

十字菱形六边形优化搜索算法

廖泰敏 郭宗明

(北京大学计算机科学技术研究所, 北京 100871)

摘要 为了解决视频编码中块匹配运动估计的问题,提出了十字菱形六边形优化搜索算法。该算法通过消除十字菱形六边形搜索算法中的一些搜索点来对其进行改进。实验结果表明,该方法能在保证相近视频质量的同时加快运算速度。

关键词 视频编码 块匹配运动估计 十字菱形六边形搜索

中图法分类号:TP391 文献标识码:A 文章编号:1006-8961(2009)08-1530-04

Enhanced Cross-diamond-hexagonal Search Algorithms

LIAO Tai-min, GUO Zong-ming

(Institute of Computer Science & Technology, Peking University, Beijing 100871)

Abstract In this paper, we propose an enhanced cross-diamond-hexagonal search algorithm to solve the block-matching motion-estimation problem in video coding. This algorithm is an improvement over CDHS, eliminating some checking points of CDHS algorithms. Experimental results show that the proposed method performs faster than the CDHS whereas similar quality is preserved.

Keywords video encoding, block-matching motion estimation, cross-diamond-hexagonal search

1 引言

视频画面一般划分成一些相同大小的不重叠的宏块,块匹配运动估计算法就是要在参考图像中搜索一个与当前图像中宏块最相似的宏块,即最佳匹配块,搜索结果用运动向量来表示。最简单的块匹配运动估计是全搜索法(FS),它同时也是最可靠的搜索算法,找到的运动向量一定是全局最佳点,但因其计算复杂度太高而限制了应用。为了加速搜索,已经开发出各种块匹配快速算法。减少计算的关键是减少搜索候选块的数量。最早的两种经典算法是三步搜索法^[1]和2维对数搜索法^[2],它们通过限制搜索步数和引入方形搜索模板来加快搜索速度,但

是它们得到的视频质量和全搜索法相比有一定差距,特别是对于有快速运动物体的视频序列。之后的新三步搜索法^[3],四步搜索法^[4]相对于之前的算法,搜索速度和视频质量都有所改善。菱形搜索法(DS)^[5-7]和六角形搜索法^[8-9]分别采用菱形和六角形模板,并且不限制搜索步数。它们相对于之前的算法可以只搜索更少的点,并且能得到更好的视频质量。十字菱形搜索法^[10]采用十字和菱形两种模板,六角形优化搜索算法^[11]减少六角形搜索算法中最后一步搜索的候选运动向量的数目,它们相对于前面的算法又有所改进。十字菱形六角形搜索算法(CDHS)^[12]是目前在减少搜索量方面做得最好的算法。本文的工作是尝试去除一些不必要的候选点来对CDHS算法进行改进以获得更快的算法——十字

基金项目:国家“十一五”基金项目(2006BAH02A10);国家高技术研究发展计划(863)项目(2006AA01Z320)

收稿日期:2007-11-28;改回日期:2008-04-07

第一作者简介:廖泰敏(1983~),男。2007年于北京大学信息科学技术学院获硕士学位。研究方向为视频信息处理。E-mail: ltm835754@163.com

