

采用 HEVC 的精细可分级编码

洪佳庆, 林其伟

(华侨大学 信息科学与工程学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 针对新一代的视频编码标准 HEVC(high efficient video coding), 提出一种改进的精细可分级编码方案. 该方案的基本层采用 HEVC 的编码器, 提高了基本层的编码效率; 通过统计编码单元的分割方式, 自适应找到图像中的细节区域; 采用选择增强技术, 提高细节区域的图像质量. 实验结果表明: 编码方案能够精细匹配信道带宽的变化, 且基本层与增强层相互独立, 不会带来误差传递; 利用 HEVC 编码单元的分割方式, 可以自适应找到视频序列图像中的细节区域, 对运动区域进行提升, 视频图像的主观质量有了很大的改善.

关键词: 精细可分级编码; 视频编码标准; 编码单元; 细节区域

中图分类号: TP 312

文献标志码: A

精细可分级(FGS)编码方案最先是基于 MPEG-4 提出的, 之后被正式纳入 MPEG-4 标准中^[1]. 近年来, 随着 H. 264 的广泛实用, 许多国内外学者提出了一些基于 H. 264 的 FGS 方案^[2]. 在这些基于 H. 264 的 FGS 方案中, 原始视频流被分为两个码流: 基本层码流, 增强层码流. 基本层码流可以保证最基本的视频质量^[3], 而增强层码流则可以提高增强的细节上的视频质量. FGS 的增强层可以根据当时网络带宽的情况对码流进行任意位置的截断, 只传输保留的部分, 用户端接收到的增强层码流越多, 解码的视频质量将会越高. FGS 能够提供连续的可分级编码性能, 在信道带宽时变较大时, 能很好地调节增强层的码流, 使视频图像质量过渡平滑. 对于 H. 264 FGS, 国内外学者从主观图像效果和客观编码效率两方面提出多种改进方法. 如基于双环的 MC+FGS^[4]、基于关键帧的开环、闭环混合编码^[5]等, 可以有效地提高编码效率, 但也存在误差传递和积累问题, 而且需要更大的计算复杂度. 本文在新一代的视频编码标准^[6] HEVC(high efficient video coding)基础上, 提出一种改进的精细可分级编码方案.

1 基于离散余弦变换系数的位平面编码

将位平面编码量化后的离散余弦变换(DCT)系数看作是由若干个比特组成的二进制数^[7]. 对每个 8×8 的 DCT 块, 采用 Zig-Zag 扫描的顺序, 把 64 个 DCT 系数的绝对值写成二进制的形式, 将相同位置的比特提取出来, 得到一个位平面. 位平面的个数由 DCT 系数的绝对值的最大值决定, 编码从最高平面到最低平面. 每个平面用(RUN, EOP)符号表示, 通过 VLC 编码产生输出码流^[8]. RUN 表示 1 前面连续 0 的个数, EOP 表示是否还有值为 1 的系数未被编码. 若一个平面 64 个比特全为零, 则用 ALL-ZERO 表示. 按照这种位平面编码方法形成的(RUN, EOP)符号具有“嵌入式”的特性, 能够在符号流的任意位置进行截断.

2 改进的 FGS 编码器结构

在以往的改进算法中, FGS 的基本层采用的是 H. 264 编码器, 提高基本层的编码效率. 但随着视频应用的发展, H. 264 的局限性不断凸显, 而 HEVC 是面向更高清晰度、更高帧率、更高压缩率视频应用

收稿日期: 2013-05-10

通信作者: 林其伟(1959-), 男, 副教授, 主要从事视频编码与网络通信的研究. E-mail: qwlin@hqu.edu.cn.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(2012J0175)

的协议标准,将成为今后视频应用发展的趋势. 因此,对 FGS 的基本层进行改进,在基本层采用 HEVC 编码器.

改进的 FGS 编码方案编码器结构,如图 1 所示. 将一个视频序列编码为一个基本层码流和一个增强层码流. 上面部分为 FGS 增强层的处理流程,对原始图像与基本层重建图像的差值图像采用基于 DCT 系数的位平面编码方式,得到增强层码流,具有可分级能力;基本层采用完整的 HEVC 编码器,将原始视频图像与预测图像的差值进行变换、量化、熵编码,从而得到基本层码流.

