来越多的智能手机和平板电脑配备了AV1硬件解码器，从而消除了用户对移动设备播放期间电池耗电或延迟的担忧。

## 4 AV1在视频监控中的优势

虽然AV1最初并非为监控而设计，但H.264和H.265最初也不是为监控而设计的。不过，所有标准所采用的底层压缩方法都具有很强的适应性，而Axis ARTPEC-9系统级芯片中的AV1实施已针对监控应用进行了优化。

对于给定的视频数据量，AV1能够带来更低的比特率，这直接意味着存储需求减少，从而可能延长现有存储基础设施的使用寿命，或实现更长的数据保留期限。此外，降低网络带宽消耗可以推迟或避免成本高昂的网络升级。总的来看，这降低了监控系统的总体拥有成本 (TCO)。

此外，基于云端的视频监控正在迅速发展，这对压缩技术提出了较高要求。要将成百上千台摄像机的视频传输到云存储和分析平台，需要一种能够在互联网连接下以低比特率提供高质量画面的编码器。AV1专为互联网视频传输而设计，其免版税的许可模式意味着它在不同浏览器、平台和云服务中均得到原生支持。这种广泛的支持简化了云集成，并移除了历史上一直阻碍H.265在云环境中大规模部署的兼容性障碍。

## 5 安讯士AV1的实施

作为首家在摄像机中集成AV1支持的制造商，安讯士引领安防行业不断前行。这体现了我们既致力于推动视频监控行业的发展，又致力于提升客户使用体验的承诺。

AV1实施侧重于编码器在安防应用中的基本优势，专为满足24/7全天候连续录制、人工智能分析集成和监控系统互操作性的特定需求而打造。与监控无关的、以广播为中心的功能被故意排除在外。相反，系统利用了核心压缩功能，这是基于编码器的灵活块划分、先进的帧内和帧间预测以及精密的滤波技术。

在安讯士摄像机中，AV1支持并非成本驱动因素，因为摄像机集成的ARTPEC架构能够高效地实施和集成新编码器。客户无需额外花费，即可充分享受AV1带来的效率优势。ARTPEC-9能够以极低的开销提供完整的实时AV1编码器性能，且不会给摄像机带来额外的CPU负载或功耗。

自发布之日起，即全面支持H.264和H.265格式下所有安讯士功能，包括Zipstream、签名视频、比特率控制算法和Zipstream配置文件。此外AXIS Camera Station和AXIS Site Designer也全面支持AV1格式。

### 5.1 Zipstream与AV1：强强联手

AV1、H.264和H.265专为在众多行业中广泛应用而开发的。由于这些标准侧重于解码器而非编码器，因此可以独立开发对编码器的渐进式改进。正是这一点使安讯士得以开发出Zipstream – 一种专为监控而设计的优化技术，旨在与底层视频编码器协同工作。该方案在保护视频取证价值的同时，可将带宽和存储空间至少降低50%。

Zipstream实时分析视频场景，动态识别人脸和车牌等关注区域，在保留这些区域细节的同时，对次要区域进行更大幅度的压缩。结合AV1在压缩复杂移动目标方面固有的优势，在最关键的区域能够保留高质量的取证细节，同时显著降低了整体比特率。

### 5.2 AV1带来全新功能

早在首次ARTPEC实施中，AV1就始终展现出与第三代H.265实施相当的压缩效率。此外，AV1还提供了一套更先进的工具集，可以解锁全新功能。安讯士摄像机即将推出的新功能包括Toggleable overlays以及适用于静止图像的AVIF格式。

### 5.2.1 Toggable overlays

“Toggable overlays”是一项功能，允许用户在直播和录播播放期间，切换视频中的图形元素。这些元素包括边界框、文本注释和MQTT数据可视化。这些叠加层被永久嵌入视频中的一个专用图层中，因此即使不可见，它们也始终存在。这意味着，当操作员不需要叠加信息时，可以选择查看未叠加的视频，同时不会丢失任何嵌入式数据。Toggable overlays展示了AV1更先进的架构如何启用全新功能，这些功能超越了H.264和H.265所能支持的范围。

### 5.2.2 AVIF ( AV1图像格式 )

AVIF是一种基于与AV1视频相同压缩技术的现代静止图像格式。正如AV1相较于H.264和H.265视频编码标准有所改进，AVIF在保持高图像质量的同时，其压缩效率也显著优于JPEG等旧图像格式。对于视频监控而言，这意味着从摄像机捕获的静止图像（例如用于警报或取证的抓拍）能够更高效地存储和传输。AVIF还支持宽色域和高动态范围，可在监控中常见的复杂光照条件下保留更多细节。

