

一种自适应的基于中心偏置特性的矩形搜索方法^①

贺文伟, 张玉玲

(鲁东大学 电子与电气工程学院, 烟台 264025)

摘要: H.264 编码标准中为了得到更高的压缩比, 针对计算量比较大的运动估计部分, 采用了六边形运动估计算法。与全搜索算法相比, 六边形算法减少了搜索时间, 但是, 六边形算法采用了固定的模板及固定的搜索步骤, 没有充分的利用到视频图像的中心偏置特性。充分利用视频图像的中心偏置特性, 提出了一种新的矩形搜索算法, 使搜索具有自适应特性, 试验表明, 在图像质量保持不变的条件下, 该算法的搜索速度大幅提高。

关键词: 运动估计; 矩形搜索; 中心偏置; 自适应; 峰值信噪比

An Adaptive Rectangle Search Algorithm Based on Center-Bias

HE Wen-Wei, ZHANG Yu-Ling

(School of Electrical and Electronics Engineering, Ludong University, Yantai, 264025, China)

Abstract: In H.264 video coding standard, in order to get higher compression ratio, HEXBS algorithm is employed to motion estimation, but the calculation work is very large. Compared with Full Search algorithm, it reduces the searching time obviously, but it takes fixed module and fixed searching step, which doesn't take full advantage of center-bias characteristic of video sequence. Based on this observation, this paper proposes a new search algorithm named Rectangle search Algorithm, and the search algorithm is adaptive. At the end of the paper, the proposed algorithm has been experimented. The results show that the searching speed has largely increased while maintaining the same quality of image.

Key words: motion estimation; rectangle search; center-biased; adaptive; PSNR

在视频编码算法中, 运动估计的运算量占整个编码过程运算量的 70% 至 80%, 所以如何快速有效的减少运动估计部分的运算量就成了视频编码技术的关键因素。目前, 很多快速块匹配运动估计算法可以有效的减少视频编码的运算量, 例如: 三步搜索法 (TSS)、新三步搜索法 (NTSS)^[1]、四步搜索法 (FSS)^[2]、菱形搜索法 (DS)^[3] 等, 这些算法都通过减少运动估计中的搜索点数来降低运算量, 并且取得了较为显著的效果。

本文首先介绍六边形算法的基本思想及搜索步骤, 在此基础上提出一种新的矩形搜索算法, 使搜索具有自适应特性, 试验表明, 在图像质量保持不变的条件下, 该算法的搜索速度大幅提高。

1 六边形算法

HEXBS (Hexagon-based Search) 提出了六边形搜索模板 HSP (Hexagon search pattern), 如图 1 所示, 采用了大小两个六边形模板。其中, 大六边形模板的搜索点之间的最小距离为两个像素, 而小模板之间的最小距离为一个像素。由于 HSP 更接近圆形, 因此 HSP 在各个搜索方向都具有相同的梯度下降速度, 搜索速度更快。HEXBS 先使用大六边形模板搜索, 当最小块匹配失真点 (MBD, Minimum block distortion) 出现在大六边形模板中心时, 再使用小六边形模板进行搜索, 得到最优匹配点^[4]。

六边形搜索算法的搜索步骤如下:

第 1 步: 以待处理的块为中心, 在搜索窗内按大

① 基金项目: 山东省优秀中青年科学家科研奖励基金 (BS2009DX022); 鲁东大学校基金 (L20084101)

收稿时间: 2010-10-19; 收到修改稿时间: 2010-11-03

六边形模板分别比较 7 个搜索点, 如果 MBD 点为六边形的中心点则转到第 3 步, 否则转到第 2 步;

第 2 步: 以上 1 步得到的 MBD 点为中心组成一个新的大六边形, 并搜索其范围内未匹配计算过的块。如果 MBD 点在中心点则转到第 3 步, 否则重复该步骤;

第 3 步: 将搜索方式改为小六边形模板, 搜索其范围内未匹配计算过的块, 得到的 MBD 点即为所求的最佳匹配点。

六边形算法的特点在于它分析了视频图像中运动矢量的基本规律, 采用了大小两种六边形搜索模板 LHSP(Large HSP)和 SHSP(Small HSP)。先用 LHSP 搜索, 进行粗定位; 当粗定位结束后, 如果最优匹配点不在中心, 则继续进行粗定位, 反之, 就认为最优就在 LHSP 周围 7 个点所围的六边形区域中, 这时再用 SHSP 来准确定位, 使搜索不致于有大的起伏, 所以它的性能较其他模板优越。但是, 传统六边形算法也有其自身的缺点, 首先, 未考虑运动矢量中心偏置特性, 容易造成搜索冗余; 其次, 使用固定的模板, 不能很好地利用现实世界中物体的运动特性来进行搜索。

