

基于运动估计 EPZS 算法的优化

李 军¹, 周晓慧^{2*}, 叶文龙¹

(1. 杭州电子科技大学 计算机学院, 浙江 杭州 310018; 2. 杭州电子科技大学 自动化学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 编码器中的运动估计、计算量非常巨大, 消耗了整个编码时间的 80%, 严重降低了编码的实时性。为了高效节省运动估计时间和编码时间, 在充分研究预测区域搜索算法 (EPZS) 的基础上, 提出一种对 H. 264 视频编码标准采纳的 EPZS 算法进行了初始中心点和搜索模板的优化方法。在 H. 264 编码器的参考模型 JM10.1 中, 对 4 个测试序列进行测试。优化试验结果显示, 在图像质量不变的情况下, 优化后的算法与原算法相比, 增强了编码器的实时性, 尤其是对运动序列比较复杂的序列效果更加明显。

关键词: 运动估计; 预测矢量; 搜索模板; 预测区域搜索算法

中图分类号: TP311

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2011)06-0736-03

Optimization of EPZS algorithm based on motion estimation

LI Jun¹, ZHOU Xiao-hui², YE Wen-long¹

(1. College of Computer Science, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;

2. School of Automation, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The real-time of encoder is reduced seriously because of the tremendous computation of the motion estimation, which has to cost 80% time at least in the whole encode period. In order to save the time of motion estimation and encode as far as possible, a method for optimizing the initial center point and search template was presented for the EPZS (enhanced predictive zonal search) algorithm of the H. 264 video coding standards. Under the same case of image quality, the four testing sequence compared with the original algorithm was tested in the reference model JM10.1 of the H. 264 encoder. The experimental results show that the performance of optimal EPZS algorithm is better and more strong adaptability, especially the effect of the more complex sequences is more obvious by testing the four testing sequence.

Key words: motion estimation; predictive vector; search template; enhanced predictive zonal search (EPZS)

0 引 言

国际电信联盟 (ITU) 和国际标准化组织 (ISO/IEC) 制定了最新的视频编码标准 H. 264, 以改善视频的压缩效率以便于传输, 因此编码器中的运动估计是整个视频编码器中的核心技术之一, 然而计算量是相当巨大的, 这会严重降低编码的实时性。为了提高视频编码效率和实时性, 必须对运动估计中的算法进行优化。

在各种视频编码标准中, 运动估计的块匹配算法 (BMA) 是视频压缩中的主流算法, 其中经典的方法有: 三步法 (TSS)^[1]、四步法 (FSS)^[2]、菱形搜索法 (DS)^[3]、MVFAST 等, 而 JVT 采纳了改进的预测区域搜索算法^[4] (Enhanced predictive zonal search, EPZS) 作为 H. 264 标准的标准算法之一。

本研究在分析 EPZS 算法的基础上, 对算法的初

始预测和搜索模板进行优化后的结果进行分析, 优化算法减少了搜索点数, 有效地节省了运动估计时间, 降低了算法的复杂度。

1 EPZS 算法简介和分析

1.1 预测矢量

EPZS 算法的主要特征是采用了运动矢量预测, 自适应阈值停止早, 以及精细模板搜索, 其关键所在就是对初始运动矢量预测的多样性, 包含有其他空域预测矢量以及同搜索窗口相关的其他预测矢量和多模式的搜索路径^[5] 对不同的视频序列都把中值预测作为起始搜索窗口的中心点, 而不是根据不同的序列所特有的运动特性动态确定搜索窗口位置, 笔者把这个点标记为优化点 1。

1.2 搜索模板

EPZS 算法使用了 3 种搜索模式:小菱形搜索 (DS) 模式、正方形 EPZS、可扩展 EPZS 模式。对于复杂的序列,小菱形搜索容易陷入局部最小的陷阱,而后两种替代的模式具有较好的覆盖性。为了降低陷入局部最优的概率,该算法会选取前面预测矢量中最优的两个,在其周围进行模板搜索,选择最佳点继续搜索直到结束。另外,该算法还需要增加在中值预测矢量和最佳预测矢量处进行双模板搜索,也就是按照两条不同的路径同时进行搜索,最后选择较最佳点。

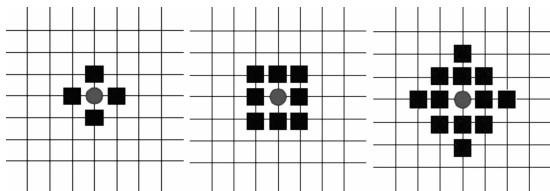


图 1 EPZS 算法的搜索模板

通过对菱形搜索法 (DS) 类六边形搜索法 (HEXBS) 等的深入研究可知,相比于钻石搜索模板,基于六边形的搜索模板能通过更少的搜索点数来寻找到同样的运动矢量,所以搜索模板可以再次改进,此处可以记为优化点 2。

