

# 下一代视频编码标准 H.265 的核心技术研究

安然, 王浩全, 张秀林, 刘玉

(中北大学 信息与通信工程学院, 山西 太原 030051)

**摘要:** 在数字视频应用产业链的快速发展中, 面对视频应用逐步向高分辨率、高帧率、高压压缩率方向发展的趋势, 当前普遍采用的 H.264 视频压缩标准的局限性日益显现出来。H.265 标准是 ITU-T VCEG 继 H.264 之后所制定的新的视频编码标准。H.265 标准围绕着现有的视频编码标准 H.264, 保留了原来的某些技术, 同时对部分技术加以优化改良。新标准使用先进的技术用以改进码流、编码质量、延时和算法复杂度之间的关系, 进而达到性能最佳化。

**关键词:** 视频编码; H.264; H.265

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2014)04-0210-03

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2014.04.054

## Research on Core Technology of Next Generation Video Coding Standard-H.265

AN Ran, WANG Hao-quan, ZHANG Xiu-lin, LIU Yu

(College of Information and Communication Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

**Abstract:** In the rapid development of industrial chain of digital video applications facing the trend of video applications gradually to the high resolution, high frame rate, high compression direction, the current widely used H.264 video compression standard limitations is increasingly prominent. H.265 standard is developed by ITU-T VCEG following the H.264. The existing H.265 around video coding standard H.264, retains some of the original technique, while some technical improvements to be optimized. New standard uses advanced technologies to be used to improve the relationship among stream, encoding quality, delay and the complexity of the algorithm, to achieve the most optimal settings.

**Key words:** video encoding; H.264; H.265

### 0 引言

研究表明, 视频信息的直观、高效和准确是其他信息所没有的特性, 在人脑所接受的信息中有 70% 的来源是视觉信息<sup>[1]</sup>。但是视频冗余度高、信息量大等特点限制了其在网络领域的应用。为了从根本上解决这些问题, 必须对视频数据进行压缩, 再以压缩后的形式进行传输和存储。为满足实际的应用需求, 国际电信协会<sup>[2]</sup> (International Telecommunication Union, ITU) 的视频编码专家组 (Video Coding Experts Group, VCEG)<sup>[3]</sup> 和国际标准化组织 (International Standardization Organization, ISO)<sup>[4]</sup> 的运动图像专家组 (Motion Picture Experts Group, MPEG)<sup>[5]</sup> 于 2003 年联合成立了联合视频组 (Joint Video Team, JVT) 并共同开发出一种新的视频标准, 主要用来应对视频实时传输, 该视频

标准被称为 H.264。其以优秀的视频压缩性能与网络适应性, 成为网络视频流媒体、数字电视广播以及视频实时通信等应用领域的主要视频压缩标准<sup>[6]</sup>。

随着终端和网络技术的快速发展, 对视频编码的要求不断提高, 为了适应各种新的要求, H.264 需要被进一步地完善。为了解决 H.264 在应用上的局限性, 2010 年 1 月, ITU-T VCEG<sup>[7]</sup> (Video Coding Experts Group) 和 ISO/IEC MPEG<sup>[4]</sup> (Motion Picture Experts Group) 成立了联合组织 JCT-VC (Joint Collaborative Team on Video Coding) 统一制定出下一代视频编码标准—H.265<sup>[8]</sup>。H.265 旨在“在带宽有限的环境下传输更高质量的网络视频”, 只需要先前的一半带宽, 即可播放质量近乎相同的视频。这也意味着人们手中常用的移动设备将可以直接通过网络在线播放全高清

收稿日期: 2013-07-01

修回日期: 2013-10-16

网络出版时间: 2014-01-28

基金项目: 山西省自然科学基金资助项目 (2011011015-2)

作者简介: 安然 (1989-) 男, 硕士生, 研究方向为视频图像压缩编码技术; 王浩全, 硕士生导师, 博士, 副教授, 研究方向为超声检测、图像重建。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140128.1141.023.html>

(1080P) 视频。H.265 标准也支持在 CES2013 上推出的 4K(4 096×2 160) 和 8K(8 192×4 320) 超高清分辨率视频,从另一个层面来看,H.265 标准让在线视频跟上了显示屏不断“高分辨率化”的脚步。

## 1 H.265 的核心技术

作为下一代的视频编码标准,H.265 的编码架构大致上和 H.264 的架构相似<sup>[9]</sup>。然而,相对于 H.264 标准,H.265 标准在某些方面有了显著的改变。H.

