

基于子区域最佳运动矢量搜索的 UMHexagonS 改进算法^①

黄 平, 王绍源

(湖南大学 电气信息学院, 长沙 415008)

摘 要: H.264 标准是由 ITU-T 视频编码专家组 (VCEG) 和 ISO/IEC 动态图像专家组 (MPEG) 提出的视频编解码器标准, 运动估计是 H.264 标准中耗时最高的部分。分析一些经典的运动估计算法, 结合最佳运动矢量分布特性, 提出了一种基于子区域的 UMHexagonS 改进算法。该算法将搜索区域分成 9 个子区域, 在最佳子区域进行精确搜索, 在其它子区域进行粗略搜索。仿真实验结果表明, 在信噪比和比特率基本不变的情况下, 改进算法的时间复杂度有明显的改善。

关键词: 运动估计; UMHexagons 算法; 子区域搜索; H.264

Improved UMHexagonS Motion Estimation Algorithm Based on Sub-Regional Searching

HUANG Ping, WANG Shao-Yuan

(College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 415008, China)

Abstract: H.264/MPEG-4 AVC is the coding standard jointly developed by the Video Coding Experts Group (VCEG) of ITU-T and Moving Picture Experts Group (MPEG) of ISO/IEC. Motion estimation is one of the most time-consuming in H.264/MPEG-4 AVC. In this paper, some of the classic motion estimation algorithms are first analyzed, and then motion vector distribution characteristics is discussed, and a sub-regional UMHexagonS motion estimation Algorithm is proposed. In this algorithm, searching area is divided into nine sub-regions, including one detailed searching region and eight coarse searching regions. Simulation results indicate that the time complexity of the improved algorithm is significantly improved, while the SNR and bit rates are essentially kept invariant compared with UMHexagonS.

Key words: motion estimation, UMHexagons algorithm; sub-regional searching; H.264

1 引言

H.264 是 ITU-T 视频编码专家组和 ISO/IEC 动态图像专家组提出的视频编解码标准。该标准着重于解决压缩的高效率和传输的高可靠性, 应用十分广泛。活动图像邻近帧中的景物存在着一定的相关性, 因此可将活动图像分成若干块或宏块, 并设法搜索出每个块或宏块在邻近帧中的位置, 得出两者之间的空间位置的相对偏移量。得到的相对偏移量就是运动矢量, 得到运动矢量的过程称为运动估计。

运动估计作为 H.264 协议中的关键技术, 需要解决的问题是如何提高它的计算速度和精度^[1]。在运动

估计算法中, 搜索精度最高的是全搜索算法。但是该算法计算复杂度高、不适合做实时处理。现行的快速算法分为大概 3 类。第一类算法通过在搜索窗内按一定规则仅搜索较少的几个点来降低运算复杂度。如三步搜索法、四步搜索法、菱形搜索法和六边形搜索法。这些算法以图像的精度为代价来降低计算复杂度的, 在处理较大的搜索范围时, 容易陷入局部最优^[2]。第二类算法通过使用相对较为简单的匹配准则来降低运算复杂度, 如最小最大误差等。第三类算法通过利用代数不等式排除不可能成为最佳匹配的待搜索点从而减少匹配点数降低运算复杂度, 如快速全搜索算

① 收稿时间:2011-02-15;收到修改稿时间:2011-03-20

法等^[3]。

2 UMHexagonS算法分析

UMHexagonS 算法是 H.264 标准所采纳的运动估计算法之一。相比于全搜索算法，该算法在保持较好的率失真性能的同时，可以节约 90% 以上的运算量。

UMHexagonS 算法的基本步骤如下^[4]。

- (1) 起始搜索点的预测。
- (2) 非对称十字搜索。如图 1 中步骤 1。
- (3) 螺旋搜索 5×5 区域，只搜索 25 个点。如图 1 中步骤 2。
- (4) 超六边形模板搜索。如果不能满足退出条件，则增加搜索半径继续进行超六边形模板搜索。如图 1 中步骤 3。
- (5) 六边形模板搜索。如图 1 步骤 4。
- (6) 小菱形模板搜索。如图 1 步骤 5。