通讯作者:郭宗明, E-mail: guozongming@pku.edu.cn

菱形六角形优化搜索算法(ECDHS)。

2 CDHS 算法

图 1^[12]表明,90.26%的运动向量落在中心 5 × 5 的十字交叉线上。CDHS 算法利用这一点在第一步中引入了小十字搜索模板。

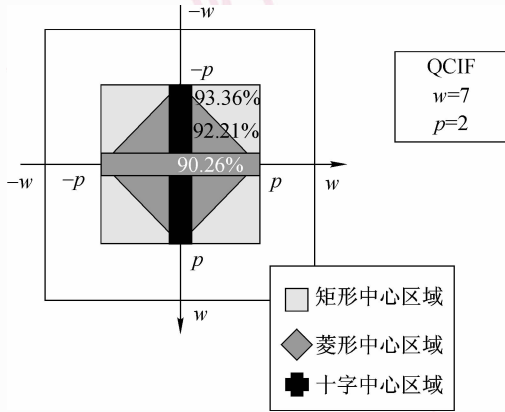


图 1 运动矢量在中心 5 × 5 区域内的分布情况
Fig. 1 Distribution of motion vector in 5 × 5 region

CDHS 综合利用菱形模板和六角形模板。其详细算法如下^[12]：

第 1 步:搜索中心 3 × 3 区域内十字交叉线上的 5 个点,如图 2(a)所示,如果最小点就在中心交叉位置,则停止搜索,否则转至第 2 步。

第 2 步:搜索(±2,0)和(0,±2)4 个点,为下一步做准备。

第 3 步:搜索中心十字的四角上与第 2 步得到的匹配差值(BDM)最小点相邻的 2 个点,若这一步所得到的 BDM 最小点是第 1 步的 5 个点之一,则停

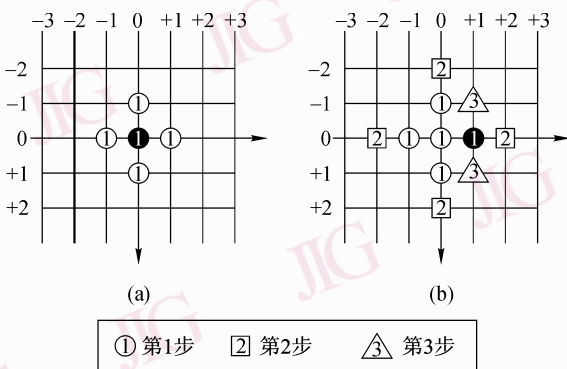


图 2 CDHS 的前 3 步示意图
Fig. 2 First 3 steps of CDHS

止搜索,否则转至第 4 步。

第 4 步:分 3 种情况。

(1)如果第 3 步是菱形搜索而且 BDM 最小点是在菱形边上,则以 BDM 最小点为中心再次进行菱形搜索。

(2)如果第 3 步是菱形搜索而且 BDM 最小点是在菱形角上,则以 BDM 最小点为中心进行六角形搜索。

(3)如果第 3 步是六角形搜索,以 BDM 最小点为中心进行六角形搜索。若得到的 BDM 最小点是当前中心点,则转至第 5 步,否则重复第 4 步。

第 5 步:以第 4 步搜索得到的最小点为中心进行一次小的菱形搜索,即和中心点周围的 4 个点比较,即 SDSP。

3 ECDHS 算法

从第 2 节中对 CDHS 算法的介绍可以看出,算法的第 1,2,3,5 步是高精度的内部搜索,第 4 步是低精度的粗略搜索,并在前 3 步采用了 halfway-stop 技术。若算法在第 1 步没有停止,即中心点并不是最佳匹配点时,则如图 2(b)所示,离下一步停止,至少还需要检测 6 个点(第 2 步 4 个点,第 3 步 2 个点)。

根据图 1 的统计规律可猜想,最佳匹配点的分布有如下规律:

(1)最佳匹配点周围点有很大的概率是次佳匹配点。也就是说,最佳匹配点,它的邻居点的 BDM 之和有很大的概率最小。

(2)在一定局部区域内,离最佳匹配点越远的点,其 BDM 值越大。

基于以上规律可推出,图 2(b)中远离黑色“1”号点的 3 个方形“2”号点是局部最佳匹配点的可能性很小。因为若它们其中之一是局部最佳匹配点,则根据规律 2 可得,在第 1 步中离它近的那个“1”号点的 BDM 值应该最小,而不是当前的“1”号点。所以,基本上可以排除远离黑色“1”号点的 3 个方形“2”号点是局部最佳匹配点的可能性,即可以不用搜索 3 个方形“2”号点,即在原 CDHS 算法的第 2 步只需进行如图 3 的搜索。

本文改进的具体算法如下:

