

# 运动估计 UMHexagonS 算法的研究与改进

涂成,余谅

(四川大学 计算机学院,四川 成都 610000)

**摘要:** 针对 UMHexagonS 算法计算复杂、耗时等问题提出改进算法。首先,通过在预测起始点处增加了准静止块阈值来判断是否可以立即停止搜索;然后,用扩展的菱形搜索代替原算法中的  $5 \times 5$  的螺旋式全搜索以降低计算复杂度;最后,利用多层次 8 点八边形代替多六边形网格搜索。实验结果表明,改进算法在保证图像质量的前提下可以有效地减少 10%~30% 的运动估计时间,提高了总体的编码性能。

**关键词:** H.264; 运动估计; UMHexagonS 算法; 中止判断

中图分类号: TP37

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)07-0040-03

## An improvement on the motion estimation algorithm: UMHexagonS

Tu Cheng, Yu Liang

(College of Computer Science, Sichuan University, Chengdu 610000, China)

**Abstract:** According to the problems that UMHexagonS algorithm have high computational complexity and time-consuming, the article proposed three improvements. Firstly, the algorithm increase a quasi-stationary block threshold at the forecast starting point for early termination; Then, in order to reduce the computational complexity,  $5 \times 5$  spiral-full-search of UMHexagonS algorithm is replaced by the extended-diamond search. Finally, we use the eight point multi-octagon-grid search to replace the multi-hexagon-grid search. Experimental results demonstrate that the proposed algorithm can reduce about ten to thirty percent of the searching time of the motion estimation without loss of its accuracy, and improves the coding performance.

**Key words:** H.264; motion estimation; UMHexagonS algorithm; early termination

运动估计是视频压缩编码的关键部分,能有效地去除视频序列中时间域上的冗余度<sup>[1]</sup>。目前各种视频编码标准中广泛应用的运动估计算法是块匹配算法,匹配准则是块码率-失真度。最新的 H.264 标准采用的框架与先前的标准(如 MPEG-2、H.263、MPEG4 等)大致相同<sup>[2]</sup>,在这个框架下,运动估计和补偿是去除帧间冗余非常重要的方法,但同时也是编码中比较耗时的部分<sup>[3]</sup>。

目前, H.264 已正式采纳了“非对称十字型多层次六边形格点搜索”(UMHexagonS)算法,它的运算量相对于快速全搜索算法可节约 90% 以上,同时能保持较好的性能。但是其也存在运算量大、耗时多等不足。因此,本文针对 UMHexagonS 算法的不足提出了改进算法,在预测起始点处增加了一个准静止块阈值判断,并用菱形搜索取代  $5 \times 5$  的螺旋式全搜索以及对多六边形搜索模板进行了改进。在保证原算法图像质量的前提下,进一步降

低运算量,从而提高整个 H.264 编码器的编码性能。

### 1 UMHexagonS 算法

UMHexagonS 算法的搜索路径如图 1 所示,基本步骤<sup>[4]</sup>如下。

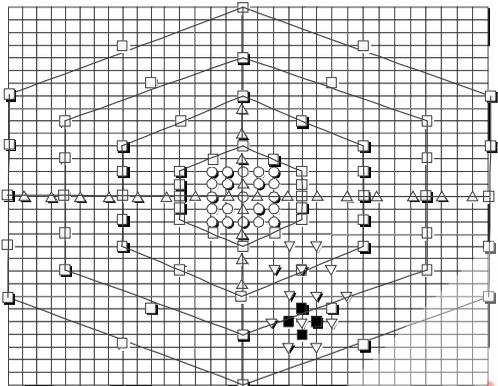
(1) 起始搜索点预测。在 UMHexagonS 算法中,采用了 4 种预测模式得到的矢量来估计当前块的初始运动矢量,分别为中值矢量预测、上层矢量预测、空间相关块矢量预测和参考帧对应块矢量预测。

(2) 在步骤 2 中,算法进行一个水平搜索范围为  $S$  而垂直搜索范围为  $S/2$  的非对称十字搜索,其中,  $S$  为搜索窗的范围,搜索步长为 2。取这些搜索位置中具有最小代价函数值 ( $\min\_mcost$ ) 的点作为下一步的起始点。

(3) 在步骤 3-1 中,进行一个  $5 \times 5$  共 25 个点的螺旋式全搜索,并取具有  $\min\_mcost$  的点作为下一步的搜索中心。

(4)多层次大六边形格点搜索如步骤 3-2 所示。从中心开始在整个搜索窗中逐步进行非对称六边形搜索,直到搜索窗的边界,并取具有  $\min\_mcost$  的点作为下一步的搜索中心。

