

一种 H.264/AVC 中的快速运动估计算法

段青青, 宋学瑞

(中南大学信息科学与工程学院, 长沙 410083)

摘要: 在UMHexagonS算法的基础上, 最新的H.264/AVC视频编码采用一种简单、有效的混合快速运动估计算法。该文介绍一种新的快速搜索算法, 初步研究和分析其综合性能的优越性, 并提出改进策略, 如增加终止搜索的判定、进一步划分运动类型、采用自适应的方向性搜索模板。实验结果表明, 改进的策略能减少“简化UMHexagonS算法”8%~30%的搜索时间, 而码率和率失真性能的变化可以忽略不计, 对一些特殊序列, 率失真性能略优于“简化UMHexagonS算法”。

关键词: H.264 标准; 快速运动估计; 简化UMHexagonS算法; 方向性搜索模板

Fast Motion Estimation Algorithm in H.264/AVC

DUAN Qing-qing, SONG Xue-rui

(College of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083)

【Abstract】 The latest video coding standard proposes a simple yet efficient hybrid FME scheme based on the existing UMHexagonS scheme. This paper introduces this new fast search algorithm. Some improved schemes are proposed based on the study and analysis of the advantages of simplified UMHexagonS algorithm, such as introduces more early terminate criterions, further division to the motion type, adopts directional search patterns for different blocktype adaptively, etc. Experimental results show that the improved strategies can reduce about 8%~10% of motion estimation time, while the R-D performance and bit rate are almost the same as simplified UMHexagonS algorithm.

【Key words】 H.264; fast motion estimation; simplified UMHexagonS; directional search pattern

1 概述

运动估计是视频压缩编码的关键部分, 能有效地去除序列图像的帧间冗余。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(BMA), 匹配的准则是块的失真度。

近年来, 典型的基于块匹配的快速运动估计算法主要有: 三步搜索法(TSS), 基于块的梯度下降搜索法(BBGDS), 四步搜索法(FSS), 六边形搜索法 HEXBS(Hexagon-Based Search)等。这些算法主要采用具有不同步骤和搜索模板的搜索策略, 以达到较小的计算复杂度, 在相对小的搜索范围和图像尺寸时, 这些算法可以达到比较好的效果, 但在处理某些大尺寸图像和较大的搜索范围时, 很容易落入局部最小点, 影响编码的效果。

H.264/AVC 是 ITU-T 和 MPEG 联合制定的最新的视频编码标准, 它采用 UMHexagonS 算法作为整像素的快速运动估计算法, 该算法较好地解决了局部最小点等问题, 在保持较好率失真性能的前提下, 运算量也十分低。但为了保证较高的率失真性能, UMHexagonS 采用不同搜索模板和一些局部全搜索, 尽管也采用了早期终止机制, 它在速度方面的提高是非常有限的。

为了进一步降低编码时间、提高率失真性能, 目前 JVT 参考软件在 UMHexagonS 算法的基础上提出改进和简化策略。实验结果表明, 改进和简化的 UMHexagonS 算法(以下简称 SUMHexagonS)相对于 UMHexagonS 算法, 可以平均减少 55%左右的运动估计时间, 同时其具有较低的码率和运算复杂度。

2 UMHexagonS 算法

目前H.264/AVC正式采用的UMHexagonS算法的运算量相对于快速搜索算法可减少 90%以上^[1], 而且在这种低运算量下, 率失真性能明显优于其他快速算法, 能较好地满足低码率和实时性要求。

但 UMHexagonS 算法利用了空间域、时间域和上层块的 MV 和 SAD, 这些预测矢量的存储占用了大量内存资源。这对于应用到内存有限的硬件资源上是不理想的。而且也未充分使用这些预测集, 一些高准确率预测矢量可以作为搜索的目标矢量, 而无须进行任何搜索, 但按 UMHexagonS 的“早停止”判断, 其仍需继续搜索, 这不但增加了搜索时间, 有时甚至降低了匹配度, 因此, “早停止”门限值须进一步完善。UMHexagonS 算法使用了小六边形和小菱形模板来确定局部最优点, 所以, 可以减少其中 25 点的局部全搜索, 以提高速度。

