

# 高清低带宽技术加速平安城市监控高清化建设

孙英绪/企业网政府城市安全行业解决方案部

## 摘要:

如今的视频监控正在向高清方向发展。相对于传统标清而言，高清是指更高的分辨率，按数字电视显示模式标准，高清分辨率可分为 1280×720 的 720p 和 1920×1080 的 1080p 全高清。因为高清图像的像素比标清的更多更丰富，传输时需要占用更高的网络带宽，存储时占用需要更大的存储空间，因此原始视频图像在进行网络传输之前，往往需要先经过数字压缩编码进行数字化和压缩处理。处理之后，传输带宽占用多少和存储空间占用多少，则取决于视频的压缩编码技术。目前最常见的视频编解码压缩技术有 MPEG2、MPEG4 和 H. 264 等，其中 H. 264 压缩效率最高，是当前最流行的编码技术，其往下又可分为基准类(BaseProfile)、主要类(MainProfile)和高级类(HighProfile)等细分技术，不同的细分具有不同的压缩率和不同的成像画质，HP 有最佳的压缩和画质保护效果。华为公司在 H. 264 HP 的基础上，运用 RDO 算法增强性的推出了一种保证高保真高压缩比的视频编码解决方案，使得在同等画面质量的情况下，比业界同等的 H. 264 编码方案节省多至 50% 的网络承载占用带宽，极大的帮助客户节省了网络建设投资。

**关键词:** H. 264HP H. 265 编解码 传输带宽 RDO 高清

## 前言:

随着高清网络监控时代的到来，除了需要由网络监控摄像机提供高清晰画质外，在监控承载网络方面也提出了更高的带宽要求。通常在 H. 264 编码情况下，720p@30fps 高清视频传送需要 2M-4M 的网络承载带宽，而 1080p@30 帧则需要 4M-8M，如果网络带宽不足，就会给高清图象的最终呈现带来卡、顿、模糊不清等现象，失去了高清系统的最终建设意义。然而，更高的网络承载带宽需求意味着更大的网络建设投资。

能否有更好并且符合标准互通兼容性的视频压缩技术，使得在保持高清质量画面的同时，减少高清摄像机所占用的网络传输带宽，从而减少用户网络投资呢？

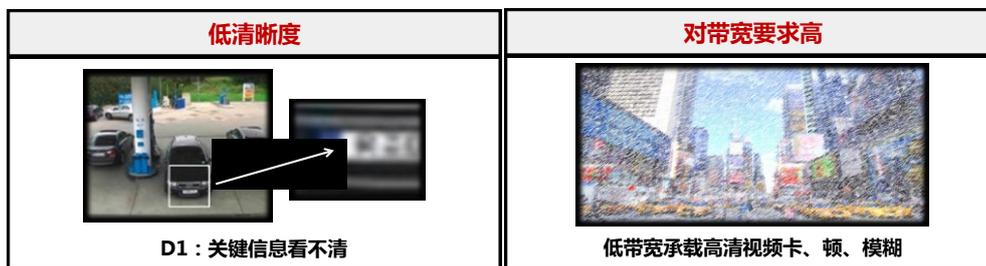


图 1 高清图像在网络带宽不足的情况下卡、顿、模糊不清

华为公司有效的解决这个高清低带宽的难题。通过良好的图像压缩算法技术，在较低的网络带宽占用的同时仍保持了高清的图像质量。在此我们就通过视频压缩的原理介绍一下华为为视频压缩获取高质量低带宽视频画质的技术特点。

## 一、为什么需要视频压缩

高清视频监控如今已成为平安城市视频监控的实施发展趋势，那么如果一个熟悉而陌生字眼 1080P@60fps 出现在我们的视野中时，这个字眼到底包含哪些含义？它又将给我们提出了哪些问题？要怎样去解决这些问题呢？

让我们从自然景象说起。自然景象是由自然环境中的一组具有不同形状、大小、颜色、纹理、亮度等特性的物体所组成的，自然视频景象（光信号）在时间和空间两个维度是连续的，摄像机要获得自然景象的连续视频图像就要进行时域和空域采样。时域采样能获得多幅图像，每秒采样的图像个数称为帧率（单位 fps，每秒帧数）；空域采样是对一帧图像进行点采样，得到一个二维点阵，每个点称为一个像素。点采样的密度越大，像素点个数越多，图像就越细腻，越清晰。通常用像素点个数表示图像大小，又称为分辨率。

