

# 基于 TMS320C6203 的实时弱目标跟踪研究

## Study of Small Target Tracing Based on TMS320C6203

(1.长春中国科学院光学精密机械与物理研究所;2.北京中国科学院研究生院)王艳华<sup>1,2</sup> 刘伟宁<sup>1</sup>

WANG YANHUA LIU WEINING

**摘要:**介绍一种基于 DSP 实现弱目标跟踪的方法,该系统主要是以高速数字信号处理器 TMS320C6203 作为核心器件,并与 FPGA 和 CPLD 相结合跟踪弱目标。首先通过统计像素数的方法粗略计算目标位置,根据获得目标的位置和大小进行局部精确搜索,减少计算量,然后采用重心跟踪结合线性预测的方法对目标进行跟踪,通过串口通讯在显示器上我们可以看到跟踪结果。实验结果表明可以对目标进行准确定位,达到实时跟踪的目的。

**关键词:**弱目标;实时跟踪;重心;DSP

**中图分类号:**TP391.4

**文献标识码:**B

**Abstract:**A method of small target tracing based on DSP is introduced.A high speed digital signal processor TMS320C6203 is used as the core in the system and cooperating with FPGA and CPLD.The algorithm gets the gravity situation of the target with statistic pixels,then searching the precise position in the local range.At last the gravity tracking method is used combining with forecasting. The obtained results exhibit both correctly locating the target,and tracing precisely.

**Key Words:**target with low contrast,real-time tracking,centroid,DSP

## 1 引言

目前,常规武器靶场所面临的实际问题是被测量目标小、距离远、目标与背景对比度低,在这种情况下,对弱信号目标的实时测量,捕获与探测就成为国内外靶场跟踪光测设备研究的主要方向。对弱目标的检测和跟踪算法层出不穷,既有对以往算法的改进也有致力于新算法的研究,本文主要采用重心跟踪结合预测算法,作为一个有价值的图像处理系统,同时要求具有高速处理能力,满足实时性的要求,这是算法得以实现的必要保障,TI 公司所生产的 TMS320C6000 系列是目前数字信号处理器中性能最高的产品之一,它所带来的新的系统设计方法使得传统的基于硬件设计变为软件设计,C6000 的开发工具能够很好的支持这一思想。

## 2 TMS320C6203 DSP 的结构和特点

TMS320C62XX 系列的突出特点是采用 VLIW (Very Long Instruction Word)结构,由 8 个可以并行运行的处理单元构成,单指令字长为 32bit,8 条指令组成一个指令包,总字长为 256bit。芯片内部将 8 个指令包分配到 8 个处理单元,在一个时钟周期内 8 个单元可以同时运行。C6203 片内具有独立的程序存储器和数据存储器,程序存储器的容量为 384KB,分为 2 个存储块(Block),2 块存储区可以进行独立存取,允许对一个存储区进行程序取指的同时,在另一个存储区中进行 DMA 访问。数据存储器容量为 512KB,分为两个数据存储空间(Block0 和 Block1),每个数据存储空间由 4 个宽度为 16bit 的存储体(Bank0- Bank3)组成。这样存取效率得到了进一步的提高,只要数据位于不同块中,DMA 控制器与 CPU 就可以对任意位置进行同时存取,而不会发生冲突。TMS320C6203 芯片内的时钟频

王艳华:硕士研究生

率可达到 300MHz,当芯片内部 8 个处理单元同时运行时,峰值性能可以达到 2400MIPS。它的并行处理是突破传统设计而获得高性能的关键。

## 3 图像处理系统硬件构成

该系统主要由三部分组成,预处理,DSP 图像处理,图像显示。各部分的功能如下:

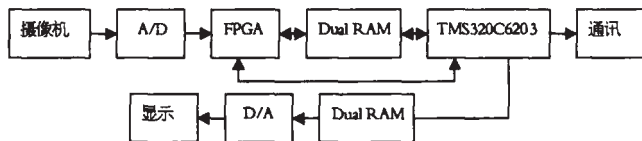


图 1 图像处理系统硬件构成

**2.1 预处理部分:**预处理主要是对采集进来的图像进行滤波去噪,增强弱目标,提高对比度。为了减轻 DSP 处理信号的负荷,一些重要的预处理程序和数据固化在 FPGA 中。此系统中摄像机采集进来的模拟图像数据经 A/D 转换送至 FPGA 进行中值滤波预处理,然后送入双端口存储器 RAM 中,用于 TMS320C6203 与图像采集系统进行高速实时的交换数据。