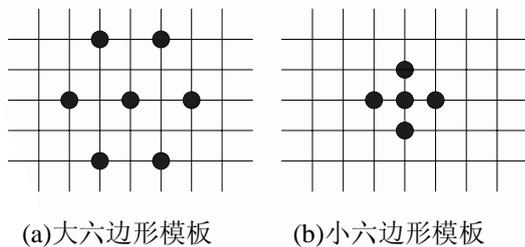


图 1 HEXBS 搜索模板

2 改进的搜索方法

2.1 运动矢量的中心偏置特性

大量实验表明, 运动矢量落在以搜索起始点为中心 5×5 矩形区域的概率是高的。因此可以认为大部分的视频序列是运动缓慢的, 有的可以被认为是静止的。在运动估计算法中, 充分考虑运动矢量中心偏置这一特性, 将会大大减少运算时间, 加快编码速度, 从而提高整个编码的效率。在整像素搜索中, 一般而言, 离最优匹配点越远, 其匹配误差值 SAD(Sum of Absolute Difference)越大, 所以我们计算示意图中每一个运动矢量的 SAD 值, 选 SAD 值最小的 MV 作为起始搜索位置。通过预测搜索起点方法, 可以大量的减

少计算复杂度, 提高计算效率。

基于图像的中心偏置特性, 设计了水平矩形搜索模板(图 2(a))和垂直矩形搜索模板(图 2(b))以及菱形模板(图 3)。

2.2 改进算法的详细流程

改进六边形算法描述如下。

第 1 步: 用菱形模板进行匹配, 如果最佳匹配点在模板中心点 (实心黑点为最佳匹配点), (0, 0)点为最佳运动矢量(图 4), 搜索终止。

第 2 步: 如果最佳匹配点在左右两侧, 则转到第 3 步, 否则转到第 4 步;

第 3 步: 以该点为水平矩形模板的中心进行搜索, 如果最佳匹配点在矩形模板中心, 则转为菱形搜索模式; 如果最佳匹配点与该点处于同一横坐标, 则继续第 3 步, 否则转入第 4 步;

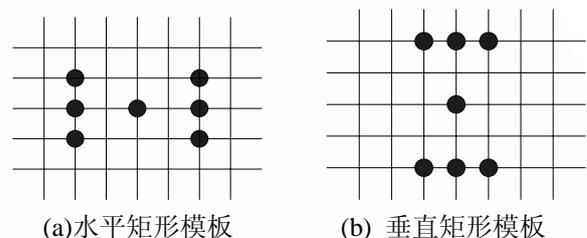


图 2 矩形搜索模板

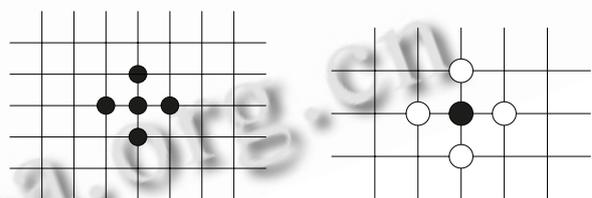


图 3 菱形搜索模板

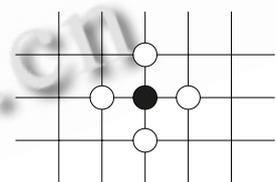


图 4 最佳匹配点在中心点

第 4 步: 以该点为垂直矩形模板的中心进行搜索, 如果最佳匹配点在矩形模板中心, 则转为菱形搜索模式; 如果最佳匹配点与该点有相同的纵坐标则继续第 4 步, 否则转入第 3 步。

菱形搜索模式步骤:

第 1 步: 按照图 3 的模板进行 5 点搜索, 取 SAD 值最小点为最佳匹配点。如果最小点位于中心, 则停止搜索, 否则转入第 2 步;

第 2 步: 以该点为中心, 继续进行菱形搜索, 如果最小 SAD 点位于中心点, 则停止搜索, 否则重复第 2 步。

图 5 和图 6 分别给出了假设最佳匹配点在 (3, 1)

