

# 基于 TMS320DM642 芯片的视频目标跟踪系统设计与实现

贾芳, 郑丹

(河南农业大学 理学院, 郑州 450002)

**摘要:** 运动目标的检测与跟踪一直在计算机视觉的研究领域占有重要位置, 该技术被越来越广泛的应用到交通管理、军事、公共安全监控等领域中; 文章主要研究基于 TMS320DM642 开发平台的视频运动物体目标的检测与跟踪, 文章分为软硬件两部分进行设计, 硬件部分主要包含视频采集模块、视频处理模块以及显示模块 3 个部分, 通过 CCD 摄像头采集视频信号, 接着将采集的模拟视频信号传输到 SEED VPM642 视频处理模块, 在 VPM642 中通过高性能视频解码器 TVP5150 将模拟视频信号转换成 BT. 656 格式的视频信号, 并将该信号传输给 DM642 的视频接口; 在系统软件部分, 系统采用 TI 的 DSP 集成开发环境 CCS2. 2 作为系统软件开发平台, 最终在 DM642 视频图像处理平台上实现运动目标的实时检测与跟踪; 实验结果表明, 该文提出的算法移植和优化方法效果明显, 可以在 DSP 开发平台上实现运动目标的实时检测与跟踪。

**关键词:** TMS320DM642 芯片; DSP 技术; 目标跟踪; CCS 环境; 算法移植

## Design and Implementation of Video Target Tracking Based on TMS320DM642 Chip

Jia Fang, Zheng Dan

(College of Sciences, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** the detection and tracking of moving targets always occupies an important position in the research field of computer vision, the technology has been applied to traffic management, military, public safety monitoring and other fields more and more widely. This paper focuses on the detection and tracking of the target video motion object based on TMS320DM642 development platform, this paper is divided into two parts of hardware and software design, the hardware part mainly includes video acquisition module, video processing module and display module three part, through the CCD camera capture video signal, then the acquisition of the analog video signal to the SEED VPM642 video processing module, the high performance video decoder TVP5150 transform analog video signal into a video signal in BT. 656 format in VPM642, and transmits the signal to the video interface of DM642; in the system software, system uses the TI DSP integrated development environment CCS2. 2 as a software development platform, real-time detection and tracking of moving object in the final realization of DM642 video processing platform.

**Keywords:** TMS320DM642 chip; DSP technique; target tracking; CCS algorithm

## 0 引言

智能技术、多媒体技术已成为信息时代的主导技术, 计算机视觉、视频图像处理等领域已成为研究领域中的前沿和热点。传统视频监控自身所固有的体积大、效率低、实时性差等缺陷, 随着社会的发展, 人们也迫切需要现代化技术来实现对场所或物体的监控。智能视频监控系统与传统监控系统相比有极高的实用价值和经济价值<sup>[1]</sup>。国内外众多机构都开展了广泛并深入的研究, 取得了一定的成果。

运动目标检测与跟踪是智能视频跟踪系统中的关键技术和主要研究方向, 目的是实时检测视频序列帧中出现的运动目标, 获得目标参数, 对运动目标进行匹配和跟踪, 进而获得目标的运动轨迹。本文主要研究了视频图像采集、处理技术, 然后将本文提出的算法移植到 DSP 开发平台中, 用该算法实现

运动目标的实时检测与跟踪。软件采用 DSP 集成开发环境 CCS2. 2。若直接使用 CCS 开发环境开发 DSP 应用程序, 算法比较复杂, 算法中包含许多通道, 而且通道之间还有较复杂的缓冲管理和数据通信, 从而导致程序开发周期较长, 开发难度较大。TI 为 CCS 提供了相应的 API 函数和 DSP/BIOS 模块, 在 CCS (Code Composer Studio) 开发环境中, 通过 DSP/BIOS 配置视频的采集模块、显示模块以及视频流的传输, 这样在开发应用程序的过程中, 无需考虑采集模块底层驱动程序的编写及视频流的传输过程, 然后进行算法移植, 大大提高了系统的开发效率<sup>[2]</sup>。