**2.2 DSP 图像处理部分:**首先对整个视场图像进行全局搜索,利用统计计算的方法快速计算出目标的粗略位置和大小信息,然后根据目标的位置信息局部精确搜索目标,这样可以加快搜索的速度和捕获的精确度,然后对捕获到的目标进行重心跟踪。对每一帧图像进行波门内重心的搜索过程中,若目标暂时丢失,可以采用预测跟踪的方法,利用前几帧的重心位置作为当前的目标位置,如果连续找不到目标,则重新进行全局搜索。

**2.3 图像显示部分:**在仿真试验中对第二步处理的结果进行显示,通过 A/D 转换后经显示卡在监视器屏幕中看到处理的结果,判断处理的质量,是否能进行准确的捕获跟踪。其中波门的大小随着目标的大小变化而变化,如果视场中没有目标出现,波门以最大的窗口显示在显示屏的中心位置。

## 4 图像处理系统的软件算法

由于远距离目标对比度比较弱,边缘和形状特征都不明显的特点,可以利用其灰度信息采用检测质心的办法,首先在全视场内捕获目标,然后根据目标大小和位置信息进行局部搜索,精确计算目标的位置。这样可以减少每帧全视场搜索目标的计算量,而且为了克服当目标被部分遮挡或者被云层完全覆盖时,可能丢失目标,造成跟踪失败的问题,采用了预测跟踪的方法,此算法主要是利用目标的灰度信息和运动特征来进行有效的跟踪。

### 4.1 阈值的选取

图像阈值分割是一种广泛使用的图像分割技术,它利用了图像中要提取的目标物与背景在灰度特性上的差异,把图像视为具有不同灰度级的两类区域(目标和背景)的组合,常用的阈值选取方法有直方图阈值法、循环迭代法、最大类间方差法、二维最大熵法、模糊阈值法、共生矩阵法等等。这里我们根据图像的灰度直方图,采用基于对比度的阈值分割法,

视觉对比度定义如下:  $S(t) = \min(|F(a) - t|, |F(b) - t|)$

这里  $F(a)$  为灰度值高于  $t$  的区域的灰度均值,  $F(b)$  为灰度值低于  $t$  的区域的灰度均值,因此系统根据亮、暗对比度自动确定阈值  $T$  为:

$$T = \underset{0 \leq t \leq 255}{\operatorname{Arg\,max}} (S(t))$$

### 4.2 目标的检测

在实际电视跟踪系统中,每一帧图像都可能包含着下面的结果:真实目标即电视跟踪系统所要跟踪的对象,噪声点指背景中的其它杂散特征点和背景中的干扰等。

为了能够检测出目标,需要选取目标的一些特征作为衡量标准,目标特征参数有很多,如:目标像素数、灰度均值、复杂度、长宽比、紧凑度等等。这里首先以目标像素数作为特征参数,根据小目标自身的特点,将统计像素个数大于某一值  $M$  的区域作为干扰目标剔除,从而达到去除大的云层干扰目标,实现对真实目标的稳定跟踪。对于离散的噪声点,可以利用连续性条件来减少和消除。根据已选取的灰度阈值,对列方向上的目标像素数统计求和,对于像素数小于两个的置零忽略不计,以防止椒盐噪声的影响,然后对统计的结果从第一列开始进行检测,只要有至少连续两列列像素数和都有结果,就作为一个目标,记录其像素总个数和位置。

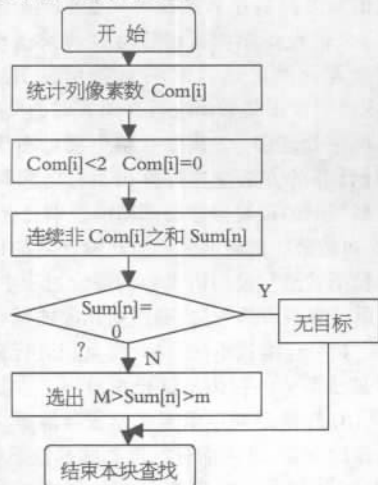


图2 搜寻目标的流程图

目标检测具体方案如下:对整个视场进行搜索,首先把整幅图像从上到下分成五部分(分块的多少可以根据图象的高度自行调整),然后对每块通过统计目标像素个数来检测目标。第一块搜索完之后开始搜寻第二、第三...一直到第五块,每当在下一块中搜寻到目标时判断与上一块目标重心的距离,若小于  $D$ ,则认为属于同一个目标,重新估算其位置和像素数,直至搜索完毕。由于在实际天空背景中,弱小目标可能会受到大块云块的干扰,会把大的云块也作为目标识别出来,对于弱小目标其像素数不会太多,因此设定一阈值  $M$ ,像素数大于  $M$  的剔除掉,认为是大的云层干扰。