## 6 AV1、H.264和H.265的比特率效率

ARTPEC-9内置的视频编码器支持使用MJPEG、H.264、H.265或AV1格式对视频进行压缩。

尽管MJPEG在比特率利用率方面极其低效，但它是一种易于使用的格式，时隔30年，至今仍有一些应用场景。由于JPEG算法会产生非常高的比特率，因此摄像机的嵌入式软件对MJPEG的总吞吐量设定了限制。

H.264、H.265和AV1的基础比特率远低于MJPEG，而ARTPEC-9能够同时使用这三种编码器传输流。您可以根据应用需求灵活组合分辨率、帧速和编码设置，但需在设备性能允许的范围内。在最高性能的内存配置下，ARTPEC-9可提供60 fps的4K流传输，总吞吐量高达540 MP/s。更多详情请参阅白皮书ARTPEC-9产品的流传输性能

新场景的比特率很难预测，因为视频编码器结构复杂，而且不同场景之间的比特率效率差异很大。更先进的编码器往往表现出更大的差异。如需帮助估算采用H.264、H.265和AV1格式的完整安装方案所需的比特率和存储空间，您可以使用设计工具AXIS Site Designer，网址为[axis.com/support/tools/axis-site-designer](https://axis.com/support/tools/axis-site-designer)

### 6.1 场景示例

安讯士针对同一台摄像机同时进行流传输、拍摄选定监控场景的测试表明，AV1的比特率通常与H.265相当，而H.264的比特率则明显更高。

表格 6.1 比特率以及不同编码器之间的比特率对比。

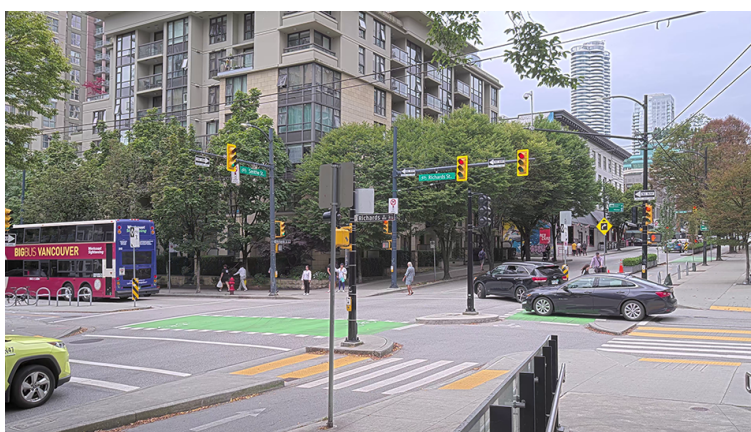
| 场景      | H.264 ( Mbit/s ) | H.265 ( Mbit/s ) | AV1 (Mbit/s) | AV1与H.264 对比 | AV1与H.265 对比 |
|---------|------------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
| 繁忙的城市监控 | 23.558           | 16.842           | 15.862       | -33%         | -5.8%        |
| 交通监控    | 20.525           | 15.773           | 15.660       | -24%         | -0.72%       |
| 白天城市监控  | 16.211           | 13.249           | 13.244       | -18%         | -0.04%       |
| 夜间城市监控  | 4.7725           | 3.5333           | 3.3637       | -30%         | -4.8%        |



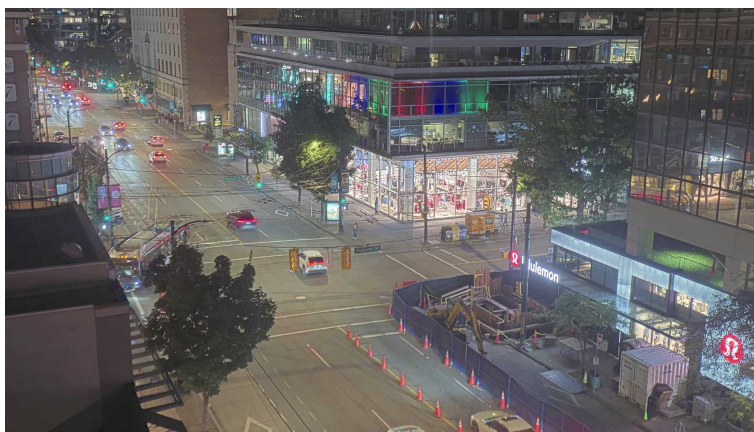
一段来自标准测试序列视频中的繁忙城市监控场景。  
AV1的比特率：与H.264相比降低了33%，与H.265相比降低了5.8%。