本文主要研究了基于 TMS320DM642 开发平台的视频运动物体目标的检测与跟踪, 文章分为软硬件两部分进行设计, 硬件部分主要包含视频采集模块、视频处理模块以及显示模块 3 个部分, 通过 CCD 摄像头采集视频信号, 接着将采集的模拟视频信号传输到 SEED VPM642 视频处理模块, 在 VPM642 中通过高性能视频解码器 TVP5150 将模拟视频信号转换成 BT. 656 格式的视频信号, 并将该信号传输给 DM642 的视频接口; 在系统软件部分, 系统采用 TI 的 DSP 集成开发环境 CCS2. 2 作为系统软件开发平台, 最终在 DM642 视频图像处理

收稿日期: 2014-01-16; 修回日期: 2014-03-16。

基金项目: 河南省科技厅重点科技攻关项目(102102210155)。

作者简介: 贾芳(1976-), 女, 河南社旗人, 硕士在读, 讲师, 主要从事测量与信号处理方向的研究。

理平台上实现运动目标的实时检测与跟踪。

### 1 系统硬件平台

系统硬件主要包括视频图像采集模块、图像处理模块和显示 3 个部分, 硬件结构图如图 1 所示。具体处理过程首先通过电荷 CCD 摄像头采集视频信号, 它能把光线转变成电荷, 接着把模拟信号传输到 SEED VPM642 处理模块, 在 VPM642 模块中利用高性能视频解码器 TVP5150 转换模拟视频信号成为 BT.656 的视频信号, 并传输视频信号给 DM642 模块的视频接口。EDMA 通道配合视频接口传送信号到 SDRAM 缓存区, 数据经过 PC 机处理, 由 SAA7121H 转换成模拟信号传送, 利用显示器观察信号跟踪的情况。

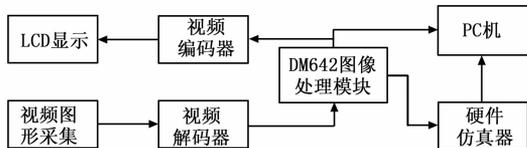


图 1 系统硬件结构图

SEED-VPM642 是一款专门用于开发视频应用的模板, 其包含高性能的 32 位定点 DSP TMS320DM642, 能够实现多路的视频/音频的运算; 多路视频/音频接口; 4 路可通过编程切换的 RS232/RS484/RS422 异步接口; 10/100M 以太网接口; 标准的 ATA 硬盘接口, 用于存储视频数据。其包含的外围设备主要有 DSP、FLASH、UART、IO、AUDIO、VIDEO、ATA 及网络接口等, 便于实现对图像序列的处理<sup>[3]</sup>。

对于上述硬件平台, 其核心为 DSP 处理器, 所使用的 DSP 的速度和效率是整个视频图像处理平台的关键。本文使用的评估板的核心 TMS320DM642 是 TI 公司最新的一款 DSP, 是高性能数字信号处理器, 在最高频率为 720 MHz 情况下, 其处理性能最高 5 760 MIPS。采用 TI 第二代超长指令集和并行机制, 显著提高灵活性和处理性能。TMS320DM642 芯片还集成了丰富的视频和网络接口, 其中 EMIFA 为 64 位, 最高数据存取速度为 133MHz, 提供了 FPGA 块与 SDRAM 的无缝对接; 它的双通道数字视频接口就有 3 个, 多路数字视频可以同时处理; 串行音频接口能够同时处理 4 路 I/O 音频信号<sup>[4]</sup>。DM642 在 C64x DSP 内核基础上集成了非常完整的音频输入输出接口、视频接口, 以及以太网通信接口等外围设备, 具有阵列处理能力, 使用户对视频、音频等复杂运算进行高速灵活处理。其片上有 L1、L2 两个 Cache, 其中 L1 Cache 又被分为程序和数两个存储区, 其空间大小相等都是 16 k, L1 作为高速缓存, CPU 对其访问无需延迟; L2 存储区为片内内存, 空间大小 1024 k, L2 Cache 管理外部的数据和程序存储器, L2 可以整体作为 SRAM 映射到存储空间, 时钟频率为 300M。DM642 的 EDMA 控制器有 64 个而且都是独立通道, 负责 L2 存储区和外围设备传输数据。其功能框图如图 2 所示。