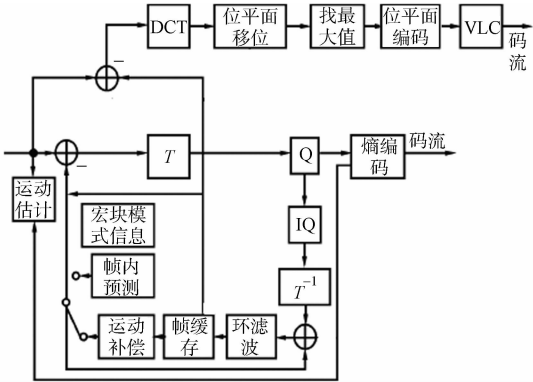


图 1 改进的 FGS 编码器结构

Fig. 1 Improved structure of FGS encoder

3 改善视频图像主观效果

3.1 选择增强

为了提高视频的视觉质量,FGS 提供了 3 种功能:频率加权^[9]、选择增强^[10]和错误恢复特性^[11]. 选择增强是根据人们在观察图像时,往往对某一区域感兴趣,通过将感兴趣的数据块的比特平面进行上移,保证这些数据优先编码. 在带宽有限时,感兴趣区域的数据能够尽可能多地保留下来,在接收端能够保证用户感兴趣区域的主观质量. 选择增强示意图,如图 2 所示.

3.2 HEVC 编码单元的分割方式

HEVC 采用了更加灵活的编码结构来提高高分辨率视频的编码效率,包括编码单元、预测单元和变换单元. 将一帧图像分割成互不重叠的最大编码单元(largest coding units, LCU),每个 LCU 以递归方式划分为多个编码单元(CU)^[12],直到 8×8 的 CU 为止. 假如 LCU 设置为 64×64 ,则 CU 的可能划分方式有 $64\times 64, 32\times 32, 16\times 16, 8\times 8$ (编码单元的尺寸必须为 $2N\times 2N$,其中 N 为以 2 为底的幂)几种方式,如图 3 所示. 总的来说,对于较平坦的区域采用较大的分割尺寸,对于运动剧烈的区域采用较小的分割方式.

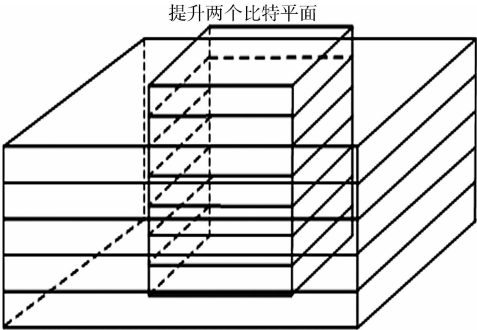


图 2 选择增强示意图

Fig. 2 Schematic of selective enhancement

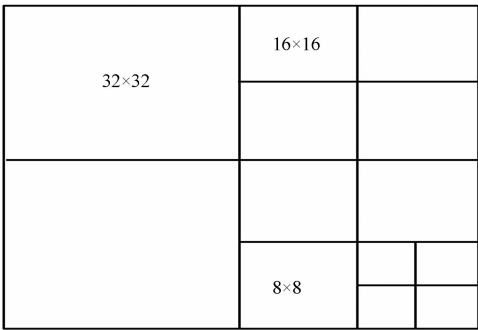


图 3 最大编码单元的分割图

Fig. 3 Segmentation of the biggest coding unit

3.3 基于编码单元分割的 FGS 编码器

在 HEVC 中,分割尺寸的选择会影响压缩性能. 通常情况下,大的分割尺寸适合于图像中的平坦区域,小的分割尺寸适合于图像中的细节比较丰富的区域.

对于 LCU 设置为 64×64 的情况,在编码增强层之前,根据 HEVC 编码单元分割模式的选择特点,对于尺寸为 16×16 和 8×8 的 CU 进行位平面提升,提升 3 个位平面,但对于尺寸为 $64\times 64, 32\times 32$ 的 CU 不进行位平面提升. 将提升的区域作为感兴趣区域进行优先编码和传输,改善解码后视频主观质量,编码器结构如图 4 所示.

