

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2013 **6**
Vol.1 No.

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2013 年 6 月 第 18 卷 第 6 期(总第 206 期)

目 次

综述

利用块效应特征的 JPEG 图像盲取证研究进展 赵洁, 郭继昌, 张艳(613)

图像处理和编码

可信度双三次插值的 PMD 距离信息和 RGB 图像数据融合 ... 胡良梅, 王竹萌, 高隼, 张旭东, 吴国松(621)

分数阶微分的 CIE $L^*a^*b^*$ 颜色空间边缘检测 汤慧梅, 赵跃进(628)

图像分析和识别

频谱预处理模糊运动方向鉴别的改进算法 孔勇奇, 卢敏, 潘志庚(637)

基于视频动态纹理的火灾检测 邵婧, 王冠香, 郭蔚(647)

医学图像处理

旋转不变的 X 线图像相关度拼接 赵宏, 赵凯, 江春花, 康雁(654)

心肌灌注核磁共振图像的非刚性配准 王建, 潘静薇, 杨新(661)

遥感图像处理

空间约束的无人机影像 SURF 特征点匹配 韩天庆, 赵银娣, 刘善磊, 白杨(669)

支持向量机和水平集的高分辨率遥感图像河流检测 于晓升, 吴成东, 陈东岳, 田子恒(677)

地理信息技术

影响域渐进扩展的居民地增量综合 许俊奎, 武芳(685)

“第 16 届全国图象图形学学术会议”专栏

场景切换视频自适应帧间码率控制 方志军, 高永彬, 舒雷, 袁非牛, 杨勇(692)

适用于 PACS 系统的医学图像近无损压缩 李萍, 蒋慧琴, 杨晓鹏, 刘玉敏(699)

用于视觉词语生成的概率预测器 史淼晶, 徐蕊鑫, 许超(706)

多特征融合的人体目标再识别 范彩霞, 朱虹, 蔺广逢, 罗磊(711)

G^2 连续的低次避障代数样条曲线 陈军(718)

自适应多特征融合的真实感地形快速绘制 曾艳阳, 康凤举, 杨惠珍(724)

第九届和谐人机环境联合学术会议(HHME2013)征稿通知 (730)

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 18 No. 6 June 2013

Contents

Review

Survey: blind forensic of JPEG forgeries based on blocking artifacts Zhao Jie, Guo Jichang, Zhang Yan(613)

Image Processing and Coding

PMD distance information and high resolution RGB image data fusion based on bicubic interpolation with credibility
..... Hu Liangmei, Wang Zhumeng, Gao Jun, Zhang Xudong, Wu Guosong(621)

Edge detection in CIE L*a*b* based on fractional differential Tang Huimei, Zhao Yuejin(628)

Image Analysis and Recognition

Motion blur direction detection based on pre-processing of spectrum image Kong Yongqi, Lu Min, Pan Zhigeng(637)

Fire detection based on video dynamic texture Shao Jing, Wang Guanxiang, Guo Wei(647)

Medical Image Processing

X-ray image mosaic based on rotation invariant correlation Zhao Hong, Zhao Kai, Jiang Chunhua, Kang Yan(654)

Non-rigid registration for myocardial perfusion MR image Wang Jian, Pan Jingwei, Yang Xin(661)

Remote Sensing Image Processing

Spatially constrained SURF feature point matching for UAV images Han Tianqing, Zhao Yindi, Liu Shanlei, Bai Yang(669)

Using support vector machine and level set for river detection in high resolution remote sensing image
..... Yu Xiaosheng, Wu Chengdong, Chen Dongyue, Tian Ziheng(677)

Geoinformatics

Expanding the influencing domain gradually for incremental generalization of settlement Xu Junkui, Wu Fang(685)

Issum of the 16th National Conference on Image and Graphics

Adaptive frame-layer rate control in scene change video Fang Zhijun, Gao Yongbin, Shu Lei, Yuan Feiniu, Yang Yong(692)

Near-lossless compression for medical image in PACS Li Ping, Jiang Huiqin, Yang Xiaopeng, Liu Yumin(699)

Probabilistic predictor for fast visual word generation Shi Miaojing, Xu Ruixin, Xu Chao(706)

Person re-identification based on multi-features Fan Caixia, Zhu Hong, Lin Guangfeng, Luo Lei(711)

Construction of low degree algebraic spline curve with G^2 continuity to avoid obstacles Chen Jun(718)

Fast rendering of realistic terrain based on adaptive multiple features fusion Zeng Yanyang, Kang Fengju, Yang Huizhen(724)

中图法分类号: TP751.1 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2013)06-0692-07

论文引用格式: 方志军,高永彬,舒雷,袁非牛,杨勇. 场景切换视频自适应帧间码率控制[J]. 中国图象图形学报,2013,18(6):692-698.