### 2 软件平台设计

系统采用 TI 的 DSP 集成开发环境 CCS2.2 作为系统软件开发平台。CCS 采用图形接口界面, 为项目开发设计提供了完整的工具, 包括环境配置、源文件编辑、程序调试、跟踪和分析等, 帮助用户完成软件环境下的编辑、调试、分析等工

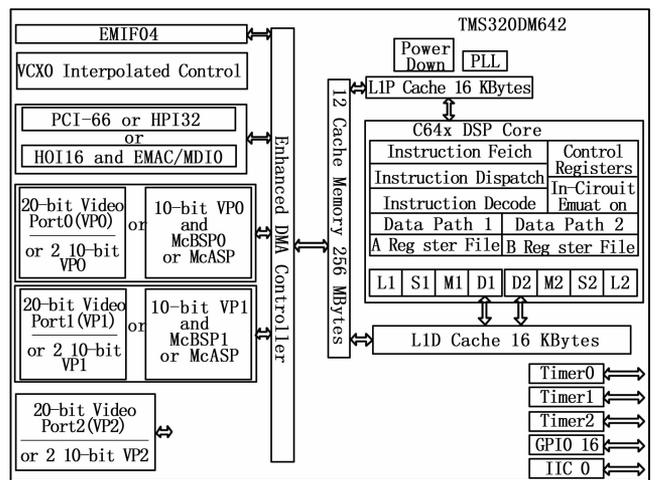


图 2 系统功能框图

作, 显著降低 DSP 项目的开发与设计的难度与时间。CCS 支持 RTDX (Real Time Data Exchange) 技术, 支持系统运行下 DSP 与相关程序的数据交换<sup>[5]</sup>。

使用 CCS 环境开发应用程序的步骤为:

- 1) 建立一个工程项目文件, 向工程添加文件, 主要有源程序、头文件、目标文件及链接命令文件等。
- 2) 使用 CCS 的集成可视化代码编辑环境, 直接编写 C/C++, asm、头文件 (\*.h)、CMD 文件等。
- 3) 编译工程项目文件, 如果出现错误, 则根据显示的错误信息找出错误位置, 修改错误。
- 4) 使用 CCS 提供的探测点及图形显示等工具分析输出数据, 评估算法执行效率。

图 3 所示为上述步骤中的主程序流程图。

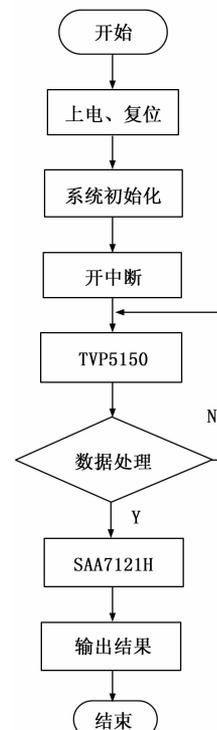


图 3 主程序流程图

### 3 算法移植和优化

#### 3.1 算法的移植

本文的最终目标是在上述 DM642 视频图像处理平台上实现运动目标的实时检测与跟踪。在算法的设计阶段,程序的编写、编译、链接、运行都是在 MATLAB 开发环境中完成的,而在 MATLAB 开发环境中编译的可执行代码无法直接在 DSP 平台上运行,因此需要将本文算法在 MATLAB 环境中实现后移植到 DSP 平台上进行验证<sup>[6]</sup>。具体的移植流程如图 4 所示,具体步骤如下:

