

# 基于 DSP 的 H.264 运动估计算法研究\*

郭明松,张丽晖,周劲蕾,蔺吉虹,陈芬

(宁波大学 信息科学与工程学院,浙江 宁波 315211)

**摘要:** 采用基于 TI 公司高性能 Davinci 系列 TMS320DM6437 处理器的 SEED-DEC6437 EVM 板作为主要硬件平台,在 DSP 开发环境 CCS3.3 中采用 C 语言和汇编语言混合编程实现运动估计算法的 DSP 移植,并加入人机接口,使用 DSP/BIOS 调度多个任务,从而实现了从软件平台到硬件平台的移植,成功搭建了一个基于运动估计算法的 DSP 应用系统。研究表明,使用 DSP 平台可以使得运动估计算法的实时性更好。

**关键词:** H.264; 运动估计算法; 数字信号处理器; TMS320DM6437

中图分类号: TP399

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)03-0042-03

## Research on H.264 motion estimation algorithm based on DSP

Guo Mingsong, Zhang Lihui, Zhou Jinglei, Lin Jihong, Chen Fen

(College of Information Science and Engineering, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

**Abstract:** The paper uses SEED-DEC6437 EVM of TI's high-performance Davinci series TMS320DM6437 processor as the main hardware platform. The motion estimation algorithm is transplanted by mixing C language and assembly language programming in DSP development environment CCS3.3. It joins the man-machine interface, and uses DSP/BIOS to schedule several tasks. It accomplishes the transplant from software platform to hardware platform, and builds DSP application system based on motion estimation algorithm successfully. The result shows that using DSP platform can make the real-time of the motion estimation algorithm much better.

**Key words:** H.264; motion estimation algorithm; digital signal processor; TMS320DM6437

随着信息技术的发展,21 世纪被形象地称为信息时代、数字时代、多媒体时代。多媒体信息主要包括文字、声音、图像、图形和视频等内容,其中,视频又是多媒体信息中最重要的组成部分。无论是存储还是传输,数字视频都必须经过极大的压缩才具有实际意义,这就使得视频压缩技术成为多媒体技术的关键所在。目前最优秀的视频编码标准是 H.264,但是它的优异性能是以巨大的运算量为代价的,这其中运动估计就占了 70%,因此,对运动估计算法的研究具有很大的实用价值。

运动估计是视频编码中的一项核心技术,能有效去除序列图像的帧间冗余从而实现高效编码。它利用在同一场景中相邻两幅图像具有的时域相关性,在参考帧

中搜索当前块的最佳匹配块并计算两块的相对位移量,即运动矢量。当前有很多经典的运动估计算法,如全搜索算法、三步搜索算法 3SS(Three Step Search)、菱形搜索算法 DS(Diamond Search)和六边形搜索算法 HEXBS(Hexa-gon Based Search)等。本文主要研究三步搜索算法在 DSP 平台上的移植,并加入人机接口,设计一个基于运动估计算法的 DSP 应用系统。

基于 DSP 实现该算法有以下优势:(1) 用户开发自由度更大,支持多种个性化开发,可以满足市场不断提出的新的要求,在第一时间提升产品性能,增强产品的竞争能力;(2) DSP 处理能力强,可以在一个 DSP 上同时实现多路音视频信号的压缩处理,还可提供很多视频专用功能,如视频滤波、高分辨显示输出和 OSD 等;(3) 外围接口丰富,开发周期短,可实现快速技术更新和产品换代;(4) 芯片功耗低,为提高产品的稳定性提供可靠保障。

\* 基金项目: 2012 年宁波大学大学生科技创新(SRIP)项目;宁波市 IT 产业应用型专业人才培养基地建设项目(Jd100514);2010 年宁波大学重点教研项目(“双证书”人才培养模式下 DSP 技术课程群的教学改革);“创新型服务型电子信息”宁波市服务型重点建设专业(Sfwxzdzy200903);“电子信息科学与技术”浙江省/宁波市重点建设专业

## 1 基于运动估计算法的 DSP 应用系统总体设计

本文用 SEED-DEC6437 开发板、摄像头和液晶显示器等搭建了硬件平台,在其上实现对采集的实时视频的相邻两帧进行运动估计,在参考帧中找到最佳匹配块并计算出相应的运动矢量,同时加入人机接口,通过用户按键,灵活地切换到不同的工作模式。系统流程图如图 1 所示。

