



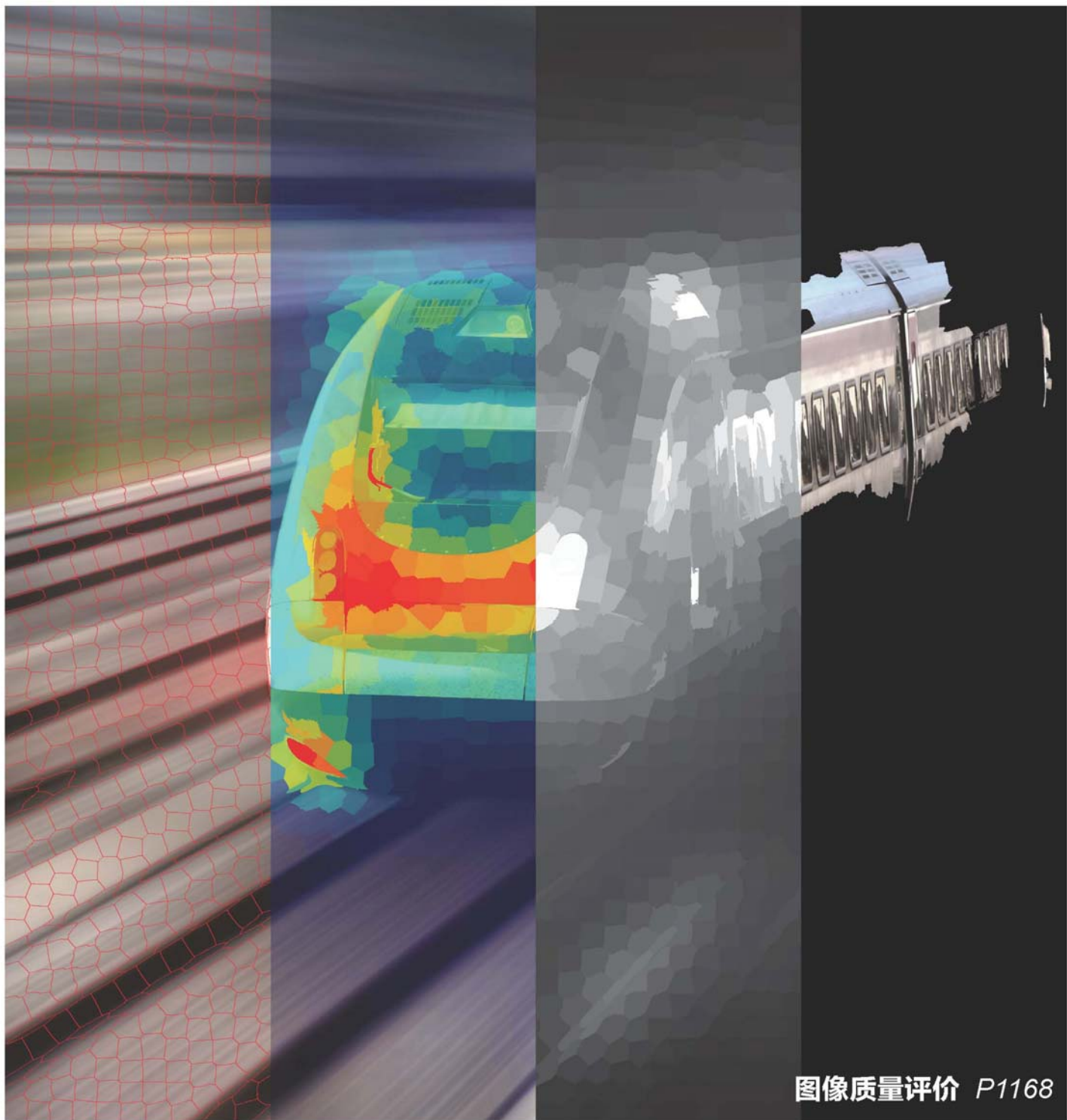
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS

主办: 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

2014
08
VOL.19

ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

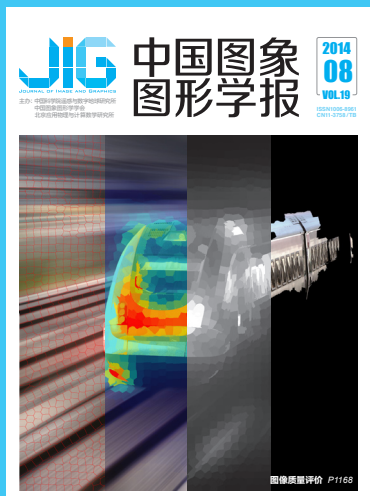


图像质量评价 P1168

中国图象图形学报

刊名题字: 宋健

月刊 (1996年创刊)



第19卷第8期 (总第220期)

2014年8月16日

中国精品科技期刊
中国国际影响力优秀学术期刊
中国科技核心期刊

版权声明

凡向《中国图象图形学报》投稿, 均视为同意在本刊网站及CNKI等全文数据库出版, 所刊载论文已获得著作权人的授权。本刊所有图片均为非商业目的使用, 所有内容, 未经许可, 不得转载或以其他方式使用。

Copyright

All rights reserved by Journal of Image and Graphics, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS. The content (including but not limited text, photo, etc) published in this journal is for non-commercial use.

