第25卷第3期 咸宁学院学报 Vol. 25, No. 3
2005年6月 Journal of Xianning College Jun. 2005

文章编号:1006-5342(2005)03-0096-03

运动估计算法及其DSP优化*

尹黎明[1],王 玲[2]

(1. 咸宁学院 计算机系,湖北 咸宁 437005;
2. 广西民族学院 网络与信息管理中心,广西 南宁 530006)

摘 要:介绍了运动图像编码过程中运动估计算法的基本原理,以及TI最新的数字媒体处理器TMS320DM642的片内存储器和EDMA结构,从提高存储器访问效率的角度,给出了运动估计算法的一个优化方案,并对Cache一致性问题进行了探讨.

关键词:运动估计;优化;DM642;CACHE;EDMA

中图分类号:TP37 **文献标识码**:A

0 引言

随着硬件性能的不断提升,在嵌入式系统中实现全实时的运动图像编码和解码已经成为现实.对于某些最新的DSP来说,其处理能力不仅可以满足更高质量图像的实时编码,也可以满足多路运动图像的实时编码.在这些高性能硬件的支持下,如果同时采用高效率的软件算法,将会使得系统的表现更为出色;或者在原有硬件的条件下,仅通过改进算法,使得系统获得更优的输出.

运动估计是运动图像编码的重要内容,它通过去除图像序列之间的时间冗余从而达到压缩的目的,其本质是在一定范围内搜索参考图像,获得与当前块最接近的参考块,从而只需保存它们之间的差值.由于相邻图像之间的高相关性,这个差值的能量一般都是非常低的,因此可以达到压缩的目的[1].由于搜索是在一定的范围内进行,且图像的每块都要进行这样的搜索,因此,运动估计是运动图像编码过程中最耗时的部分之一.

TMS320C6000系列DSP是TI公司开发的高性能DSP,特别是以C64x为核心的DM64x数字媒体处理器,其强大的处理能力和通道传送能力非常适合运动图像的编解码.

1 运动估计算法

1.1 块匹配

物体的运动可能包括平移、旋转、扭曲等.完整地描述物体的运动非常复杂,因此,目前主流的视频编码标准中,均简化物体运动的表示,即假设物体运动仅由平移运动构成,且采用8×8或16×16的块进行运动估计和补偿,也就是在参考图像中搜索一个和当前块最匹配的参考块.通过记录参考块与当前块的偏移,以及它们之间的残差,来达到避免直接保存当前块的目的.由于相邻图像之间的高相关性,残差的能量一般很低,因此可以实现图像的压缩存储.在搜索最匹配的块时,考虑到计算的复杂程度等因素,匹配程度一般用平均平方误差(MSE)或绝对误差和(SAE / SAD)来表示.图1是一个3×3的当前块,和一个5×5的参考区域在进行块匹配的过程示例.

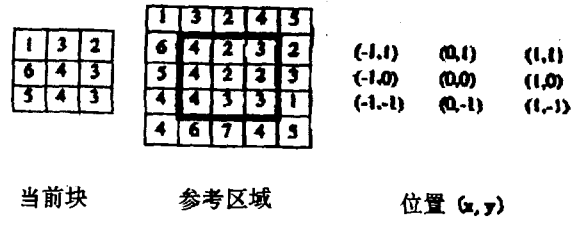

图1 块匹配示意图

因此,当前块和参考图像中的相同位置的块,即位置(0,0)处的块的MSE为:

$\{(1-4)^2+(3-2)^2+(2-3)^2+(6-4)^2+(4-2)^2+(3-2)^2+(5-4)^2+(4-3)^2+(3-$

* 收稿日期:2005-04-25

$3)^2\} / 9 = 2.44$

1.2　全搜索(FS)

从理论上讲，为了确定当前块在参考图像中的最佳匹配块，应该把当前块和参考图像中的每一个块进行比较. 但是，由于和当前块相匹配的参考块一般出现在临近位置，所以在全搜索过程中，可以通过引入一个搜索窗来限定搜索的范围，从而在一定程度上提高搜索的速度. 全搜索的优点是简单，但是其巨大的运算量，使得即使在使用了搜索窗限定搜索范围后，该搜索算法依然不具备实用价值.

1.3　菱形搜索(DS)

菱形搜索是一种非矩形搜索模式. 为了确定当前块在参考图像中的最佳匹配位置，该算法定义了两个菱形位置. 大菱形包括以当前位置为中心的周围 8 个点，小菱形包括周围的 4 个点. 如图 2 所示，其搜索过程为：

(1) 搜索原点和大菱形的 8 个点，如果最匹配的块在原点，则执行(2)，否则，以最匹配块为新原点，重复(1).

(2) 搜索原点周围的小菱形的 4 个点，找出其中的最匹配块作为结果，搜索结束.