场景切换视频自适应帧间码率控制

方志军, 高永彬, 舒雷, 袁非牛, 杨勇

江西财经大学信息管理学院, 南昌 330013

摘要: 针对视频帧中可能出现的大量场景切换,提出一种基于非连接点的场景切换检测算法,提高编码性能,该场景检测算法复杂度低,在运动估计的同时,完成视频场景切换检测。场景切换将导致 GOP(group of pictures)长度的变化,并可能出现 GOP 长度太短的情况。提出改进的自适应 GOP 时域滤波技术,避免由于 GOP 太短引起的编码性能下降。针对视频场景切换检测分割出的不同长度的 GOP,提出一种基于率失真模型的帧间码率控制算法,利用视频的失真与码率及视频帧复杂度的关系,对帧间码率分配进行优化,提高重构视频帧的总质量。实验结果表明,基于场景检测的自适应帧间码率控制算法能够获得较好的编码性能。

关键词: 非连接点;场景切换;自适应;率失真模型;码率控制

Adaptive frame-layer rate control in scene change video

Fang Zhijun, Gao Yongbin, Shu Lei, Yuan Feiniu, Yang Yong

School of Information Technology, Jiangxi University of Finance and Economic, Nanchang 330013, China

Abstract: A scene change detection algorithm based on non-connected points is proposed to solve the problems of scene changes existed in videos, which can improve the coding performance. The complexity of the proposed algorithm is low and scene change detection is processing at the same time of the motion estimation. Scene changes can cause different GOP (group of pictures) sizes, which can result in GOP with a short size. We propose an improved adaptive GOP motion compensation temporal filtering, which can effectively avoid the short GOP problem resulting in a decline of coding performance. For each GOP generated by scene change detection, a frame-layer rate control algorithm based on a rate distortion model is proposed, using the relation between the distortion and the rate and the complexity of the video frame to optimize the rate distribution, aiming at improving the quality of the reconstructed video. The experimental results show that the proposed algorithm can achieve better performance than other rate control algorithms.

Key words: non connected point; scene change; adaptive; rate distortion model; rate control

0 引言

码率控制是在给定一定码率的条件下,通过合理设置编码的各项参数来获得最高的视频或图像质量,码率控制是视频编码中非常重要的组成部分,码率控制分为视频码率控制和图像码率控制,视频码

率控制又包括帧间码率控制和帧内码率控制,帧间码率控制是给定视频总的码率,将其分配给各个视频帧,使重构视频总质量最高。帧内码率控制与图像码率控制类似,都是给定一定码率,通过调整编码参数达到最佳的重构质量。相比图像的码率控制,视频码率控制还包括一项重要的任务是帧间的码率控制^[14],文献[1]通过指数模型建立视频帧的码率

收稿日期:2012-11-27;修回日期:2012-12-24

基金项目:国家自然科学基金项目(60862002);江西省教育厅科技项目(GJJ11414)

第一作者简介:方志军(1971—),男,教授,2006年于上海交通大学获通信与信息系统专业博士学位,主要研究方向为图像通信与多媒体技术。E-mail: zjfang@gmail.com

与失真的关系,并利用拉格朗日算法对码率分配进行优化;文献[2]针对视频帧头信息,如运动矢量(MV)提供码率控制方法;文献[3]提出一种通过平均绝对误差(MAD)来表达视频帧的复杂度,并动态调整量化参数(QP)与拉格朗日乘数来实现模式选择与码率控制的算法;文献[4]采用视频帧自身的梯度以及相邻帧的直方图差别来描述视频帧的复杂度,并以此来实现视频帧的码率控制。上述码率控制算法仅考虑视频帧自身的复杂度,未考虑重构视频失真,没有充分利用码率、复杂度与失真的关系^[1],影响了重构视频的总体质量。

