

文章编号: 0253-2239(2009)05-1216-07

基于模式相关性的多视点视频编码宏块 模式快速选择算法

彭宗举^{1,2,4} 蒋刚毅^{1,2} 郁 梅^{2,3}

(¹中国科学院计算技术研究所, 北京 100080; ²宁波大学信息科学与工程学院, 浙江 宁波 315211
³南京大学计算机软件新技术国家重点实验室, 江苏 南京 210093; ⁴中国科学院研究生院, 北京 100080)

摘要 针对多视点视频编码计算量大的问题, 提出了一种多视点视频编码快速宏块模式选择算法。详细分析了多视点视频编码校验模型的宏块模式选择结果的分布特性以及率失真特性, 提出了宏块模式相关性和模式聚集度的概念。对测试序列的宏块模式相关性分析表明当前宏块的最优模式和大多数相邻宏块的最优模式相同。从相邻宏块区域聚集度的角度分析了当前宏块模式预测准确度。在算法实现中采用相邻宏块的率失真代价均值形成的阈值条件决定是否进行全搜索。实验结果表明该算法在保持编码率失真性能的基础上, 能提高多视点视频编码的速度 2.43~4.08 倍。

关键词 图像处理; 多视点视频编码; 模式选择; 模式相关性; 快速算法

中图分类号 TN919.81 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/AOS20092905.1216

Fast Macroblock Mode Decision Algorithm for Multiview Video Coding Based on Mode Correlation

Peng Zongju^{1,2,4} Jiang Gangyi^{1,2} Yu Mei^{2,3}

¹Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China

²Faculty of Information Science and Engineering, Ningbo University, Ningbo, Zhejiang 315211, China

³State Key Laboratory for Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China

⁴Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China

Abstract In order to reduce computational complexity of multiview video coding, a fast macroblock mode selection algorithm is proposed. On the basis of a detailed analysis of the distribution and rate-distortion features of macroblock modes in joint multiview video model (JMVM), conceptions of macroblock mode correlation and mode aggregative degree are put forward. The analysis of the macroblock mode correlation of the test sequence shows that the optimal mode of the current macroblock is the same as that of the most neighboring macroblocks. The precision of the macroblock mode prediction is explored from the angle of the aggregative degree of the neighboring macroblock regions. In the implementation of the fast algorithm, a threshold formed by the average rate distortion cost of the neighboring macroblocks determines the necessity for full searching all macroblock modes. Experimental results demonstrate that the proposed fast algorithm promotes the encoding speed by 2.43~4.08 times in comparison with JMVM, while the rate distortion performance nearly remains same.

Key words image processing; multiview video coding; mode decision; mode correlation; fast algorithm

1 引 言

自由视点电视(free viewpoint television)能够

让用户从不同的角度欣赏场景, 体验到身临其境的感觉。自由视点电视的核心技术是多视点视频信号

收稿日期: 2008-07-01; 收到修改稿日期: 2008-11-30

基金项目: 国家自然科学基金(60672073、60832003、60872094)、教育部博士点基金(200816460003)、浙江省教育厅项目(20070954)和宁波市自然科学基金(2007A610037)资助课题。

作者简介: 彭宗举(1973—), 男, 博士研究生, 主要从事多媒体技术方面的研究。E-mail: pengzongju@nbu.edu.cn

编解码和实时的图像绘制^[1]。此外,多视点视频编解码技术还可用在三维立体电视、三维远程医疗等领域^[2~4]。多视点视频信号采集自多个相机,是单通道视频信号在空间上的扩展,其信息量随着相机数量的增加而增加。为了能有效存储、传输多视点视频信息,并且在应用中能实现视点间自由切换、用户和系统之间的交互操作,必须对多视点视频信息进行高效地压缩。

与单通道视频信号相比,多视点视频信号相关性除了存在于同一视点的不同时间域外,还存在于同一时刻的不同视点间^[5]。在信号压缩时,除了采用运动估计消除时间上的冗余外,还要采用视差估计来消除视点间的空间冗余,对多视点视频信号实现进一步的压缩。多视点视频编码往往比单通道视频信号编码具有更加复杂的预测编码结构,其编码算法复杂度也远远大于单通道视频编码算法。因此,如何提高编码压缩效率和重建图像质量,降低编码算法的复杂度成了多视点视频编码中的焦点。目前,许多学者深入地研究了多视点视频的编码算法^[6~12]。国际视频编码标准化组织 JVT (Joint Video Team) 收到了大量多视点视频编码提案,许多优秀的编码方法已并入多视点视频编码校验模型 (Joint multiview video model, JMVM)^[13]。JMVM 是理想的多视点视频编解码的研究平台。