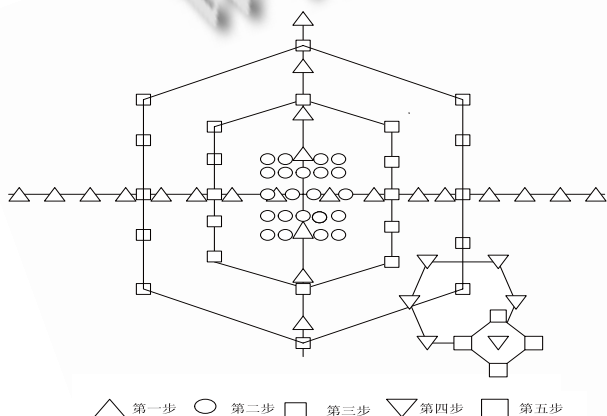


图 1 UMHexagonS 算法搜索过程

现存的一些快速匹配算法基于一些假设：1. 大部分运动矢量都很小。2. 残差空间的单调特性。3. 在视频序列中物体的水平位移一般大于垂直位移。Umhexagons

算法很好的利用了假设 3，非对称十字模板和扩展的六边形模板在横轴上的搜索点多于在纵轴上的搜索点^[5]。但是 Umhexagons 没有考虑最佳运动矢量的分布特性。基于 Umhexagons 的一些基本思想，本文提出一种基于子区域的运动估计算法。

3 子区域划分策略

将整个搜索区域划分为包括搜索起始点和 8 个子区域的 9 个区域^[6]，其中搜索起始点为子区域 0。区域的划分如图 2 所示。在每个子区域中各选定一个搜索点。计算所选定搜索点的开销。开销计算公式如下^[7,8]。

$$Cost(mv, \lambda) = SAD(mv) + \lambda * R \quad (1)$$

其中，SAD 是当前子块和参考块的绝对误差和。 λ ，R 分别表示拉格朗日乘数和编码该运动矢量所需要的比特数，由 Umhexagons 算法确定。将这 9 个子区域定义为动态的 9 个最佳区域(最佳区域 1，最佳区域 2，……最佳区域 9)。开销最小的搜索点所对应的子区域为最佳区域 1，以此类推，开销最大的搜索点对应最佳区域 9。由于运动矢量的连续性，最佳运动矢量落在最佳区域 1 的概率最大。改进后的算法中在最佳区域 1 进行精确搜索，其他区域进行粗略搜索。利用 jm12.0 中全搜索算法，统计最佳运动矢量在最佳区域中的分布特性，由于最佳运动矢量会小于 16，所以选择搜索半径为 16。表 1 为统计结果。

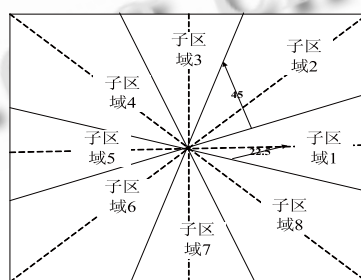


图 2 区域划分

表 1 最佳运动矢量分布特性统计

视频序列		最佳运动矢量在最佳区域中的概率分布								
尺寸	名称	区域 1	区域 2	区域 3	区域 4	区域 5	区域 6	区域 7	区域 8	区域 9
176*144	harhour	83.958%	3.317%	2.538%	2.257%	1.951%	1.725%	1.578%	1.604%	1.068%
	foreman	71.269%	7.497%	5.433%	4.052%	2.942%	3.017%	2.192%	2.039%	1.555%
	football	59.095%	9.012%	6.995%	5.724%	4.540%	4.264%	3.812%	3.530%	3.023%
352*288	harhour	63.271%	6.859%	5.718%	4.883%	4.430%	4.053%	3.931%	3.520%	3.331%
	foreman	63.186%	7.764%	5.772%	5.153%	4.263%	3.778%	3.758%	3.123%	3.198%
	football	51.155%	9.794%	7.636%	6.705%	5.992%	5.330%	5.072%	4.237%	4.076%