回到我们上面提到的 1080P@60fps，国际数字电视标准 1080P 代表的是每帧 1920x1080 个像素点。每个像素点通常用 8bit 进行数字化存储。那么 1080P@60fps 所代表的原始视频图像，每秒所需要的原始存储空间就是： $1920 \times 1080 \times 60 \times 8 \times 1.5 = 1.492 \text{Gbps}$ （YPbPr 图像采样格式 4:2:0，1.5 为亮度全采样与色度半采样时的采样率，大家可以认为是一个系数）。如果不经过处理，这意味着极大的传输带宽需求和巨量的存储空间需求，因此，原始视频图像数据必须经过压缩编码，否则就无法实现实际意义的网络高清视频图像传输和应用。

## 二、视频为何可以压缩

视频信号数据量很大，为了达到高效的压缩，必须充分利用各种冗余。原始视频图像里的冗余信息包含两类：

第一类是统计冗余，包括：

- 时间冗余，连续两帧图像之间大部分内容可能都相同；
- 空间冗余，一帧图像内的某个区域的内容相同，比如一堵白墙；
- 分辨率冗余，如果对非关心区域的局部图像细节不是很关心，那部分区域就没有必要用高分辨率图像；
- 编码冗余，编码的输入为经变换量化后的图像数据符号，编码冗余就是将输入的图像数据符号映射为不同长度的码字，从而减少符号实际需要传输的长度。

第二类就是视觉生理冗余，人眼的视觉有一定的局限性，比如人眼对色彩分量没有象对亮度分量那样敏感，对图像高频（细节）处的噪声不敏感等。因此，即使压缩前后的图像有一定失真，只要控制在一定的范围之内，人眼就不易察觉。

## 三、视频如何压缩和标准

视频图像存在冗余信息，通过压缩编码去除冗余信息，能减少图像数据。在传输和存储图像时，达到减少占用网络带宽和存储空间的目的。

针对不同的冗余分类，通常采用的编码压缩方法有：

**时间冗余：**摄像机采样的速度是非常快的，比如每秒采样 30 帧图像，或者 60 帧图像。时间冗余产生的原因是物体运动相对较慢，或者运动物体占整个场景的比例较小。这样造成了连续两个图像帧之间的差异很小，这样在前一帧的基础上，只需传送连续两帧图像之间差值，就可以得出后一帧的图像。编码过程中，编码器逐个计算各个宏块（像素组区域）的运动向量，识别出相邻两帧图像中有差异的那些宏块，对其进行残差编码，相同部分则不再编码，从而实现了编码压缩。大家可以认识到，两帧差异的算法至关重要，因为它既影响图像质量，

又影响编码器的处理能力。

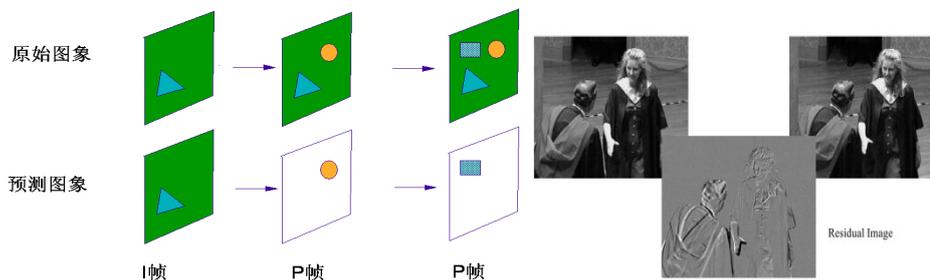


图 2 时间冗余压缩

**空间冗余:** 通过数学变换、量化、编码, 识别和分离出图像中重要程度不同的各个空间部分。一帧图像内的某个区域内内容相同, 需要使用的参数就可以越少, 比如, 对于一块纯色图像, 只需一个参数即可描述。通过这种方法, 可以达到空间冗余压缩的效果。