交通监控场景，由AXIS Q1728 Block Camera拍摄。  
AV1的比特率：与H.264相比降低了24%，与H.265相比降低了0.72%。



白天城市监控场景，由AXIS Q1728 Block Camera拍摄。  
AV1的比特率：与H.264相比降低了18%，与H.265相比降低了0.04%。



夜间城市监控场景，由AXIS Q1728 Block Camera拍摄。  
AV1的比特率：与H.264相比降低了30%，与H.265相比降低了4.8%。

## 6.2 编码器对比：取证视频质量与比特率

如果视频质量不同，比较比特率就没有意义。遗憾的是，目前尚无可靠的方法可以自动测量图像质量，而人工评估又非常耗时。

如果你使用两台摄像机，你必须采取以下其中一种做法：

- 将两台摄像机调整为相同的比特率，然后通过逐帧查看并查找伪影来比较视频质量
- 或者将两台摄像机调整到提供相同图像质量的状态（这既费时又难以验证），然后比较比特率。

然而，并排放置的两台摄像机，其视野仅大致相同。在此类测试设置中，比特率的不确定性可能高达20%，这对进行有意义的比较来说实在太大了。您需要拍摄各种各样的场景，以弥补仅拍摄几乎完全相同的内容这一不足。

要公平地比较两种编码器，您需要用它们对完全相同的视频进行编码。视频必须逐帧相同，这意味着所有摄像机设置、视野、锐度和场景内容都必须完全一致。要在实时画面中实现这一点，唯一的方法是在同一台摄像机中同时对这两个视频流进行编码。最新推出的ARTPEC芯片具备足够的处理能力来应对这一需求。它们可以并行编码两个视频流，并将两者同时保存到SD卡中，或将其流式传输到视频管理系统 (VMS)。推荐的做法是使用一台预先配置流配置文件和触发条件的摄像机，本文中呈现的比特率效率对比就是通过这种方式进行的。

## 7 AV1的技术基础

虽然向AV1的过渡带来了新的效率提升，但将其视为对现有标准的进一步完善更为恰当。AV1基于与H.264和H.265中使用的相同核心原则，即基于块的压缩、运动估计和变换编码。此外，AV1还引入了一套先进的工具和预测机制。

### 7.1 优化的帧类型与预测

这些编码器之间的主要区别在于编码器在预测像素运动时的灵活性程度。

#### 7.1.1 H.264和H.265中确立的I-P-B框架

H.264和H.265依赖于由三种主要压缩帧类型组成的标准层次结构来实现帧间压缩。这些帧的序列构成了一个图片组 (GOP)，通常以I帧为起始帧，随后是P帧和B帧的混合。编码器可在I帧之后自由选择帧类型。

- **I帧**（即帧内编码）是独立的锚定帧，能够存储完整图像，而无需引用其他帧。它们通常为解码、寻找和错误恢复提供随机访问点。I帧仅使用同一帧内相邻像素的空间预测，因此是帧类型中体积最大的。H.265通过引入比H.264标准更多的方向模式和更大的预测块尺寸，增强了帧内预测。

- **P帧**是预测帧，其编码方式是通过预测与前一个或两个I帧或P帧之间的差异来实现的。它们的体积比I帧小得多，因为它们只存储运动矢量（指示像素块的运动情况）和残差数据（预测图像与实际图像之间的差异）。虽然P帧能高效地表示帧与帧之间的运动，但其对过去参考帧的依赖可能会在复杂运动或场景发生显著变化时限制预测精度。
- **B帧**是一种双向预测帧，它同时参考过去和未来的数据，以最大限度地提高编码效率。它们通过利用两个方向的信息，并采用一种能防止伪影扩散到其他帧的分层结构，从而达到最高的压缩率。虽然B帧非常适合实现平滑运动，但由于其依赖于后续帧，因此会引入解码延迟。H.265通过灵活参考帧列表和自适应运动矢量预测，提升了B帧性能。