第 1 步:搜索中心 3 × 3 区域内十字交叉线上的 5 个点,如图 4 所示,如果最小点就在中心点位置,则停止搜索,否则转至第 2 步。

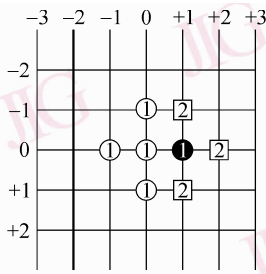


图 3 ECDHS 算法第 2 步
Fig. 3 Second step of ECDHS

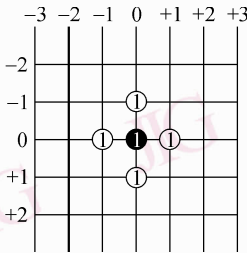


图 4 ECDHS 算法第 1 步
Fig. 4 First step of ECDHS

第 2 步:搜索中心十字的四角上与第 1 步得到的 BDM 最小点相邻的 2 个点以及 $(\pm 2, 0)$ 和 $(0, \pm 2)$ 4 个点中与 BDM 最小点最近的一个点,如图 5 所示。若这一步所得到的 BDM 最小点仍是第 1 步所得到的 BDM 最小点,则停止搜索,否则转至第 3 步。

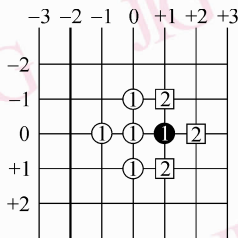


图 5 ECDHS 算法第 2 步
Fig. 5 Second step of ECDHS

第 3 步:分 3 种情况:

(1):如果第 2 步是菱形搜索而且 BDM 最小点是在菱形边上,则以 BDM 最小点为中心再次进行菱形搜索。

(2):如果第 2 步是菱形搜索而且 BDM 最小点是在菱形角上,则以 BDM 最小点为中心进行六角形搜索。

(3):如果第 2 步是六角形搜索,以 BDM 最小点为中心进行六角形搜索。若得到的 BDM 最小点是当前中心点,则转至第 4 步,否则重复第 3 步。

第 4 步:以第 3 步搜索得到的最小点为中心进行一次小的菱形搜索,即和中心点周围的 4 个点比较,即图 6 的 SDSP。

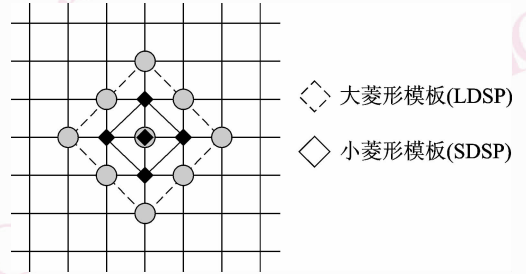


图 6 两种菱形模板

Fig. 6 Two types of diamond pattern

由前面的算法可知,只要 $(0, 0)$ 不是第 1 步中的最佳匹配点,则 ECDHS 要比 CDHS 节省 3 个点。表 1 是 6 个常用视频序列的运动向量分布表,其中每个视频序列有 90 帧图像。

所以 ECDHS 比 CDHS 平均能节省

$$(0.1208 + 0.9629 + 0.4047 + 0.8600 + 0.3462 + 0.6803) \times 3/6 = 1.6875 (\text{点})$$

表 1 运动向量分布表

Tab. 1 Distribution of motion vector

	(0,0)	非(0,0)
Claire	0.8792	0.1208
Flower	0.0371	0.9629
Football	0.5953	0.4047
Miss American	0.1400	0.8600
Salesman	0.6538	0.3462
Table Tennis	0.3197	0.6803

4 实验结果

表 2 和表 3 说明 ECDHS 算法在保持和之前算法相近图像质量的同时,算法速度有了明显地提高。

表 2 平均每宏块搜索点数

Tab. 2 Average search points per block

视频名称	平均搜索点数			
	FS	DS	CDHS	ECDHS
Claire	204.2828	12.4530	5.4332	5.1721
Miss American	204.2828	16.6198	10.3631	8.0074
Salesman	204.2828	12.9906	6.8056	5.8898
Flower	204.2828	17.2319	13.2790	10.6210
Football	204.2828	15.0263	8.9775	7.9594
Table Tennis	204.2828	16.3043	11.4761	9.8027