主管单位 中国科学院

主办单位 中国科学院遥感与数字地球研究所

中国图象图形学学会

北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版《中国图象图形学报》编辑出版委员会

邮政信箱 北京9718信箱

邮 编 100101

电子信箱 jig@irsa.ac.cn

电 话 010-64807995

网 址 www.cjig.cn

广告经营许可证 京朝工商广字第0361号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

海外发行 中国国际图书贸易集团有限公司

(邮政信箱: 北京399信箱 邮编: 100048)

印刷装订 北京科信印刷有限公司

Journal of Image and Graphics

Title inscription: Song Jian

Monthly, Started in 1996

Superintended by Chinese Academy of Sciences

Sponsored by Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS

China Society of Image and Graphics

Institute of Applied Physics and Computational Mathematics

Editor-in-Chief LI Xiaowen

Editor, Publisher Editorial and Publishing Board of Journal of
Image and Graphics

P.O.Box 9718, Beijing, P.R.China

Zip code 100101

E-mail jig@irsa.ac.cn

Telephone 010-64807995

Website www.cjig.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals

Domestic All Local Post Offices in China

Overseas China International Book Trading Corporation

(P.O.Box 399, Beijing 100048, P.R.China)

Printed by Beijing Kexin Printing Co., Ltd.

CN 11-3758/TB

ISSN 1006-8961

CODEN ZTTXFZ

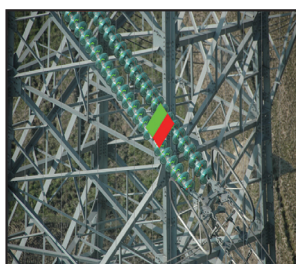
国外发行代号 M1406

国内邮发代号 82-831

国内定价 50.00元



基于色调优化的图像视频细节增强(第1149页)



形状感知的绝缘子识别与缺陷诊断(第1194页)



基于自适应权值滤波的深度图像超分辨率重建
(第1210页)

图像处理和编码

利用纹理和空间相关性的HEVC帧内预测模式选择

齐美彬, 朱广辉, 杨艳芳, 蒋建国 1119

方向滤波抗混叠的低冗余图像多尺度变换

张湃, 王丽侠, 张银蒲 1126

L_{∞} 准则的最大误差图像压缩算法

李晓云, 庞超逸, 黎彤亮, 黄世中 1135

利用无参考图像内容量度优化非局部均值去噪方法的参数

侯鑫, 陆耀, 李建武 1142

基于色调优化的图像视频细节增强

王津航, 刘春晓, 朱臻阳, 金剑秋, 唐佳娣 1149

结合图像融合与分割的快速去雾

王伟鹏, 戴声奎 1155

彩色图约束的二阶广义总变分深度图超分辨率重建

邸维巍, 张旭东, 胡良梅, 段琳琳 1162

重要区域保持的图像缩放质量评价方法

梁云, 傅贤超, 刘财兴 1168

图像分析和识别

图嵌入正则化投影非负矩阵分解人脸图像特征提取

杜海顺, 张旭东 1176

基于稀疏编码的动态纹理识别

刘洋, 李一波, 姬晓飞, 王杨扬 1185

形状感知的绝缘子识别与缺陷诊断

张晶晶, 韩军, 赵亚博, 刘浪, 王万国, 朱铭武 1194

迭代最小二乘椭圆拟合的锥套图像检测与跟踪

黄斌, 孙永荣, 杨博文, 王潇潇, 刘晓俊 1202

图像理解和计算机视觉

基于自适应权值滤波的深度图像超分辨率重建

杨宇翔, 曾毓, 何志伟, 高明煜 1210

医学图像处理

应用球形算子层次聚类的3维冠脉跟踪提取

郑永昌, 耿辰, 宋爽, 杨健 1219

遥感图像处理

波段排序的高光谱影像3维混合树编码方法

王相海, 解天, 宋传鸣, 张智迪 1228

多线程遥感影像实时渐进传输

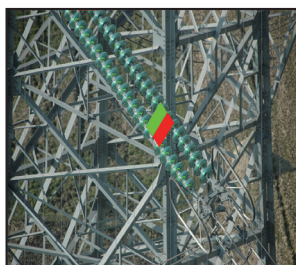
刘万军, 孟煜, 曲海成, 石翠萍 1237

CONTENTS

JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Image and video detail-enhancement via tone optimizationimage morphing(P1149)



Insulator Recognition and Defects Detection Based On Shape Perceptual (P1194)



Depth map super-resolution via adaptive weighting filter (P1210)

Image Processing and Coding

HEVC intra-prediction mode selection by using texture and spatial correlation	
Qi Meibin, Zhu Guanghui, Yang Yanfang, Jiang Jianguo	1119
Low redundant image multiscale transform with anti-aliasing direction filtering	
Zhang Pai, Wang Lixia, Zhang Yinpu	1126
Algorithm for maximum error image compression based on L_{∞} norm	
Li Xiaoyun, Pang Chaoyi, Li Tongliang, Huang Shizhong	1135
Optimizing the parameters of non-local means via no-reference image content metric for image denoising	
Hou Xin, Lu Yao, Li Jianwu	1142
Image and video detail-enhancement via tone optimization	
Wang Jinhang, Liu Chunxiao, Zhu Zhenyang, Jin Jianqiu, Tang Jiadi	1149
Fast haze removal method based on image fusion and segmentation	
Wang Weipeng, Dai Shengkui	1155
Depth image super-resolution based on second-order total generalized variation constrained by color image	
Di Weiwei, Zhang Xudong, Hu Liangmei, Duan Linlin	1162
Image retargeting quality assessment by preserving important regions	
Liang Yun, Fu Xianchao, Liu Caixing	1168