(5)小六边形模板反复搜索如步骤 4-1 和 4-2 所示。用一个扩展六边形和一个小菱形搜索模式循环进行六边形搜索,直到具有  $\min\_mcost$  的点位于六边形的中心,然后再进行一个小菱形搜索,这 4 个位置中具有  $\min\_mcost$  的点即作为当前块的运动矢量所指位置。



△ 步骤 2 ○ 步骤 3-1 □ 步骤 3-2 ▽ 步骤 4-1 ■ 步骤 4-2

图 1 UMHexagonS 算法搜索步骤

## 2 UMHexagonS 算法的改进

### 2.1 终止搜索阈值判断

实际的视频图像大部分的块都是静止或准静止的<sup>[5]</sup>。对于这样的块,其运动矢量主要集中在搜索中心(0,0)附近很小的范围内,无需进行起始点预测。因此,在进行其他候选预测矢量计算之前,先检查搜索中心(0,0)这个运动矢量,如果其  $\min\_mcost < T$ ,则认为当前块属于静止或准静止块。此时,根据运动矢量的中心偏移特性<sup>[6]</sup>,只要进行一次  $3 \times 3$  的正方形搜索(如图 2 所示)即可在绝大部分情况下找到最佳匹配点,否则,进入下一步骤继续搜索。

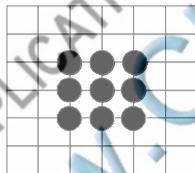


图 2  $3 \times 3$  正方形搜索模板

本文通过对不同标准序列的大量统计实验分析得出, $T$  过大会对图像质量有明显的影 响,而  $T$  过小则不利于搜索时间的提高, $T=700$  时能够很好地区别出静止或准静止块,在不影响图像质量的情况下提高搜索速度。

### 2.2 $5 \times 5$ 螺旋式全搜索的改进

在 UMHexagonS 算法的步骤 3-1 中, $5 \times 5$  螺旋式全搜索需要检查 25 个搜索点,这样不仅复杂度高、运算量大而且费时。因此,有必要对其进行优化。

通常来说,现实生活中的视频图像的运动矢量场通常是柔和平滑的,变化也比较平缓。参考文献[7]中统计研究发现,超过 80% 的运动矢量预测值位于中心  $5 \times 5$  的网格区域内,但不是均匀分布,如图 3 所示。从图 3

可以看出,总的  $5 \times 5$  网格区域内的菱形区域(也就是  $A+B+C+D$  区域)运动矢量分布概率为 77.52%,相对  $5 \times 5$  网格区域的运动矢量分布概率 81.79% 只减少了 4.27%,而搜索点数减少了 12 个。因此,本文将用菱形搜索(如图 4(a)所示)替换原来的  $5 \times 5$  螺旋式全搜索(如图 4(b)所示),能够在基本保证视频的质量的情况下减少搜索点数,提高搜索速度。

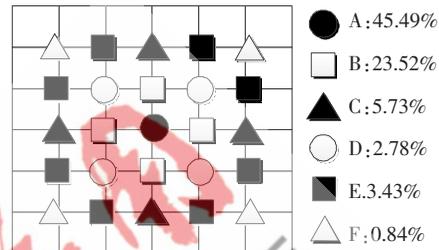
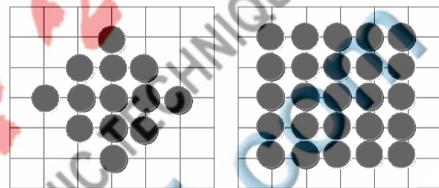


图 3 半径为 3 的正方形内运动矢量分布



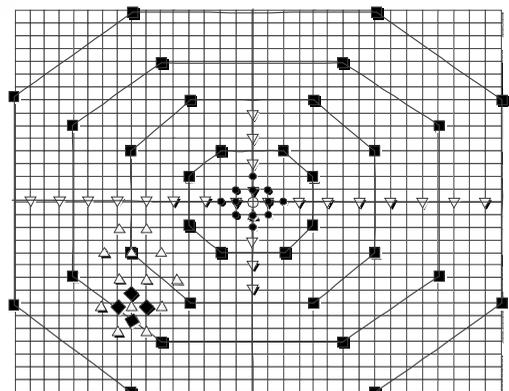
(a) 13 个搜索点

(b) 25 个搜索点

图 4 螺旋全搜索与扩展的菱形搜索模板

### 2.3 多六边形搜索的改进

本文提出的改进算法的搜索步骤如图 5 所示。本文利用多层次 8 点八边形搜索代替 UMHexagonS 算法中的非对称六边形搜索。将每层搜索的点数由原来的 16 个减少到 8 个,即能够减少约 50% 的计算量。同时经研究发现,虽然搜索点数减少了,但是新的搜索模板更接近于圆,从而保持了各方向的匀称,可以更有效地检测出最优运动矢量的位置,因此具有较好的搜索效率,同时也保持了良好的图像质量。