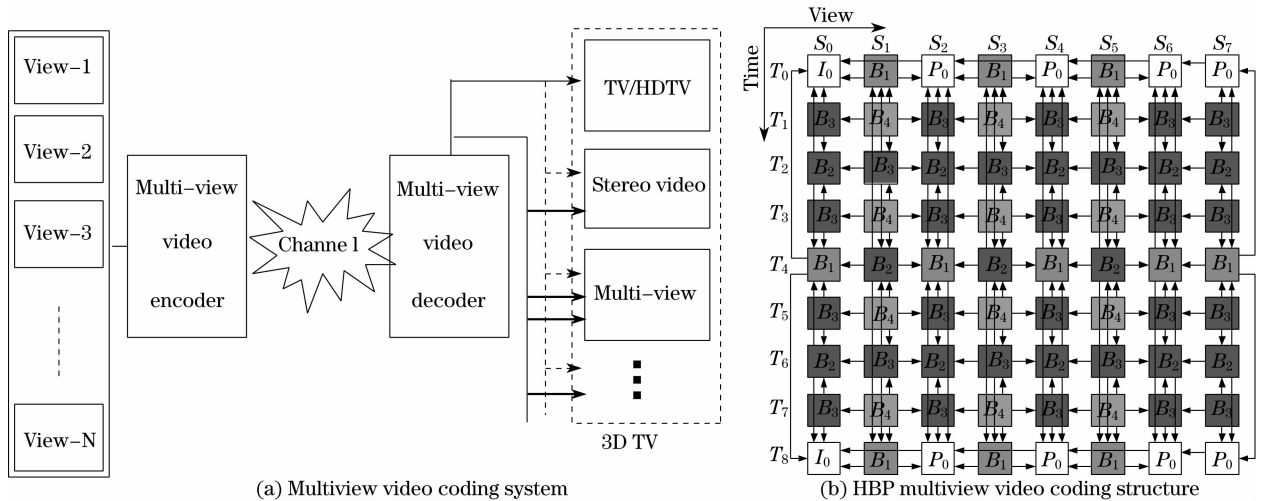
本文分析了 JMVM 的中宏块模式的选择机制,通过对宏块模式选择结果的讨论,得到了宏块模式

在空间上具有非常强的相关性、利用相邻宏块的宏块模式对当前宏块的宏块模式的预测准确率高的初步结论。在此基础上,提出了基于宏块模式相关性的快速宏块模式选择算法。实验结果表明,该算法在保证多视点视频编码图像质量和压缩效率的基础上,能明显提高多视点视频编码的速度。

2 JMVM 中宏块模式选择算法及宏块模式分布情况

2.1 JMVM 中宏块模式选择算法

在图 1(a)所示的多视点视频编码系统中,多视点视频信号具有非常强的相关性。这些相关性主要集中在同一时刻的不同视点之间和同一视点的不同时间域。为了消除多视点视频信号时间上的冗余和视点间的空间冗余,达到对多视点视频高效压缩的目的,学者们提出了多种预测编码结构^[14,15]。其中,分层 B 帧 (Hierarchical B pictures, HBP) 编码预测结构是一种典型的多视点视频编码结构,如图 1(b)所示。图中, GOP (group of pictures) 长度为 8, $S_0 \sim S_7$ 表示 8 个视点, $T_0 \sim T_7$ 为 GOP 的 8 个时刻。箭头表示帧间参考关系,如帧 $S_1 T_4$ 参考了帧 $S_1 T_0$ 、帧 $S_1 T_8$ 、帧 $S_0 T_4$ 和帧 $S_2 T_4$, 其中帧 $S_1 T_0$ 和帧 $S_1 T_8$ 为时间参考帧,帧 $S_0 T_4$ 和帧 $S_2 T_4$ 为视点参考帧。



(a) Multiview video coding system

(b) HBP multiview video coding structure

图 1 多视点视频编码系统和多视点视频编码结构

Fig. 1 Multiview video coding system and its encoding structure

在 JMVM 中,宏块模式可分为 SKIP、Inter 16×16 、Inter 16×8 、Inter 8×16 、Inter 8×8 、8Frest、Inter 8×8 、Intra 16×16 、Intra 8×8 和 Intra 4×4 等。