**分辨率冗余:** 降低图像中非关心区域的分辨率和图像采样率也可以达到提高压缩率的目的。比如, 摄像机输入的图像为 1080x720 分辨率, 帧率为 60fps 的视频流, 对于非关心区域, 在视频压缩中使用 720x576, 帧率为 30 帧的格式编码, 在非关心区域分辨率在水平和垂直方向各压缩四分之一, 帧频变为原来一半。整体视频图像数据得到压缩。

**编码冗余:** 视频数据经过压缩、数学变换符号化后进入传输编码流程。通过编码去除冗余的方法可以进一步压缩需传输的数据。基本原理就是给出出现概率大的数据符号赋予较短的码字, 给出出现概率小的数据赋予较长的码字, 降低了整体平均编码数据的长度, 从而达到编码压缩的目的。

比如, 数据符号串输入: abcdeaaabdeabbaccdeabbaaa, 用 ASCII 码表示需 26 个字节, 每符号 8bit, 共 208bit。

用 Huffman 进行编码

a 出现的概率最大, 用比特“1”表示

b 出现的概率次之, 用比特“01”表示

cde 出现的概率相等, 分别用比特“001”、“0001”和“0000”

则输入字符串的编码为: “1101001000100001110100010000101011001001000100001010111”, 共 56bit, 每符号 2.154bit, 降低了整体数据长度。

**视觉生理冗余:** 前面谈到人类视觉系统对物体亮度敏感度高于对物体颜色敏感度。一幅原始的数字图像, 每一个点的颜色是用 YUV 三个分量来描述的, 这样数据量很大。考虑到实际中相邻点的颜色差距不大, 视觉生理冗余就是用一个颜色值去描述周边多个点的颜色, 从而实现减少数据量的目的。

以上技术均在视频压缩技术和标准中得到了应用。H.264 (AVC) 从 2003 年 5 月草稿发布以来, 凭借其相对于以往的视频压缩标准在压缩效率以及网络适应性方面的明显优势, 逐步成为视频应用领域的主流标准, 至 2011 年底, 80% 的视频设备使用了 H.264 编码, 并且预计随着支持 H.264 解码的设备不断增多, 这一占有率还将进一步增长。

即便是在同一 H.264 标准平台上, H.264 技术根据输出的画质级别还可细分为: Baseline Profile (BP) 基准画质, Main profile (MP) 主要画质, High profile (HP) 高级画质。不同的细分技术会形成不同的画质成像, 其中 H.264 HP 模式的编码效率比 BP 和 MP 压缩效率都高, 但对编码器运算量的需求也最大, 需要更加强大的 DSP 处理器和硬件平台配合工作。因为 HP 模式需要更大的运算量, 目前多数厂商的编码器还不具备提供 HP 的硬件能力。

兼容性方面, 支持 H.264 HP 的设备可以和支持 H.264 BP 或 MP 标准的视频监控设备无定制对接。

## 四、 华为 H.264 High Profile 芯片级方案

如上所述, 视频压缩最根本的原理就是对各种冗余的消除, 只是所用具体方法的效率、效果不尽相同而已。

那么什么样的算法才是最好的呢? 针对一幅原始图象进行压缩和编码, 评价其效率有两大指标: 编码输出的码流速率和 PSNR (Peak Signal Noise Ratio)。码流越小, 压缩率越大, 传输时所需网络承载带宽就越小; PSNR 越大, 信噪比越高, 重建的图像质量就越好。在 H.264 编码过程中, 每个宏块的亮度信号都要完成 9 种 4x4 预测模式和 4 种 16x16 预测模式的评估, 然后通过选择, 得到一种最佳的预测模式, 从而使得编码效率和图象质量达到最佳。这里所说的预测模式, 就是对标准里规定的每个宏块做一次完整的预编码过程。选择就是比较各种模式的编码码率和 PSNR, 从中选出最佳的方案作为最终编码方案。