第一帧 CU 分割图,如图 5 所示. 从图 5 可以看出:运动剧烈的区域分割尺寸较小. 通常在视频序列中人们感兴趣的是运动的前景对象,因此将分割尺寸小的 CU 进行位平面提升,能有效改善主观效果.

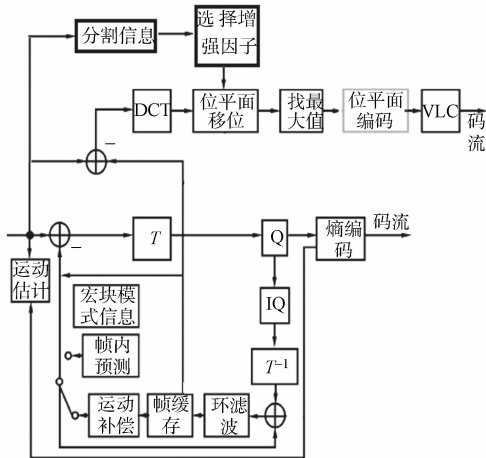


图 4 基于编码单元分割的 FGS 编码器结构

Fig. 4 Structure for FGS encoder based on coding units segmentation

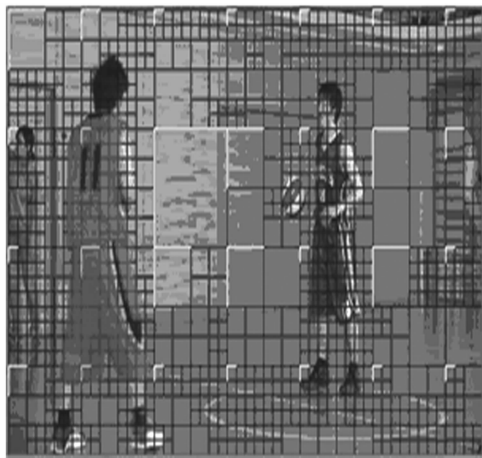


图 5 第一帧编码单元分割图

Fig. 5 Coding units segmentation for first frame code

4 实验结果及分析

使用 HM 10.0^[13] 测试不同码率下改进算法的编码性能, 配置文件选 encoder_lowdelay_P_main.cfg 与 BasketballDrill.cfg. 测试序列为 Flowervase_{832×480_30.yuv} 和 BasketballPass_{416×240_50.yuv}, 编码 10 帧. 将重建图像序列的亮度分量的平均峰值信噪比(R_{SN})作为客观评价视频质量的标准, FGS 的基本层中采用 HEVC 编码器, 增强层中采用 MPEG-4 FGS 增强层编码. 结构编码视频与仅采用 HEVC 编码视频性能比较, 如图 6 所示. 从图 6 中可以看出: 码率较小时, HEVC FGS 编码的视频图像质量略高于 HEVC; 随着码率的升高, 视频图像的质量越高.

对 $16 \times 16, 8 \times 8$ 块进行提升、优先编码和传输, 其图像质量与不进行提升编码感兴趣区域的图像质量对比, 如图 7 所示. 从图 7 中可以看出: 感兴趣区域的 PSNR 有很大的提升, 其中 BasketballPass 序列平均提升了近 5.661 dB, Flowervase 序列平均提升了近 1.934 dB; 且随着码率的提升, 差值逐渐增大.