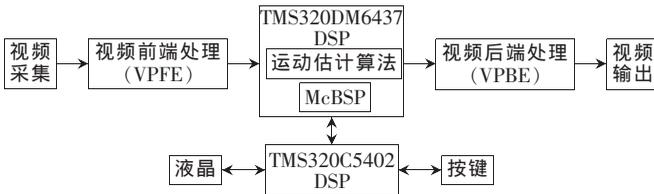


图 1 基于运动估计算法的 DSP 应用系统整体流程图

整个系统的数据流程为:首先从 CCD 摄像头采集 PAL 制式模拟视频信号,通过视频解码芯片 TVP5150 将模拟信号解码成 YCbCr422 格式的数字图像信号<sup>[1]</sup>,并通过数据总线将数据存储至 DDR2, TMS320DM6437 通过访问 DDR2 进行视频数据的相应处理。在本系统中,数据处理过程主要在于实现运动估计算法,通过 CCS3.3 软件中的 Watch Window 查看计算出的运动矢量。

## 2 基于 SEED-DEC6437 视频回路设计

在进行运动估计之前,首先要在 SEED-DEC6437 开发板上搭建视频回路,该回路包括视频输入模块、算法处理模块和视频输出模块 3 部分。SEED-DEC6437 开发板上的 TMS320DM6437 处理器中集成的视频处理子系统 (VPSS) 包含视频处理前端 (VPFE)<sup>[2]</sup>和视频处理后端 (VPBE)<sup>[3]</sup>。VPFE 用于视频输入,可以连接 PAL 标准模拟视频输入信号,也可以连接数字视频输入信号。

### 2.1 系统的视频输入模块设计

系统视频输入是利用解码芯片 TVP5150 将模拟信号解码成 YCbCr422 格式的数字图像信号,再送入 TMS320DM6437 进行相应的图像处理。TVP5150 是一款高性能的视频解码芯片,可以将 PAL 制式的视频信号或 NTSC 制式的视频信号转换成 YCbCr422 格式的数字信号。TMS320DM6437 与 TVP5150 的连接框图如图 2 所示,在 SEED-DEC6437 开发板上接一路复合视频输入。

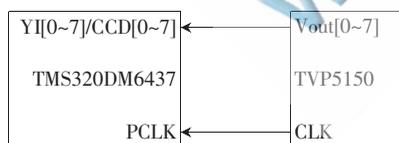


图 2 TVP5150 与 TMS320DM6437 链接示意图

TVP5150 实时输出的视频图像数据为符合 ITU-R BT.656 标准的 YCbCr 4:2:2 数字视频图像数据,其特点是,每个像素点具有自己单独的亮度信息 Y,但是每两个相邻的像素共用同一组色度数据 Cb 和 Cr。

### 2.2 系统的视频输出模块设计

TMS320DM6437 视频输出是利用内置的 VPSS 的视

频输出编码模块 (VENC) 中 4 路 10 bit 的 DAC 输出,实现 CVBS 与 VGA 的输出。其中, CVBS 输出接口使用了其中 1 路 DAC, VGA 输出接口使用了共 3 路的 DAC。本系统在设计过程中主要采用以 composite 复合信号的形式来进行最终实时图像的输出显示。其视频输出连接示意图如图 3 所示。

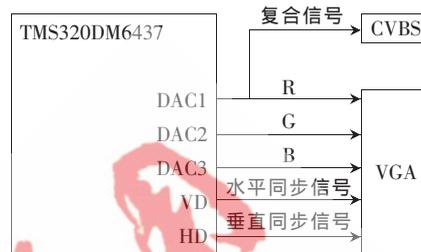


图 3 视频输出示意图

## 3 系统的运动估计算法设计

### 3.1 H.264 编码器框架

图 4 为 H.264 编码器的主体结构。其中,  $F_n$  为当前欲编码的帧,它是以宏块为单位进行编码处理的,每个宏块是以帧内或帧间模式进行编码。 $F_{n-1}$  是指前面已解码的多个参考帧,在帧间模式下,宏块根据参考帧  $F_{n-1}$  进行运动估计 ME (Motion Estimation) 和运动补偿 (Motion Compensation) 得到预测值  $P$ , 预测值与当前帧  $F_n$  得到残差值,再对该残差值进行变换编码  $T$  与量化  $Q$ , 得到变换量化系数;最后经熵编码输出到网络提取层 NAL (Network Abstraction Layer)。 $F'_n$  为经过滤波得到的重构图像,它将被放入参考帧存储器作为下一帧或几帧编码的参考帧之一。其中,运动估计是基础,也是运算量最大的部分。