Image Analysis and Recognition

Graph embedding regularized projective non-negative matrix factorization for face image feature extraction	
Du Haishun, Zhang Xudong	1176
Dynamic texture recognition based on sparse coding	
Liu Yang, Li Yibo, Ji Xiaofei, Wang Yangyang	1185
Insulator recognition and defects detection based on shape perceptual	
Zhang Jingjing, Han Jun, Zhao Yabo, Liu Liang, Wang Wanguo, Zhu Mingwu	1194
Droque image detecting and tracking based on iterative least squares ellipse fitting	
Huang Bin, Sun Yongrong, Yang Bowen, Wang Xiaoxiao, Liu Xiaojun	1202

Image Understanding and Computer Vision

Depth map super-resolution via adaptive weighting filter	
Yang Yuxiang, Zeng Yu, He Zhiwei, Gao Mingyu	1210

Medicine Image Processing

Novel 3D coronary artery extraction method using hierarchical clustering of spherical operator	
Zheng Yongchang, Geng Chen, Song Shuang, Yang Jian	1219

Remote Sensing Image Processing

Hyperspectral image coding with band ordering and 3D hybrid tree	
Wang Xianghai, Xie Tian, Song Chuanming, Zhang Zhidi	1228
Remote sensing image real-time progressive transmission based on multi-threads	
Liu Wanjun, Meng Yu, Qu Haicheng, Shi Cuiping	1237

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2014)08-1119-07

论文引用格式: Qi M B, Zhu G H, Yang Y F, Jiang J G. HEVC intra-prediction mode selection by using texture and spatial correlation[J]. Journal of Image and Graphics, 2014, 19(8): 1119-1125. [齐美彬, 朱广辉, 杨艳芳, 蒋建国. 利用纹理和空间相关性的 HEVC 帧内预测模式选择[J]. 中国图象图形学报, 2014, 19(8): 1119-1125.] [DOI: 10. 11834/jig. 20140801]

利用纹理和空间相关性的 HEVC 帧内预测模式选择

齐美彬^{1,3}, 朱广辉¹, 杨艳芳², 蒋建国^{1,3}

1. 合肥工业大学计算机与信息学院, 合肥 230009;
2. 合肥工业大学电子科学与应用物理学院, 合肥 230009;
3. 教育部安全关键工业测控技术工程研究中心, 合肥 230009

摘要: **目的** 提出一种结合图像纹理方向和空间相关性的高效视频编码(HEVC)帧内模式选择快速算法, 减少粗模式选择过程的候选模式数目, 加快帧内模式选择速度。**方法** 首先, 使用 Sobel 算子获得当前预测单元(PU)的纹理方向, 利用此纹理方向选取相应的角度预测模式组成粗模式选择的候选模式列表; 另外, 利用图像的空间相关性, 将相邻预测单元的最优帧内预测模式添加到候选模式列表中。**结果** 本文算法将粗模式选择过程的候选模式数目从 35 种减少到不超过 10 种, 比特率升高 0.41%, 峰值信噪比下降 0.031 4 dB, 编码时间缩短了 34.9%。**结论** 实验结果显示, 在保持编码质量基本不变的情况下, 此算法明显减少了粗模式选择过程的预测模式数量, 提高了 HEVC 的编码效率。

关键词: 高效视频编码(HEVC); 视频压缩编码; 帧内预测; 帧内预测模式选择; Sobel 算子

HEVC intra-prediction mode selection by using texture and spatial correlation

Qi Meibin^{1,3}, Zhu Guanghui¹, Yang Yanfang², Jiang Jianguo^{1,3}

1. School of Computer and Information, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;
2. School of Electronic Science and Applied Physics, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China;
3. Engineering Research Center of Safety Critical Industrial Measurement and Control Technology, Ministry of Education, Hefei 230009, China

Abstract: **Objective** This study proposes a fast mode decision algorithm combined with image texture direction and spatial correlation in high-efficiency video coding (HEVC) to reduce the number of candidate patterns in the rough mode decision (RMD) and to speed up the frame of mode selection. **Method** In the HEVC algorithm, the Sobel operator is used to obtain the texture direction of the current block Prediction Union (PU), in order to select the corresponding angle prediction model to comprise the RMD candidate list, and the spatial correlation of images is adopted to add the optimal mode of the neighboring PU to the candidate list. **Result** The proposed algorithm will reduce the number of candidate patterns from 35 to less than 10 in the RMD. Thus, this method significantly shortens the encoding time by 34.9%, with the bit-rate increasing to 0.41% and the PSNR decreasing to 0.031 4 dB. **Conclusion** Resultsshow that this method significantly reduces the

收稿日期: 2013-12-30; 修回日期: 2014-04-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(61371155); 安徽省科技攻关项目(1301B042023)

第一作者简介: 齐美彬(1969—), 男, 教授, 2007 年于合肥工业大学获得信号与信息处理专业博士学位, 主要研究方向为视频编码、智能视觉监控、DSP 技术及应用。E-mail: qimeibin@163.com

complexity of RMD algorithm and improves the efficiency of HEVC coding when the encoding quality is invariant.

