

# H.264 中运动估计算法优化及其在 DM642 上的实现

杜鲜艳, 韩晓军

(天津工业大学 信息与通信工程学院, 天津 300160)

**摘要:** 针对 H.264 标准的多模式运动估计和运动补偿算法编码模式复杂、计算量大的不足, 通过对 H.264 参考模型 JM 中运动估计算法的分析, 对算法进行了优化, 利用 DM642 嵌入式系统的硬件特点, 在存储器系统上实现其优化. 实验结果表明: 与参考模型 JM 的运行估计算法相比, 提出的优化方法有效地降低了整个编码器的运行时间, 在恢复质量(用峰值信噪比表征)平均下降 0.05 dB、码速率增加不超过 1.4%的前提下, 编码速率提高 35%~45%, 表明了该算法在编码速度方面有明显的提高.

**关键词:** H.264; 块匹配; DM642; 运动估计优化

**中图分类号:** TP391

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-024X(2010)01-0085-04

## Optimization of H.264 motion estimation based on DM642

DU Xian-yan, HAN Xiao-jun

(School of Information and Communication Engineering, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China)

**Abstract:** The multi-mode motion estimation algorithm and motion compensation algorithm of H.264 standard have the problems of complicated coding mode and large quantity of calculation. Combining DM642 embedded system hardware characteristics, through analyzing motion estimation algorithm from H.264's reference model JM, the algorithm and memory system are optimized. The experiment results show that comparing with reference model JM, the algorithm optimizes the H.264 encoder and decreases the encoding time efficiently. Moreover, on the premise that peak-value of signal to noise ratio(PSNR) just drop 0.05 dB and code speed just increase 1.4%, encoding rate increases 35%~45%. It means that this algorithm increases coding speed with little quality fall of the reconstructed image.

**Key words:** H.264; block-matching; DM642; motion estimation optimization

由 ITU-T 视频专家组(VCEG)和 ISO/IEC 运动图像专家组(MPEG)联合制定的 H.264/AVC<sup>[1]</sup> 视频编码标准, 着重于解决压缩的高效率和传输的高可靠性. 它采用多参考帧、双向预测、1/4 像素精度的运动补偿、多种块模式搜索和率失真优化技术, 使得编码质量和压缩比与原有的视频编码标准相比都有了明显的提高. 在 H.264 中, 多参考帧、小数像素估计及多模式运动矢量的使用, 使编码的图像质量大大提高, 但代价是高精度、大耗时的运动估计. 对 H.264 编码器各个算法模块进行分析可以看出, 运动估计模块的计算量占整个编码器运算量 80% 以上. 要想提高编码速度, 提高运动估计部分的速度是关键. 对于运动估计模块的快速算法, 国内外已有许多研究成果<sup>[2-3]</sup>. 如 Chan-

bari M<sup>[2]</sup> 提出的小交叉模板 SCSA (small cross search algorithm)、ZHU 和 MA<sup>[3]</sup> 提出的菱形搜索法(DS, diamond search)经过多次改进, 已经成为目前模板快速算法中性能较为优异的算法之一. 本文提出了基于图像分析预测和阈值控制的运动估计算法, 并结合硬件平台 DM642 的存储器优化, 在不降低图像质量和增加码率的基础上, 提高了搜索速度, 以适应视频图像在网络传输中的应用.

## 1 H.264 的运动估计和运动补偿技术

从图像序列中提取出有关物体运动的信息的过程称为运动估计, 其表达方式是运动矢量; 其中前一

收稿日期: 2009-08-31

作者简介: 杜鲜艳(1984—), 女, 硕士研究生.

通讯作者: 韩晓军(1958—), 女, 副教授, 硕士生导师. E-mail: hanxiaojun@tjpu.edu.cn

帧相应的运动目标物体根据运动矢量补偿的过程称为运动补偿.

图 1 所示为运动估计和补偿的原理图.