在码率控制的时候,当视频中出现场景切换,视频在切换处的时域冗余消失,若此时仍将切换处相邻的视频帧作为同一编码单元,将大大降低视频的压缩性能,而实际视频存在大量的场景切换,因此,研究一种高效的场景切换检测算法有着十分重要的意义。在传统的视频编码中,为了检测视频场景切换,提出了许多方法,如基于 H. 264 标准的场景切换检测算法^[5-8]和基于 MPEG 标准的场景切换检测算法^[9]。其中,基于 MPEG 标准的场景切换检测算法通过统计宏块的编码类型来判断是否发生场景切换,上述场景切换检测算法主要针对现有的视频编码标准提出的,而现有的视频编码标准大多基于离散余弦变换(DCT),因此,难于将上述场景切换检测算法运用于其他视频编码中,如小波视频编码。Lienhart 等人提出一种基于边缘分割法的场景检测算法^[10],Kim 等人通过计算相邻图像的直方图差异来判断是否发生场景切换^[11],Shu 等人通过分析连续帧的运动变化信息来检测是否存在场景切换^[12],上述算法大多从视频相邻帧的总体差异来判断是否发生场景切换,不能检测局部场景切换的情形。Kang 等人提出采用块直方图来检测视频中的局部场景切换^[13],Vashistha 等人提出一种两阶段场景切换算法^[14],以提高检测的精度,这些算法能够达到较好的检测效果,但需要花费额外的检测代价来判断是否发生检测切换,增加了代码的复杂度。

基于前人研究成果,提出一种基于非连接点的场景切换检测算法,并结合率失真模型的帧间码率控制算法,针对视频运动估计过程中,在参考帧中出现的 3 类点:正常连接点、多连接点和非连接点,计算其中非连接点的比例来检测视频中是否发生场景切换,该算法在运动估计的同时完成对视频的场景检测,无需额外的检测代价,复杂度较低;另外,本文

帧间码率控制算法同时考虑视频帧复杂度与重构视频失真,以提高重构视频总质量为目的进行码率控制。

1 基于非连接点的场景切换检测

1.1 运动补偿时域滤波

运动补偿时域滤波(MCTF)是一种帧间提升小波变换的技术,它首先通过运动估计得到两帧间的运动矢量,通过运动矢量建立两帧间像素点的对应关系,并应用小波变换进行帧间的时域变换,以消除视频的时域冗余。

基于 Haar 小波变换具有实现简单的优点,大多 MCTF 都是基于 Haar 小波来实现,相比其他小波变化,它可以减少需要传输的运动矢量,提高编码性能,目前 MCTF 都是基于提升方案实现的,提升变换主要分为分割、预测、更新 3 个步骤,将其应用于时域滤波时,可以分为预测和更新两个步骤。

运动估计过程中,当前帧与参考帧之间形成两种不同的对应关系^[15],多对一、一对一,这在参考帧中反映的是 3 种类型的像素点:非连接点、多连接点和正常连接点,如图 1 所示为这 3 种类型的像素点的示例。

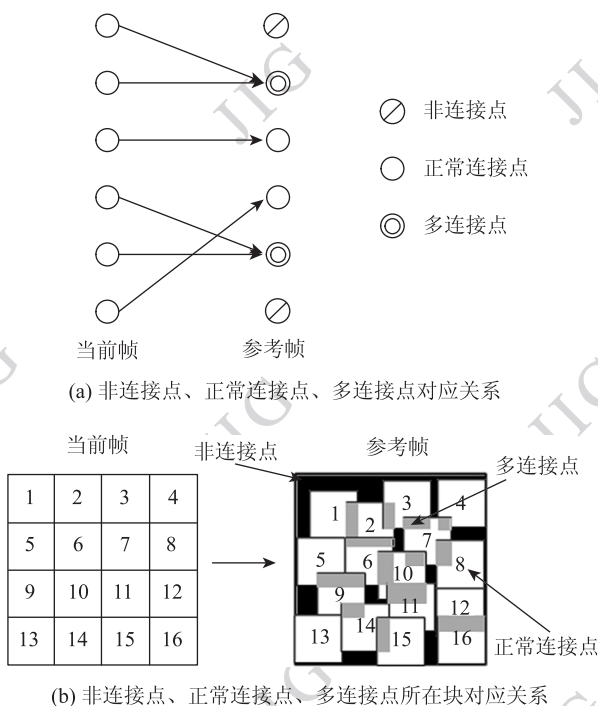


图1 参考帧3种类型像素点示例

Fig. 1 Example of three types of pixels in reference frame

针对 Haar 提升小波时域滤波技术,上述 3 种类型的像素点处理方式如下:

1) 正常连接点:当前帧与参考帧一对一的关系,当前帧经过预测得到高频帧,参考帧经过更新得到低频帧。

预测步骤

$$H_i^c(x, y) = \frac{\sqrt{2}}{2} (B_i(x - dx, y - dy) - A_i(x, y)) \quad (1)$$

式中, $A_i(x, y)$ 为当前帧的 (x, y) 像素灰度值, $B_i(x - dx, y - dy)$ 为参考帧对应的像素灰度值, (dx, dy) 为运动矢量。 $H_i^c(x, y)$ 为当前帧经过预测得到的高频帧。