Key words: high efficiency video coding (HEVC); video compression; intra-prediction; intra-modes decision; Sobel operator

0 引言

HEVC (high efficiency video coding), 即高效视频编码标准, 是继 H. 264/AVC 之后的新一代视频编码标准, 由 ITU-T 的视频编码专家组 (VCEG) 和 ISO/IEC 的动态图像专家组 (MPEG) 共同组成的联合协作视频编码组 (JCT-VC) 制定, 于 2010 年 4 月在德国召开第 1 次标准化会议。在编码性能上, HEVC 的目标是相对于 H. 264/AVC, 编码效率提高 1 倍, 即在保证相同视频图像质量的前提下, 降低 50% 的比特率^[1-2]。要达到这个目标, 必须采用更高复杂度的视频编码算法来实现, 因此, HEVC 引入了极高的计算复杂度。

HEVC 编码标准沿用了预测编码的编码方式, 包括帧内预测编码和帧间预测编码^[3-4]。帧内预测编码利用一帧图像内的空间冗余进行编码。HEVC 提供了 35 种帧内亮度预测模式——DC 模式 (0), 平面模式 (1) 和 33 种角度预测模式^[1,5]。33 种角度预测模式的预测方向由图 1 给出, 图 2 显示了预测方向与角度预测模式标号的对应关系。

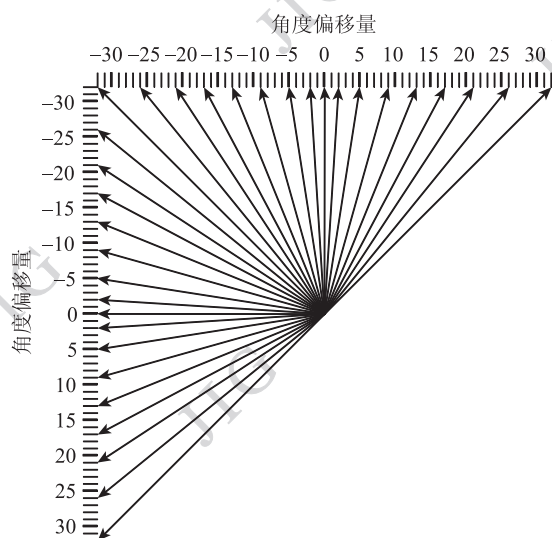


图 1 33 种帧内角度预测模式 (角度—方向对应关系)

Fig. 1 33 intra prediction modes (angle-direction)

HEVC 的帧内预测编码过程首先要进行粗模式选择 (RMD), 对 35 种帧内预测模式全部进行代价

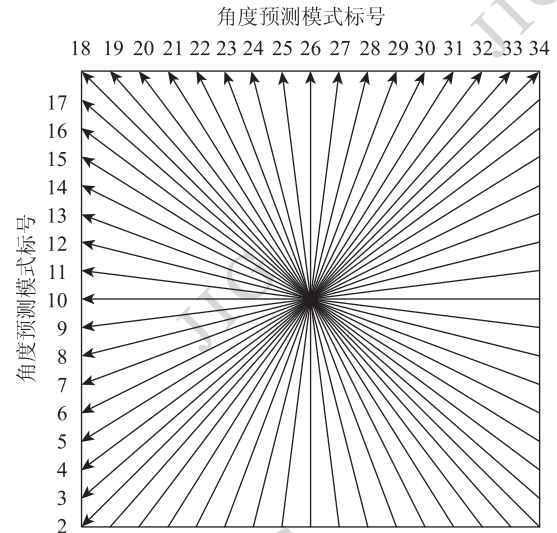


图 2 33 种帧内角度预测模式

Fig. 2 33 intra prediction modes

函数计算, 选取 N 个候选模式进入率失真优化 (RDO) 过程, 最终选择出最优帧内预测模式。候选模式数量 N 在文献[6]中提出, 如表 1 中所示。

表 1 基于 PU 尺寸的 N 值

Table 1 N based on PU sizes

PU 尺寸	N
4×4	8
8×8	8
16×16	3
32×32	3
64×64	3

在帧内预测过程中, RMD 代价函数的计算量是非常大的。如果可以通过预判, 减少需要进行代价函数计算的帧内预测模式数量, 就可以减少帧内预测过程的计算量, 很多学者就此提出了一些预判算法。文献[7]提出不经过变换量化等步骤, 而通过预处理提前排除一些可能性很小的帧内预测模式。文献[8]提出一种通过简化率失真模型来减少帧内预测模式的方法。文献[6]在文献[8]的基础上, 进行了改进, 提高了预判的精度。文献[9]通过减少 64×64 块中预测模式数量来降低运算复杂度。这

些方法都是研究在给定尺寸的帧内预测单元类型下,如何减少所要遍历的帧内预测模式的数目。

文献[10]利用图像的纹理特性在连续视频帧图像上具有一致性的特点,提出使用 Co-located PU 及相邻 PU 块帧内预测模式,减少 RMD 算法过程的帧内预测模式数量。根据这些信息,使得 RMD 选择过程中帧内预测模式数量减少为 17 种,但是这种方法会引起比特率的较明显升高。

文献[11]利用变换域边缘检测缩小帧内预测模式的选择范围。对于不同的 PU 块尺寸,采用不同的类别系数,计算选取的类别系数绝对值之和;然后根据计算出的和值,选取不同的权重对帧内预测模式进行选择。这样,只对一部分帧内预测模式进行计算。但是,这种方法与原编码相比平均增加 2.8% 的比特率。