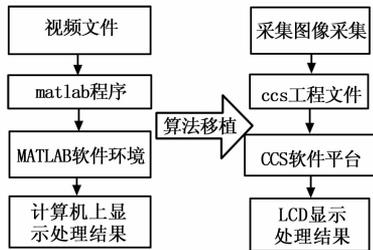


图 4 算法移植流程图

1) 分析 MATLAB 程序中算法模块的代码,建立 CCS 环境中算法实现的系统开发平台。在 MATLAB 软件下,可以直接将算法库对视频图像序列进行处理,但是对于 CCS,需要创建 CCS 项目,并在该项目中添加相应的算法库,有些 MATLAB 用到但是 CCS 中没有的函数,需要重新编写。

2) 在给数据类型申请内存空间的时候,CCS 环境中, long 和 int 的数据类型长度分别为 40 bit 和 32 bit。

3) CCS 开发环境中在进行编译之前,要求设定每个工程的配置编译,以此来指定编译输出模式。

4) 在 MATLAB 开发环境下,系统能够自动分配程序运行时所需内存;但在 CCS 中需要用户不能直接分配,需要根据 DM642 的存储器地址和程序运行情况编写 .cmd 文件为数据段代码段等分配内存地址。DSP 中的 cmd 文件分为 MEMORY 和 SECTION 两部分,其中 MEMORY 用来映射寄存器和外设的地址空间,定义起始地址和空间长度,SECTION 部分是定义各个段存储空间的定位情况。

#### 3.2 算法的优化

在 CCS 环境下 DSP 软件开发的第一步是程序编译通过,然后就要优化程序,优化过程需要结合 DM642 的体系结构的特点,实现算法优化、加快执行速度,增强实时性。本文通过以下 4 个方面优化程序。

##### (1) C 代码优化:

在代码中使用合适的数据类型。DM642 的寄存器长度为 32 bit,CCS 环境下的 long 类型长度为 40 bit,因此本文中优化算法时要选择合适的类型,尽量不要选择 long 数据类型以免造成使用内部寄存器时的浪费<sup>[7]</sup>。

DM642 的内核指令直接映射内联函数,内联函数的功能与预处理宏相似,可以直接访问内核的硬件单元,而且内联函数直接指派编译器所使用的指令类型,代码执行效率显著提高。本文中通过使用一些函数如 \_MPY32U ()、\_ADDSUB ()、\_CMPY () 等实现加减法、乘法等运算。在代码中使用 VLIB 视频处理库。Vision Library (VLIB) 是 Intel 公司开发的专门针对 DSP 优化后的开源计算机视觉库,本文采用

VLIB2.0 函数库,其中含有 50 多个算法核,涉及背景建模、目标特征提取、目标跟踪与识别等多个计算机视觉方面的算法,这些算法都根据 C64x 内核进行过优化,其执行速度远优于 C 代码。

##### (2) 存储空间的优化:

所有程序代码都是在内存空间中执行的,合理的配置使得内存的执行速度有显著的提高。

想要优化存储空间一方面是对程序存储空间的处理,通过 CCS 开发环境提供的 #pragma CODE\_SECTION 将程序中将会经常被调用的算法模块分离出来并把它们配置到片内存储空间执行,同时需要将该模块在 cmd 文件中进行内存定位<sup>[8]</sup>。另一方面是对数据存储空间的处理,通过增强型直接内存存取技术 (EDMA) 实现快速数据交换。DSP 内部的 EDMA 控制器是增强型 dma,可以不需要 PC 机参与就能够批量传输大量数据。在视频处理中,因为视频图像格式的数据量非常大,通畅需要片外存储器对它们进行存放,假如不用增强直接内存存取技术,那么一方面 CPU 需要将庞大的图像数据搬移至片内存储器,另一方面要通过算法处理数据,算法的效率会极大的降低。而通过 EDMA 操作搬迁片外存储器中的数据至片内存储器,CPU 只要利用算法对数据进行处理,大大提高算法的执行速度。

基于背景建模,在更新背景的过程中需要 CPU 逐个处理图像中所有像素点,在算法优化的过程中,通过 EDMA 控制器实现片内片外的数据搬移,从而减轻 CPU 的负担。