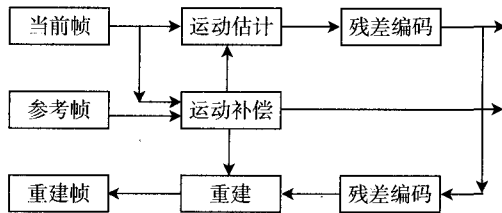


图 1 运动估计和运动补偿原理图

Fig.1 Motion estimation and motion compensation schematic

图 1 中的运动估计模块是根据一定的匹配原则, 从一个或多个参考帧中, 寻找与当前帧最大匹配的帧. 运动补偿则是通过当前帧与参考帧作差而得到的残差, 对残差经过编码和变换并携带一些解码器所需要的信息输出到解码器. 残差经过解码, 与参考帧相加后又重构原图像. 重构的帧被存储下来作为后面预测所需要的参考帧. 目前, 几乎所有的运动补偿算法都是利用块匹配算法, 使当前块与匹配块的 SAD(sum of absolute difference)<sup>[4]</sup>最小.

$$SAD(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |f_k(m, n) - f_{k-1}(m + i, n + j)|$$

式中:  $(i, j)$  为位移矢量;  $f_k$  和  $f_{k-1}$  分别为当前帧和参考帧的像素值;  $M \times N$  为块的大小.

## 2 块匹配准则

在运动估计过程中, 根据一定的匹配准则来得到当前编码块的最佳匹配块. 常用的误差匹配准则函数有平均绝对差(MAD)、均方误差(MSE)、归一化互相关函数(NCCF)和绝对误差和函数(SAD). 块匹配准则就是把图像划分为许多子块, 认为子块内所有像素的位移量是相同的. 对于某一时间  $t$ , 图像帧  $k$  中的某一子块如果在另一时间  $t - t_1$  的帧  $k - 1$  中可以找到若干与其相似的子块, 则称其中最为相似的子块为块匹配, 并认为该块匹配是帧中相对应子块位移的结果, 位移矢量中两帧中相应子块的坐标决定, 其算法原理如图 2 所示.

为提高编码的准确度和减少计算量, H.264 标准采用块匹配大小可变的运动补偿方法来达到这个目的. 该方法在移动一致的区域使用大尺度的匹配块, 在运动边缘区域使用小尺度的匹配块, 其特有的灵活性使得编码效率明显改善.

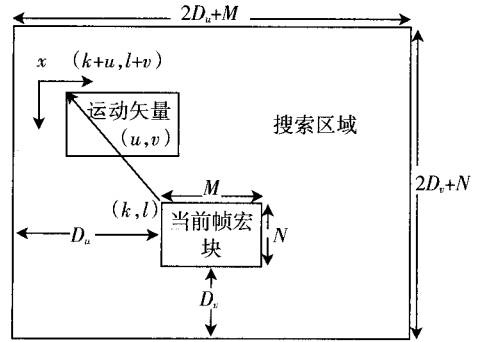


图 2 块匹配算法原理

Fig.2 Block-matching algorithms

## 3 基于 DM642 的运动估计和运动补偿的优化和实现

### 3.1 DM642 EVM 存储器系统

DM642 三层次的存储器系统图如图 3 所示.

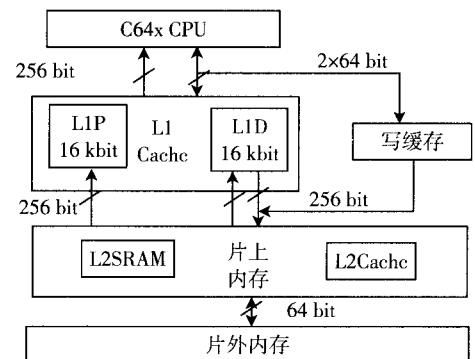


图 3 三级存储器系统

Fig.3 Tertiary storage system

DM642 EVM 的存储系统<sup>[5]</sup>由片内存储和片外存储两部分组成. 其中, 片内内存采用 2 级缓存结构: 第 1 级包括相互独立的 L1P(16 kbit)和 L1D(16 kbit), 只能作为高速缓存使用; 第 2 级 L2(256 kbit)是一个统一的程序/数据空间, 可以整体作为 SRAM 映射到存储空间, 也可以将 Cache 和 SRAM 混合使用. 第 3 级是片外外存, 一般由 SDRAM 构成. L1、L2 和片外 SDRAM 构成了整个存储系统的层次结构. DM642 还提供了 64 个独立通道的 EDMA(enhanced direct memory access)控制器负责片内 L2 存储器与片外外存及其他外设之间的数据传输.