265 的核心技术主要有:

### 1.1 简单灵巧的编码结构

在 H.265 标准中,将宏块的大小从 H.264 时的 16×16 扩展至 64×64<sup>[10]</sup>,目的在于减少高清数字视频的宏块个数,减少用于描述宏块内容的参数信息,以便于压缩高分辨率的视频。同时,为了显著提升编码效率,利用了更加灵活方便的编码结构,包括变换单元(Transform Unit)、预测单元(Predict Unit)和编码单元(Coding Unit)。编码结构如图 1 所示。

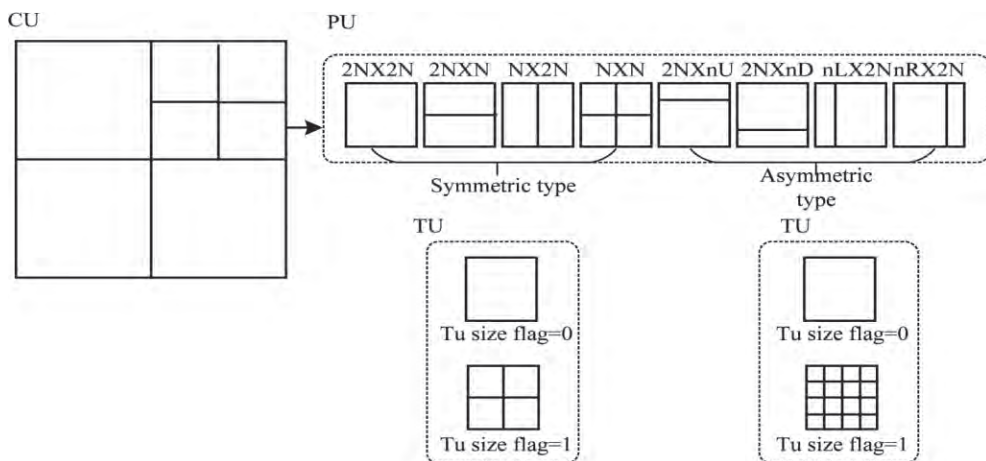


图1 编码结构

其中变换单元是进行变换和量化的基本单元,预测单元是进行预测的基本单元,编码单元与 H.264 标准中宏块的概念相似,应用在编码的过程中。上述三个单元间的相互分离,使得变换、预测和编码间的处理环节更加灵活简便,同时也能够使各个单元更好地做好各自的任务。

### 1.2 简单灵巧的块结构 RQT

RQT 作为一种可自适应的变换技术,这种理念推广与延伸了 H.264 标准中 ABT(Adaptive Block-size Transform)技术的发展。对于帧间编码来说,它可以按照运动补偿块的大小对相关变换块的大小进行自适应的调整;而对于帧内编码来说,它能够依据帧内预测残差的特性对相关变换块的大小进行自适应的调整。较大的块变换相对于较小的块变换,一是可以更好地集中能量,并且在量化之后可以留有更多的图像细节,但是在量化之后又会出现大量的振铃效应。所以,依据当前块信号的特性,变换块的大小可以进行自适应的选择,如图 2 所示。