##### (3) 数据打包操作:

DSP 处理器内核包含 A、B 两个寄存器组,每组寄存器又包含 32 个寄存器,只要能够充分调用这些寄存器能有效加快算法的执行速度。

文中目标特征提取算法是获取一个背景模型,然后将当前帧减去背景模型中所对应的像素点,差值大于阈值判断为运动目标,但是若帧与像素点逐个相减,运行效果很难令人满意,无法有效利用 DM642 的处理数据能力。DM642 处理器内核的寄存器为 4 个字节,每个像素点是 1 个字节长度,那么每个寄存器可存放 4 个像素点,同时将当前帧图像和背景模型分别放在两个寄存器中,使得 CPU 一次可以处理 4 个像素点,加快算法的执行速度。可见数据打包能够充分发挥 DM642 并行处理模型的能力,数据的处理速度显著提高。

##### (4) 软件流水优化技术:

对代码进行专门优化循环处理,主要是指合理设置代码中循环内指令的运行方式,从而实现单个时钟周期内可以让 DM642 内核中更多功能单元同时执行指令的目的。DSP 处理器支持流水处理,可以显著提高指令的执行速度。主要通过设置编译器实现软件流水技术操作,在优化程序时,通过 -o2, -o3, -pm 优化选项便可以告知编译器对程序进行软件流水优化处理,但是在使用的过程中还需要设定最小循环次数、避免循环嵌套、消除不需要的循环等操作。通过上述优化方法处理后,在 DM642 图像处理平台上运行本文提出的运动目标检测与跟踪算法,平均能达到 18 帧每秒的速度,能够实现运动目标的实时检测与跟踪。

### 4 实例分析

本文实例环境为的 SEED-VPM642 评估板,其采用 PAL

制式摄像头图像采集频率为 30 帧每秒, 图像的分辨率为  $720 \times 576$ , 实验中参数设置为,  $\epsilon=1$ ,  $th1=10.89th$ , 使用本文的方法在平台上进行验证。效果图如图 5 所示。

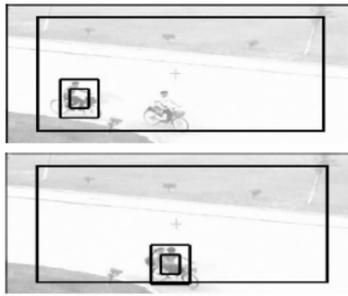


图 5 实验目标跟踪效果图

本文目标跟踪算法将其运用到 DM642 中, 成功实现了遮挡和无遮挡情况下运动目标的实时跟踪。实验结果表明该方法具有较好的实际应用价值。

## 5 结论

本文首先对文中使用的 DSP 实时图像处理硬件平台和使用的软件开发环境 CCS 进行介绍, 接着介绍将文中算法移植

到 DSP 开发平台所用到的算法移植和优化的方法。实验结果表明, 本章所使用的算法移植和优化方法效果明显, 可以在 DSP 开发平台上实现运动目标的实时检测与跟踪。

### 参考文献:

- [1] 吴 薇, 朱光喜, 陈云锋. 基于视频技术的嵌入式交通信息采集系统 [J]. 计算机应用研究, 2008, 25 (7): 2104-2106.
- [2] 李功燕, 陈晓鹏, 李 斌, 等. 基于 Xscale 和多 DSP 的智能视频监控系统的设计与实现 [J]. 计算机工程与设计, 2009, (2): 003.
- [3] 郑伟亮, 蔡 铁. 基于 DM642 的视频稳像系统设计 [J]. 科学技术与工程, 2009, 9 (5): 1143-1145.
- [4] 胡 波, 陈 息, 徐建瑜, 等. 基于 Kalman 预测和 Mean-Shift 算法的视频目标跟踪 [J]. 光电子·激光, 2009, 20 (11): 1517-1522.
- [5] 周尚波, 胡 鹏, 柳玉炯. 基于改进 Mean-Shift 与自适应 Kalman 滤波的视频目标跟踪 [J]. 计算机应用, 2010, (6): 1573-1576.
- [6] 左军毅, 程咏梅, 王正平. 一种对背景干扰及遮挡鲁棒的视频目标跟踪算法 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (11): 2292-2294.
- [7] 张 娟, 毛晓波, 陈铁军. 运动目标跟踪算法研究综述 [J]. 计算机应用研究, 2009, 26 (12): 4407-4410.
- [8] 宦若虹, 王浙沪, 唐晓梅, 等. 动态背景下基于粒子滤波的运动目标跟踪方法 [J]. 计算机应用与软件, 2011, 28 (5): 109-111