### 3.2 编码器在 DM642 上的优化

#### 3.2.1 算法级优化

根据运动估计算法, 提出了基于图像分析预测和阈值控制的运动估计算法. 其主要流程是通过对图像

的块匹配分析,利用周边相邻块对当前块的运动矢量进行预测,并设定自适应阈值.当匹配达到或超过阈值时,停止搜索.这样会大大节约搜索时间,减少搜索计算量.与以往的搜索方法相比较,该方法在搜索窗 32 时,平均每块搜索点数为 3~4,比全搜索算法的速度提高了 1 000 多倍.与新三步法和菱形搜索法等一些经典的搜索方法相比较,其优势也是很明显的.通过对 3 组视频序列的分析处理,新算法在保持视频质量的前提下,明显地提高了编码速度,PSNR 损失小于 0.05 dB,码率增大 1.4%.这对于运动估计算法基本可以忽略不计.

### 3.2.2 存储器级优化的实现

在存储器级优化中,通过直接调用 DAT 相关函数 DAT\_open、DAT\_copypd 等和使用较底层的 EDMA 相关函数,直接对 EDMA 的相关模块进行配置和操作,可优化存储器,提高编码速度.对于 H.264 编码器,待处理数据包括当前图像和若干参考图像.把这些数据都放入片内 RAM 处理很难达到处理的实时性,本文算法中将数据都放在片外,编码时把部分数据用 EDMA 搬到片内,具体方法如下:

(1) 在片内 RAM 开设 4 个缓冲区:src\_bufA、src\_bufB、ref\_bufA、ref\_buf13,用于存放编码宏块和参考窗数据(参考帧中搜索区域内的数据).

(2) 在编码第 1 个宏块之前把编码宏块和参考窗数据分别用 QDMA 从片外 RAM 搬到缓冲区 src\_bufA 和 ref\_bufA 中.

(3) 编码 src\_bufA 中的数据时,启动 QDMA,把下一宏块数据和参考窗数据从片外 RAM 分别搬到缓冲区 src\_bufB 和 ref\_bufB 中.

(4) 编码 src\_bufB 中的数据时,启动 QDMA,把下一宏块数据和参考窗数据从片外 RAM 分别搬到缓冲区 src\_bufA 和 ref\_bufA 中.

(5) 如此循环直到一帧图像编码结束.

## 4 仿真结果

本文使用 PC 上的仿真环境 CCS3.3 对编码器的性能进行测试.选择 C64xx tds510usb Emulator 仿真器,对 3 个典型的标准视频序列“Foreman”(运动剧烈)、“Carphone”(中等运动)、“Claire”(运动较小)进行实验研究,每个序列为 100 帧、QCIF 格式, Y:U:V 比为 4:2:0 模式.对 H.264 参考模型 JM 进行修改并与 JM 进行比较,给出相应的实验结果,如表 1、图 4~图 6 所示.

表 1 编码器优化前后结果比较

Tab.1 Encoder results between before and after optimization

函数名	时钟周期数		速度提高 /%
	优化前	优化后	
Pixel_avg	4 233	490	92
h.264_pixel_sad_16*16	2 568	75	97
h.264_pixel_sad_16*8	1 288	44	97
h.264_pixel_sad_8*16	1 416	44	95
h.264_pixel_sad_8*8	712	34	56
Mc_hh	12 345	5 355	62
Mc_hv	13 368	5 376	60
Mc_hc	29 897	8 902	71
Mc_luma	3 221	607	82
Mc_chroma	1 407	690	51
main	1.82E+09	64 385 869	65