流程图如图 2。

### 4.3 跟踪算法

根据检测算法得到的目标的个数和重心坐标,初步确定跟踪窗口的大小和位置,一般来说将处理区域定位在从目标边缘向外扩展几个像素左右,这样就可以基本滤除掉处理区域以外的干扰目标,使目标的跟踪不受跟踪窗以外背景区域的影响,这里为了确保目标的丢失在粗搜索位置处根据目标的大小外扩 20 和 10 个像素大小,然后重新在跟踪波门窗口中不断的计算目标的重心,并记录目标的像素数,这样在以后的每帧图像中都仅仅计算跟踪窗口内的数据,大大减少了计算量,可以实现实时跟踪,重心计算公式如下:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n U_{jk} X_j}{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n U_{jk}}, \bar{Y} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n U_{jk} Y_k}{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n U_{jk}} \quad \text{式中: } U_{jk} = \begin{cases} 0 & \text{像元信息值} < \text{窗口阈值} \\ 1 & \text{像元信息值} > \text{窗口阈值} \end{cases}$$

虽然采用在跟踪窗口内计算目标的重心已经节省了很大的计算量,但是在实际跟踪过程中,可能出现目标和干扰之间的交叉重叠,使得统计的目标像素个数大于  $M$ ,甚至造成丢失真实目标转而跟踪干扰目标,因此在窗口跟踪过程中,当出现目标像素数大于  $M$  时,或者目标被完全遮挡时,采用预测跟踪,利用目标在本场以及与本场相邻的连续前几场的位置,直接计算出目标在下场的位置值。

预测算法的数学表达式如下所示:

$$X_{k+1} = \sum_{i=0}^{n-1} a_i X_{k-i}, \quad Y_{k+1} = \sum_{i=0}^{n-1} a_i Y_{k-i}$$

式中  $X_{k-1}, Y_{k-1}$  为用于预测的第  $i$  场目标的位置参数,  $X_{k-1}, Y_{k-1}$  为在第  $k$  场时预测出的  $k+1$  场的目标位置参数,  $\sum_{i=0}^{n-1} a_i = 1$ ,  $a_i$  为用于预测的第  $i$  场的加权系数;  $n$  为选取用于预测的场数。通过预测跟踪算法,可以在跟踪窗口内含有其它干扰目标或者目标暂时被遮挡时,继续保持对原有目标的稳定跟踪,而不受或大大减小干扰目标的影响,如果目标重新出现预测跟踪自动转为窗口内的重心跟踪,如果连续数帧没有目标则重新进行全局搜索,一直到检测出新的目标。

### 4.4 仿真实验

系统的软件编程和调试均是在 Code Composer Studio(CCS) 2.0 环境下完成的,CCS 支持 ANSI C 语言和汇编语言,本系统软件代码采用 C 语言和汇编语言相结合的编写方法,首先用 C 语言开发代码;然后对影响性能的循环代码,采用线性汇编语言进行改写,利用软件流水技术进行优化,这样大大提高了代码的性能,减少了运行时间。本系统中质心位置的计算就是采用的并行汇编来编写和实现的,大大减少了计算时间。另外还



有部分数据的传输也是采用并行汇编的方法。其中硬件仿真试验中对检测跟踪图像隔行抽取之后的图像如下:

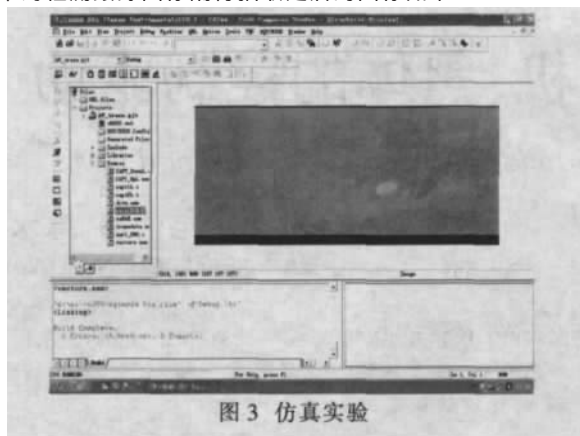


图3 仿真实验

## 5 结束语

应用高性能数字信号处理器 TMS320C6203, 结合可编程逻辑器件 CPLD 和 FPGA, 实现了电视图像的采集和图像目标的实时图像处理, 该弱信号识别跟踪系统在实际应用中满足实时性要求, 能够实现背景与目标低对比度情况下目标的提取和跟踪。

本文作者创新点: 主要利用高速信号处理器 TMS320C6203 为核心器件结合 FPGA 和 CPLD 来实现实时目标跟踪, 并且采用 C 语言和汇编语言相结合的编程方法, 保证了实时性。

参考文献:

- [1]郭栋,王志良,李正熙,张永忠.基于 DSP 实时图像处理系统[J].微计算机信息,2005,3:83-84.
- [2]TMS320C6000 Peripherals Reference Guide [Z].Texas Instruments Incorporated,February,2001.
- [3]TMS320C6000 EMIF to External SDRAM/SGRAM Interface[Z].Texas Instruments Incorporated[Z],1999.
- [4]TMS320C6x Optimizing C compiler user guide [Z].Texas Instruments Incorporated ,1999.