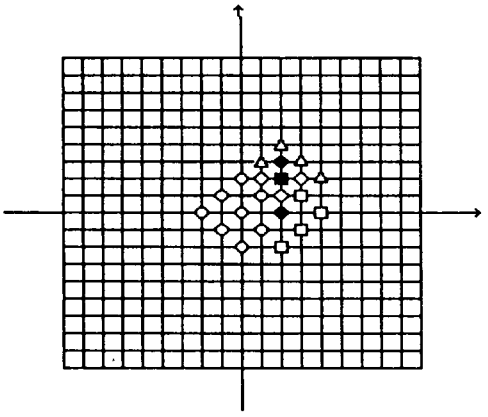

图 2　菱形搜索示意图

可见，菱形搜索算法简单清晰，而且效率较高.

2　运动估计算法的 DSP 优化

2.1　DM642 的 Cache 与 EDMA 结构[2]

DM642 的片内 RAM 采用 2 级高速缓存结构，分别为 L1P、L1D、L2. L1 只能作为高速缓存被 CPU 访问，L2 共 256KB，可以按一定比例配置为 L2 Cache 和 SRAM.

EDMA 负责片内 L2 存储器与其他外设之间的数据传输，共有 64 个独立通道，分为 4 个优先队列. 由于支持一维和二维数据传输，DM642 的 EDMA 非常有利于在片外存储器和片内存储器之间搬运图像数据，同时 CPU 可以执行自己的任务.

DM642 还支持 QDMA 的数据传输方式，该方式与 EDMA 类似，但是传输效率更高. QDMA 的第一个申请一般在 5 个周期后就可以发出，后续申请的发出最快只需要 1 个周期. 因此，QDMA 特别适合于需要快速传递数据的应用场合，如紧耦合的循环代码中的数据搬移任务.

2.2　存储器访问优化

搜索过程涉及大量数据的访问和计算，如果不进行合理优化，那么即使在 TI 最新的 DSP DM642 上，都不能实现运动图像的实时编码. 我们可以通过指令优化、合理安排流水线、优化存储器访问等方式来提高搜索速度，限于篇幅，本文主要讨论存储器访问优化. 存储器访问的优化主要是利用 CPU 可以高速访问片内 SRAM 这一特点，通过把对片外存储器的访问改造为对片内存储器的访问，从而提高搜索速度.

在进行块匹配的搜索时，当前块和参考区域的数据处于片外存储器. 为了确保计算块匹配程度(如 SAD)时当前块和参考块也处于片内，我们在片内开辟了一个保存当前块和参考图像的双缓冲. 当正在搜索当前块时，通过启动 DM642 的 EDMA / QDMA 通道传送下一块搜索所需的数据，使得数据的传输和计算充分并行[3].

为了减轻 EDMA 通道的压力，应尽量减少数据在片内和片外交换的次数. 由于图像的编码包括运动估计、变换、量化、编码等几个部分，所以我们先把一块数据从片外调入片内，在依次完成上述各阶段的计算，得到编码的结果后，再通过 EDMA / QDMA 传送到片外.

2.3　EDMA 传输时的一致性问题

由于 L2 Cache 采用回写方式，因此 L2 Cache 与片外存储器并不总是一致. 当采用 EDMA / QDMA 进行数据传输时，必须仔细维护它们之间的一致性. 以下为几种不一致情况的分析：

(1)当新数据处于 L2，而 DMA 正好要传输它对应的片外存储器的内容时，这时就发生 DMA 读

到旧数据的情况；

(2)当DMA已经更新了片外存储器的内容，而该内容以前曾经被缓存到片内，并且到目前仍标记为有效，则当CPU访问该片外存储器时，会误把以前的旧数据当作新数据使用，即CPU读到旧数据；

(3)当片外存储器的内容被缓存，其新数据还处于片内缓存，而此时片外存储器内容又通过DMA被更新，则在片内缓存被写到片外时，片外存储器的内容将会丢失掉DMA的更新.

以上几种情况表明，在使用EDMA传输片外数据时，如果该数据同时处于被缓存的地址段，则应该避免数据不一致的情况发生.

3 小结

本文对运动图像编码过程中的运动估计算法进行简要介绍，在分析了DM642的片内存储器和EDMA结构的基础上，给出了一个基于双缓冲的运动搜索与数据传输并行化的优化方案，实验表明该方案可在很大程度上提高系统的编码效率.

参考文献：

[1]Iain Richardson. Video Codec Design: Developing Image and Video Compression Systems [M]. Chichester: John Wiley & Sons, 2002.

[2] 李方慧等. TMS320C6000系列DSPs原理与应用[M]. 第2版. 北京：电子工业出版社，2003.

Motion Estimation and Its Optimization on DSP

YIN Li-ming[1], WANG Ling[2]

(1. Department of Computer, Xianning College, Xianning 437005, China;
2. NIMC, Guangxi University for Nationalities, Nanning 530006, China)

Abstract: Principal of Motion Estimation in motion picture coding as well as the on-chip memory and EDMA architecture of the newest media processor TMS320DM642 from TI are discussed. A method of optimization to improve the efficiency of memory access is proposed, and the issue of CACHE coherency is discussed.

Key words: Motion Estimation; Optimization; DM642; CACHE; EDMA