3 “简化 UMHexagonS 算法”的介绍

JVT 提出了一种改进和简化的快速运动估计方案。在 SUMHexagonS^[2], 具体操作如下:

(1) 在对预测矢量进行搜索后, 增加了直接停止搜索的判断, 省去了局部的全搜索, 降低了搜索点数。

(2) 利用非常简单的早期终止技术。早期终止门限值的计

作者简介: 段青青(1984 -), 女, 硕士研究生, 主研方向: 视频压缩编码, 大规模集成电路; 宋学瑞, 副教授

收稿日期: 2007-10-28 **E-mail:** qingjin-163397@163.com

精度。

(5)在SUMHexagonS算法中,对中运动类型的精确定位方法沿用了UMHexagonS 中的方法,搜索中一直采用固定的六边形模板。本文采用不同搜索模式采用^[4]的方向性搜索模板,能自适应地对宏块或亚宏块进行搜索,加快搜索速度。具体的搜索模板分类如下:

1)在 16×16, 8×8 搜索时,采用方向性均匀六边形模板 Hexagon,如图 2(a)所示。

2)在 16×8, 8×4 搜索时,采用方向性水平六边形模板 HHexagon,如图 2(b)所示。

3)在 8×16, 4×8 搜索时,采用方向性垂直六边形模板 VHexagon,如图 2(c)所示。

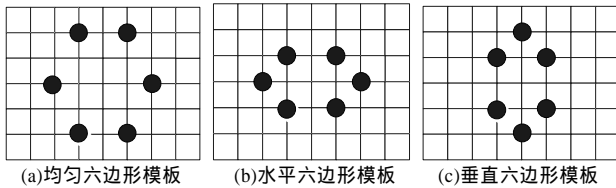


图 2 3 种六边形搜索模板

在 4×4 搜索时,直接进入步骤 5 进行 SDSP 搜索。

HHexagon 对水平运动显著的图像序列有着良好的搜索精度和速度,与之对应,VHexagon 对垂直运动的序列有着最优的性能。

5 实验结果与分析

为了验证算法改进的有效性,采用了 JVT 的参考软件 JM9.6 作为实验平台,并进行了大量的实验。

实验采用不同运动类型的标准视频序列:

- (1)剧烈运动序列: bus_cif, coastguard_qcif;
- (2)中运动序列: Froeman_cif, mobile_cif;
- (3)小运动序列: slient_qcif, mother_cif。

编码控制参数如表 1 所示。

表 1 仿真 JM 的编码控制参数

Name	Value	Name	Value
ProfileIDC	66	LevelIDC	30
UseHadamard	ON	SearchRange	32
NumberReferenceFrames	3	SymbolMode	CAVLC
RDOptimization	1	FramesToBeEncoded	30
FrameRate	30	FrameSkip	0
QP	28	GOP structure	IPPP

笔者分别利用上述两种算法对不同视频序列的前 30 帧进行编码比较。表 2 给出了视频编码耗时和运动估计耗时的比较。不难看出,改进的算法能有效地降低运动估计时间和编码时间,尤其对于剧烈运动的序列效果更为明显,可减少 30% 以上的搜索时间。表 3 给出了两种算法编码的平均比特率比较。可以看出,由于快速算法预测精度有细微的降低,因此视频编码后的比特数一般都会增加,即快速的运动估计算法通常以提高码率为代价来大幅度地提高搜索速度的。但本文的改进算法进行编码时,产生的比特率变化很小,在实际视频编码、传输中,其是基本不会造成影响的。表 4 给出了使用两种算法后的平均峰值信噪比的比较。可以看出,采用改进的算法,PSNR 的变化可以忽略不计,甚至对于一些方向性运动比较强的序列,PSNR 有一定程度的增加。这说明,改进的算法能较好地保持原算法失真性能,对图像质量影响很小。