在编码过程中,采用了率失真优化技术来进行宏块模式的选择,这样可以在获得好的画面质量和代码率之间获取平衡。率失真代价计算如下:

$$J(s, c, \text{MODE} | \lambda_{\text{MODE}}) = \text{SSD}(s, c, \text{MODE} | \text{QP}) + \lambda_{\text{MODE}} R(s, c, \text{MODE}), \quad (1)$$

上式中 MODE 表示一种编码模式, $J(s, c, \text{MODE} | \lambda_{\text{MODE}})$ 表示 MODE 模式下的率失真代价, s 为原始视频信号, c 为采用 MODE 模式编码后的重构视频信号, λ_{MODE} 为拉格朗日乘子, $R(s, c, \text{MODE})$ 表示 MODE 模式下用来编码宏块头信息、运动(视差)信息和 DCT 系数的所有编码比特数, $\text{SSD}(s, c, \text{MODE} | \text{QP})$ 为原始信号和重构信号之间的平方差值之和(Sum of Square Difference, SSD), 采用下式计算:

$$\text{SSD}(s, c, \text{MODE} | \text{QP}) = \sum_{i=1}^{B_1} \sum_{j=1}^{B_2} |s[i, j] - c[i - m_x, j - m_y]|^2, \quad (2)$$

其中 B_1, B_2 表示块的水平和垂直像素数, 可以取值 16, 8 或 4, $\mathbf{m} = (m_x, m_y)^T$ 表示运动(视差)矢量。



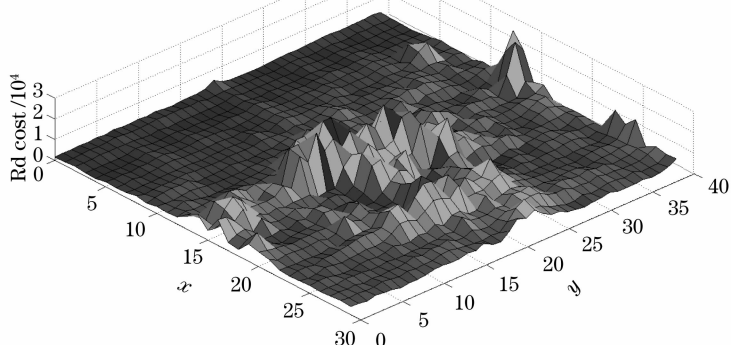
(a) Multiview video coding system

在 JMVM 编码过程中, 采用了对所有宏块模式进行搜索以得到最优模式。这种方法可以获得较高的率失真性能, 但这种全搜索的方法计算复杂度非常高, 编码速度非常慢。

2.2 宏块模式分布情况以及率失真值的变化情况

采用 JMVM 的宏块模式全搜索方法, 对美国三菱电子研究院(MERL)^[16] 的 Ballroom 多视点测试序列(如图 5(a)所示)中 8 个视点采用图 1(b)所示 HBP 编码结构进行编码。其中, $S_0 T_4$ 帧各个宏块的宏块模式分布和率失真代价情况如图 2 所示。图 2(a)为宏块模式分布情况, 图 2(b)为各个宏块的率失真代价。图 2(b)中 x 为宏块在水平方向的位置, y 为宏块在垂直方向的位置, 并且假定一帧图像最左上角宏块的位置为 $(0, 0)$ 。整帧图像宏块模式选择情况以及率失真值具有如下特征。

Rate distortion cost of every macroblock in frame $S_0 T_4$ of Ballroom test sequence



(b) Rate distortion cost of every macroblock

图 2 Ballroom 序列 $S_0 T_4$ 帧宏块模式分布和率失真代价值分布

Fig. 2 Macroblock modes distribution and rate distortion cost of every macroblock in frame $S_0 T_4$ of Ballroom Test sequence

(1) 各种宏块模式的宏块数相差悬殊: 最优模式为 SKIP 模式所占比例最大, 占整帧宏块数的 71.83%; 最优模式为 $\text{Inter}16 \times 16$ 占较大比例, 占 13.25%; 最优模式为 $\text{Inter}16 \times 8$ 和 $\text{Inter}8 \times 16$ 所占比例大小相当, 分别为 4.09% 和 4.33%; 最优模式为 $\text{Inter}8 \times 8$ 、 $\text{Inter}8 \times 8\text{Frest}$ 以及帧内预测模式所占比例较小, 合计比例为 6.5%。