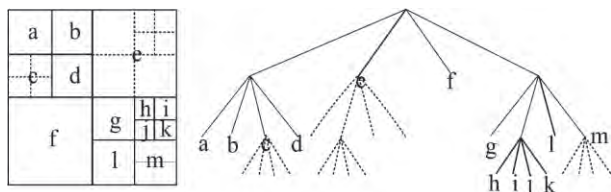


图2 灵活的块结构

### 1.3 自适应环路滤波(Adaptive Loop Filter)

ALF 在编解码环路内,位于 SAO 和 Deblock 之后,用来恢复重构图像以使重构图像与原始图像之间的均方误差值(MSE)达到最小。ALF 的系数是在帧级进行计算和传输的,能够在整幅帧中应用 ALF,也可以对基于块的部分区域进行 ALF。

### 1.4 并行化运算设计

目前,芯片架构已经从简单的单核向着多核并行方向发展,所以为了实现能够适应并行化程度较高的芯片,H.265 标准采用了许多并行运算的改进方法,主要有以下几个方面:

#### (1) Tile。

如图 3 所示,将图像用水平和垂直的边界划分为许多行和列,Tile 就是这样划分出来的一个矩形区域,在每一个 Tile 中含有整数个 LCU(Largest Coding Unit),这些 Tile 之间能够互相独立存在,从而实现并行

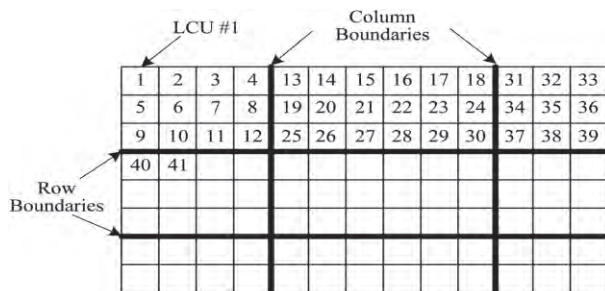


图3 Tile 的划分示意图

处理。

### (2) Entropy Slice。

Entropy Slice<sup>[11]</sup>能够在 1 个 Slice 中再划分为多个 Entropy Slices,见图 4。其中每个 Entropy Slice 都能够独立地进行编解码操作,进而提升了编解码器的并行处理效率。

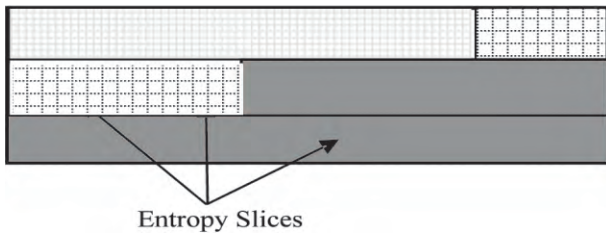


图 4 每一个 Slice 能够划分为多个 Entropy Slices

### (3) WPP( Wavefront Parallel Processing)。

在上一行中,当第二个 LCU 处理完后,就开始初始化当前行中第一个 LCU 的熵编码(CABAC)概率状态参数,如图 5 所示。所以,一旦上一行中的第二个 LCU 处理完毕,就能够对当前行进行编解码操作,从而进一步地提高编解码器的并行处理能力。

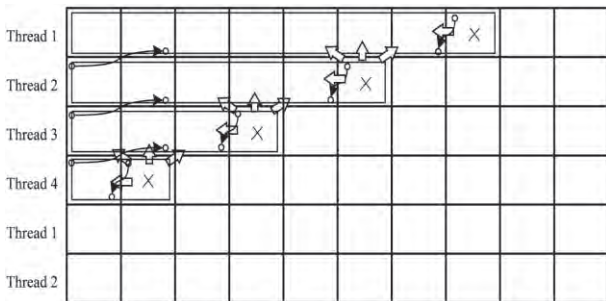


图 5 WPP 示意图

## 1.5 对 H. 264 标准中已有特点进行的优化

相对于 H. 264 来说,H. 265 标准较大幅度地提升了算法复杂性,以此取得更好的压缩性能。H. 265 标准在很多方面上做了较大程度的优化,具体改进如表 1 所示。