更新步骤

$$L_i^R(x, y) = \sqrt{2} B_i(x, y) - H_i(x - dx, y - dy) \quad (2)$$

式中, $L_i^R(x, y)$ 为参考帧更新得到的低频帧。

2) 多连接点:参考帧中的一个像素点对应当前帧多个像素点,此时,当前帧对应像素点经过预测得到高频帧,多连接点不需要进行更新。

预测步骤

$$H_i^c(x, y) = \frac{\sqrt{2}}{2} (B_i(x - dx, y - dy) - A_i(x, y)) \quad (3)$$

3) 非连接点:参考帧中的像素点没有对应当前帧中任何像素点,此时,参考帧中非连接点进行更新操作。

更新步骤

$$L_i^R(x, y) = \sqrt{2} B_i(x, y) \quad (4)$$

1.2 场景切换检测

提出一种基于非连接点的场景切换检测算法,通过计算非连接点的比例来判断视频是否发生场景切换,由于不同视频运动剧烈程度不一样,因此,通过设置阈值来判断非连接点的比例不太合理,本文通过计算连续帧之间的非连接点比例差异来判断是否存在场景切换。算法描述如下:

初始化参考帧的连接点标志,对每个参考帧像素点 $B_i(x, y)$, 设置 $F_{\text{flag}}(x, y) = 0$ 。

对每个当前帧像素点 $A_i(x, y)$, 其对应的运动矢量为 (dx, dy) , 则

$$F_{\text{flag}}(x - dx, y - dy) = 1 \quad (5)$$

计算非连接点比例

$$r_i = 1 - \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N F_{\text{flag}}(x, y) / MN \quad (6)$$

式中, M, N 代表视频帧的宽和高, r_i 表示当前帧的非连接点比例。

根据相邻帧的非连接点比例的差异判断是否发生场景切换。

如果 $|r_i - r_{i-1}| > \delta$, 发生场景切换; 否则, 未发生场景切换。 δ 是预定义的阈值, 本文实验中设置为 0.2。

1.3 改进的自适应 GOP 视频编码

视频编码以一个 GOP (group of picture) 作为编码单元, 一个 GOP 内视频帧信息存在较大冗余, GOP 分为固定帧数和可变帧数的编码方式, 固定帧数的编码方式不考虑场景切换, 影响了编码性能。可变帧数的编码方式也称为自适应 GOP 视频编码, 自适应 GOP 视频编码算法也以固定帧数为基础, 但当视频出现场景切换时, 自适应算法会将场景切换处的视频帧分开, 产生新的 GOP 进行编码, 但这种方式容易产生较小的视频帧 (如一个 GOP 只有一帧的情形), 为这些小的视频帧分配一个 GOP 会消耗较大的编码代价, 因此, 提出一种改进的自适应 GOP 视频编码标准, 算法描述如下 (以 8 帧作为基本单元为例):

1) 采用非连接点的场景切换检测算法对视频的 8 帧进行场景切换检测, 若出现场景切换, 跳至步骤 2), 否则跳至步骤 3);

2) 从上一 GOP 结束至视频切换处作为一个 GOP 进行视频编码, 编码结束后转至步骤 1);

3) 继续检测下一个 8 帧, 判断是否发生场景切换, 若发生场景切换, 则跳至步骤 4), 否则, 跳至步骤 5);

4) 设场景切换的位置为 i , 如果 $i \geq 4$ 则前 8 帧作为一个 GOP, 后 i 帧作为一个 GOP 进行编码; 否则前 8 帧与后 i 帧合并为一个 GOP 进行编码, 跳至步骤 1);

5) 前 8 帧作为一个 GOP 进行编码, 跳至步骤 3)。

重复执行上述步骤, 直到整个视频编码完成, 改进的自适应 GOP 视频编码算法能够有效防止由于 GOP 太小引起的编码资源浪费的情形。

2 帧间码率控制算法

码率控制算法是在码率一定的情况下, 尽可能地提高重构视频的质量, 目前的码率控制算法大多基于视频帧复杂度与缓冲器的占有率来实现, 如

JVT-G012 标准^[16],即

$$R_i = \beta R_i^c + (1 - \beta) R_i^b \quad (7)$$

式中, R_i 为视频第 i 帧最终计算的码率, R_i^c 与 R_i^b 分别为基于复杂度与缓冲器占有率计算到的码率, β 为权重, 取为 0.5, R_i^b 为

$$R_i^b = \frac{R^c}{f} + \gamma (T_{li}^b - C_{li}^b) \quad (8)$$

式中, γ 取值为 0.75, T_{li}^b 与 C_{li}^b 分别为第 i 帧的目标缓冲器占有率和当前缓冲器占有率。 R^c 为信道带宽, f 为视频帧率。