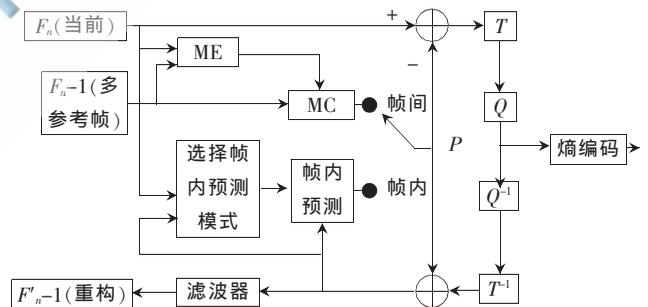


图 4 H.264 编码器流程

### 3.2 运动估计算法的 DSP 移植

运动估计的基本思想是将图像序列的每一帧分成许多互不重叠的宏块,并认为宏块内所有像素的位移量都相同,然后对于当前帧中的每一块的前一帧或后一帧在某一给定搜索范围内,根据一定的匹配准则找出与当前块最相似的块,即匹配块由匹配块与当前块的相对位置计算出运动位移,所得的运动位移即为当前块的运动矢量。

基于块匹配的运动估计可以从块的模式选择、块匹配准则和搜索策略 3 个方面进行研究。

《微型机与应用》2013 年第 32 卷第 3 期

(1)在 H.264 编码标准中,有 7 个块的模式可供选择,分别为  $16 \times 16$ 、 $16 \times 8$ 、 $8 \times 16$ 、 $8 \times 8$ 、 $8 \times 4$ 、 $4 \times 8$ 、 $4 \times 4$ ,本文采用  $8 \times 8$  模式。

(2)运动估计算法中常用的匹配准则有最小绝对差(MAD)、最小均方误差(MSE)和归一化互相关函数(NCCF)3种。在运动估计中,匹配准则对匹配的精度影响不大,由于求和绝对误差 SAD (Sum of Absolute Difference) 准则不需作乘法运算,实现简单、方便,因此使用最多,通常使用 SAD 代替 MAD。SAD 定义为:

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

其中,  $f_k(m, n)$  是当前帧的亮度值,  $f_{k-1}(m+i, n+j)$  为参考帧中相应块的亮度值。

(3)搜索策略是否恰当对运动估计的准确性、运动估计的速度都有很大影响。有关搜索策略的研究主要是解决运动估计中存在的运算复杂度和搜索精度这一矛盾。目前运动估计的搜索方法很多,有全搜索法(FS)、二维对数法(TDL)、三步法(TSS)、交叉法(CS)、新三步法(NTSS)、四步法(FSS)、菱形法(DS)和运动场自适应搜索算法(MVFAST)等。本文对三步搜索算法在 DSP 上的移植进行研究。

三步搜索算法描述如下:

(1)三步搜索算法以略大于最大搜索范围的一半开始进行搜索,计算搜索中心点四周的正方形区域,计算正方形 8 个点的 SAD 值,算出其中最小的一个也是最匹配的一个;

(2)搜索范围减半,在以匹配点为搜索中心的小正方形范围内继续搜索,计算小正方形的 SAD 值,再判断其中最小的一个;

(3)以匹配点为中心进行更小的正方形搜索,最终 SAD 值最小的宏块即为最匹配的宏块。

对采集到的相邻两帧图像用三步搜索算法进行处理,如图 5 所示。



(a)参考帧 (b)当前帧

图 5 采集到的相邻两帧图像

经过三步搜索算法搜索到最佳匹配块后,将当前帧的当前块的坐标与最佳匹配块坐标相减,得到运动矢量。本文对  $8 \times 8$  的块进行搜索,第 1 步中步长取 4,第 2 步中步长取 2,第 3 步中步长取 1,搜索结果如图 6 所示。其中, temp 为一个含 9 个元素的一维数组,存放 9 个点的 SAD 值; mxv 和 myv 为 SAD 值最小点的坐标,通过该坐标可以计算出相应的运动矢量。