文献[12]提出一种使用图像边缘检测和纹理特性减少候选预测模式数目的算法。该算法使用边缘匹配检测器对帧内预测模式进行选择,并利用类似统计直方图的核密度估计的方法提高边缘匹配检测器的准确度,平均降低了 37.6% 的编码时间,但是与原编码相比平均增加 1.65% 的比特率。

文献[13]提出了一种基于梯度的 HEVC 帧内预测快速模式选择算法。其主要思想是利用索贝尔算子把每种模式的梯度赋值通过直方图的形式表现出来,然后根据不同 PU 的尺寸选择出相应数量的候选模式。在减少了 20% 的编码时间的同时,平均增加了 1% 的码率。

上述提出的 HEVC 帧内预测算法在一定程度上提高了 HEVC 的编码效率,但未充分利用图像块自身的纹理特性和空间相关性,并且都引起了编码质量的较明显下降。为此,提出一种 HEVC 帧内预测模式快速选择的新算法。该算法充分利用图像块自身的纹理特性和空间相关性,对任意尺寸的图像块的帧内预测模式进行准确的预判,提高了编码的速度,与之前算法相比,保持了更好的编码质量。实验证明,通过利用图像纹理方向和空间相关性对帧内预测模式进行预判,减少进入 RMD 过程的帧内预测模式数量,提高了编码速度。

1 快速帧内预测算法

HEVC 采用四叉树划分结构^[14],使用 RMD 和 RDO 组合的方法为特定的 PU 块来选取最优帧内预

测模式^[15]。在 RMD 过程中,所有的 35 种帧内预测模式都要进行代价计算。如果可以设计一种方法能够减少 RMD 过程中需要计算的帧内预测模式数量,就可以有效减少 RMD 过程的计算量。

帧内角度预测模式与视频图像块的纹理方向是密切相关的^[16];根据图像的空间相关性,相邻 PU 块(左和上)也可以提供当前 PU 块帧内预测模式的信息^[17-18]。由此本文提出一种新的快速算法。首先,通过使用 Sobel 算子获得当前 PU 块的平均梯度,据此得到当前 PU 块的纹理方向,利用帧内预测方向和帧内角度预测模式的对应关系选取相应的角度预测模式组成 RMD 候选模式列表;然后,在候选模式列表中添加相邻 PU 块的最优预测模式,以及 DC 模式(0)、平面模式(1)、水平模式(10)和垂直模式(26)。通过提前预判的方法可以减少 RMD 过程中的帧内预测模式数量。

1.1 Sobel 算子获取当前 PU 角度预测模式

假设图像为 $f(x, y)$, 其在 (x, y) 处的偏导数为

$$f'(x, y) = (\partial f / \partial x)i + (\partial f / \partial y)j \quad (1)$$

根据求得的偏导数可以求得该像素点的梯度信息。Sobel 算子能够用来计算图像的梯度近似值^[19-20]。在 HEVC 编码标准中,PU 块划分的尺寸为 $8 \times 8, 16 \times 16, 32 \times 32, 64 \times 64$ 。为了加快图像纹理信息的提取速度,对尺寸为 $16 \times 16, 32 \times 32, 64 \times 64$ 的 PU 块进行隔点抽样,将 PU 块减小为 $8 \times 8, 16 \times 16, 32 \times 32$ 后,再使用 Sobel 算子提取图像的纹理信息。对当前 PU 块中的每一个像素进行运算,得到梯度值

$$G_x(n) = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} \times A_n \quad (2)$$

$$G_y(n) = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \times A_n$$

式中, A_n 为对应于卷积模板的当前 PU 块的像素值集合, $n=1, 2, \dots, M-2, M$ 为当前 PU 块尺寸。由于在计算的过程中忽略掉了边缘上的像素点,所以实际计算的像素个数为 $(M-2) \times (M-2)$ 个。

为了更好地反应当前 PU 块的平均梯度信息,消除噪声影响,设置阈值 T_1, T_2, T_3, T_4 , 对式(2)求得的梯度近似值进行选择,即

$$T_1 = G_{x_{\min}} \times 1.2, T_2 = G_{x_{\max}} \times 0.8 \quad (3)$$

$$T_3 = G_{y_{\min}} \times 1.2, T_4 = G_{y_{\max}} \times 0.8$$

式中, $G_{x_{\min}}$ 和 $G_{x_{\max}}$ 分别为 $G_x(n)$ 中的最小值和最大值, $G_{y_{\min}}$ 和 $G_{y_{\max}}$ 分别为 $G_y(n)$ 中的最小值和最大值。系数 1.2 和 0.8 为统计值。该值是通过统计试验, 选取不同的系数值在不同的序列上进行大量的实验, 最终统计得出, 选取 1.2 和 0.8 时, 在各序列上的平均效果是最好的。选取 $T_1 < G_x(n) < T_2$, $T_3 < G_y(n) < T_4$ 范围内的 $G_x(n)$ 和 $G_y(n)$ 值, 获得的个数分别为 p 和 q , 分别组成新的梯度集合 $G'_x(n)$ 和 $G'_y(n)$ 。求 x, y 方向的平均值

$$G_x = G'_x(1) + G'_x(2) + \cdots + G'_x(p)/p \quad (4)$$

$$G_y = G'_y(1) + G'_y(2) + \cdots + G'_y(q)/q$$

求取当前 PU 块的近似纹理方向

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (5)$$

根据求得的近似纹理方向 θ , 可以与图 1 和图 2 所给信息对应起来, 判断求得的纹理方向与帧内角度预测模式的对应关系, 如图 3 所示, 能够得到当前 PU 块两个可能的帧内角度预测模式 D_{Sobel1} 和 D_{Sobel2} , 将其组成 RMD 候选模式列表。

