

# The Research of Surveillance and Tracking System of Moving Target

JIANG Fengjiao<sup>1</sup>, YANG Lixin<sup>2</sup>, ZHAO Shuping<sup>1</sup>, ZHU Kaiyan<sup>1</sup>

1. School of Information Engineering, Dalian Fisheries College, Dalian, China

2. Maritime College, Dalian Maritime University, Dalian, China

e-mail: jfj@dlfu.edu.cn, lixiang200566@163.com

**Abstract:** The deficiency of detection and tracking devices are analyzed firstly. In order to make the vision surveillance system to have autonomous function, surveillance and tracking system of moving target based on low price TMS320VC5509A DSP processor is designed. The system's hardware and software design are introduced separately, a method of reserving valid information and decreasing image is presented, which reduces the need of storage and process speed. The system detects motion target using difference image method through threshold image segmentation then automatically tracked target by using centered tracking algorithm. The surveillance motion error gained from the calculation of the center of target compared to the center of image is used as parameter for the motion of the camera to control the photo platform. The experimental result shows that the system has better performance.

**Keywords:** DSP; SAA7113; image processing; target detection; centered tracking

## 运动目标监视与跟踪系统的研究

姜凤娇<sup>1</sup>, 杨立新<sup>2</sup>, 赵树平<sup>1</sup>, 祝开艳<sup>1</sup>

1. 大连水产学院 信息工程学院, 大连, 中国, 116023

2. 大连海事大学 航海学院, 大连, 中国, 116023

e-mail: jfj@dlfu.edu.cn, lixiang200566@163.com

**【摘要】**在分析了现有的运动目标监视与跟踪装置存在的不足后,为了使视觉系统具有自主能力,设计了一种基于以低成本 TMS320VC5509A 数字信号处理器为核心的实时运动目标跟踪系统。文中介绍了系统的硬件和软件设计,提出保留有效信息的同时,如何减少图像的大小,从而降低了对存储空间及处理速度的要求。该系统运用差分图像法,通过阈值图像分割法来检测运动目标,并采用形心跟踪算法来自动跟踪目标,运算得到目标形心相对于图像中心的偏差作为摄像头运动的参数,最后根据这些参数控制摄像云台持续跟踪运动目标的移动。实验结果证明该系统取得了较好的跟踪效果。

**【关键词】** DSP; SAA7113; 图像处理; 目标检测; 形心跟踪

### 1 引言

通过摄像机监控动态场景,早已被广泛应用于生产生活中,从社区和重要设施的保安监视到城市和高速公路的交通监控,从军事目标的检测跟踪到智能武器。在人类社会的方方面面,摄像机作为人类视觉的延伸,起着非常重要的作用。智能视觉监控就是在不需要人干预的情况下,通过对摄像机拍摄的图像序列进行自动分析来对动态场景中的目标进行定位,识别和跟踪,并在此基础上分析和判断目标的行为。近年来,人们提出了许多方法用于检测和跟踪序列图像中的运动目标,但是由

于受到计算机速度和算法复杂度的限制,使得在检测和跟踪运动目标的实时性和鲁棒性方面总是不太理想。但是随着 DSP 芯片的出现和 DSP 技术的发展和广泛应用,使得计算机视觉技术和数字图像处理技术也得到了很大的发展, DSP 的快速运算能力和灵活的编程正好弥补了计算机视觉和数字图像处理领域数据量大,计算复杂,算法不易调试的缺点[1]。因此,本文在基于序列图像的运动目标的研究中应用了性价比非常高的 TMS320VC5509A 数字处理器,来提高系统的整体的性能。

### 2 系统整体设计

国内在目标监视与跟踪系统的硬件上也做出了一些很有代表的研发,一般都是采用了 TMS320DM642, SAA7115, FPGA 等器件使得系统的造价昂贵,因此设计开发既能满足实时目标检测和跟踪算法的要求,价格又便宜,适合产品化的运动目标监视和跟踪系统就有非