### 7.1.2 AV1以灵活方式处理帧间预测

AV1保留了通过引用其他帧来减少数据量的理念，同时用一种多功能的帧间结构取代了刚性的P帧或B帧标签。

- **关键帧**起到与I帧相同的基本作用，即提供可独立解码的自包含图像。它们对于播放启动、寻找和错误恢复仍然是必不可少的。增强的帧内预测确保即使是AV1中的“完整”关键帧也能比旧版编码器中的I帧实现更高效的编码，在保持画质的同时缩小文件大小。具体的帧内预测工具包括更多方向性模式、Paeth和调色板预测器，以及从亮度到色度预测。
  - 更多的方向模式意味着，在根据邻近像素预测像素值时，可选的角度范围更广，达到56个，而H.265为35个，H.264仅为9个。
  - Paeth预测器根据梯度选择方向，而调色板预测器则能高效管理使用有限颜色集的内容，例如计算机图形。
  - “从亮度到色度” (CfL) 是一种帧内预测技术，它根据亮度数据 (luma) 来预测色度信息 (chroma)。
- **帧间帧**代表关键帧之间的运动和更改。它们在基本原理上与P帧相似，但通过采用多方向参考帧结构，其性能超越了P帧和B帧。与仅有一个参考帧的P帧和最多有两个参考帧的B帧不同，AV1的帧间帧对于任意给定的块，最多可引用六个先前已解码的帧。这使编码器能够在多个时间距离上找到最佳匹配，从而实现更准确的预测和更小的残差。

## 7.2 高级编码工具集

AV1引入了若干先进的工具，用于优化块的处理方式。

**高级块划分。**虽然AV1支持128x128超级块，但该编码器的主要优势在于其块划分的灵活性。128 × 128或64 × 64像素的超级块可实现高度灵活的划分模式，包括T形分割以及4:1或1:4长宽比的分割，最小可划分为4 × 4像素块。这使编码器能够比H.264或H.265中的刚性结构更精确地围绕细微细节对图像进行划分。

**复合预测。**此功能实现了在单个块内组合两个不同的预测信号。复合帧间预测组合了不同的参考帧或运动矢量，而复合帧间帧内预测则融合了帧间预测和帧内预测，以优化目标边界。比如“楔形分区预测”之类的工具，可在两个混合预测之间创建平滑倾斜的过渡线，从而避免出现块状伪影，并准确分割移动目标。

## 7.3 运行效率功能

一些AV1工具是为专门摄像机运动和流传输性能而设计的。

**全局运动与畸变运动。**AV1通过在较大区域或整个帧上应用一组畸变参数来处理水平转动、垂直转动或变焦等摄像机运动。这就无需在摄像机运动时为每个块分别编码运动矢量，对于监控视频素材而言效率极高。

**交换帧 (S帧)。**这些是专为自适应比特率流传输设计的帧间帧。它们可以根据分辨率更高的参考帧来进行预测。这使解码器无需完整的关键帧即可交换到分辨率较低的流，从而针对不同的网络状况进行优化。

## 7.4 处理与滤波

AV1引入了多项数学和后处理方面的改进，从而提升了最终图像质量和编码效率。

**更高的内部精度。** AV1以每个样本10或12位执行内部处理，以减少舍入误差并保留细节。这在高动态范围场景中尤为有用。

**变换。** 与 H.265相比，AV1支持的变换类型要广泛得多。它利用多种类型将残差模式映射到频域，包括矩形DCT（离散余弦变换）和非对称DST（离散正弦变换）。该编码器可以水平和垂直方向上组合不同的1D变换，以更好地适应残差数据的特性。

**环内滤波。** AV1利用约束方向增强滤波器 (CDEF) 来平滑沿主要边缘出现的振铃伪影。它还采用一种基于维纳算法的环路恢复滤波器，以减少整个帧中的模糊伪影。

**胶片颗粒合成。** AV1并不会低效地编码随机噪音，而是传输参数，以便在解码器端合成颗粒质感。这既保留了感知纹理，同时显著降低了比特率。该功能专为电影和广播制作设计，而非用于监控。

**非二进制算术编码。** AV1采用了一种非二进制算术编码器，与H.264或H.265中使用的二进制CABAC系统相比，它可以更高效且更快地在硬件中实施。

## 8 技术集成指南

### 8.1 在安讯士设备中流式传输和解码AV1视频

安讯士支持在搭载ARTPEC-9系统级芯片 (SoC) 或更高版本的设备上使用AV1视频编码标准。该实施完全符合AV1规范，支持具有8位色深的主配置文件，以确保在不同平台上的兼容性。

安讯士流媒体库支持通过RTSP/RTP流式传输AV1视频。该实现采用C#编写，并使用VAPIX与安讯士设备进行通信。

为了确保高质量的播放效果，会根据观看平台采用相应的解码策略。对于桌面应用，使用FFmpeg时需启用dav1d解码器库。Web客户端依赖于现代浏览器中内置的AV1视频支持。

对于面向iOS和Android开发的移动应用，安讯士的AV1实现在灵活性与性能之间取得了平衡。FFmpeg用于从视频流中提取视频帧。实际解码由移动平台自身执行。原生视频播放器负责处理帧的渲染，以确保播放流畅和节能高效。