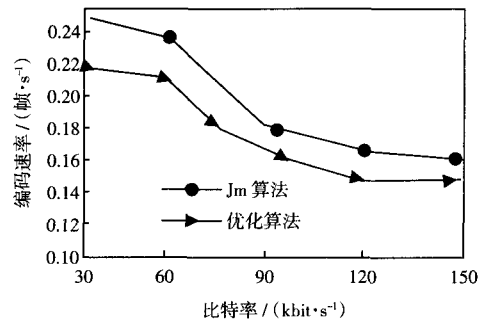


图 4 Foreman 序列

Fig.4 Foreman sequence

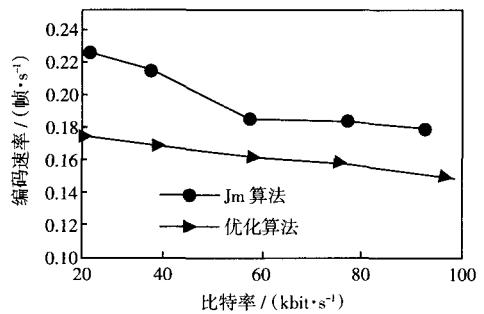


图 5 Carphone 序列

Fig.5 Carphone sequence

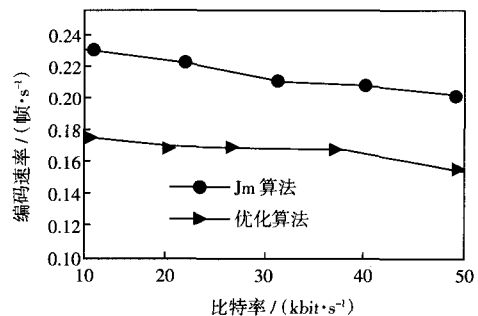


图 6 Claire 序列

Fig.6 Claire sequence

根据实验结果可以看出, 经过一系列优化以后, 函数运行的时钟周期数大大减小, 运动搜索时使用的 SAD 函数甚至仅仅为优化前的 3% 左右, 内插函数和运动补偿函数也为优化前的 20%~40%. 主函数的性能明显提高, 仅占优化前时钟周期数的 35%. 优化算法可以在 PSNR 降低小于 0.05 dB、比特率增加不超过 1.4% 的前提下, 整体编码速率提高 35%~45%, 对于运动较小的序列, 该方法的效果尤其显著.

## 5 结束语

本文针对 H.264 编码中运动估计和运动补偿的复杂计算, 通过对算法和存储器的优化提高了编码速率, 并将该优化方法应用到视频的编码中, 实验结果表明与现有的优化方法比较, 本文的方法在保持图像质量的前提下, 有效地降低了算法的运算复杂度, 大大提高了 H.264 编码的速率.

## 参考文献:

- [1] Joint Video Team of ITU-Tand150/IECJTCl, Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification[S/OL]. [2004-03-20].<http://www.itu.int/home/index.html>.
- [2] GHANBARI M. The cross-search algorithm for motion estimation[J]. IEEE Trans Communication, 1990, 38(7):950-953.
- [3] ZHU Shan, MA Kai-Kuang. A new diamond search algorithm for fast block matching motion estimation [J]. IEEE Trans on Image Processing, 2000, 9(2):287-290.
- [4] WIEGAND Thomas, SULLIVAN Gary J, JON Tegaard Gisle B. Overview of the H. 264 /AVC video coding standard [J]. IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Tech, 2003, 13 (7):560-576.
- [5] 李方慧, 王 飞. TMS320C6000 系列 DSPs 原理与应用[M]. 北京:电子工业出版社, 2005.

### · 科研鉴定 ·

## “混沌神经网络理论及在图像识别中的应用研究”项目 通过天津市教委验收

由我校信息与通信工程学院修春波副教授等人承担的天津市高等学校科技发展基金项目“混沌神经网络理论及在图像识别中的应用研究”于 2009 年 10 月 26 日通过天津市教委组织的专家验收.

该项目对混沌理论、混沌神经网络理论展开了深入的研究和探索. 研究了混沌在智能信息处理中的应用, 提出并行混沌优化算法, 结合种群优化算法的思想, 克服了串行混沌优化算法对复杂问题求解时寻优效率不高的缺点, 有效地解决了函数优化、组合优化等问题; 提出了多种复合优化算法, 克服了现有单一优化算法的缺点, 提高了算法寻优效率和巡游性能; 提出了一种同时具有迟滞和混沌两种复杂非线性特性的神经网络模型——迟滞混沌神经网络, 在迟滞系统建模、函数优化计算、组合优化计算以及图像的联想记忆和图像特征点匹配等方面取得了良好的应用效果; 提出了一种基于混沌算子的网络模型, 在时间序列的预测中取得了成功的应用, 并具体地对金融时间序列、电力系统负荷时间序列以及水文时间序列等多种复杂非线性系统进行了有效地分析和预测, 得到了满意的应用效果.

(科技处 郭建辉)