常实际的意义。

系统主要由 CCD 摄像机,高速数字云台,视频解码器,图像存储器, DSP 处理控制器,小型监视器,报警模块等部分构成。硬件系统框图如图 1。

系统采用韩国世林一体化摄像机采集室内图像,利

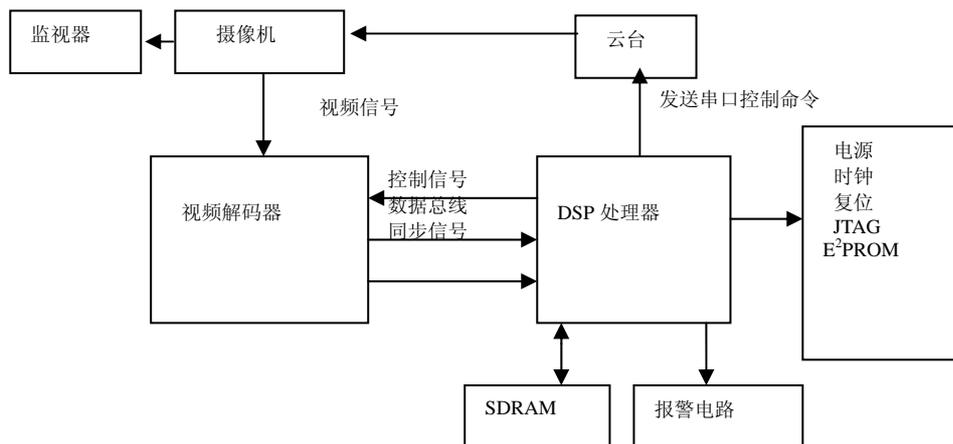


Figure 1. Moving target surveillance and tracking system hardware block diagram  
图 1. 运动目标监视与跟踪系统硬件框图

用 Philips 公司的专业视频解码器 SAA7113H 实现图像的数字化。

云台采用亚安 YA5309,该云台采用瑞士电机,运行稳定可靠,内置 YAAN, AD, PELCO 等多种协议,只要通过 DSP 串口发送 7 个字节的云台控制命令就可灵活控制云台,达到实时跟踪的目的,运行速度:水平 12 度/秒,垂直 12 度/秒。旋转角度:水平 0 度~355 度,垂直:0 度~90 度。

SDRAM 图像存储区可以按照一定的时间周期存储图像帧数据, DSP 处理控制部分主要负责整个系统功能模块的总体规划和调度,包括实时监控图像采集数据进行运算处理,并实现对数字云台的驱动控制以及报警的电路控制等。

监视器给人以直观的视觉效果,实时观测被监视范围内目标的移动。

### 3 系统工作流程和原理

该跟踪系统的工作过程为:系统开机后 DSP 的片外存储器的程序被加载到 TMS320VC5509A 芯片内部的程序区,然后根据程序中的算法对采集到的图像序列进行处理,获得控制云台的参数并传递给云台控制器,从而控制云台持续跟踪目标运动。该系统运用差分图像法,通过阈值图像分割法来检测运动目标,并采用形心跟踪算法来自动跟踪目标,通过运算得到目标形心相对于图

像中心的偏差作为摄像头运动的参数,根据这些参数来确定云台的移动方向和移动范围,当形心坐标在一定区域范围内变化时,既跟踪的目标始终在摄像机规定的视野范围内,云台不移动。而当形心坐标超出规定的范围时,即跟踪的目标离开了摄像机规定的区域范围时, DSP 芯片根据目标移动的距离,通过跟踪算法计算的结果输出控制云台的信号,控制云台随着目标移动的方向转动,实现对运动目标的实时跟踪[2]。

## 4 装置硬件的具体实现

本装置对核心处理器、存储器等器件的选择关系到整个装置的性能和价格,即选择性能价格比高且能满足设计需要的器件。另外,需要解决关系到该硬件能否实现的关键技术问题如:处理器的选择、图像采集存储的问题。

### 4.1 数字信号处理器选择

处理器需要根据算法及实际被测目标对处理能力的要求来选择。目前的处理器主要有单片机、ARM、DSP 等等,因此采用专用的数字信号处理器 DSP 作为该装置的核心处理器。该 DSP 既要满足算法对速度的要求,又要尽可能的降低成本[3]。系统采用 TMS320VC5509A 作为该装置的核心处理器,该 DSP 全速工作时可以达到 200M,在实际应用中,由于追踪目标