### 8.2 开发者需考虑的关键因素

VAPIX® API提供与AXIS OS进行定制化集成的必要工具和文档。如需了解如何将我们设备中采用AV1编码的视频集成到您的系统和解决方案中，请参阅安讯士开发者文档，特别是：<https://developer.axis.com/video-streaming-and-recording/av1/how-to-guides/integration-guide-av1/>

在与支持AV1的安讯士设备集成之前，请确保您的系统硬件和软件能够支持AV1视频解码。如果缺乏硬件支持或解码器库未经过优化，AV1视频可能比H.265消耗更多的CPU资源。考虑通过采用多线程、GPU加速或其他技术来提升应用的性能。

使用AV1视频技术需遵守相应的许可条款和条件。您有责任就使用AV1视频技术可能所需的任何专利或其他知识产权，从第三方处获取必要的许可。

#### 8.2.1 提取AV1流

##### 8.2.1.1 标准协议

开发者可以通过访问一个接受流传输参数（如编码器、分辨率、帧速和比特率）的特定URL，使用RTSP/RTP或HTTP等标准协议请求AV1流。

### 8.2.1.2 WebRTC

您还可以使用WebRTC来提取AV1流。为此，您必须使用一个WebRTC客户端应用来查看视频流，至少一个信令服务器来设置初始连接，以及一个STUN或TURN服务器来实现NAT穿透。

对于WebRTC客户端应用，最常见且最灵活的选择是使用现代网页浏览器，并利用JavaScript开发网页来与WebRTC API（例如RTCPeerConnection和getUserMedia）交互。无论桌面端还是移动端，您也可以使用WebRTC库（例如LibWebRTC）开发一个自定义应用，以集成视频流。

如果您未使用Axis Cloud Connect解决方案，则需要自行托管信令服务器。它将充当协调器，使安讯士摄像机（作为一个WebRTC端点）和您的客户端（另一个端点）能够交换必要的信息，从而建立直接连接。这包括：

- SDP（会话描述协议）发送/响应。这些信息描述了每个对等节点的媒体能力和配置。
- ICE（交互式连接建立）候选者。这些是每个对等节点可能可访问的潜在网络地址（IP与端口的组合）。

您可以使用各种后端技术（例如带有WebSockets的Node.js、Python、Java、Go）构建一个信令服务器来处理这些交互。

大多数设备（包括摄像机和客户端计算机）都位于NAT（网络地址转换）路由器和防火墙之后。这使直接的点对点连接变得困难，因为它们的内部IP地址无法公开路由。STUN（NAT会话穿透实用程序）服务器可帮助对等节点发现其公共IP地址和端口映射。重量相对较轻。您可以使用公共STUN服务器，也可以托管自己的服务器。

如果STUN不足于建立直接连接（例如由于限制对称NAT或企业防火墙），则需要一个TURN（Traversal Using Relays around NAT）服务器。TURN充当中继，在对等节点之间转发媒体流量。虽然这会消耗更多带宽并带来轻微延迟，但能确保连接畅通。您需要自行托管一个TURN服务器。

### 8.2.2 AV1流的解码与渲染

要在您的应用中解码AV1视频流，可以使用FFmpeg。这是一个广受欢迎的开源多媒体框架。要渲染AV1视频流，您可以使用大多数现代浏览器、媒体播放器、视频硬件或公共框架。

## 9 商标归属说明

© 2026 Axis Communications AB. AXIS COMMUNICATIONS、AXIS、ARTPEC 和 VAPIX 是 Axis AB 在不同司法辖区内的注册商标。Microsoft 和 Windows 是微软公司的注册商标。MacOS 和 Apple 是 Apple Inc. 在美国及其他国家/地区注册的商标。iOS 是思科 (Cisco) 在美国及其他国家/地区的商标或注册商标，在许可下使用。Android 和 Google 是 Google LLC 的商标。Linux 是 Linus Torvalds 在美国及其他国家/地区的注册商标。ONVIF 是 ONVIF, Inc. 的商标。所有其它商标均为其各自所有者的财产。

## 关于安讯士 (Axis Communications)

安讯士通过打造各种解决方案，提高安全水平和企业效益，旨在创建一个高度智能、更加安全的世界。作为一家网络技术公司和行业领导者，安讯士致力于推出视频监控、访问控制、内部通信和音频系统解决方案。安讯士通过智能分析应用程序增强解决方案，并提供高质量培训支持。

安讯士在全球50多个国家和地区设有办事机构，拥有超过5,000名尽职的员工，并与遍布世界各地的技术和系统集成合作伙伴携手并进，为客户带来高价值的解决方案。安讯士创立于1984年，总部位于瑞典。