

CABAC: hard to parallelize and vectorize  
bit error spreads  
p197, QP prediction  
编码效率提升 50  
bib:iso, 新一代..., High Efficiency Video Coding (HEVC): Algorithms and Architectures, <https://zhuanlan.zhihu.com/p/40034222>

### 摘要

The new HEVC standard enables a major advance in compression relative to its predecessors, and its development was a large collaborative effort that distilled the collective knowledge of the whole industry and academic community into a single coherent and extensible design. This book collects the knowledge of some of the key people who have been directly involved in developing or deploying the standard to help the community understand the standard itself and its implications. A detailed presentation is provided for each of the standard's fundamental building blocks and how they fit together to make HEVC the powerful package that it is. The compression performance of the standard is analyzed, and architectures for its implementation are described.

## 1 绪论

视觉是人类感知世界最重要的方式。中文说“眼见为实”，英文强调“Seeing is believing”，人们总是乐于接受所能看到的信息，因此人类的科技一直不懈地致力于为人们提供更多、更好的用于“看”的信息。黑白电视的发明曾经给人们巨大的震撼，很快，人们对于色彩的天然渴望，又促使彩色电视出现。进入数字时代之后，数字视频更是紧随着IT技术的浪潮，获得了非常迅速的发展。追求更高的清晰度，是数字视频技术领域从未停止的步伐。如今，各式各样的视频应用已经渗透到人类社会的各个领域，可以说，视频应用是现代人类社会运转的重要组成部分。

### 1.1 视频编码概述

视频包含的数据量十分庞大。以常见的标清电影视频格式(720p)来说，未经压缩每秒需要处理的数据量为  $1280 \times 720 (\text{pixels/frame}) \times 3 (\text{Byte/pixel}) \times 30 (\text{frames/second}) = 79.1 \text{MB/s}$  !，远远超过了一般用户数据处理能力的

极限,更不用说4K视频以及流媒体应用了。因此,视频编码技术是视频应用的一个十分重要的部分,也称视频压缩,目的是尽可能去除视频数据中的冗余,减少压缩或编码后的数据量。所幸的是视频中包含大量的冗余信息,通过去除掉这些冗余视频可以获得极高的压缩比。

## 1.2 数据压缩原理

由香农的信息论,一个离散信源  $X$  可以最小平均码长  $l = H(X)$  信源熵来表示而不损失信息,这种不失真的压缩方法称为无损压缩,又称熵编码,常见原理有 Lempel-Ziv 算法,Huffman 编码,算术编码,Golomb 码,RLE(游程编码)等。但是熵编码一般难以达到 5:1 以上的压缩率,故视频压缩都采用有损压缩方式。

有损压缩的原理可以用率失真原理来解释。对一离散信源,给定一定失真度  $D$ ,则可以以最小平均码长  $R(D)$  其率失真函数来表示。具体实现上就是对原信源引入难以察觉的失真来换取更小的信源熵,从而得到更高的压缩率。例如人眼对图像的细节,即图像中的高频成分不十分敏感,则在压缩时丢掉部分高频信息可能并不会被人眼察觉。**如图**。此外,即使压缩产生的失真能被人感知到,但是如果这不会影响对视频内容的理解的话人们也通常愿意接受质量稍差的音、视频或者图像。在音视频和图像压缩算法中,大量利用了人类的感知特性,尽可能使压缩产生的失真发生在人不容易察觉到的地方。

## 1.3 视频编码标准

各种各样的视频应用从一开始就催生了多种给你视频编码方法。为了使编码后的视频能够在大范围内互通和规范解码,从 20 世纪 80 年代起,国际组织开始对视频编码建立国际标准。视频编码的国际标准通常代表这同时代最先进的视频编码技术。本文介绍的就是目前国际上最先进的视频编码标准 H.265/HEVC。

### 1.3.1 H.26x 系列

H.261 混合编码 (Hybrid Coding) 始祖

### 1.3.2 MPEG 系列

## 1.4 H.265/HEVC 简介

### 1.4.1 标准化历程

近年来，随着高清、超高清视频（分辨率达  $4K \times 8K$   $8K \times 4K$ ）应用逐步走进人们的视野，视频压缩技术收到了巨大的挑战。此外，各式各样的视频应用也随着摩尔河存储技术的发展不断涌现。如今，数字视频广播、移动无线视频、远程监测、医学成像和便携摄影等，都已走进人们的生活。视频应用的多样化和高清化趋势对视频压缩性能提出了更高的要求。为此，2010 年 4 月 VCEG 和 MPEG 再次组建视频编码联合组（Joint Collaborative Team on Video Coding, JCT-VC），联手制定新一代视频编码标准——H.265/HEVC。