和 (1, 3) 时的搜索情况, 黑色实心点为每步的最佳匹配点。由图可见, 每次搜索时增加了 5 个搜索点, 菱形搜索增加 3 个搜索点, 该搜索方法更具方向性, 且不易陷于局部最优。

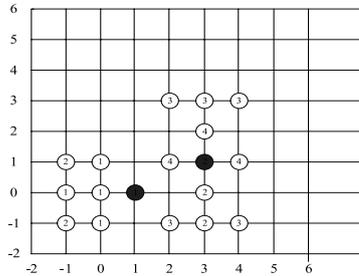


图 5 最佳匹配点在 (3, 1) 时的搜索过程

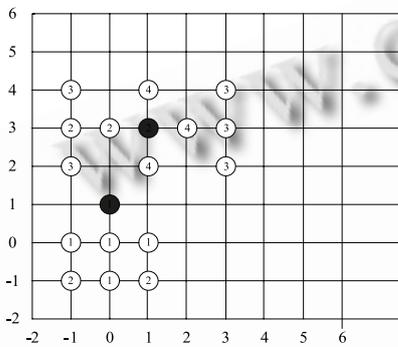


图 6 最佳匹配点在 (1,3) 时的搜索过程

该算法通过利用视频图像中心偏置特性, 提出了具有水平矩形和垂直矩形两种搜索模板, 通过这两种搜索模板可以更快更高效的找到最佳匹配点, 使搜索能够具有方向性及自适应特性。

3 实验仿真及结果分析

为了验证该改进算法的有效性, 将本算法的运算结果与 FS、TSS、NTSS、DS 及 HEXBS 进行了比较。实验以 H.264/AVC 的参考模型 JM9.0 为平台, 操作系统为 WINDOWS XP, 实验硬件为 Intel(R) Core(TM)2 Duo Cpu 2.8GHz, 2GB 内存; 编码参数为: 选用单个参考帧, 视频帧格式为 IPP……, 一共编码 60 帧, 帧

表 1 各个算法的平均搜索点数

	FS	TSS	NTSS	DS	HEXBS	本算法
Football	1089	36	26	20	16	13
Foreman	1089	36	24	16	11	10
Highway	1089	36	24	14	11	10
Stefan	1089	36	22	15	12	10

率为 30 帧/S, 选用 football、foreman 等视频作为测试序列, 测试各算法的搜索点数及 PSNR 值。实验结果如表 1 和表 2 所示。

表 2 各个算法的 PSNR 值

	FS	TSS	NTSS	DS	HEXBS	本算法
Football	41.11	41.10	41.09	41.06	41.05	41.03
Foreman	41.48	41.41	41.43	41.45	41.42	41.38
Highway	41.16	41.12	41.13	41.15	41.15	41.12
Stefan	39.91	39.85	39.87	38.90	39.89	39.89

从表中可以看出本算法较以往的块匹配算法在 PSNR 略有下降的情况下, 搜索点数大幅降低, 从而减少了搜索时间, 提高了编码效率。对于运动较剧烈的视频序列其 PSNR 下降较多, 比如 football、foreman; 而对于其他运动平缓的视频序列而言, 本算法支持较好, 这充分证明了运动矢量的中心偏置特性。

4 结语

本文在研究传统运动估计的基础上, 充分考虑视频图像的中心偏置特性, 提出了一种新的基于中心偏置的矩形搜索模板。新的模板除了有传统模板的优点以外, 充分利用中心偏置这一特性, 从而使运动估计的搜索根据目的性和自适应性。试验证明, 矩形搜索方法在不影响图像质量的前提下, 比传统的运动估计算法搜索点数进一步降低, 搜索速度大幅提高, 提高了视频编码效率。

参考文献

- 1 Li R, Zeng B, Liou ML. A new three-step search algorithm for block motion estimation. IEEE Trans. on Circuits & Systems for Video Technology, 1994,4:438-442.
- 2 Po LM, Ma WC. A novel four-step search algorithm for fast block motion estimation. IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol, 1996,6:313-317.
- 3 Zhu S, Ma KK. A new diamond search algorithm for fast block matching motion estimation. IEEE Trans. Image Processing, 2000,9:287-290.
- 4 Zhu C, Lin X, Chau LP. Hexagon-based search pattern for fast block motion estimation. IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol, 2002,12:349-355.