

Design of Real-Time Video Tracking System Based on DSP/BIOS

ZHANG Ye^{1,2}, QU Hong-song^{1,2}, LI Cong-shan³, WANG Yan-jie¹

}	1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics Chinese Academy of Sciences;
	2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences;
	3. Xian satellite control center, Xian 710043, China

Abstract: In order to solve the problem of target recognition and tracking, we use two high performance DSPs as the core processor, and design the real-time image processor system. The algorithm of tracking always based on centroid, matching, and edge, and if we want to improve the tracking efficiency and capability, we can utilize the embedded real-time operating system-DSP/BIOS contained by C6x and the API functions to compile efficient multi-assignment program and reduce exploitation period, double DSPs are more efficient. The examination proved the purpose can be reached, not only enhanced the maintenance of the program, but also modularize the program for the requirement of striding different system.

Key words: DSP TMS320C6x; real-time tracking system; DSP/BIOS

EEACC: 6320

基于 TMS320C6x. 系列 DSP/BIOS 平台的 实时电视跟踪系统设计

张 叶^{1,2}, 曲宏松^{1,2}, 李从善³, 王延杰¹

(1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 西安卫星测控中心)

摘 要: 为解决实时目标识别和跟踪的硬件平台设计问题, 本文以两片高性能 DSP 为核心处理器, 设计了基于双 DSP 的实时图像处理系统. 常见的目标跟踪系统算法包括重心跟踪法、相关跟踪法和边缘跟踪, 在实时跟踪过程中, 根据需要进行各个算法间的切换, 为了提高实时电视跟踪系统设计的开发效率及实时跟踪性能, 可以在双 DSP 平台上, 在利用 TMS320C6x 内部自带的实时操作系统 DSP/BIOS 以及 API 函数, 编写高效的多任务跟踪程序, 缩短开发周期. 试验证明, 基于 DSP/BIOS 的实时跟踪系统设计可以很好的达到设计要求, 不但增强了程序的可维护性, 而且程序模块化, 可移植性好.

关键词: 实时跟踪系统硬件设计; 多任务; DSP/BIOS; TMS320C6x

中图分类号: TP317.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-9490(2007)01-0300-03

实时跟踪系统中目标的捕获和跟踪是图像处理、计算机视觉和模式识别等领域的重要课题, 在军事、工业、医学和交通等方面有着广泛的应用背景. 由于图像处理的数据量大, 实时性高, 要求实时图像处理系统必须具有很高的运算能力. 而高性能的 DSP 恰好满足这方面的要求, 它不仅具有足够的运算速度, 拥有功能强大完整的开发环境, 还提供了

CSL 库以及 DSP/BIOS 开发工具方便用户快速建立稳定的软件开发平台. 其中 CSL 库定义 DSP 片内外设资源, 可以方便地实现片内外设基本操作; DSP/BIOS 是一个简易的嵌入式操作系统, 它和它所提供的 API 函数大大的方便了用户编写应用程序, 缩短了程序的开发周期.

收稿日期: 2006-02-13

基金项目: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所青年基金资助项目(055X22T050)

作者简介: 张 叶(1981-), 现就读于中国科学院长春光学精密机械与物理研究所攻读博士学位, 主要研究方向为中低层计算机视觉算法研究在电视跟踪中的应用及硬件实现, zhang. leaflet@gmail.com.

1 DSP/BIOS 简介

DSP/BIOS 是一种基于优先级的抢先型实时、多任务操作系统内核。它有一个很友好的图形分配界面来进行 DSP 的软、硬件控制,开发者可以动态的进行操作系统对象设计也可以很直观的在图形分配界面中直接进行任务的分配,大大简化了程序设计步骤。DSP/BIOS 主要有三个组成部分:多线程实时内核;实时分析工具;芯片支持库。DSP 以模块化方式提供给用户对线程、定时器及外设资源的管理,同时每一个算法作为一个线程由 DSP/BIOS 调度。

DSP/BIOS 支持四种线程类型:HWI, SWI, TSK, IDL;主要 DSP/BIOS API 模块分析如下:

HWI(硬件中断)模块:管理 DSP/BIOS 的中断向量表,指定某个硬件中断调用某个中断服务程序,具有最高的优先级和严格的实时性。DSP 响应硬件中断后会自动屏蔽所有中断,所以硬件中断所调用的程序应该尽量在短时间内完成,为了满足实时性的要求,需要所有实时性要求非常严格的任务由 HWI 调用,而实时性要求不是很严格的任务可以放到 SWI 或 TSK 中完成。