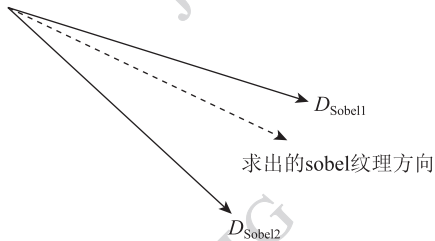


图3 Sobel 帧内角度模式选择

Fig. 3 Sobel intra angle modes decision

由于求得的纹理方向存在一定误差, 可能会影响角度预测模式的选择, 为了提高这种方法的可靠性, 根据式(6)添加所选角度预测模式的相邻角度预测模式 M_1 和 M_2 到 RMD 候选列表中。

$$\begin{aligned} M_1 &= ((D_{\text{Sobel1}} + 29) \% 32) + 2 \\ M_2 &= ((D_{\text{Sobel2}} - 1) \% 32) + 2 \end{aligned} \quad (6)$$

1.2 相邻 PU 块最优预测模式及特殊预测模式

图 4 中给出的是当前 PU 块的相邻 PU 块。根据图像的空间相关性, 相邻 PU 块的最优帧内预测模式对当前 PU 块帧内预测模式的选取有重要的参考价值。分别获取两个相邻 PU 块的最优预测模式加入到当前 PU 块的 RMD 候选模式列表中。

增加 4 种特殊预测模式——DC 模式(0)、平面模式(1)、水平模式(10)和垂直模式(26)到 RMD 候选模式列表中。去除获得的 RMD 候选模式列表

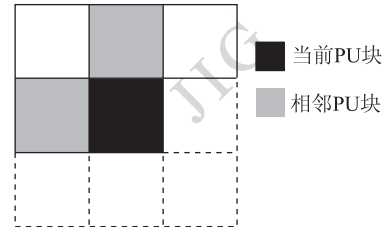


图4 当前 PU 块的相邻 PU 块

Fig. 4 Neighbouring PUs of current PU

中的重复模式。此时 RMD 候选模式列表中模式有由纹理信息获得的 4 个角度预测模式, 4 个特殊预测模式, 这 8 种预测模式是互相不重复的。获取的 2 种相邻 PU 块的帧内预测模式会与前面 8 种候选预测模式出现重复, 若这 2 种帧内预测模式与候选列表中已有的 8 种预测模式全部重复, 则全部去掉, 此时 RMD 候选模式列表中预测模式的数量为最少的 8 种; 若这 2 种帧内预测模式都为角度预测模式且互不重复, 并且与已有的 8 种候选模式不重复, 则全部加入列表中, 此时 RMD 候选模式列表中候选模式的数量为最多的 10 种; 若这 2 种帧内预测模式只有 1 种与已有的 8 种预测模式重复, 去掉重复的模式, 则 RMD 候选模式列表中有 9 种候选模式。因此, RMD 候选模式列表中最多有 10 种帧内预测模式, 最少只有 8 种帧内预测模式。RMD 算法仅须对候选模式列表中的帧内预测模式进行代价计算, 选取出 N 个帧内预测模式进入 RDO 过程中。

1.3 帧内模式选择算法

整体算法描述如下:

1) 判断当前 PU 块的尺寸, 如果 PU 块的尺寸为 8×8 , 直接进行下一步, 否则, 对 PU 块进行隔点抽样;

2) 用式(2)对 PU 块内除边界以外的所有的像素点进行 Sobel 算子卷积计算, 得到梯度集合 $\{G_x(n)\}$ 和 $\{G_y(n)\}$ 。利用式(3)计算阈值, 对梯度集合进行选择, 不在范围内的值全部舍弃;

3) 使用式(4)对判断后余下的值求取平均值 G_x 和 G_y , 根据式(5)求出当前 PU 块的近似纹理方向 θ ;

4) 判断求得的 θ 与图 1 中角度预测模式的对应关系, 选取所对应的角度预测模式 D_{Sobel1} 和 D_{Sobel2} , 根据式(6)增加相应角度预测模式 M_1 和 M_2 , 共同组成 RMD 候选模式列表;

5) 添加相邻 PU 块的最优预测模式, 以及 DC 模

式(0), 平面模式(1), 水平模式(10)和垂直模式(26)到 RMD 候选模式列表中, 并对获得的 RMD 候选模式列表进行筛选, 去除其中重复的帧内预测模式;

6) RMD 算法在得到的 RMD 候选模式列表中选择出 N 个最优帧内预测模式, RDO 在 N 个模式中选择出当前 PU 的最佳帧内预测模式。

2 实验结果与分析

本文算法在 HM10.0 上进行实现, 采用低复杂度、全 I 帧编码, 量化参数 QP 分别采用 22、27、32 和 37。实验结果与 HM 算法进行视频质量的对比, 与文献[12]的算法进行编码质量和编码时间的对比。实验平台为 Intel 酷睿双核处理器, 主频为 2.0 MHz, 2 GB DDR2 内存。