\*\*\*\*\*

(上接第 2191 页)

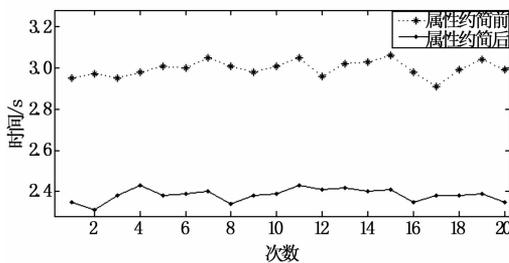


图 3 测试任务完成时间对比

在某型一体化保障设备上上进行多次实验, 记录每次属性约简前后的测试时间, 剔除数据中的坏值, 随机选取 20 组数据, 绘制折线图并求取平均值, 可以得到属性约简前所需时间为 2.997 s, 而经过属性约简后的完成时间为 2.383 5 s, 测试时间缩短了 20.47%。

通过上述分析及验证表明, 某型一体化保障设备在经过属性约简后, 可以在确保完成测试任务的条件下, 精简测试指标, 并缩短测试时间。在该设备的其他功能模块中采用该算法进行属性约简, 可以得到优化的测试指标体系, 使测试设备更加高效地完成测试保障任务。

## 5 结论

本文针对一体化保障集成技术中的测试指标冗余问题, 运用粗糙集理论, 提出了基于属性重要性和属性间影响度的约简算法, 通过在某型一体化保障设备的柴油发电机子模块中应用

该算法, 验证并说明了该算法可以有效地精简一体化保障中的测试指标体系, 并提高保障效率。

### 参考文献:

- [1] 文 莹, 肖明清, 胡雷刚, 等. 基于粗糙神经网络的航空电子设备故障预测研究 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (4): 807-809.
- [2] 徐 权, 倪世宏, 张 鹏. 基于粗糙集的专家系统知识库约简研究 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (5): 1333-1335.
- [3] 马彦涛, 肖明清. 基于粗糙集的复杂航空电子设备故障诊断 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (7): 1757-1759.
- [4] Pawlak Z. Rough sets [J]. International Journal of Computer and Information Sciences, 1982, 11 (5): 341-356.
- [5] Parthala N M, Shen Q, Jensen R. A Distance Measure Approach to Exploring the Rough Set Boundary Region for Attribute Reduction [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2010, 22 (3): 305-317.
- [6] 张文东, 李明壮, 石小艳. 基于粗糙集理论的属性约简算法 [J]. 计算机工程与设计, 2008, 29 (22): 5795-5797.
- [7] 索中英, 程嗣怡, 苟新禹. 基于极小析取范式的属性约简算法 [J]. 空军工程大学学报: 自然科学版, 2012, 13 (6): 66-70.
- [8] 杨 尧. 基于粗糙集理论的决策信息系统属性约简算法研究 [D]. 青岛: 青岛大学, 2011.
- [9] 安芹力, 李安平. 不协调决策表的属性约简模型及规则提取 [J]. 空军工程大学学报: 自然科学版, 2005, 6 (3): 88-91.
- [10] 夏春艳, 李树平, 宁志超. 基于粗糙集理论属性约简的改进算法 [J]. 微计算机信息, 2010, 26 (12): 282-283.