精度要求不高,而摄像机仍在运动,只要调整速度跟上即可,通过计算每帧处理时间为 100ms/帧,如果我们按照 25 帧/秒,则采两帧图像需要 80ms,我们的处理时间虽然大于采集时间,但基本上达到了准实时的要求,,如果我们把采样率降低,比如采样速度为 6.25 帧/秒,则采集两帧图像需要 320ms,在连续追踪的过程中,并不影响跟踪效果,从原则上而言,该系统已经达到了实时追踪和监测的要求。同时 TMS320VC5509A 拥有丰富的外设资源,可以使该芯片拥有更强大的功能。如: ADC、时钟发生器、直接存储器访问(DMA)控制器、外部存储器接口(EMIF)、主机接口(HPI)、内部集成电路模块(I2C)、多路缓存串口(McBSP)等[4]。VC5509A 作为该装置的核心处理器,既能满足算法对速度的要求,又尽可能的降低了成本。

#### 4.2 图像的采集存储问题研究

该装置是通过模拟摄像头采集室内图像,经视频解码器转换成数字图像并存储起来供 DSP 处理。因此,需要研究并解决视频解码器的正确配置、视频解码器的输出与 DSP 的输入的时序匹配、减少贡献不大的图像像素的取舍等问题。

SAA7113H 输出的像素频率是 27MHz,而 DSP 存储像素的时间要比视频解码器输出的像素慢,这样就出现了时序上的不匹配,导致丢失像素点。该时序不匹配问题的通常解决方案是在视频解码器与 DSP 之间加一个数据缓存存储器 FIFO 来暂存数据,但该方法增加了一个器件,也就增加了系统的复杂度,降低了系统的可靠性。与此同时还需要增加额外的时间,对于实时图像处理系统来说,该额外时间是应该尽量消除掉的。本装置采用 DMA(直接存储器访问)控制器来存储图像,该方法在节省掉 FIFO 的同时可以实现视频解码器与 DSP 的时序匹配即图像数据的无丢失存储。

前文提到本装置希望减少贡献不大的横向像素个数,来实现满足目标检测跟踪算法的同时减少图像大小。这里使用以下两点技巧:采用 DMA 存储时采用 8-bit 数据格式,而 DSP 的数据空间是 16-bit 数据格式的,因此,每两个图像像素会存储在 16-bit 的高、低 8 位上,在处理图像时采用 16-bit 格式,只处理低 8-bit 数据,这样就减少一半的横向像素即图像的隔列存储,因为系统检测跟踪算法对图像的纹理要求不高,所以隔列存储对检测跟踪没有影响,满足系统要求。系统采集图像大小为 200\*300,一幅图像需要的数据存储空间大小大约是 60K,需要三幅图像,而本装置核心处理器

TMS320VC5509A 的片上存储空间是 128K 16-bit words RAM,因此需要外扩数据存储器。

#### 4.3 图像存储器的选择

本装置核心处理器 TMS320VC5509A 有 320K bytes 的片上 memory,其中 128K 16 位字随机读写存储器(16-bit words RAM)和 32K 16 位字只读存储器(16-bit words ROM),其片上 128K 16 位字 RAM 可以用做程序空间,又可以用做数据空间。在空间分配上,需要存储 3 张 200\*300 的图像数据,分别用于存储前一场图像,当前场图像,及它们的差分图像,大约 120K,所以 128K 16 位字 RAM 对存储这些图像数据,还要满足运动目标检测和跟踪算法及处理的中间结果的需要来说是远远不够的,因此需要外扩数据存储器, DSP 芯片访问片外存储器时必须通过存储器接口 EMIF(External Memory Interface),5509A 的 EMIF 具有很强的接口能力,可以与目前几乎所有类型的存储器无缝连接。本系统应用了 4 个彼此独立的外存接口(CEX),选用美光 MT48LC8M16A2 外扩 128Mb 数据空间,足够满足存储所需图片的要求。MT48LC8M16A2 是美光公司推出的一种单片存储容量高达 128Mb 的 16 位宽高速 SDRAM 芯片,它的同步接口和完全流水线的内部结构使其拥有极大的数据传输速率,可以工作高达 133MHz,刷新频率每 64ms 为 4096 次,从而满足存储图像时的速度要求。

### 5 系统软件算法的设计

运动目标检测与跟踪在许多领域都存在着广泛的应用,它是应用视觉研究的焦点之一,也是我们这个系统的核心所在,我们采用了一种基于差分图像的运动目标检测算法,检测的结果是符号化的图像,其中运动目标由其外接矩形表示,然后通过计算目标的形心坐标与图像中心坐标的偏差来控制云台和摄像机动作,使目标显示在中央,进而达到运动目标的跟踪。