表 3 平均绝对误差
Tab. 3 Mean absolute error

视频名称	平均 MAD			
	FS	DS	CDHS	ECDHS
Claire	0.445 8	0.445 9	0.446 7	0.446 5
Miss American	0.971 2	0.989 4	0.973 1	0.973 0
Salesman	1.065 2	1.073 6	1.066 7	1.066 9
Flower	4.047 2	4.073 3	4.200 1	4.188 9
Football	2.216 1	2.216 5	2.232 8	2.228 9
Table Tennis	1.745 0	1.748 7	1.774 2	1.763 5

表 4 统计信息说明,ECDHS 算法的搜索速度比 CDHS 算法平均要快 18.72%。

表 4 ECDHS 算法和 CDHS 算法的搜索点数和
相对速度增长比较

Tab. 4 Comparison of search points and search rate
between ECDHS and CDHS

	CDHS	ECDHS	相对速度增长
Claire	5.433 2	5.172 1	1.050 5
Flower	13.279 0	10.621 0	1.250 3
Football	8.977 5	7.959 4	1.127 9
Miss American	10.363 1	8.007 4	1.294 2
Salesman	6.805 6	5.889 8	1.155 5
Table Tennis	11.476 1	9.802 7	1.170 7
合计	56.334 5	47.452 4	1.187 2

5 结 论

基于最佳匹配点的分布规律,对 CDHS 算法进行了有针对性的改进。大量测试结果表明 ECDHS 算法在图像质量上能保持和 CDHS 算法相近甚至更好的结果,在搜索速度上有明显提高,即证明 ECDHS 算法在绝大多数情况下是成立的,而陷入局部最小的情况对于搜索结果来说,可以忽略不计。

参考文献 (References)

- 1 Koga T, Iinuma K, Hirano A, *et al.* Motion compensated interframe coding for video conferencing [A]. In: Proceedings of National Telecommunications Conference [C], New Orleans, LA, USA, 1981: G5.3.1-G5.3.5.
- 2 Jain J, Jain A. Displacement measurement and its application in interframe image coding [J]. IEEE Transactions on Communication, 1981, **29**(12): 1799-1808.
- 3 Li R, Zeng B, Liou M L. A new three-step search algorithm for block motion estimation [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1994, **4**(4): 438-442.
- 4 Po L M, Ma W C. A novel four-step algorithm for fast block motion estimation [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1996, **6**(6): 313-317.
- 5 Zhu S, Ma K K. A new diamond search algorithm for fast block-matching motion estimation [A]. In: Proceedings of International Conference on Information, Communications and Signal (ICICS) [C], Beijing China, 1997, **1**: 292-296.
- 6 Tham J Y, Ranganath S, Ranganath M, *et al.* A novel unrestricted center-biased diamond search algorithm for block motion estimation [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1998, **8**(4): 369-377.
- 7 Zhu S, Ma K K. A new diamond search algorithm for fast block-matching motion estimation [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2000, **9**(2): 287-290.
- 8 Zhu C, Lin X, Chau L P, *et al.* A novel hexagon-based search algorithm for fast block motion estimation [A]. In: Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing [C], Salt Lake City, UT, USA, 2001, **3**: 1593-1596.
- 9 Zhu C, Lin X, Chau L P. Hexagon-based search pattern for fast block motion estimation [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2002, **12**(5): 349-355.
- 10 Cheung C H, Po L M. A novel cross-diamond search algorithm for fast block motion estimation [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2002, **12**(12): 1168-1177.
- 11 Zhu C, Lin X, Chau L P, *et al.* Enhanced hexagonal search for fast block motion estimation [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2004, **14**(10): 1210-1214.
- 12 Cheung C H, Po L M. Novel cross-diamond-hexagonal search algorithms for fast block motion estimation [J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2005, **7**(1): 16-22.