《微型机与应用》2013 年第 32 卷第 3 期

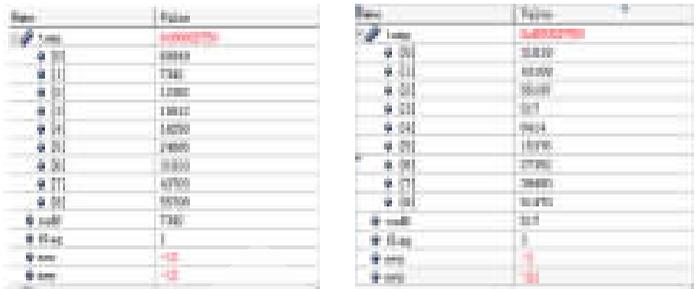


图 6 三步搜索的结果

## 4 人机接口和 DSP/BIOS 任务调度

### 4.1 人机接口

人机接口如图 7 所示。通过键盘控制算法选择,同时在液晶上显示相应的算法名称。按键和液晶都是通过 TMS320C5402 DSP 控制, TMS320C5402 DSP 通过多通道缓冲串口 McBSP 与 TMS320DM6437 通信,从而实现上述功能。

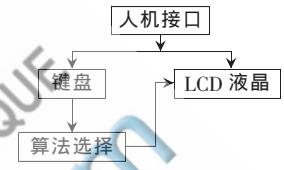


图 7 人机接口框图

### 4.2 DSP/BIOS 任务调度

为了增强系统的实时性和灵活性,本文使用了 DSP/BIOS 来调度任务。本文设置了一个硬件中断,两个任务,分别为 McBSP 硬件中断、视频回路任务和算法选择任务。设置两个任务的优先级相同,通过 TSK\_yield() 函数来切换任务。DSP/BIOS 的任务时序图如图 8 所示。



图 8 DSP/BIOS 时序图

本文以 SEED-DEC6437 开发板为核心硬件,成功搭建了视频回路,并在 CCS3.3 环境下编写算法代码,实现了基于 DSP 的运动估计算法,取到了运动矢量。为了增强系统的灵活可控性和实时性,又成功加入了人机接口,成功实现了 DSP/BIOS 任务调度。

### 参考文献

- [1] Wu Xiaomin, Xu Weizhang, Zhu Nanhao, et al. A fast motion estimation algorithm for H.264 [C]. International Conference on Signal Acquisition and Processing, IC5AP'10, 2010: 112-116.
- [2] Jing Xuan, CHAU L P. An efficient three-step search algorithm for block motion estimation[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2004, 6(3): 435-438.
- [3] Texas Instruments Incorporated. TMS320DM6437 evaluation module(EVM)quick start installation guide[Z]. 2006.
- [4] Texas Instruments Incorporated. TMS320DM643x DMP video processing front end(VPFE) user's guide[Z]. 2008.

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 47

- [5] 王亮,徐佩霞.基于 DSP 实时实现的 H.264 运动估计快速算法[J].小型微型计算机系统,2005,26(11):2025-2028.
- [6] 雷琳,张俊峰,刘京,等.一种基于 H.264 的改进的运动估计三步搜索算法 [J]. 计算机技术与发展,2010,20(12):1-7.
- [7] 王恒,朱金秀.H.264 快速运动估计算法研究[J].海大学常州分校学报,2007,21(4):24-27.
- [8] 蔡自兴,蒋冬冬,谭平,等.H.264 中快速运动估计算法的一种改进方案 [J]. 计算机应用研究,2010,27(4):1524-1529.
- [9] 彭启琮. 达芬奇技术——数字图像/视频信号处理新平

台[M].北京:电子工业出版社,2008.

(收稿日期:2012-11-16)

作者简介:

郭明松,1990年生,本科,主要研究方向:嵌入式系统设计,DSP 视频信号处理。

张丽晖,1991年生,本科,主要研究方向:嵌入式系统设计,DSP 视频信号处理。

周劲蕾,1991年生,本科,主要研究方向:嵌入式系统设计,DSP 视频信号处理。