统计结果表明：最佳运动矢量落在最佳区域 1 的概率大于 50%；运动矢量越小，最佳运动矢量分布在最佳区域 1 的概率越大。对于内容相同的视频序列，由于小尺寸的视频序列的最佳运动矢量比较大尺寸的小，所以小尺寸视频序列的最佳运动矢量落在最佳区域 1 的概率大于大尺寸。

4 算法改进

基于上一步的统计结果，最佳运动矢量出现在最佳区域 1 的概率大于 50%。为了减少计算量，在最佳运动矢量概率最大的区域进行精确搜索，在其他区域只进行粗略搜索。

4.1 改进后算法基本流程

1.菱形搜索：由 Umhexagons 算法计算出搜索起始点，并以该起始点为中心进行包括中心点的菱形模板搜索并计算 9 个点的开销，开销公式如公式 1。模板中的 9 搜索点分别位于如图 3 所示的 9 个不同的子区域。如果菱形搜索模板满足退出条件则跳至 6，退出条件如下^[10]：

$$\min_m\text{cost} - \text{pre_SAD_ref} < \text{pre_SAD_ref} * \text{betaThird} \quad (2)$$

其中 $\min_m\text{cost}$ 是当前最小开销， pre_SAD_ref 为预测误差和， betaThird 和 Umhexagons 相同。

2.最佳搜索区域划分：根据上一步得到的开销，选择最小开销点对应的区域为最佳区域 1，选择次小开销点对应的子区域为最佳区域 2。

3.最佳区域内搜索：根据上一步所得到的最佳区域，如果最佳区域 1 不是搜索中心，则在最佳搜索区域 1 内搜索。如果最佳搜索区域 1 为搜索中心，则在最佳搜索区域 2 中进行详细搜索。在选定的最佳区域中进行 12 个点的详细搜索。例如图 3 中子区域 1 是最佳区域 1，搜索点位于沿 -22.5 度方向，x 轴，22.5 度方向各 4 个点。如果满足退出条件(退出条件如 2)。则跳到 6。

4.粗略搜索：根据最佳运动矢量统计分析，最佳运动矢量可能不在最佳区域 1，所以需要在其它的最佳区域进行粗略搜索。以搜索开始点为中心，在纵轴，45 度，135 度方向各 8 个点进行粗略搜索。如图 3 粗略搜索所示。如果满足退出条件（公式 2）则跳到 6。

5.六边形搜索

以开销值最小的搜索点为中心进行六边形搜索，

如图 3 中六边形搜索

6.小菱形搜索

以开销值最小的搜索点为中心进行小菱形搜索模板，如图 3 小菱形搜索。

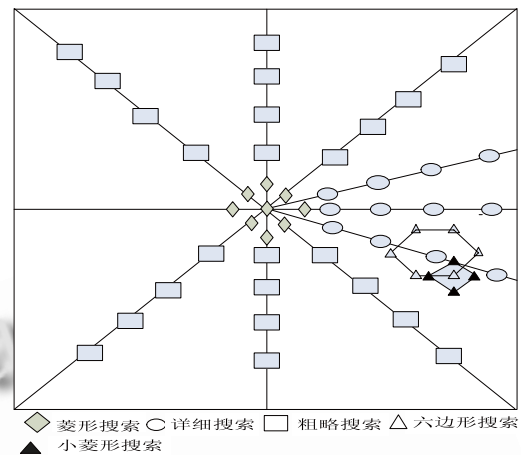


图 3 改进后的算法搜索过程

5 算法仿真及结果分析

为验证改进后算法的性能，根据视频内容选取几种不同类型的视频序列：场景运动缓慢的 Harbour、场景运动一般的 Foreman、场景运动剧烈的 Football 进行运动估计仿真实验。仿真实验时，分别使用这 6 个序列的前 100 帧，由于最佳运动矢量不会超过 16，所以选择搜索半径为 16。运动估计时间提高百分比定义如下^[6]：

$$\frac{\text{TIME}_{\text{ref}} - \text{TIME}_{\text{proposed}}}{\text{TIME}_{\text{ref}}} * 100\% \quad (3)$$