图5—图7是序列 Class A(2 560 × 1 600 像素)、Class B(1 920 × 1 080 像素)和 Class E(1 280 × 720 像素)中分别选出的视频样例的率失真 RD 曲线。

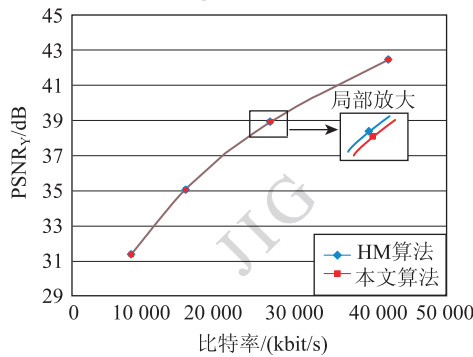


图5 PeleleStreet (Class A) RD 曲线

Fig. 5 RD curve of PeleleStreet (Class A)

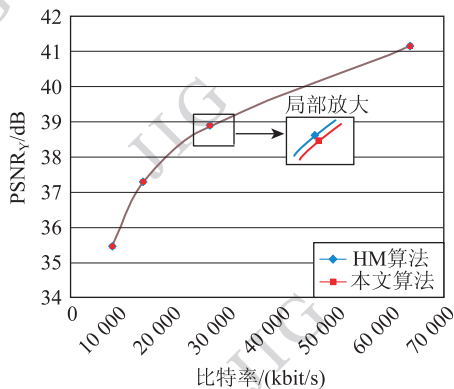


图6 BasketBallDrive (Class B) RD 曲线

Fig. 6 BD curve of BasketBallDrive (Class B)

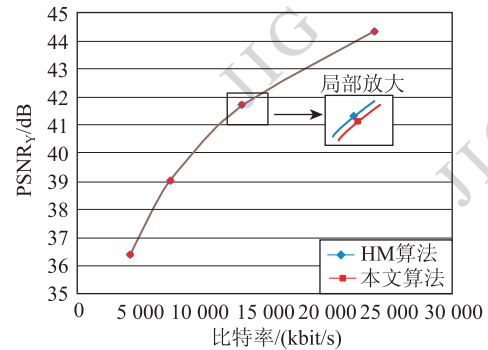


图7 Vidyo4 (Class E) RD 曲线

Fig. 7 RD curve of Vidyo4 (Class E)

从图5—图7可以明显看出, 本文算法在不同视频尺寸的视频序列上可以得到与 HM 算法几乎一样的编码质量。其余测试序列的率失真曲线与图5—图7有相同的效果, 表2中有各序列比特率和峰值信噪比详细的变化幅度。

现用 ΔB 和 ΔPSNR_Y 分别表示平均比特率和亮度分量的 PSNR 损失, Δt 表示编码时间减少百分比, 计算

$$\Delta B = \frac{B^{\text{Fast}} - B^{\text{HM}}}{B^{\text{HM}}} \quad (7)$$

$$\Delta \text{PSNR}_Y = \text{PSNR}^{\text{Fast}} - \text{PSNR}^{\text{HM}} \quad (8)$$

$$\Delta t = \frac{t^{\text{HM}} - t^{\text{Fast}}}{t^{\text{HM}}} \quad (9)$$

Fast 为快速算法的实验数据, HM 为原编码算法的实验数据。

表2给出本文算法和文献[12]算法的对比结果。可以看出, 与 HM 算法相比, 本文算法的 ΔB 平均升高了 0.41%, 文献[12]算法平均升高了 1.57%, 与文献[12]算法相比, 本文算法的比特率减小了 73.9%; 两种算法的 ΔPSNR 与 HM 算法相比基本没有变化, 本文算法的 ΔPSNR_Y 下降了 0.031 4 dB, 而文献[12]算法下降了 0.065 6 dB, 与文献[12]算法相比, 本文算法的信噪比提高了 47.8%。由此可见, 本文算法更好地保持了编码质量。

本文算法平均减少了 34.9% 的编码时间, 而文献[12]算法减少了 35.5% 的编码时间, 相比之下本文算法增加了 0.6% 的时间消耗, 这是由于本文使用的 Sobel 算子对于较大尺寸图像块的计算过程会增加一定的时间消耗。

表 2 本文算法与文献[12]算法的对比

Table 2 The comparison between algorithm of this paper and algorithm of reference [12]

Class	测试序列	$\Delta B/\%$		$\Delta PSNR_Y/dB$		$\Delta t/\%$	
		文献[12]	本文	文献[12]	本文	文献[12]	本文
A	Traffic	1.31	0.33	-0.064 9	-0.033 2	-32.94	-30.59
	PeopleonStreet	1.46	0.26	-0.075 1	-0.039 0	-32.77	-30.43
	ParkScene	0.77	0.31	-0.033 9	-0.015 9	-42.56	-39.52
	Kimono	0.75	0.33	-0.022 1	-0.012 9	-34.21	-31.77
B	Cactus	1.77	0.47	-0.058 7	-0.029 4	-32.12	-29.82
	BasketBallDrive	1.98	0.62	-0.052 4	-0.024 1	-33.17	-30.80
	BQTerrace	1.38	0.39	-0.067 5	-0.032 2	-33.90	-31.48
	Tennis	2.24	0.68	-0.091 6	-0.041 8	-44.70	-41.51
E	Vidyo1	2.18	0.63	-0.093 7	-0.046 9	-34.93	-32.44
	Vidyo3	1.75	0.47	-0.086 5	-0.036 2	-34.19	-31.75
	Vidyo4	1.66	0.43	-0.075 3	-0.033 9	-34.47	-32.01
	平均	1.57	0.41	-0.065 6	-0.031 4	-35.5	-34.9