重点研究基于视频帧复杂度的码率控制, 即计算式(7)中的 R_i^c , 提出一种基于率失真曲线的码率控制算法, 当前码率控制算法大多只是通过视频帧自身的复杂度来计算 R_i^c , 而没有考虑视频的失真问题, 影响重构视频总质量, 本文提出的码率控制算法, 充分考虑视频帧失真与码率及图像自身复杂度的关系, 以提高重构视频帧总质量为目的进行码率控制。

率失真曲线是视频帧分配的码率与失真的关系, 当前码率控制算法大多采用指数模型来拟合率失真曲线^[1], 采用的指数模型为

$$D = \lambda \sigma 2^{-bR} \quad (9)$$

式中, σ 为视频帧经过时域滤波后的标准差, D 和 R 分别为视频帧的失真与码率, λ 与 b 为模型的参数 ($\lambda = 8.44$, $b = 3.5$), 这两个参数通过拟合得到。

对式(9)求导得

$$\frac{dD}{dR} = -b\lambda\sigma 2^{-bR} \ln 2 \quad (10)$$

$$\frac{d^2D}{dR^2} = (b \ln 2)^2 \lambda \sigma 2^{-bR} \quad (11)$$

从式(11)可以看出 $\frac{d^2D}{dR^2} > 0$, 因此率失真曲线是凹的, 并且存在两个码率失真(RD)点, (R_1, D_1) 与 (R_2, D_2) , $R_1 < R_2$ 且

$$\left| \frac{dD_1}{dR_1} \right| > \left| \frac{dD_2}{dR_2} \right| \quad (12)$$

根据文献[17]的推理, 令

$$\begin{cases} R'_1 = R_1 + \Delta R \\ R'_2 = R_2 - \Delta R \end{cases} \quad (13)$$

则

$$\begin{aligned} R'_1 + R'_2 &= R_1 + R_2 \\ D'_1 + D'_2 &= D_1 - \left| \frac{dD_1}{dR_1} \right| \Delta R + D_2 + \end{aligned}$$

$$\left| \frac{dD_2}{dR_2} \right| \Delta R = D_1 + D_2 -$$

$$\left(\left| \frac{dD_1}{dR_1} \right| - \left| \frac{dD_2}{dR_2} \right| \right) \Delta R < D_1 + D_2 \quad (14)$$

从式(12)~(14)可以看出, 在保证总的码率一定的情况下, 将更多的码率分配到曲率高的 RD 点上, 能够获得更好的视频质量。因此, 在 $\left| \frac{dD_1}{dR_1} \right| >$

$\left| \frac{dD_2}{dR_2} \right|$ 的条件下, 增大 R_1 、减小 R_2 , 并保持其和一定, 可以提高视频总质量, 而由式(10)可知, 随着 R_1

的增大, R_2 的减小, $\left| \frac{dD_1}{dR_1} \right|$ 逐渐减小, $\left| \frac{dD_2}{dR_2} \right|$ 逐渐增大, 因此, 存在某个 ΔR , 使得

$$\left| \frac{dD'_1}{dR'_1} \right| = \left| \frac{dD'_2}{dR'_2} \right| \quad (15)$$

此时的 R'_1 与 R'_2 即是所要求解的最佳码率分配, 它能够达到最好的视频质量。设视频各 P 帧码率为 $(R_1, R_2, \dots, R_i)$, 失真为 $(D_1, D_2, \dots, D_i)$, 则在求解 R_i^c 时, 为了达到最佳的视频质量, 令

$$\begin{cases} \left| \frac{dD_i}{dR_i} \right| / R_{i,1} = \left| \frac{dD_1}{dR_1} \right| \\ \left| \frac{dD_i}{dR_i} \right| / R_{i,2} = \left| \frac{dD_2}{dR_2} \right| \\ \vdots \\ \left| \frac{dD_i}{dR_i} \right| / R_{i,i-1} = \left| \frac{dD_{i-1}}{dR_{i-1}} \right| \end{cases} \quad (16)$$

结合式(10), 求解得

$$\begin{cases} R_{i,1} = R_1 + \left(\log_2 \frac{\sigma_i}{\sigma_1} \right) / b \\ R_{i,2} = R_2 + \left(\log_2 \frac{\sigma_i}{\sigma_2} \right) / b \\ \vdots \\ R_{i,i-1} = R_{i-1} + \left(\log_2 \frac{\sigma_i}{\sigma_{i-1}} \right) / b \end{cases} \quad (17)$$

则由图像复杂度计算得到视频帧的码率为

$$\begin{aligned} R_i^c &= \frac{\sum_{j=1}^{i-1} R_{i,j}}{i-1} = \\ &= \frac{\sum_{j=1}^{i-1} R_j + \left(\sum_{j=1}^{i-1} \log_2 \frac{\sigma_i}{\sigma_j} \right) / b}{i-1} \end{aligned} \quad (18)$$