## 2 H. 265 编码标准的应用

H. 265 标准是在 H. 264 标准的基础之上逐步发展起来的<sup>[12]</sup>。结合 H. 264 在视频应用领域的主流地位可以预测出 H. 265 标准在未来具有广阔的发展前景。

目前,国外的一些主要编解码设备厂商一直在积极参与 H. 265 标准的研究当中。高通公司就是 H. 265 标准的推动者之一,在巴塞罗那的 MWC 2012 大会上,高通展示了下一代视频编码标准 H. 264 继任者 H. 265 的效果。高通演示的 H. 265 视频对比对象为同一片源的 H. 264,在 PSNR 这一目前最广泛使用的客观评价标准类似的情况下(H. 265 为 39.72,H. 264 为 39.65,分辨率同为 800\*480),H. 265 视频的码率为

610 kbps,文件大小 3.10 MB;而 H. 264 视频的码率达到了 1 183 kbps,文件大小也有 6.01 MB。从高通工作人员介绍中可知,H. 265 标准可比 H. 264 标准节省 40%~45% 的码率。移动通信业的巨头诺基亚公司也对 H. 265 标准产生了浓厚的兴趣,并表示新的编码解码器将会在接下来的几个月内集成到相关产品中。近期,日本广播公司 NHK、三菱电机又宣布已经成功开发了全球第一款面向 8K 超高清视频的 H. 265/HEVC 格式的实时硬件编码器,所记录视频的清晰度可达 1 080 p 的十六倍。

表 1 H. 264 和 H. 265 关键特性对比

	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(-1,4,-11,40,40,-11,4,-1) Luma-1/4 像素(-1,4,-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 DST4×4
去块滤波	4×4 和 8×8 边界 De-block 滤波	较大的 CU 尺寸 4×4 的边界不进行滤波

与此同时,国内的厂商也在积极地推动着 H. 265 视频标准的发展。迅雷看看与 PPS 都推出了支持最新 H. 265 标准的客户端,未来将逐步拓展到移动平台业务上,用户通过手机及平板电脑就可以享受 H. 265 所带来的高清和便利。但移动设备要采用 H. 265 标准,那么其在解码视频时对芯片性能要求及对电量的更高消耗还需要各大厂商积极协作,预计其大规模普及尚需时日。优酷土豆集团与美国高通公司、美国高通公司全资子公司——美国高通技术公司宣布就 H. 265 技术达成合作协议。此技术将让用户在使用由大多数高通骁龙处理器支持的移动终端时,能够享受高质量画面的优酷视频内容。目前在网络视频行业,普遍面临高昂的带宽成本压力,而采用 H. 265 标准,可以将带宽节省一半。据实测,H. 265 标准 600 k 码率超过 H. 264 标准 1 M 的效果,2 M 的 H. 265 接近 H. 264 标准 5 M 码率的效果,也就是说,在相同的带宽条件下,H. 265 将比现有的视频播放效果清晰度提高约

一倍。随着对视频播放体验的要求越来越高,H.265 技术作为下一代高清技术已成为各大视频网站争夺布局的焦点,在各家都是战略性产品。

### 3 结束语

目前 ITU 已经批准由 MPEG (Motion Picture Experts Group) 所提出的 H.265 高效率视频编码成为正式标准,由于其在网络适应性、并行处理能力以及压缩效率方面的进一步优化,它的发展和应用必将把视频编解码理论和应用推向一个新的高度。不过鉴于 H.265 标准对计算机硬件能力要求较高,生态环境也才刚开始,普及尚需时日,预计到 2014–2015 年才能看到其遍地开花。