▽ 步骤 2 ● 步骤 3-1 ■ 步骤 3-2 △ 步骤 4-1 ◆ 步骤 4-2

图 5 改进算法的搜索步骤

改进后的算法主流程图如图 6 所示。

## 3 实验结果与分析

本文在 H.264 的参考软件 JM10.1 上实现了原算法和改进后的 UMHexagonS 算法,选取 3 个具有代表性的

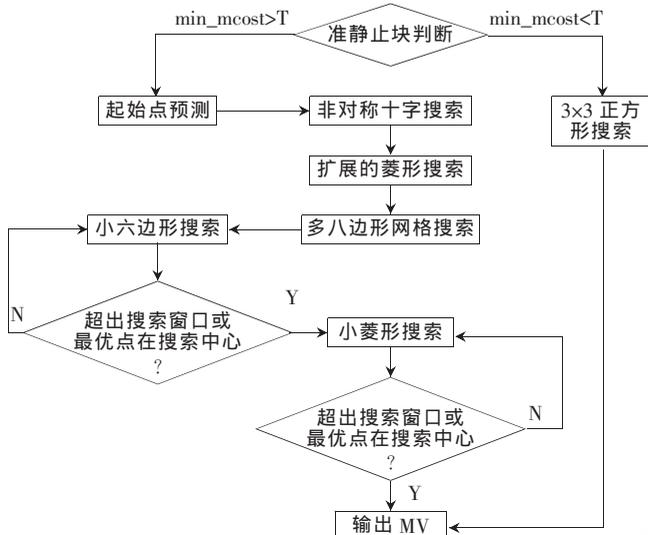


图6 改进后算法的主流程图

标准 QCIF 测试序列和 3 个 CIF 序列的前 100 帧进行测试, 编码模式为 IPPP。测试序列如表 1 所示, 实验参数设置如表 2 所示, 其他参数设置为默认值。实验平台为: Windows7 系统, Intel Core i3, 2.2 GHz CPU, 4 GB 内存, VS2010。实验结果如表 3~表 5 所示。

表 1 测试序列

测试序列	序列格式	帧数	特点
akiyo	QCIF	300	缓慢运动
foreman	QCIF	300	中度运动
mobile	QCIF	300	剧烈运动
flower	CIF	250	平缓运动
bus	CIF	150	中度运动
football	CIF	130	剧烈运动

表 2 实验参数

参数项	参数值	作用
FramesToBeEncoded	100	编码 100 帧
SearchRange	32	搜索范围
NumberBFrames	0	不用 B 帧
UseFME	1	UMHexagonS

表 3 改进算法与原算法的运动估计时间比较

测试序列	原算法 MET/s	改进算法 MET/s	节省率/改进率/%
akiyo	54.352	49.161	9.551
foreman	83.865	68.856	17.897
mobile	98.621	79.139	19.754
flower	354.116	286.580	19.072
bus	504.828	339.119	32.824
football	557.733	386.828	30.643

表 4 改进算法与原算法 Y 分量峰值信噪比比较

测试序列	原算法 PSNR/dB	改进算法 PSNR/dB	PSNR 变化/dB
akiyo	38.51	38.50	-0.01
foreman	36.49	36.51	+0.02
mobile	33.52	33.53	+0.01
flower	35.20	35.21	+0.01
bus	34.93	34.93	0.00
football	36.71	36.72	+0.01

表 5 改进算法与原算法码率比较

测试序列	原算法码率/(kb/s)	改进算法码率/(kb/s)	码率变化/%
akiyo	27.84	28.11	+0.970
foreman	122.44	122.81	+0.302
mobile	394.19	393.46	-0.185
flower	1 371.93	1 376.24	-0.314
bus	1 063.64	1 069.27	+0.529
football	1 455.09	1 463.65	+0.588

从表 3 可以看出, 改进算法比原算法的运动估计时间减少了 10%~30%, 且随着运动程度由平缓到剧烈, 算法节省的时间也随之增加。表 4 显示了图像的峰值信噪比, 除了 akiyo 序列下降了 0.01 外, 其他都不降反升, 说明改进算法很好地保持了图像的质量。从表 5 显示的码率变化来看, 码率平均增加了 0.5% 左右, 最大的也不超过 1%, 对信道传输影响不大。