(2) 各种宏块模式位置分布呈现出区域性: 各种宏块模式不是均匀地分布在整帧图像之中, 而是呈明显的区域分布特征。SKIP 模式分布在背景区域; Intra 模式主要分布运动特别剧烈的区域; 其他各种宏块模式主要分布在运动区域。

(3) 宏块模式率失真代价值在局部范围内的稳定性以及在背景和运动区域交界处的急剧变化性: 和宏块模式分布位置的区域性相对应, 背景区域的宏块的率失真值较小, 运动区域的宏块的率失真较大, 在背景

和运动交界处的宏块率失真值发生大幅度的变化。

上述 3 种特征中, 后边两种是相关联的。在编码中, 最优宏块模式为 SKIP 模式的宏块的率失真均值小于 $\text{Inter}16 \times 16$ 模式的均值, $\text{Inter}16 \times 16$ 模式的率失真均值小于 $\text{Inter}8 \times 8$ 和 $\text{Inter}8 \times 8\text{Frest}$ 的均值。由于宏块模式分布的区域性, 导致了在区域内某种宏块模式占绝大比例。该区域中的宏块的率失真代价值也相应地小范围内波动。在运动区域和背景区域的交界处, 宏块模式发生变化, 率失真值也相应地发生变化。

3 JMVM 宏块模式选择结果相关性分析

3.1 宏块模式相关性

宏块模式分布呈现的区域性体现了宏块模式在

区域内的相关性。编码过程中,利用相邻宏块的模式来预测当前编码宏块的宏块模式,可以加速宏块模式选择过程,极大地提高编码速度。

为了研究图像中宏块的相关性,把整帧图像划分为 3 个区域[图 3(a)所示]。区域 A 中的宏块的位置 (x,y) (x 和 y 分别表示宏块在水平和垂直方向的坐标)满足条件 $0 < x < H-1$ 和 $0 < y \leq V-1$; 区域 B 中宏块位置满足条件 $x = H-1$ 和 $0 < y \leq V-1$; 区域 C 中宏块位置满足条件 $x=0$ 或者 $y=0$ 。其中, H 和 V 分别为图像在水平方向和垂直方向的宏块数。图 3(b)和 3(c)分别表示在区域 A 和区域 B 中当前宏块 (x,y) 的相邻宏块。在区域 A 中每个宏块都有左边、左上边、上边和右上边 4 个相邻宏块,区域 B 中每个宏块都有左边、左上边和上边 3 个

相邻宏块。由于区域 C 中宏块的相邻宏块少于 3 个,所以不讨论它们和相邻宏块的宏块模式的相关性。

当前编码宏块与相邻宏块的相关性定义为编码宏块模式与当前宏块的编码模式相同的相邻宏块数目与相邻宏块数目的比例,具体计算方法为

$$f(x,y) = \begin{cases} \frac{g(x,y)}{4} & (0 < x < H-1, 0 < y \leq V-1) \\ \frac{g(x,y)}{3} & (x = H-1, 0 < y \leq V-1) \end{cases}, \quad (3)$$

式中 $f(x,y)$ 为当前宏块 (x,y) 的相关性, $g(x,y)$ 为与当前宏块的编码模式相同的相邻宏块数目,4 和 3 分别表示图 3(b)和图 3(c)中当前宏块的相邻宏块数目。