#### 参考文献:

- [1] 林福宗. 多媒体技术基础 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [2] 王汇源. 数字图像通信原理与技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2000.
- [3] Sullivan G J, Ohm J R. Recent developments in standardization of high efficiency video coding (HEVC) [C]//Proceedings of SPIE. [s. l.]: [s. n.], 2010.
- [4] Chong S, Karczewicz M, Chen C, et al. JCTVC-E323: CE8 subtest 2: Block based adaptive loop filter [R]. [s. l.]: JCT-VC, 2011.
- [5] Yuan Y, Zheng X, Peng X. JCTVC-E376: Asymmetric motion partition with obmc and non-square TU [R]. [s. l.]: JCT-VC, 2011.
- [6] Auyeung C, Liu W. JCTVC-D260: Parallel processing friendly simplified context selection of significance map [R]. [s. l.]: JCT-VC, 2011.
- [7] Wiegand T, Ohm J, Sullivan G, et al. Special section on the joint call for proposals on high efficiency video coding (HEVC) standardization [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2010, 20(12): 1661–1666.
- [8] Chujoh T, Wada N, Yasuda G. Quadtree-based adaptive loop filter [J]. ITU-T Q.6/SG16 C181 [R]. [s. l.]: JCT-VC, 2009.
- [9] 蔡晓霞, 崔岩松, 邓中亮, 等. 下一代视频编码标准关键技术 [J]. 电视技术, 2012(2): 80–84.
- [10] 刘国梁. 从 H.264 向 H.265 的数字视频压缩技术升级 [J]. 铁路通信信号工程技术, 2011, 8(3): 43–47.
- [11] 李军华, 王浦林. 解读下一代视频压缩标准 HEVC [J]. 中国多媒体通信, 2012(5): 56–59.
- [12] 陈 清. H.265 标准现状和发展应用趋势 [J]. 中国多媒体通信, 2008(10): 12–15.

(上接第 209 页)

尿病病灶提取,而对病灶提取的准确性及在医疗诊断中的可应用性还有待进一步的研究探索和完善改进。

#### 参考文献:

- [1] Walter T, Klein Jean-Claude, Massin P, et al. A contribution of image processing to the diagnosis of diabetic retinopathy—detection of exudates in color fundus images of the human retina [J]. IEEE transactions on medical imaging, 2002, 21(10): 1236–1243.
- [2] 吴振中. 现代临床眼科学 [M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1996.
- [3] Oliver F, Rajendra U, Ng E Y K. Algorithms for the automated detection of diabetic retinopathy using digital fundus images: A review [DB/OL]. 2012. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10916-010-9454-7>.
- [4] Carnimeo L. Diabetic damage detection in retinal images via a sparsely connected neurofuzzy network [J]. LNCS, 2008, 5227: 1175–1182.
- [5] 刘 波. 视网膜血管分割方法研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2012.
- [6] 冯 皓. 图像区域生长算法的稳定性研究 [D]. 福州: 福建师范大学, 2012.
- [7] 陈 喆, 张丽芳, 广崎真史, 等. 糖尿病视网膜病变眼底彩色照片的读片可信度分析 [J]. 中华眼底病杂志, 2006, 20(1): 47–48.
- [8] 顾 乡. 非荧光造影图像的高血压病灶提取方法 [D]. 长春: 吉林大学, 2007.
- [9] Xu W H. Detection of microaneurysms in bifrequency space based on SVM [C]//Proc of ICECC2011. Ningbo: IEEE, 2011: 1432–1435.
- [10] 杨 杰, 付忠良, 阮 波. 照度不均匀图像的快速自适应灰度修正 [J]. 计算机应用, 2005, 25(3): 598–600.
- [11] 韩相军, 关 永, 王雪立. 基于 DSP 的疲劳驾驶实时监测系统研究 [J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(2): 47–49.
- [12] 焦晶萍, 廖文和, 沈建新. 一种基于模板匹配法的眼底图像拼接方法 [J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(4): 148–150.
- [13] 胡晓东, 董辰辉. MATLAB 从入门到精通 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010.
- [14] 曹军峰, 史加成, 罗海波, 等. 采用聚类分割和直方图均衡的图像增强算法 [J]. 红外与激光工程, 2012, 41(12): 3436–3441.