其中, 对于变化区域小且缓慢的 akiyo 序列, 改进算法速度提高相对较少, 只有 9.511%, 而对于变化区域大且运动相对较剧烈的 bus 和 football 序列而言, 速度提高较大, 在 30% 左右。因此, 本文提出的改进算法适合各种运动类型的视频序列, 尤其对于运动剧烈的图像序列效果更好。

图 7 和图 8 分别显示了 3 个 QCIF 序列和 3 个 CIF 序列原算法和改进算法峰值信噪比的变化情况, 原算法与改进算法在每帧的峰值信噪比变化很小, 未出现大的波动, 即改进算法没有影响运动估计的准确性。通过两幅图的对比可以看出, CIF 图像比 QCIF 图像的峰值信噪比变化更加平稳, 即对于 CIF 图像, 改进算法的效果更好。

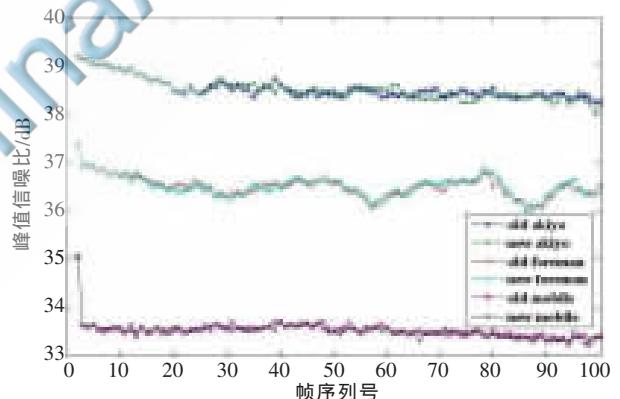


图 7 QCIF 序列峰值信噪比变化情况

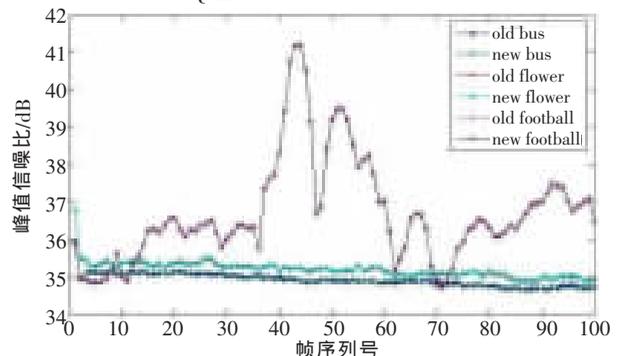


图 8 CIF 序列峰值信噪比变化情况

为了提高视频的总编码性能,本文针对UMHexagonS算法的不足提出了3个方面的改进:(1)增加了准静止块的判断;(2)扩展的菱形搜索模型;(3)多层次的8点八边形格点搜索。实验结果表明,改进算法在PSNR和码率与原算法相近的情况下,减少了原算法中不必要的搜索点,运动估计时间减少了10%~30%,提高了编码性能。

#### 参考文献

- [1] 毕厚杰.新一代视频压缩编码标准 H.264/AVC[M].北京:人民邮电出版社,2009.
- [2] WIEGAND T, SULLIVAN G J, LUTHRA A, et al. Overview of the H.264 / AVC video coding standard [J]. IEEE Transactions on CSVT, 2003,13(7):560-576.
- [3] ISO/IEC JTC1 /SC29 /WG11 and ITU-T SG16 /Q. 6 Draft ITU -T, Recommendation H. 264 and Final Draft International Standard[S].
- [4] Chen Zhibo, Zhou Peng, He Yun. Fast motion estimation for JVT[C]. JVT- G016, 2003-03.
- [5] DUANMU C J, Chen Xing. Mixed diamond, hexagon, and cross search fast motion estimation algorithm for H.264[C]. Proceedings of 2008 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2008:761-764.
- [6] Ding X, Fan H J. A mix-pattern motion estimation search algorithm based on direction adaptation [J]. Journal of Image and Graphics,2011,16(1):14-20.
- [7] LAM C H, PO L M, CHEUNG C H. A novel kite-cross-diamond search algorithm for fast block motion estimation[C]. Proceedings of 2004 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 2004:729-732.

(收稿日期:2013-01-17)

#### 作者简介:

涂成,男,1987年生,硕士研究生,主要研究方向:多媒体通信。