式中, σ_i 为第 i 帧的时域滤波后的标准差。

3 实 验

3.1 实验方案

实验的总体方案如图 2 所示,整个框架分为三大部分,首先对输入视频进行改进的自适应 GOP 视频编码,它包括非连接点场景切换检测与码率控制,接着对视频进行编码。采用的编码方式为 t+2D 的编码方式,即帧间滤波编码技术,先对时间域进行运动补偿时域滤波,消除视频时间冗余,再对各帧进行 2 维的空域小波变换,结合 SPIHT 编码完成视频编码过程。实验首先采用提升 Haar 进行时域滤波,接着利用提升 D9/7 小波进行空域变换。最后一部分为解码过程,它是编码各步骤的逆过程。

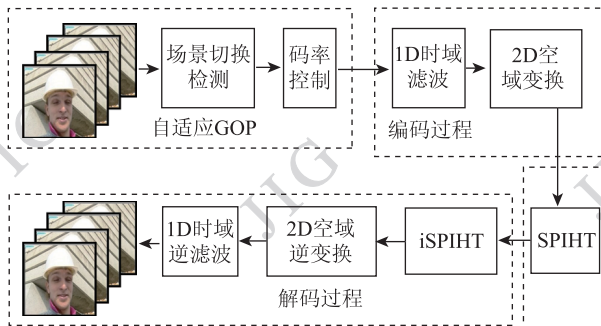


图 2 实验总体方案

Fig. 2 Overall scheme of experiment

实验 GOP 的结构为一个低频帧和多个高频帧组成,即 1 个 I 帧与多个 P 帧组成。本实验测试的视频系列均为标准测试视频,视频格式为 YUV,视频帧大小为 176×144 。实验采用 VC++6.0 平台进行开发,并运用于 Windows XP 系统,硬件平台中 CPU 为 Intel Core2 Duo E7200、主频 2.53 GHz、内存 2 GB。实验采用的帧率为 25 帧/s,码率为 512 kbit/s。

3.2 无场景切换视频码率控制

实验部分采用的测试视频序列为 foreman、highway、coastguard、silent、claire,每个视频取前 296 帧,这些视频序列不存在场景切换,并且包括了不同的运动剧烈程度。表 1 为运用不同的码率控制算法,各个视频序列重构后平均 PSNR 的比较,实验比较算法包括固定码率算法、文献[3]算法以及本文算法,其中,文献[3]算法采用绝对均方误差(MAD)来描述视频帧自身的复杂度。从表 1 中可以看出,相比固定码率算法以及文献[3]的码率控制算法,本文的码率控制算法能够提高重构视频的

表 1 各码率控制算法重构视频平均 PSNR

Table 1 Average PSNR contrasts of reconstruction video using various rate control algorithm

视频	固定码率	文献[3]	本文算法
foreman	26.47	29.74	29.92
highway	31.37	32.66	32.75
coastguard	24.5	27.43	27.69
silent	29.93	33.59	33.86
claire	34.12	40.08	40.15

质量。

图 3 为采用不同算法 foreman 视频重构后 PSNR 比较,图 3 只显示了重构视频前 100 帧的 PSNR,可以看出,本文算法能够不同程度地提高各个重构视频帧的 PSNR。

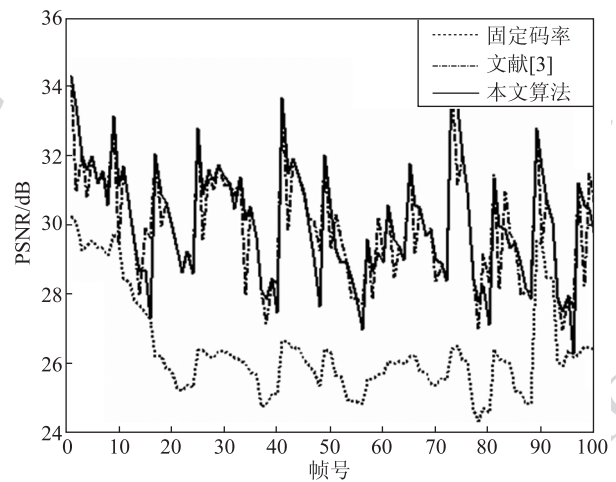


图 3 采用不同算法 foreman 视频重构后 PSNR

Fig. 3 PSNR contrasts of reconstruction video of foreman using different algorithms