#### 5.1 目标的检测算法

差分图像的思想是直接比较背景图像与有运动物体进入背景的图像之间对应像素点的灰度值,当两幅图像对应点的灰度之差大于某个阈值时,说明有变化存在,否则说明没有变化存在,数学表达式为:

$$D(x, y) = \begin{cases} 1, & |f_1(x, y) - f_2(x, y)| > T \\ 0 & \end{cases} \quad (1)$$

式中  $f_1(x, y)$ ,  $f_2(x, y)$  分别为背景图像和物体进入背景时的图像,  $D(x, y)$  为在点(x,y)的二值图像,  $T$

为阈值,产生变化的原因可能是场景中物体运动,物体进入或离开场景,场景中照明变化或有噪声,为了克服照明变化和噪声的影响,我们采用相邻帧差法[5]。

### 5.2 目标的跟踪定位

目标跟踪定位就是确定目标在当前视场中的位置,然后计算偏离中心的程度,偏移量通过 DSP 的串口来控制云台的动作,以保证目标在视场的中央。一般图像处理系统对目标定位跟踪时,确定目标位置的方法分两类,既波门和相关跟踪算法。

#### (1) 边缘跟踪

可选目标边缘上下左右之中的一个作为跟踪点,并使波门套住此点,以抑制背景或目标的其余部分。

#### (2) 形心跟踪

DSP 对跟踪窗内的数字图像处理得到一阈值再从跟踪窗内的数字图像中分割出目标像元,然后根据分割出的全体目标像元位置数据和目标像元的点数,计算出

目标的形心,目标的形心相对于视场中心的位置数据则作为目标偏差数据。形心计算公式为:

$$x_c = \frac{\sum_x^{m-1} \sum_y^{n-1} x \cdot g(x, y)}{\sum_x^{m-1} \sum_y^{n-1} g(x, y)}$$

$$y_c = \frac{\sum_x^{m-1} \sum_y^{n-1} y \cdot g(x, y)}{\sum_x^{m-1} \sum_y^{n-1} g(x, y)} \quad (2)$$

式中 m,n 是跟踪窗口的大小尺寸,g(x,y)为二值后的图像.由于边缘跟踪算法易受干扰,精度较低,所以我们采用形心跟踪[6]。

### 5.3 实验结果

系统中,我们只处理每帧图像的奇场图像,图像大小为 200\*300\*8BIT.图 3~图 4 给出了图像处理的实验结果,图片大小都按比例缩小。



Figure 2. Background image  
图 2 背景图像



Figure 3. First frame image  
图 3 第一帧图像



Figure 4. The first frame object segmentation  
图 4 第一帧目标分割

## 6 结论

本文提出的基于视觉的运动目标监视与跟踪系统,借助形心跟踪算法实现了实时跟踪.该装置在保留有效信息的同时减少图像的大小,提高处理速度、减少存储空间实现较低成本的器件替代高成本器件完成测量任务.经过测试发现该装置能很好的适应目标检测和跟踪算法、对运动目标监视和跟踪产品化有重要意义。

### 致谢

在完成本论文期间,得到了辽宁省教育厅科学计划的支持以及很多同仁的指导,尤其是本论文的合作

者,在此一并表示感谢。

### References (参考文献)

- [1] 杨宜禾,周维真.成像跟踪技术导论[M].西安:电子科技大学出版社,1992,1~6.
- [2] 王栓,艾海舟,何克忠.基于差分图像的多运动目标检测与跟踪.中国图形图像学报,1994,4(6):470~475.
- [3] 王剑平,王艳君,卢中南.嵌入式 DSP 在监控中的应用与研究[J].微计算机信息,2007,4(2):204~208.
- [4] Texas Instruments Incorporated 著.彭启琮,武乐琴,张舰等编译.TMS320VC55x 系列 DSP 的 CPU 与外设[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [5] 刘平.图像分割阈值选取技术综述[EB/OL].CSDN 技术中心网.
- [6] 何斌,马天予,王运坚等.Visual C++ 数字图像处理(第二版).北京:人民邮电出版社,2004.