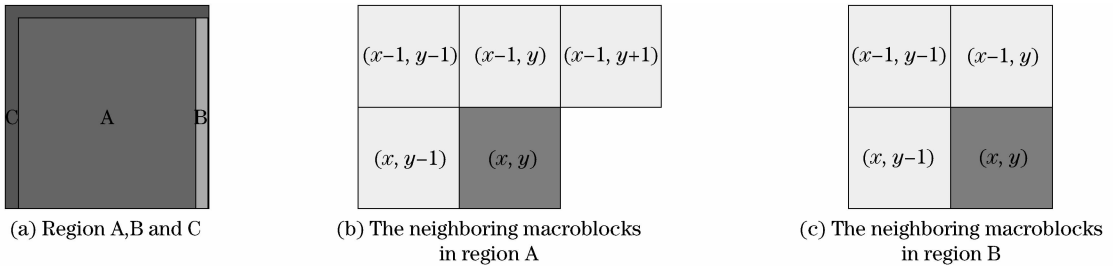


图 3 图像的分区以及相邻宏块的位置

Fig. 3 Division of image and location of the neighboring macroblocks

Ballroom 序列 $S_0 T_4$ 帧图像中 A 和 B 区域中的宏块的宏块模式相关性分析结果如图 4 所示。从图 4 可以看出,视频图像中背景部分的宏块模式相关性大,而运动部分的相关性小。据计算,Ballroom 序列 $S_0 T_4$ 帧图像的 A 区域和 B 区域宏块的平均相

关性为 0.73。这意味着,在 A 区中,和当前宏块的宏块模式相同的相邻宏块个数为 0.73×4 ; 在 B 区中,和当前宏块的宏块模式相同的相邻宏块个数为 0.73×3 。

3.2 预测准确性分析

当前宏块编码时,依次不重复搜索相邻宏块的宏块模式,如果能得到和 JMVM 中全搜索一样的结果,则称相邻宏块的宏块模式准确地预测了当前宏块的宏块模式。如果以错误的预测结果作为当前宏块的编码模式,则会对后续的以当前宏块作为相邻宏块的宏块的编码的预测过程产生影响,即错误的预测具有链式效应,对编码性能产生很大的影响。因此,预测的准确性是非常重要的。

预测的准确性与相邻宏块的宏块模式分布的情况有关。为了研究预测准确性,引入宏块模式聚集度 $h(x,y)$,表示当前编码宏块 (x,y) 的相邻宏块构成区域宏块模式的集中程度。具体计算为

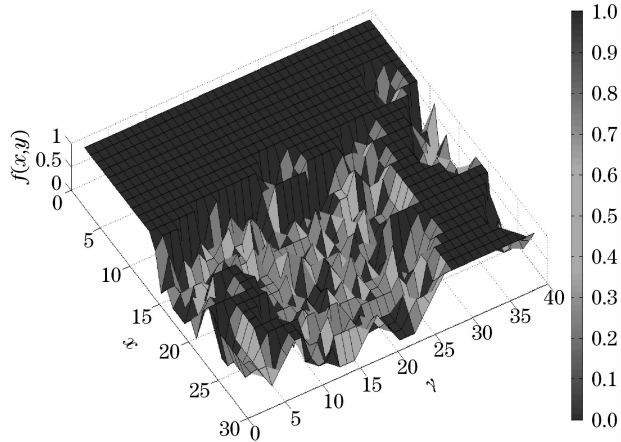


图 4 Ballroom 序列 $S_0 T_4$ 帧各个宏块的相关性分析
Fig. 4 Macroblock mode correlation analysis of every macroblock in frame $S_0 T_4$ of Ballroom test sequence

$$h(x, y) = \begin{cases} \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^5 (k_i + \beta - 1)^2}}{3} & (0 < x < H - 1, 0 < y \leq V - 1) \\ \frac{\sqrt{\sum_{i=0}^5 (k_i + \beta - 1)^2}}{2} & (k_i > 0, x = H - 1, 0 < y \leq V - 1) \end{cases} \quad (4)$$

式中

$$\sum_{i=0}^5 k_i = \begin{cases} 4 & (0 < x < H - 1, 0 < y \leq V - 1) \\ 3 & (x = H - 1, 0 < y \leq V - 1) \end{cases}, \quad (5)$$

$$\beta = \begin{cases} 0 & (k_i > 0) \\ 1 & (k_i = 0) \end{cases}. \quad (6)$$

k_i 为区域中的宏块模式为第 i 种模式的宏块个

数,且满足约束条件公式(5)。第 0 种模式为 SKIP 模式,第 1 种为 Inter16×16 模式,第 2 种为 Inter16×8 模式,第 3 种为 Inter8×16 模式,第 4 种为 Inter8×8 模式和 Inter8×8Frest 模式,第 5 种 Intra 模式。 β 为一校正系数,由式(6)决定。

由(4)和(5)式可知,对于任意编码宏块,其相邻宏块构成区域的聚集度值满足下面条件:

$$h(x, y) \in \begin{cases} \{1, 0.67, 0.47, 0.33, 0\} & (0 < x < H - 1, 0 < y \leq V - 1) \\ \{1, 0.5, 0\} & (x = H - 1, 0 < y \leq V - 1) \end{cases}. \quad (7)$$