表 2 编码 30 帧图像的编码耗时和运动估计耗时比较

测试序列	Improved SUMHS		SUMHS		耗时比例	
	编码时间/s	运动估计时间/s	编码时间/s	运动估计时间/s	编码/(%)	运动估计/(%)
Silent_qcif	70.765	2.329	72.455	2.558	-2.33	-8.95
Mother_cif	203.126	8.563	212.017	9.418	-4.20	-9.07
Foreman_cif	250.111	12.634	256.657	14.133	-2.33	-10.61
Mobile_cif	441.456	11.005	472.724	17.598	-6.15	-37.46
coastguard_qcif	79.136	3.056	82.419	3.759	-3.98	-18.70
Flower	397.551	11.678	415.332	16.905	-4.28	-30.92

表 3 图像帧间编码的平均比特率比较

测试序列	Improved SUMHS/(Kb·s ⁻¹)	SUMHS/(Kb·s ⁻¹)	耗时比例/(%)
Silent_qcif	114.32	113.92	+0.350
Mother_cif	150.54	150.59	-0.027
Foreman_cif	462.10	460.19	-0.020
Mobile_cif	1 925.69	1 920.40	+0.275
coastguard_qcif	232.90	232.37	+0.228
Flower	1 681.12	1 681.11	0.000

表 4 图像亮度分量的平均峰值信噪比比较

测试序列	PSNR/dB	Improved SUMHS/(Kb·s ⁻¹)	SUMHS/(Kb·s ⁻¹)	耗时比例/(%)
Silent_qcif	Y	36.15	36.15	0.000 0
	U	39.05	39.06	-0.025 0
	V	40.04	40.07	-0.074 0
Mother_cif	Y	39.35	39.34	+0.025 0
	U	43.47	43.47	0.000 0
	V	44.48	44.47	+0.022 0
Foreman_cif	Y	36.98	36.98	0.000 0
	U	40.87	40.87	0.000 0
	V	43.78	43.78	0.000 0
Mobile_cif	Y	34.30	34.30	0.000 0
	U	36.51	36.51	0.000 0
	V	36.30	36.29	+0.028 0
coastguard_qcif	Y	34.18	34.18	0.000 0
	U	44.17	44.18	-0.022 6
	V	44.97	44.99	-0.044 0
flower	Y	35.31	35.32	-0.028 0
	U	37.26	37.27	-0.027 0
	V	38.36	38.37	-0.026 0

6 结束语

本文对 H.264 近期所采用的“简化 SUMHexagonS 算法”进行了研究和分析,提出了改进方法。改进算法充分考虑视频序列时域和空域的相关性,利用可靠的预测技术和早期停止判断标准,加快对静止或准静止块的搜索,大大减少了不必要的搜索点数。同时,该算法根据运动矢量分布的方向性,使用具有方向性的六边形搜索模型进行搜索,加快了精细搜索速度。

参考文献

- [1] Chen Zhibo, Zhou Peng, He Yun. Fast Integer and Fractional Pel Motion Estimation for JVT[C]//Proc. of the 6th JVT-F017 Conference. Awaji, Japan: [s. n.], 2002.
- [2] Yi Xiaoquan, Zhang Jun. Improved and Simplified Fast Motion Estimation for JM[C]//Proc. of the 16th Conference on ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG. Poznan, Poland: [s. n.], 2005.
- [3] Tourapis1 A M, Oscar C. Predictive Motion Vector Field Adaptive Search Technique——Enhancing Block Based Motion Estimation Visual Communications and Image Processing[C]//Proc. of 2001 Visual Communications and Image Processing Conference. San Jose, CA: [s. n.], 2001.
- [4] Cheung C H. Novel Cross-diamond-hexagonal Search Algorithms for Fast Block Motion Estimation[J]. IEEE Transaction on Multimedia, 2005, 7(1): 16-22.