2013 年 6 月 7 日，ITU-T 网站上正式发布了 H.265/HEVC 标准，该标准可以免费下载。2013 年 11 月 25 日，ISO/IEC 正式发布了 H.265/HEVC 标准。

标准发布之后，相关标准的进一步工作仍然在继续。JCT-VC 现有的工作主要集中在就 H.265/HEVC 的扩展内容进行完善，如更高的比特深度、4:2:2、4:4:4 色度采样视频、可伸缩 HEVC 编码（Scalable HEVC, SHVC）和多角立体编码等。

### 1.4.2 编码框架

从根本上来说，H.265/HEVC 视频编码标准的编码方法并没有革命性的改变。类似与以往的国际标准，H.265/HEVC 仍旧采用混合编码框架，如图1所示，包括变换、量化、熵编码、帧内预测、帧间预测以及环路滤波等模块。但是，H.265/HEVC 几乎在每个模块都引入了新的编码技术。

#### 1. 帧内预测

图像具有很强的空间相关性。通过已编码像素块来预测当前像素块有很好的去相关作用，从而达到去除冗余的效果。

#### 2. 帧间预测

视频具有很强的时间相关性。通过已编码帧来预测当前帧来获取块的运动信息可以达到去相干的作用，从而去除冗余。

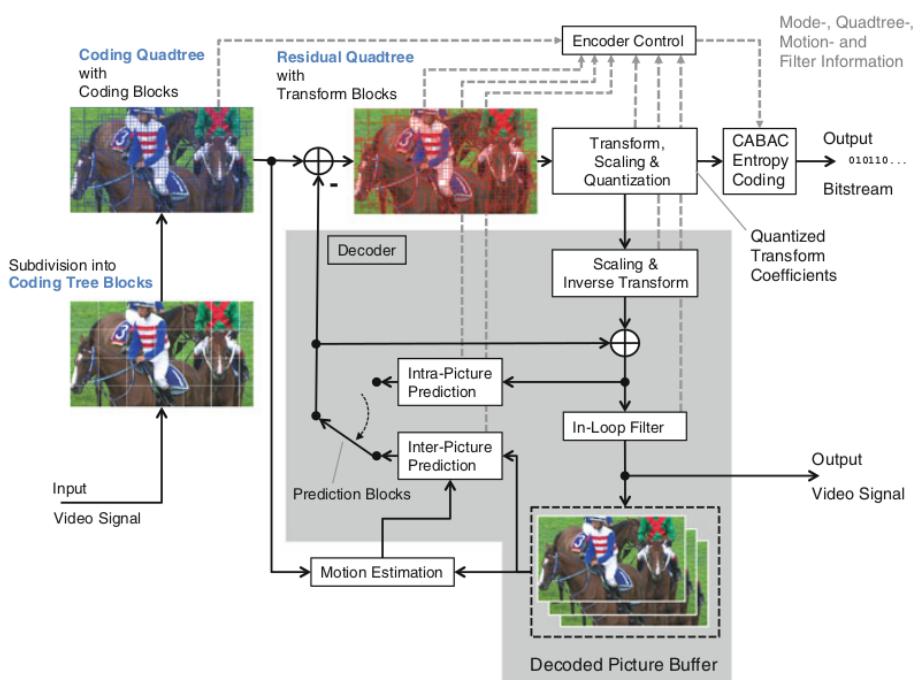


图 1: Block diagram of an HEVC encoder with built-in decoder (gray shaded)

### 3. 变换编码与量化

变换编码通过对块进行频域变换把能量集中在低频区域，量化把无限精度的数值以有限精度表达，从而达到压缩效果。在 HEVC 中为了减少计算复杂度将变换编码与量化结合起来。该模块是编码中唯一有损的部分，同时也是速率控制的关键。

### 4. 环路滤波

基于块编码后的图像会出现方块效应，采用去方块滤波后可削弱其影响。对一信号采取有限频率逼近会出现振铃现象，可通过 SAO(样点自适应补偿) 滤波来削弱。环路滤波目标即为削弱编码过程中预测、变换和量化等环节中引入的失真。

### 5. 熵编码

经各路编码后的变换系数、运动矢量、参数集等仍有压缩空间。实际存储或传输的数据为经过熵编码后的二进制流。