当所有相邻宏块的模式都一样时, $h(x, y) = 1$; 所有相邻宏块的模式都不一样时,则 $h(x, y) = 0$ 。

在 Ballroom 测试序列 $S_0 T_4$ 帧的宏块模式选择结果的基础上,对 A 区中编码宏块的相邻宏块区域的模式聚集度以及预测准确性分析结果如表 1 所示。其中, s 为聚集度值; $P(s)$ 指宏块模式聚集度为 s 的概率; c 表示能准确预测, $P(c|s)$ 为当相邻宏块的聚集度为 s 时,能准确预测当前宏块的模式的概率。如果 $s = 1, P(c|s) = 0.96$; $s \neq 1, P(c|s)$ 为 $0.71 \sim 0.77$ 。该帧能够准确预测的概率为

$$\sum_{s=\{1, 0.67, 0.47, 0.33, 0\}} P(s) \times P(c|s) = 0.85.$$

表 1 Ballroom 序列 $S_0 T_4$ 帧中 A 区域中聚集度以及预测准确度

Table 1 Aggregative degree of region A in frame $S_0 T_4$ of Ballroom and precision degree in prediction

s	1	0.67	0.47	0.33	0
$P(s)$	0.55	0.17	0.06	0.18	0.04
$P(c s)$	0.96	0.71	0.73	0.71	0.77

4 基于宏块模式相关性的快速宏块模式选择算法

由于相邻宏块和当前宏块的模式具有较强的相关性,利用相邻已编码宏块的模式作为当前宏块模式进行预测,可以大大地减少不必要的模式搜索过程。但是宏块模式的误判会大大地影响编码率失真性能。本文用相邻宏块的率失真代价均值形成阈值

来尽量避免宏块模式的误判。在实现中,阈值设定为: $\varphi \times RD_{av}$,其中, RD_{av} 为相邻宏块的率失真代价均值, φ 为一个经验系数值。在编码过程中,首先不重复搜索相邻宏块的宏块模式,如果当前宏块率失真代价小于该阈值,则提前终止搜索;如果不满足阈值条件,则采用全搜索的方法。具体算法描述如下:

(1) 如果当前宏块属于图像区域 C,则搜索所有宏块模式;

(2) 如果当前宏块属于图像区域 A,则不重复搜索左边、上边、左上边和右上边宏块的宏块模式,如果率失真代价小于阈值,则搜索结束;否则,搜索其它未搜索的宏块模式;

(3) 如果当前宏块属于图像区域 B,则不重复搜索左边、上边和左上边宏块的宏块模式,如果率失真代价小于阈值,搜索结束;否则,搜索其它未搜索的宏块模式。

5 实验结果及分析

在 Pentium Dual Core2.8 GHz,1 GB 内存的计算机上,测试了 JMVM 编码算法和所提出的快速算法。在测试中主要采用了多视点视频编码公共的测试环境^[17]。具体测试条件如表 2 所列。算法中, φ 取经验值 1.5。图 5(a)~5(c)分别为测试序列 MERL 的 Ballroom 以及 Exit 和 KDDI^[18] 的 Race1 各个视点的第 0 时刻帧的情况。

表 2 测试环境
Table 2 Test condition

Encoder	Search range	Basis QP	Delta Layer X Quant							Prediction structure	GOP length	Encoded frames
			0	1	2	3	4	5	6			
JMVM2.1	±96	22,27,32,37	0	1	2	3	4	5	HBP	8	41	
			0	3	4	5	6	7				
Test sequence		Resolution	Features				Camera space /cm	Frame rate / (frame/s)	Property of camera array			
MERL	Ballroom	640×480	Great disparity and violetn motion				19.5	25	1D/parallel			
MERL	Exit	640×480	Great disparity				19.5	25	1D/parallel			
KDDI	Race1	320×240	Violent motion				20	30	1D/parallel			



(a) Eight views of Ballroom sequence



(b) Eight views of Exit sequence



(b) Eight views of Racel sequence

图 5 多视点视频测试序列

Fig.5 Multiview video test sequence

表 3 列出了各序列在不同 Basis QP 的情况下，分别采用 JMVM 宏块模式选择算法和基于模式相关性快速算法的编码时间以及速度提升情况。表中,s 表示时间秒,Speedup 等于 JMVM 编码时间与快速算法和 JMVM 编码时间比较