SWI(软件中断)模块:用于软件中断管理,调用优先级仅次于硬件中断的软件中断服务子程序。一般伴随硬件中断发生,可由硬件中断触发调用。允许其他优先级高的线程抢占 CPU,但执行时不可以被挂起。

TSK(任务)模块:程序中的主要部分,用于多任务的管理,充分体现了系统模块化和多线程的思想。允许其他优先级高的线程抢占 CPU 而且执行时可以被挂起,适合无实时性要求的任务。由旗语(SEM)进行管理,用于各个任务和线程之间的同步和调配。

2 电视跟踪系统硬件结构

电视跟踪系统以 DSP TMS320C6x 为核心, FPGA 做图像预处理如图一所示。监控人可使用鼠标通过串口对 DSP 进行控制,如选择跟踪方式(重心、相关、边缘)的选择或强行锁定目标。

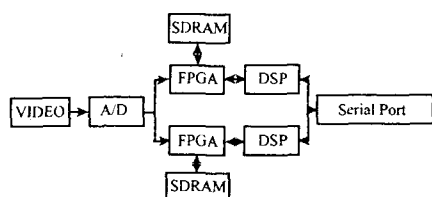


图 1 电视跟踪系统硬件框图

3 实时电视跟踪算法

3.1 重心算法

重心算法是一种极其简单实用的算法,几乎所

有的跟踪器都支持这种算法。它适用于背景灰度比较简单,并且容易与目标区分的情况。由于一般情况下,目标与其邻域范围内的背景有着很强的对比度,所以可以在小窗口内使用重心算法。它与求取直方图阈值的方法结合,将二值化的图像应用重心公式计算出目标重心进行跟踪。

3.2 相关算法

相关算法也是一种思想简单常用的算法。它以目标模板与图像间进行匹配的相似度作为依据决定是否为目标进行跟踪,相关公式如下:

$$D(i, j) = \sum_{n=1}^M |S^{i,j}(m, n) - T(m, n)|$$

思想比较简单,计算相关计算量比较大,所以常用一些快速算法,如序贯相似性检测算法(SSDA)和金字塔算法。序贯相似性检测算法的原理是:取一固定阈值,计算模板与图像间的差值和,若当累计到 r 次时超过阈值则停止累计,如果误差和增长较慢则表示该部分图像很有可能是目标候选图像。金字塔算法的原理是:对原始图像进行抽点采样,对采样后的粗图像进行模板匹配,若误差超过某一阈值则表示非目标区域,否则对下一层图像进行精匹配,抽点采样可以多层而提高运算速度。

3.3 边缘算法

本文提取目标边缘的算法应用 Sobel 算子。Sobel 边缘算子,最常用的提取边缘的方法,有很强的边缘提取能力,图像中的每个点都用两个 Sobel 边缘算子作卷积,可以得到两个值,两个卷积的最大值作为该点的输出值,说明横向或纵向方向占主导。应用 Sobel 算子检测水平方向和垂直方向的边缘,图 2 是目标边缘提取的实例,完全由本文介绍的 DSP 系统完成。

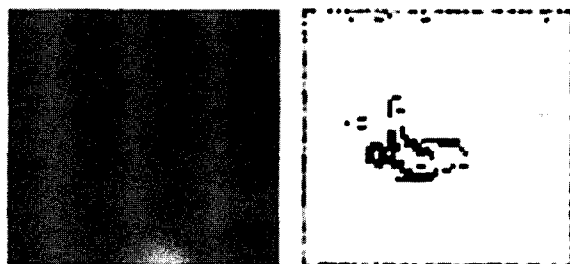


图 2 应用 Sobel 算子对原始图像进行边缘提取

4 电视跟踪程序设计及硬件设计支持

电视跟踪系统本身对实时性要严格,它需要本场内实时送出脱靶量而且不允许有丢帧的现象,因此,重要的算法模块有很高的实时性要求,需要在指定时间内完成。所以,将主要的两个任务分配给两个

DSP 分别完成,一个 DSP 做显示和捕获,另一个 DSP 做实时跟踪。

如果不应用 DSP/BIOS 系统,由于对所编写的程序的时序要求特别高,实现起来比较困难。基于 DSP/BIOS 的各个任务间虽不能并行执行,但是有很好的实时性,主要由于其对进程的管理。如果要求的时间内任务不能完成可以先将任务挂起,等空闲时候再继续执行。如此,保证硬件中断能够及时调用,后续处理可以稍缓执行,这样安排进程可以按优先级先后顺序完成任务。