图 4 所示为采用本文算法、文献[3]以及固定码率控制算法后编码重构后视频帧(foreman 第 30 帧)的视觉比较,可以看出,采用本文算法后,视频重构帧质量得到不同程度的提高。

3.3 场景切换视频码率控制

对存在场景切换的视频进行码率控制的实验。实验部分测试的视频序列主要包括两个序列,各个视频序列由一序列标准测试视频连接组成,序列 1 包含视频 foreman、highway、silent。序列 2 包括视频帧 silent、claire、coastguard。每个视频取前 60 帧,这些视频序列包含了由静至动、由动至动、由动至静、由静至静的变化过程。实验采用本文算法与未进行



图 4 各算法码率控制后视频重构帧比较
Fig. 4 Reconstruction video frames using different algorithms

场景切换的算法(后简称传统方法)进行对比,表 2 所示为各算法在对两个视频序列进行码率控制后重构视频的 PSNR 比较,其中,文献[3]采用 MAD 来表达视频帧复杂度,并以此来进行码率控制的算法;“未检测”指的是采用本文的码率控制算法但不进行场景检测的算法;“场景检测”指的是采用本文的场景检测与码率控制算法得到的重构视频的 PSNR。从表 2 中可以看出,无论是否进行场景检测,本文的码率控制算法都比文献[3]有更好的编码性能,而对存在场景切换的视频,采用本文场景切换检测算法后,重构视频的平均 PSNR 也得到进一步提高。

表 2 各码率控制算法重构后平均 PSNR 比较
Table 2 Average PSNR contrasts of reconstruction video using various rate control algorithms

/dB			
视频	文献[3]	未检测	场景检测
序列 1	32. 3	32. 45	32. 81
序列 2	33. 84	33. 91	34. 31

本文的场景检测算法能够在运动估计的过程中完成对场景的检测,计算复杂度较低,表 3 所示为场景检测算法在不同视频序列平均每帧耗时比较,其中,“未检测”与“检测”分别指的是是否进行场景切换检测,“MC”指的是每帧运动估计的平均耗时,“总时间”指的是每个视频帧编码耗时。从表 3 中可以看出,运动估计耗时占总编码耗时的比例很小,并且采用本文提出的场景切换检测算法后运动估计耗时和总耗时没有明显的提高,因此,本文的场景切换检测算法复杂度较低。

表 3 场景检测算法在不同视频序列平均耗时比较
Table 3 Contrasts of average time consume of scene change detection algorithm in different video sequences

/ms			
视频	算法	MC	总时间
序列 1	未检测	3. 14	220. 4
	检测	3. 57	224. 54
序列 2	未检测	2. 2	165. 17
	检测	2. 62	166. 94

如图 5 所示为各算法对两个视频序列进行码率

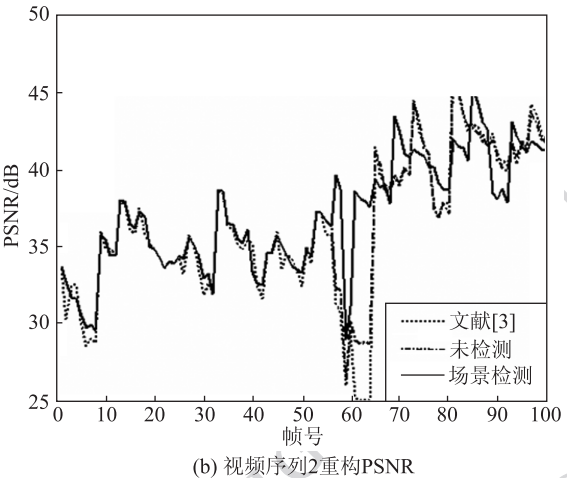
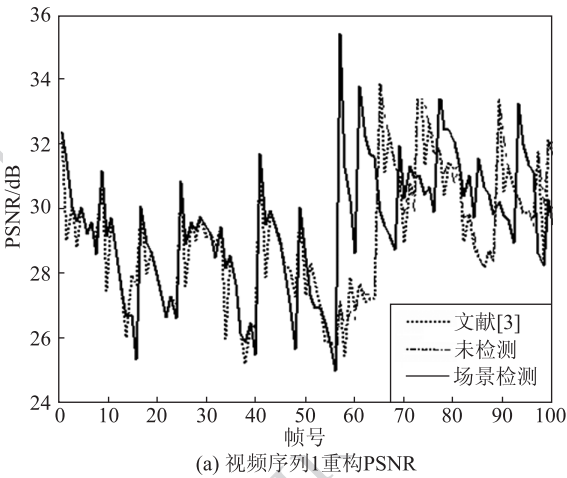