因为预测模式的优劣直接影响了编码效率评价的两大指标, 所以预测模式的选择就成了决定压缩效率的关键因素。华为结合自身在视频编码领域 10 多年的研究成果, 在 H.264 HP 视频压缩算法的基础上, 通过基于率失真优化的 RDO 算法, 有效平衡了这两大指标, 达到组合最佳。具体来讲, 首先, RDO 算法针对 PSNR 指标采用重建块与源图像的差值均方和方式, 这种方法较业界通常采用的绝对误差和算法方式更复杂, 但是在图像预测精度方面更高; 第二, RDO 在码流速率指标方面, 通过 HP 模式实现高压缩率, 通过采用参考帧、模式、运动矢量、残差的帧间及帧内预测等一系列技术组合, 相比业界来说, 综合考虑的因素更多, 精确度更高。第三, 算法全部通过自研芯片实现, 做到了全硬件化实现 RDO 算法运算速度快, 去除了软件实现时的性能瓶颈。相对来讲, 目前业界绝大多数厂家限于他们编码器处理能力的限制, 采用的模式选择方式在码率、图像重建上的运算量相对简单, 通常是将压缩算法直接加载到 DSP 芯片中, 通过软件方式来实现, 以降低对硬件芯片的性能要求, 但是相应的压缩效率及图像画质都不如华为采用的全硬件 RDO 率失真优化方法。

下图是在 1080P@60fps IPC 摄像机中应用的华为海思 Hi3517 芯片。

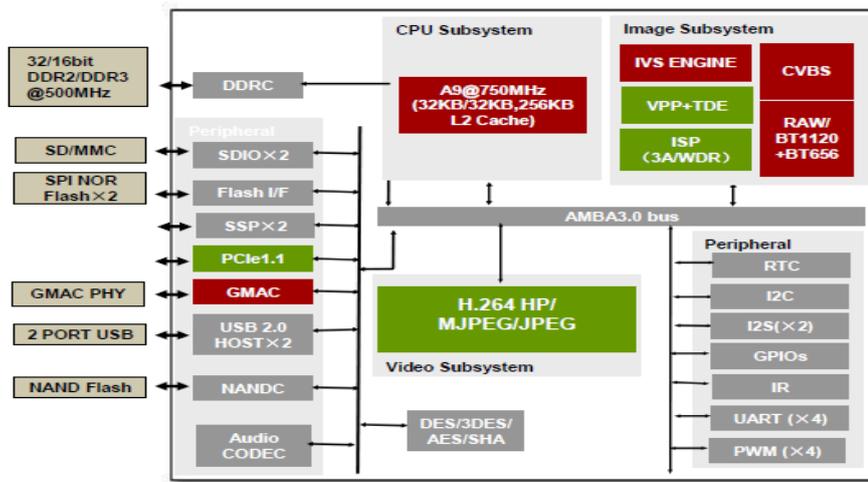


图 3 华为海思 Hi3517 高清低带宽芯片

下图体现了在同高清画质情景下，华为通过全硬件 RDO 算法实现 H.264 HP 压缩编码与业界传统 H.264 压缩编码实现，在网络承载带宽占用需求方面的差别。