3 结 论

HEVC 帧内预测模式快速选择算法,充分利用图像的纹理方向和空间相关性,减少进入 RMD 过程的帧内预测模式数量。Sobel 算子可以快速提取原图像的纹理方向,据此对帧内预测的角度模式进行选择,组成 RMD 候选模式列表,同时,添加相邻 PU 块的角度预测模式到候选列表中。通过预判,可以减少 RMD 过程中的帧内预测模式的数量。经过预判以后建立的 RMD 候选模式列表中帧内预测模式的个数最多为 35 种帧内预测模式中的 10 种。实验结果表明,与文献[12]的算法相比,在牺牲了 0.6% 的编码时间的同时,ΔB 降低了 73.9%,ΔPSNR_Y 提高了 47.8%,保持了更好的视频编码质量。与原编码相比,有效减少了进入 RMD 过程中的选模式数量,平均减少了 34.9% 的编码时间。

参考文献 (References)

[1] JCT-VC. High efficiency video coding (HEVC) text specification draft 8 [S]. [S. L.]: JCT-VC 2012.
[2] Ohm J, Sullivan G J. Comparison of the coding efficiency of video coding standards-including high efficiency video coding

(HEVC) [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2012, 22(12): 1669-1684.
[3] Laubema J, Bossen F, Han W J. Intra coding of the HEVC standard [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2012, 22(12): 1792-1801.
[4] Lainema J, Ugur K. Angular intra prediction in high efficiency video coding (HEVC) [C]//Proceedings of IEEE 13th International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP). Hangzhou, China: IEEE, 2011: 1-5.
[5] Sullivan G J, Han W J, Wiegand T. Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard [J]. IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology, 2012, 22(12): 1649-1668.
[6] Zhao L, Zhang L, Ma S W, et al. Fast mode decision algorithm for intra prediction in HEVC [C]//Proceedings of Visual Communications and Image Processing (VCIP). Tainan, Taiwan, China: IEEE, 2011: 1-4.
[7] Min J, Lee S, Kim I, et al. Unification of the Directional Intra Prediction Methods in TMuC: B100[R]. Geneva, Switzerland: JCT-VC, 2010.
[8] Piao Y, Min J, Chen J. Encoder Improvement of Unified Intra Prediction: C207[R]. Guangzhou, JCT-VC, 2010.
[9] Sugimoto K, Minezawa A, Sekiguchi S. Reduced Number of Intra 64 × 64 Prediction Mode [DB/OL]. [2011-03-10]. http://phenix.int-evry.fr/jct/doc-end_user/documents/7-Geneva/w911/JCTVC-G447-v2.zip.
[10] Motrac A S, Gupta A, Shukla M. Fast intra mode decision for

- HEVC video encoder [C]//Proceedings of the 20th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM). Split, Croatia: IEEE, 2012:1-5.
- [11] Ting Y C, Chang T S. Fast intra prediction algorithm with transform domain edge detection for HEVC [C]//Proceedings of IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS). Kaohsiung, Taiwan, China: IEEE, 2012: 144-147.
- [12] Chen G, Liu Z Y, Takeshi I. Fast HEVC intra mode decision using matching edge detector and kernel density estimation alike histogram generation [C]//Proceedings of IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS). Beijing: IEEE, 2013: 53-56.
- [13] Jiang W, Ma H J, Chen Y. Gradient based fast mode decision algorithm for intra prediction in HEVC [C]. //Proceedings of Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet). Yichang: IEEE, 2012: 1836-1840
- [14] Pan F, Lin X. Fast mode decision for intra prediction[C]// Proceedings of the 7th meeting of Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG. Pattaya, Thailand: JVT-G013, 2004: 953-958.
- [15] Huang Z M. Study on fast mode selection algorithm for the next generation video coding standard HEVC [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2012. [黄朝明. 下一代视频压缩标准 HEVC 的模式选择快速算法研究[D]. 成都:西南交通大学, 2012.]
- [16] Chen W H. Research on fast intra prediction algorithm for HEVC [D]. Guangzhou: Sun Yat-sen University, 2012. [陈王焕. 新一代高效视频编码帧内预测快速算法研究[D]. 广州:中山大学, 2012.]
- [17] Zhao L. Researchs on fast intra mode decision and core techniques in HEVC [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2011. [赵亮. HEVC 帧内模式决策及其核心技术的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2011.]
- [18] Tai S C, Chang C Y, Chen B J, et al. Speeding up the decision of quad-Tree structures and coding modes for HEVC coding units [J]. Advances in Intelligent Systems & Applications, 2013, 21(12): 393-401.
- [19] Yan S Q, Hong L, He W F. Group-Based fast mode decision algorithm for intra prediction in HEVC[C]//Proceedings of Signal Image Technology and Internet Based Systems (SITIS). Naples: IEEE, 2012:225-229.
- [20] Pan F, Lin X. Fast mode decision algorithm for intra-prediction in H.264/AVC video coding [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2005, 15(7): 813-822.