2 EPZS 算法简介和分析

2.1 初始预测的优化

针对在前面分析中所提出的优化点 1,本研究用动态搜索窗口中心点代替固定搜索窗口中心。一般认为,自然条件下视频序列的运动是缓慢和平滑的,相邻宏块间的运动矢量具有很大的相关性,并且帧内运动是摄像机运动或物体运动的结果,现假设帧内的物体比一个分块或子分块大,则有理由认为相邻分块或子分块的运动矢量是相关的。

然而当相邻宏块不属于同一运动对象时,这种估计就存在较大误差,可以利用运动矢量在时间上的相关性进行改进,由时间上相邻的运动块来进行预测。

在优化中用运动矢量的中值预测值 (med_mv) 和前一帧对应块时间预测值 (col_mv) 来计算搜索窗口的位置,用 mv 表示期望预测的矢量(参考搜索窗口的位置由此值确定),根据文献[6],计算过程详细描述如下(搜索中心点预测如图 2 所示):

(1) 静态块 (Stationary block):

$$\text{if}(col_mv_x = 0 \&\& col_mv_y = 0) \\ mv(x, y) = (0, 0)$$

(2) 垂直运动 (Vertical movement):

$$\text{if}(col_mv_x = 0 \&\& med_mv_x = 0) \\ \{$$

$$\text{if}(col_mv_y > 2) \\ mv(x, y) = (0, \max(col_mv_y, med_mv_y)) \\ \text{else} \\ mv(x, y) = (0, \min(col_mv_y, med_mv_y)) \\ \}$$

(3) 水平运动 (Horizontal movement):

$$\text{if}(col_mv_x = 0 \&\& med_mv_x = 0) \\ \{ \\ \text{if}(col_mv_x > 2) \\ mv(x, y) = (\max(col_mv_x, med_mv_x), 0) \\ \text{else} \\ mv(x, y) = (\min(col_mv_x, med_mv_x), 0) \\ \}$$

(4) 如果当前块与对应参考块以相同的方向和速度运动:

(i) col_mv 和 med_mv 在同一个相象

(ii) 相同的速度: col_mv 满足下面的条件:

$$med_mv_x - 2 \leq col_mv_x \leq med_mv_x + 2 \\ med_mv_y - 2 \leq col_mv_y \leq med_mv_y + 2$$

然后:

$$mv(x, y) = (col_mv_x, col_mv_y)$$

(5) 如果当前块与对应参考块以相同的方向不同的速度运动:

if 满足条件(4)中(i):

$$mv(x, y) = \left(\frac{col_mv_x + med_mv_x}{2}, \frac{col_mv_y + med_mv_y}{2} \right)$$

(6) 其他情况:

$$mv(x, y) = (med_mv_x, med_mv_y)$$

最后用 mv 代替 med_mv 确定参考搜索窗口的位置。

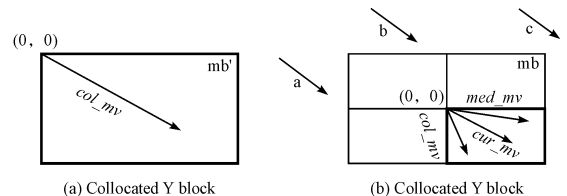


图 2 搜索中心点预测

2.2 精细搜索模板的改进

对钻石搜索法 (DS)、类六边形搜索法 (HEXBS) 等进行研究可以得知^[7],相对钻石搜索模板,基于六边形的搜索模板能通过更少的搜索点数来寻找到同样的运动矢量。

因此该算法引入了可预测的六边形搜索模板 (PHS) 来代替 EPZS 算法中的菱形和正方形模板,该算法在前两步使用了一个十字架形状的搜索模板去预测六边形在水平和垂直的方向上的形状,由于可以在两种不同的搜索模式间转换以扩大所搜索的范围,算法降低陷入局部最优的概率。算法的搜索模式如图 3 所示。

3 试验结果分析

将 2 个可优化点的优化用 C 语言写入 JM 中,实

验测试序列集为 4 个具有代表性的 QCIF(YUV 都是 4 : 2 : 0)序列,大小为 176 × 144, JM 配置参数为 Frame-sToBeEncoded = 100, FrameRate = 30.0, UseHadamard = 1, SearchRange = 16, QP = 28, 其他参数为缺省设置。

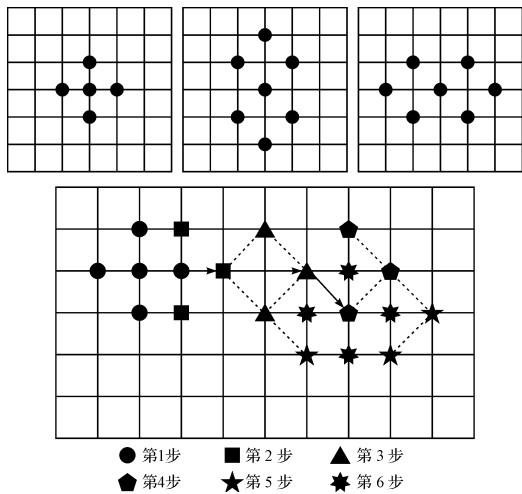


图 3 算法搜索示例

在实验测试中,实验选择了 4 个不同特点运动类型的标准序列进行测试(其中 mobile_qcif 和 coastguard_qcif 是运动较复杂序列, silent_qcif 和 container_qcif 是运动较缓和的序列),数据如表 1 所示。从统计结果可以发现,改进后的算法的编码时间较之改进前平均节省了近 6.78%, ME 时间平均节省了近 12.41%,在保持原视频质量的前提下,有效地提高了编码的实时性。