Table 3 Comparison of encoding time between the proposed algorithm and JMVM

QP	Ballroom			Exit			Racel		
	JMVM /s	Proposed /s	Speedup	JMVM /s	Proposed /s	Speedup	JMVM /s	Proposed /s	Speedup
22	12032.64	4956.99	2.43	11195.59	3597.40	3.11	1903.24	466.78	4.08
27	11302.13	4455.97	2.54	10263.31	3204.77	3.20	1771.78	451.17	3.93
32	10524.60	3931.72	2.68	9384.72	2942.56	3.19	1623.25	440.45	3.69
37	9574.59	3458.57	2.77	8583.39	2726.37	3.15	1429.13	404.65	3.53

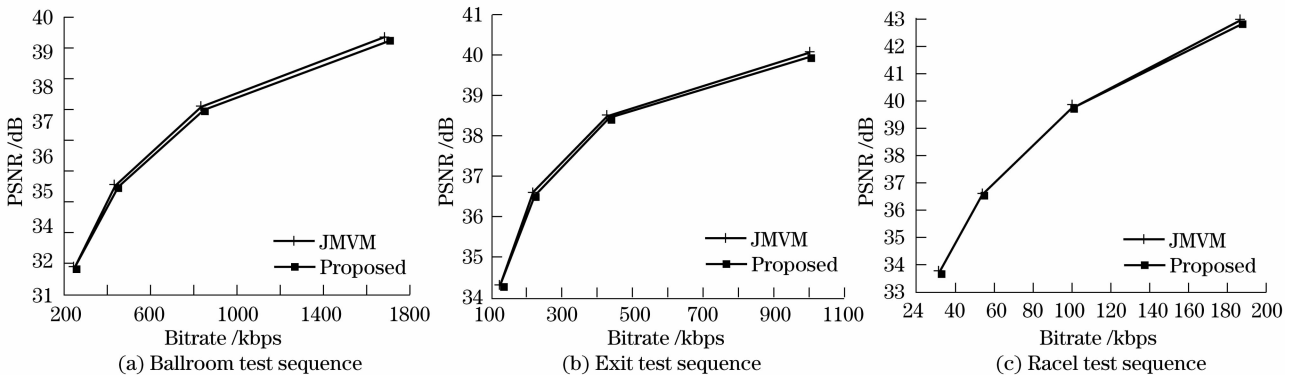


图 6 三种测试序列快速算法和 JMVM 率失真性能比较

Fig.6 Comparison of rate and distortion performance of three test sequences between the fast algorithm and JMVM

快速算法编码时间的比值。Ballroom、Exit 和 Race1 速度分别提高 2.43~2.77、3.11~3.20 和 3.53~4.08 倍。图 6(a~c)分别为 Ballroom、Exit 和 Race1 序列采用 JMVM 宏块模式选择算法和基于模式相关性的快速选择算法的率失真性能对比图。快速算法的率失真曲线和 JMVM 的率失真性能曲线相比,仅有很小的下降。说明快速算法能基本保证编码的压缩效率和率失真性能。

该快速算法对三个测试序列速度提高倍数从小到大的顺序为:Ballroom、Exit 和 Race1。引起这种现象的原因在于各种测试序列在 JMVM 中各种模式,特别是分布最广的 SKIP 模式的比例大小不一致。在相同编码条件下,SKIP 模式所占比例从小到大依次为:Ballroom、Exit 和 Race1。因此 Ballroom 序列的平均相关性值最小,模式聚集度为 1 的宏块比例最小,能准确预测的概率也最小;Race1 序列的平均相关性值最大,模式聚集度为 1 的宏块比例最大,能准确预测的概率也最大。因此,采用提出的快速算法,Ballroom 提高倍数最小,Race1 提高倍数最大。

6 总结与展望

本文提出了一种基于相关性的宏块模式快速选择算法。首先详细分析了 JMVM 的宏块模式选择结果的分布情况以及各个宏块的率失真代价特征,引入了宏块模式相关性的概念,并对图像中宏块模式相关性作了分析。最后,根据相关性以及预测准确性讨论结果,提出了选择算法。实验结果表明所提出算法的有效性。