其中， TIME_{ref} ， $\text{TIME}_{\text{proposed}}$ 分别表示 Umhexagons 算法和改进算法的运动估计时间。仿真实验结果如表 2。

仿真实验结果表明，在信噪比和比特率基本不变的情况下，改进算法明显降低了时间复杂度，对于运动剧烈的序列，改进后的算法匹配速度更快。和 UMHexagonS 算法相比，改进算法提高了编码速度 20%左右。参考文献 10 中所提到算法和 UMHexagonS 相比，提高了编码速度 14%左右^[10]。参考文献 6 中所提到算法和 UMHexagonS 相比，提高了编码速度 13%左右^[6]。和参考文献中所提到的算法相比^[6,10]，在信噪比和比特率基本不变的情况下，改进算法提高了编码速度 4%，7%。

表2 算法性能比较

视频尺寸	视频名称	原算法信噪比	改进算法信噪比	原算法比特率	改进算法比特率	运动估计时间提高百分比
176*144	Harbour	33.89	33.88	461.87	460.10	19.46%
	Foreman	36.56	36.55	188.52	189.10	15.31%
	Football	34.47	34.47	908.21	921.04	22.39%
352*288	Harbour	34.99	34.99	1203.62	1204.13	19.72%
	Foreman	37.15	37.15	662.68	661.85	20.64%
	Football	35.11	35.11	1373.72	1373.40	26.12%

6 结语

本文分析一些经典的运动估计算法,结合最佳运动矢量分布特性,提出了一种基于子区域的UMHexagonS改进算法。该算法将搜索区域分成9个子区域,在最佳子区域进行精确搜索。仿真实验结果表明,在信噪比和比特率基本不变的情况下,改进算法的时间复杂度有明显的改善。

参考文献

- 1 Wiegand T, et al. Overview of the H.264/AVC video coding standard. *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, 2003,(13):560–576.
- 2 李红叶,刘明军.H. 264 运动估计算法研究. *济南大学学报(自然科学版)*.2009,23(4):338–341.
- 3 李翔,吴国威.一种适用于 H.264 的基于自适应搜索范围的快速运动估计算法. *中国图形图像学报* 2004, 9(4):472–476.
- 4 Chen, et al. Fast integer_pel a fractional_pel motion estima-

tion for H.264/AVC. *Journal of visual communication and image representation*, 2002,12(12):1168–1177.

- 5 Yu-Shin Cheng. An H.264 Spatio-temporal Hierarchical Fast Motion Estimation Algorithm for High-Definition Video. *Circuits and Systems*, 2009,12(12), 3827–3830.
- 6 Zhiru Shi. A MOTION ESTIMATION ALGORITHM BASED ON PREDICTIVE INTENSIVE DIRECTION SEARCH FOR H.264/AVC, *Multimedia and Expo (ICME)*,2010 IEEE International Conference on, 2010,10(10),667–672.
- 7 郑振东,王沛,应骏. H.264JM 模型中运动估计算法及改进方案. *中国图形图像学报*, 2007,12(10):1799–1801.
- 8 宋雄亮,马力妮,刘超.一种改进的自适应六边形搜索方法. *北京机械工业学院学报*, 2009,24(1):65–68.
- 9 向东,陈加忠,周敬利.H.264 中搜索范围的自适应调整算法. *华中科技大学学报*, 2008,36(5):47–52.