作者简介:王艳华,(1982-),女,汉族,河南许昌人,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,硕士研究生,主要从事基于 DSP 的数字图像处理、弱小目标检测与跟踪算法研究,E-mail:wangyanhua919@163.com;刘伟宁,(1965-),男,吉林长春人,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所研究员,硕士生导师,主要从事基于 DSP 的快速目标捕获、跟踪研究。

Biography:Wang Yanhua,(1982-),female,Chinese,from Xuchang capital of Henan province, studying in Changchun Institute of Optics,Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences.Major in digital image processing based on DSP,and small target detection and tracking algorithm.

(130033 吉林长春中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)王艳华 刘伟宁

(100039 北京中科院研究生院)王艳华

通信地址:(130033 长春市东南湖大路 16 号长春光学精密机械与物理研究所图像研究室 1306 室)王艳华

(收稿日期:2006.12.17)(修稿日期:2007.1.15)

(上接第 178 页)

设计了光电转换器,采用光纤传感器测量油罐液位高度,实现了光纤液位无电实时测量系统。实际工程应用中,光纤传感器

安装在油罐现场,而光电转换器和计算机系统安装在监控中心,两者之间通过光纤连接,从而做到罐区被测现场无电压、电流等电信号,完全实现了油库现场油罐液位无电安全实时测量,达到本质安全防爆,保证了油库管理的安全畅通、高效运行,会有广阔的市场应用前景。

本文作者创新点:

- (1)简述了基于 F-P 干涉仪原理的光纤传感器及液位测量原理。
- (2)提出了一个本安型的光纤液位测量系统。
- (3)采用 DSP 芯片 TMS320VC33,设计了光电转换器。
- (4)应用可视化及数据库技术,实现了监控软件功能。

参考文献:

- [1]Chen Xiangguang, Jiang Bo, Pei Xudong,etc. Oilfield control system[J]. Computing & Control Engineering Journal, 2002, 12(6): 281-286.
- [2]Step W. James, Sarfraz Khaliq, Ralph P. Tatam. A long period grating liquid level sensor[C]. Proc. of 15th Optical Fiber Sensors Conference Technical Digest, 2002: 127-130.
- [3]Culshaw B.Optical Fiber Sensor Technologies:Opportunities and- perhaps- pitfalls[J]. Journal of Lightwave Technology, 2004, 22 (1): 39-50.
- [4]刘志麟,张范军.连续型光纤液位传感器[P].中国专利:ZL 2004 2 0059735.3.
- [5]Morshed A H. Senior projects in optical fiber sensing[C]. IEEE Teaching Photonics at Egyptian Engineering Faculties & Institutes, 1999: 61-68.
- [6]Yizheng Zhu and Anbo Wang. Miniature fiber-optic pressure sensor[J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2005, 17(2): 447-449.
- [7]Griffin B., Connelly M. J. Digital signal processing of interferometric fiber optic sensors[C]. IEEE Lightwave Technologies in Instrumentation and Measurement Conference, 2004: 153-156.
- [8]金毅彬,庄明.基于 PLC 和组态软件的螺杆压缩机组监控系统[J].微计算机信息,2004,2:3-4.

作者简介:王秋才:1973 年 11 月生,男,汉族,福建惠安人,硕士,讲师。现在长安大学信息工程学院任教,主要研究方向:光纤传感、智能检测技术及计算机应用系统等,E-mail:qcwang@chd.edu.cn.

Biography:Wang Qiucan(1973.11-), male, born in Huian, Fujian, Han nationality, Master, Lecture of school of information engineering,Chang' an University, major in optical fiber sensing, intelligent detection technology and computer application systems.

(710064 西安长安大学信息工程学院)王秋才 武奇生

(510150 广州市敏通光电科技有限公司)刘志麟

(710049 西安交通大学电信学院)张劲涛

(School of Information Engineering,Chang' an University,Xi' an 710064)Wang Qiucan Wu Qisheng

(Guangzhou Mintong Optoelectronic Technology Co.,Ltd., Guangzhou 510150)Liu Zhilin

(Institute of Telecommunication,Xi' an Jiaotong University, Xi' an 710049)Jin Tao

通讯地址:

(710064 西安市南二环中段长安大学信息工程学院)王秋才

(收稿日期:2006.12.17)(修稿日期:2007.1.15)