在后续的工作中,将结合多视点视频编码中快速运动/视差估计与模式选择算法,以进一步降低多视点视频复杂度、提高编码速度。

参 考 文 献

- 1 Y. Yang, G. Y. Jiang, M. Yu *et al.*. Hyper-space based multiview video coding scheme for free viewpoint television[C]. *Proc. the 25th Picture Coding Symposium*, Beijing, 2006:2~23
- 2 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11. *Multiview Video Coding Requirements*[R]. Doc. N8064, Montreux, Switzerland, April 2006
- 3 A. Smolic, K. Mueller, N. Stefanoski *et al.*. Coding algorithms for 3DTV-A survey[J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2007, **17**(11): 1606~1621

- 4 H. Kimata, M. Kitahara, K. Kamikura *et al.*. Low-delay multiview video coding for free-viewpoint video communication [J]. *Systems and Computers in Japan*, 2007, **38**(5):14~29
- 5 Y. Zhang, G. Y. Jiang, M. Yu *et al.*. An approach to multi-modal multi-view video coding[C]. *Proc. Internat. Conf. on Signal Processing*, Guilin, 2006:1405~1408
- 6 M. Flierl, A. Mavlanckar, B. Girod. Motion and disparity compensated coding for multiview video[J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2007, **17**(11): 1474~1484
- 7 J. B. Lu, H. Cai, J. G. Lou *et al.*. An epipolar geometry-based fast disparity estimation algorithm for multiview image and video coding[J]. *IEEE Transactions on Circuits and System for Video Technology*, 2007, **17**(6):737~750
- 8 X. Guo, Y. Lu, F. Wu *et al.*. Inter-view direct mode for multiview video coding[J]. *IEEE Transactions on Circuits and System for Video Technology*, 2006, **16**(12):1527~1532
- 9 C. Huang, J. T. Li. Study of multiview video coding based on the FGS coding method [J]. *J. Computer Research and Development*, 2005, **42**(3):411~416
- 黄 晔,李锦涛.基于精细可扩展编码的多视角视频编码研究 [J]. *计算机研究与发展*, 2005, **42**(3):411~416
- 10 Jiang Gangyi, Jiang Hao, Yu Mei *et al.*. A Low complexity multi-view video coding scheme for wireless video sensor array [J]. *Acta Optica Sinica*, 2008, **28**(1):62~66
- 蒋刚毅,姜 浩,郁 梅等.无线视频传感阵列低复杂度多视点视频编码方案[J]. *光学学报*, 2008, **28**(1):62~66
- 11 Shao Feng, Jiang Gangyi, Yu Mei *et al.*. A multi-view video automatic color correction system[J]. *Acta Optica Sinica*, 2007, **27**(5):830~834
- 邵 枫,蒋刚毅,郁 梅等.一种多视点视频自动颜色校正系统 [J]. *光学学报*, 2007, **27**(5): 830~834
- 12 Yang Haitao, Chang Yilin, Huo Junyan *et al.*. Depth characteristic-based image region partition and regional disparity estimation for multi-view video coding[J]. *Acta Optica Sinica*, 2008, **28**(6):1073~1078
- 杨海涛,常义林,霍俊彦等.应用于多视点视频编码的基于深度特征的图像区域分割区域视差估计[J]. *光学学报*, 2008, **28**(6): 1073~1078
- 13 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16 Q. 6. Joint Multiview Video Model (JMVM) 3.0 [R]. *JVT-V207*, Marrakech, January 2007
- 14 P. Merkle, A. Smolic, K. Mueller *et al.*. Efficient prediction structures for multiview video coding[J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2007, **17**(11): 1461~1473
- 15 Y. Zhang. *The Research on the Advanced Multi-view Video Coding*[M. S. dissertation][D]. Ningbo: Ningbo University, 2007
- 张 云.多视点视频信号的先进编码研究[硕士论文][D].宁波:宁波大学,2007
- 16 Vetro A., McGuire M., W. Behrens *et al.*. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M12077: *Multiview Video Test Sequences from MERL*[R]. Busan, Korea, Apr. 2005
- 17 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16 Q. 6. *Common Test Conditions for Multiview Video Coding*[R]. *JVT-T207*, Klagenfurt, Austria, July, 2006.
- 18 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M10533: *KDDI multiview video sequences for MPEG 3DAV use*[R]. Munich, Mar. 2004