图 5 各视频序列重构后 PSNR 比较
Fig. 5 PSNR contrasts of different reconstruction video

控制后得到的重构视频 PSNR 比较, 为方便浏览, 图中只显示各视频序列前 100 帧的 PSNR, 从图中可以看出, 本文提出的场景检测与码率控制算法比文献 [3] 具有更好的编码性能, 尤其在场景切换处, 如两个视频序列在视频第 60 帧出现的场景切换, 本文算法能够进行自适应 GOP 分组, 因此, 本文算法不受场景切换的影响, 而文献 [3] 受场景检测影响较大。

4 结 论

提出一种基于率失真模型的帧间码率控制技术, 利用视频的失真与码率及视频帧复杂度的关系, 对帧间码率分配进行优化, 并针对视频帧中可能出现的大量场景切换, 提出一种基于非连接点的场景切换检测算法, 并结合改进的自适应 GOP 分组技术, 进一步提高码率控制性能。实验结果表明, 本文的码率控制算法, 在无场景切换的情况下, 能够提高重构视频帧的总质量, 结合提出的场景检测算法, 在场景发生变换的视频中, 利用自适应 GOP 分组技术, 消除场景切换的影响, 提高编码性能, 并且, 本文场景检测算法计算复杂度较低。

参考文献 (References)

- [1] Cheng P Y, Li J, Kuo C C J. Rate control for an embedded wavelet video coder[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1997, 7(4): 696-702.
- [2] Kwon D K, Shen M Y, Kuo C C J. Rate control for H. 264 video with enhanced rate and distortion models[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2007, 17(5): 517-529.
- [3] Jiang M, Ling N. On lagrange multiplier and quantizer adjustment for H. 264 frame-layer video rate control[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2006, 16(5): 663-669.
- [4] Sun K, Yan B. Efficient P frame complexity estimation for frame layer rate control of H. 264/AVC [C]//Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing. Brussels: IEEE, 2011: 1669-1672.
- [5] Wang Y, Xue Y L. Rate control algorithm based on scene change [J]. Video Engineering, 2009, (12): 17-21. [王悦, 薛永林. 基于场景切换的码率控制方法[J]. 电视技术, 2009, (12): 17-21.]
- [6] Liu W Y, Gong S R. A rate control algorithm for H. 264 with scene change[J]. Computer Applications and Software, 2008, 25(7): 19-21. [刘文尧, 龚声蓉. 一种考虑场景切换的 H. 264 码率控制算法[J]. 计算机应用与软件, 2008, 25(7): 19-21.]
- [7] Dai N Z, Zhu G X. A rate control algorithm based on scene change[J]. Journal of Computer Applications, 2007, 6(27): 369-372. [戴宁赞, 朱光喜. 一种场景切换的码率控制方法[J]. 计算机应用, 2007, 6(27): 369-372.]
- [8] Ren K, Jin X. Research on scene change detection algorithm based on H. 264/SVC [C]//Proceedings of 2011 International Conference on Electronics, Communications and Control. Zhejiang: Ningbo University, 2011: 1639-1642.
- [9] Pei S C, Chou Y Z. Efficient MPEG compressed video analysis using macroblock type information [J]. IEEE Transactions on Multimedia, 1999, 1(4): 321-333.
- [10] Lienhart R W. Reliable transition detection in Videos: a survey and practitioner's guide[J]. International Journal of Image and Graphics, 2001, 1(3): 469-486.
- [11] Kim J R, Suh S, Sull S. Fast scene change detection for personal video recorder[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2003, 49(3): 683-688.
- [12] Shu H, Chau L P. A new scene change feature for video transcoding [C]//The 2005 IEEE International Symposium on Circuits and Systems. New Jersey, USA: IEEE, 2005: 4582-4585.
- [13] Kang S J, Cho S I, Yoo S, et al. Scene change detection using multiple histograms for motion-compensated frame rate up-conversion[J]. IEEE Journal of Display Technology, 2012, 8(3): 121-126.
- [14] Vashistha, Nallusamy A, Paul R. 2PASCD: an efficient 2-pass abrupt scene change detection algorithm [C]//Proceedings of 2010 International Conference on Multimedia Information Networking and Security. Nanjing: Nanjing University, 2010: 44-48.
- [15] Ohm J R. Three-dimensional subband coding with motion compensation[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1994, 3(9): 559-571.
- [16] Lim K P, Sullivan G, Wiegand T. Text description of joint model reference encoding methods and decoding concealment methods [S]. Heng Mui Keng, Singapore: Institute for Information Research, 2004.
- [17] Jackson E S, Peplow R. Fast rate-distortion estimation and optimization for wavelet video coding [C]//The 3rd International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis. Rome, Italy: University of Zagreb, 2003: 233-238.