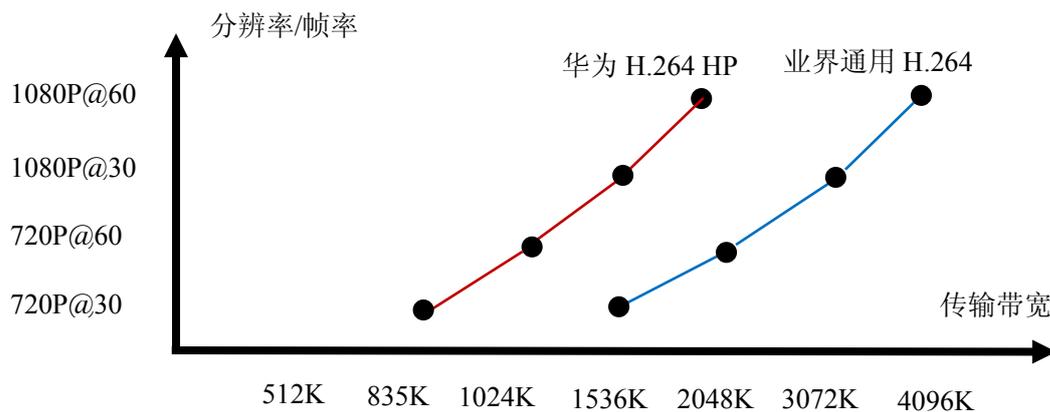


图 4 华为 H.264 HP 与通用 H.264 所需传输带宽相比

在实际应用中，视频场景可分为相对静态和相对动态两种场景，在相对静态场景中，运动物体比较少，时间冗余较大，压缩比高，网络带宽可节省较多；在相对动态场景时，运动物体多，时间冗余较少，网络带宽节省相对较小。基于 H.264 HP 算法加上华为自有的 RDO 算法，在同画面同画质的条件下，华为提供了相对于业界同等水平 15%—50% 的网络带宽节省方案，拥有在超低带宽占用的条件下提供超清晰画面的能力，极大的节约了用户传输网络及后端存储建设成本。解决了看不清、高带宽的难题。



图 5 华为方案解决高清带宽矛盾

## 五、 其他特殊应用场景的低带宽方案

**智能发送:** 在办公楼、学校等地方，晚上往往很少有人出现，摄像机此时记录下来的大部分视频完全没有任何作用，白白浪费了传输带宽和存储空间。此时，可以考虑在运动目标较少的时段降低图像帧率，例如，相对每秒 30 帧的帧率来说，这时采用每秒 15 帧就可能减少一半的传输带宽和存储空间。

那么万一发生警情怎么办？可以在摄像机上加上基本的智能运动分析功能消除这个隐患。如果出现运动目标，记录帧率就自动恢复到正常的速率。而当运动目标消失时，记录帧率再回归到每秒 15 帧，如此一来，既降低了存储的空间，节省了网络带宽，又起到了监控报警的作用。

**动态码率:** 编解码器可根据数据量的大小自动调节带宽，遇到图像变化较快，颜色较丰富时，分配的带宽大一些；图像变化较慢，颜色较不丰富时分配的带宽小一些，这样也可在保证图像录制质量的同时最大限度地节省网络带宽。

## 六、 HEVC (H. 265) 技术应用前景展望

预计 2013 年将推出 H. 265 新的编解码技术，新技术的诞生将延续高清低带宽的标准，H. 265 标准是在 H. 264 标准的基础上发展起来的，结合 H. 264 在视频应用领域的主流地位可以预见 H. 265 协议在未来广大的发展前景。H. 265 在很多特性上都做了较大的改进，如下表所示：

	H.264	H.265
MB/CU 大小	4×4 ~ 16×16	4×4 ~ 64×64
亮度插值	Luma-1/2 像素 {1,-5,20,20,-5,1} Luma-1/4 像素 {1,1}	Luma-1/2 像素 {-1,4,-11,40,40,-11,4,-1} Luma-1/4 像素 {-1,4,-10,57,19,-7,3,-1} Luma-1/4 像素 {-1,3,-7,19,57,-10,4,-1}
MVP 预测方法	空域 MVP 预测	空域+时域 MVP 预测 AMVP\Merge
亮度 Intra 预测	4×4 / 8×8 / 16×16: 9/9/4 模式	34 种角度预测 + Planar 预测 DC 预测
色度 Intra 预测	DC, Horizontal, Vertical, Plane	DM, LM, planar, Vertical, Horizontal, DC, diagonal
变换	DCT4×4/8×8	DCT4×4/8×8/16×16/32×32



		DST4x4
去块滤波器	4x4 和 8x8 边界 Deblock 滤波	较大的 CU 尺寸, 4x4 的边界不进行滤波

表 1 H.264 和 H.265 关键特性对比

华为作为研究 HEVC 的第一梯队企业, 密切关注 H. 265 标准的发展, 并将率先推出 H. 265 相关的视频产品。

## 七、 结束语

华为通过自研芯片, 实现的硬件承载高效视频压缩算法技术, 为平安城市视频监控建设解决了高清低带宽的矛盾, 在同等图像质量下, 华为的网络带宽需求可比业界低 15%-50%, 相应存储需求下降 15%-50%, 客户整体投资大幅下降。华为高清低带宽解决方案将为高清网络视频监控的发展和进步提供积极推动作用。