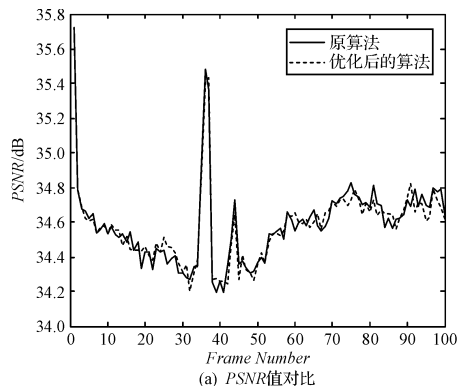
测试序列中的 coastguard 序列在优化前后的 PSNR 和 ME 估计时间 $TIME_{ME}$ 比较如图 4 所示,选取的 coastguard 序列的画面运动较为剧烈。上图结果显示,优化后的测试序列的在 PSNR 值不变的情况下 ME 时间 $TIME_{ME}$ 较之优化前都有了相应的降低。

表 1 原算法和优化后的算法数据比较

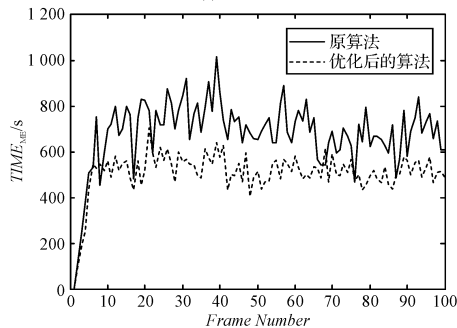
测试序列	原 EPZS 算法			
	PSNR/ dB	比特率/ (kbit/s)	编码耗时/ s	ME 耗时/ s
mobile_qcif	33.05	278.42	281.012	129.508
coastguard_qcif	36.36	145.42	250.301	136.453
silent_qcif	35.23	64.44	224.345	110.201
container_qcif	34.42	32.15	205.487	97.687
测试序列	优化后的 EPZS 算法			
	PSNR/ dB	比特率/ (kbit/s)	编码耗时/ s	ME 耗时/ s
mobile_qcif	33.04	276.48	260.507	107.356
coastguard_qcif	36.36	144.93	227.033	120.065
silent_qcif	36.12	65.54	213.245	99.262
container_qcif	33.85	33.57	197.642	93.431

4 结束语

本研究对 H.264 中采用的 EPZS 算法进行了分析



(a) PSNR值对比



(b) ME时间耗时 $TIME_{ME}$ 的对比

图 4 coastguard_qcif.yuv 序列的 PSNR 和 ME 时间耗时 $TIME_{ME}$ 的对比

和研究,并在原算法基础上对初始预测和搜索模板进行了优化,实验结果显示,优化后的算法在保证图像质量和码率几乎不变的情况下,有效缩短了运动估计时间,4 个典型测试序列的运动估计时间平均减少了大约 12.41%,从而提高了编码的实时性。

参考文献 (References):

- [1] KOGA T, LINUMA K. Motion Compensated Inter-frame Coding for Video Conferencing [C]//Proc. NTC81. New Orleans LA: [s. n.], 1991: C9.6.1-9.6.5.
- [2] ZHU S, MA K. New diamond search algorithm for fast block matching motion estimation [J]. **IEEE Transactions on Image Processing**, 2000, 9(2): 287-290.
- [3] Prabhudev Irappa Hourr and Kai-Kuang Ma. (Dec 1999). Motion Vector Field Adaptive Fast Motion Estimation [C]//ICICS 1999. Singapore: [s. n.], 1999: 7-10.
- [4] TOURAPIS H Y C, TOURAPIS A M. Fast Motion Estimation within the H.264 Codec [C]//Proceedings of the 2003 International Conference on Multimedia and Expo. Baltimore: [s. n.], 2003: 517-520.
- [5] 陈 斌. 基于 H.264/AVC 的块匹配运动估计算法研究与优化 [D]. 武汉: 武汉理工大学计算机科学与技术学院, 2008.
- [6] 白世军. 基于 H.264/AVC 视频编码运动估计算法的优化 [D]. 深圳: 哈尔滨工业大学深圳研究生院, 2008.
- [7] SARWER M G, WU Q M. Adaptive variable block-size early motion estimation termination algorithm for H.264/AVC video coding standard [J]. **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, 2009, 19(8): 1196-1201.

[编辑: 李 辉]