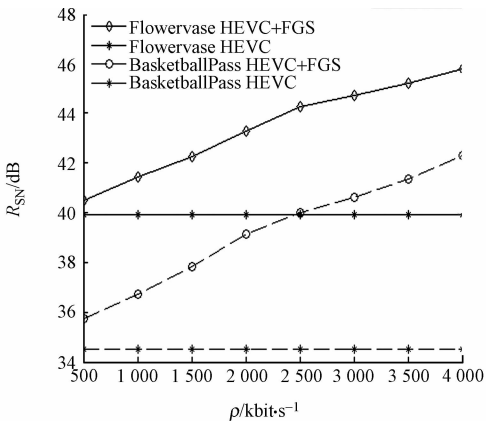


图 6 基于 HEVC 的 FGS 与 HEVC 性能比较

Fig. 6 Comparison between HEVC and FGS based on HEVC

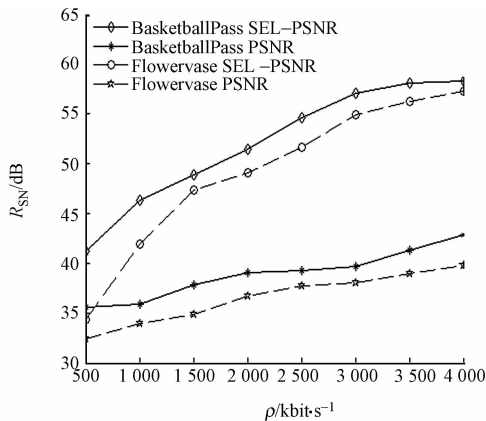


图 7 基于编码单元分割 FGS 性能比较

Fig. 7 Comparison between FGS and FGS based on CU segmentation

5 结束语

在新一代视频编码标准 HEVC 的基础上构建可分级编码方案, 其基本层采用完整的 HEVC 编码器, 增强层采用 MPEG-4 FGS 的增强层编码方案. 通过统计编码单元的分割方式, 对小的分割方式优先编码与传输. 实验结果表明: 整体视频图像的质量、细节区域的视频图像质量都得到了有效提高.

参考文献：

[1] 郑夜星. 精细可分级视频编码算法研究[D]. 厦门: 华侨大学, 2010: 8-14.

[2] HE Yu-wen, WU Feng, LI Shi-peng, et al. H. 26L-based fine granularity scalable video coding[C]// IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Scottsdale, ISCAS, 2002: 548-551.

[3] 谢建国. 基于预取得视频带宽适应性传输算法[J]. 计算机研究与发展, 2009, 46(2): 211-216.

[4] 贺艳春. 基于 H. 264 的 FGS 视频编码技术的研究[D]. 厦门: 华侨大学, 2012: 23-25.

[5] 叶晓彤, 邓云, 蔡乐才. 基于关键帧的开环-闭环混合 FGS 编码框架[J]. 西南交通大学学报, 2009, 44(4): 484-489.

[6] BROSS B, HAN W J, OHM J R, et al. High efficiency video coding (HEVC) text specification draft 10 (for FDIS & Consent), JCTVC-L1003_v2[R]. Geneva: Joint Collaborative Team on Video Coding, 2013: 1-296.

[7] LI Wei-ping. Overview of fine granularity scalability in MPEG-4 video standard[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2001, 11(3): 301-317.

[8] 饶琴. 精细粒度可分级编码算法研究[D]. 厦门: 华侨大学, 2011: 20-22.

[9] KIM S, HO Y-S. HVS-based frequency weighting for fine granular scalability[J]. Proc Information Communication Technologies, 2003, 8(10): 127-131.

[10] 周孝. 精细可分级编码技术的研究[D]. 厦门: 华侨大学, 2008: 19.

[11] 王相海, 宋传鸣. 图像及视频可分级编码[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 24.

[12] HAN W J, MIN J, LEE T, et al. Improved video compression efficiency through flexible unit representation and corresponding extension of coding tools[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2010, 20(12): 1709-1720.

[13] BOSSEN F, FLYNN D, SUEHRING K. HEVC HM10 reference software, JCTVC-L1010[R]. Geneva: Joint Collaborative Team on Video Coding, 2013: 1-4.

Fine Granularity Scalable Coding Based on HEVC

HONG Jia-qing, LIN Qi-wei

(College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: According to the new generation of video coding standard HEVC (high efficient video coding), an improved scheme of fine granularity scalable coding is proposed. This scheme adopts the HEVC coder in based layer to improve coding efficiency; through statistics the segmentation of coding unit, adaptive find details in the image, by choosing enhanced technology improve the detail area's quality. The experiment results show that this scheme can match the change of the channel bandwidth well. Because the based layer and enhanced layer are independent of each other, it will not bring error transfer. By using the segmentation of coding unit we can find the details of the image adaptive, and the video image quality can be improved effectively for elevating the moving regions.

Keywords: fine granularity scalable coding; high efficient video coding; coding unit; detail area

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 吴逢铁)