为方便监控人进行监控,将整场图像进行灰度拉伸,本文应用线性拉伸,由 DSP1 来完成,同时 DSP1 接到捕获命令时对全场图像进行目标捕获,并将目标位置通过 FIFO 送给 DSP2。所带来的任务:全场直方图累计;求阈值;整场图像线性拉伸后显示;全场图像二值化;投影法求取目标位置;与串口进行通讯;与 DSP2 进行通讯。图像的场中断带来硬件中断,表示一场图像进入 SDRAM,由 DMA 将其传输到片内寄存器等待计算。与串口进行通讯的优先级最高且需要实时完成,所以放在硬件中断中,其次是与 DSP2 进行通讯,判断目标跟踪状态是否良好,若目标消失则需要进行全场捕获。此外任务的优先级依次是(加入捕获部分):直方图累计;求阈值;图像二值化;投影法求取目标位置,整场图像拉伸显示。

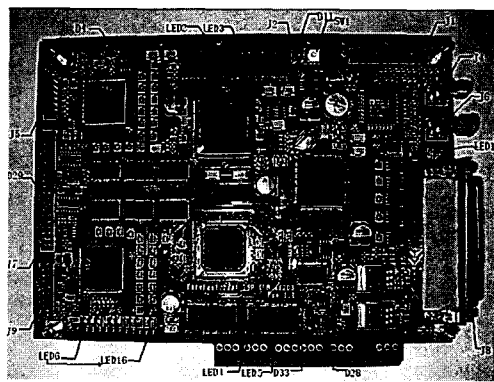
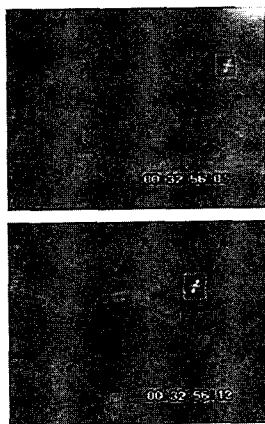


图 3 试验结果及试验平台

DSP2 应用选定的算法完成小窗口内的目标跟踪,由监控人设定跟踪方法,可选重心方法,相关方法和边缘跟踪方法。也是由图像的场中断带来硬件中断,由 DMA 将跟踪窗内的图像传输到片内,跟踪窗的位置由 DSP1 捕获到的位置给出,或由监控人鼠标指定,根据需要调用不同的跟踪任务,若相关方法和边缘跟踪方法下目标丢失,则转到重心跟踪方法,在跟踪窗内寻找目标,若未发现目标并外推目标轨迹并通知 DSP1 进行全场重新捕获。重心方法、相关方法、边缘方法各作为一个任务由外部触发调用,对于公共的模块进行多次调用,如直方图累计等。程序模块化,可移植性好,清晰条理,可由实时分析工具对程序进行实时监控。

5 试验结果

经试验,基于 DSP/BIOS 快速开发的实时电视跟踪系统实时和准确性满足要求,可及时送出脱靶量,延迟小,工作稳定,跟踪方式灵活。与传统的编程方法相比,基于 DSP/BIOS 的实时电视跟踪系统开发周期短,程序结构模块化,可移植性、可靠性、稳定性好,对于 320×240 大小、帧频为 25 f/s 的图像进行目标跟踪,能够不丢帧,达到实时跟踪的效果。且跟踪界面友好,对鼠标出发任务积极响应,满足跟踪需要。试验结果如图 3 所示。

参考文献:

- [1] Zhang Ye, Wang Yanjie, High Accuracy Real-Time Automatic Thresholding for Centroid Tracker[C]//International Conference of Optics(ICO20), Proc. of SPIE Vol. 6027.
- [2] 《TMS320 DSP/BIOS User Guide》[S], Texas Instrument, 2001. 2.
- [3] 《TMS320C6000 DSP/BIOS Application Programming Interface(API) Reference Guide》[S], Texas Instrument, 2001. 4
- [3] 彭启宗、管庆等编著. DSP 集成开发环境[M]. 电子工业出版社, P176—P306, 2004. 7.
- [4] 《TMS320C6000 Chip Support Library API Reference Guide》[S]. Texas Instrument, 2001. 4.
- [5] 《TMS320C6000 DSK Board Support Library API User's Guide》[S]. Texas Instrument, 2001. 1.
- [6] 《TMS320C62x Image/Video Library Programmer's Reference》[S]. Texas Instrument, 2001. 4.
- [7] Kenneth R. Castleman, Digital Image Processing[M]. 1998. 4.
- [8] 李方慧,王飞等编著. TMS320C6000 系列 DSPs 原理与应用[M]. 电子工业出版社, P140—P192, 2003. 1.
- [9] 杨枝灵,王开等编著. 数字图像获取,处理及实践应用. [M]. 人民邮电出版社, 2003. 1.