

文章编号:1671-637X(2006)04-0100-03

TMSDM642 图像处理平台技术的应用研究

周游国, 姜长生

(南京航空航天大学自动化学院, 南京 210016)

摘 要: 针对图像处理中数据量大、传输率高、运算复杂的实际需要,介绍了一种基于 TMSDM642 图像处理平台实现图像实时处理的方法,并利用该平台设计了一种自动监控预警系统,可用于重要设备设施等监控场所。经现场测试及长时间运行,该系统工作稳定,抗干扰能力强,误警率低,可满足实时监控要求。

关键词: DSP; 图像处理; 目标检测

中图分类号: V271.4; TN911.73

文献标识码: A

Study on application of image processing based on TMSDM642

ZHOU You-guo, JIANG Chang-sheng

(College of Automation Engineering, NanJing University of Aeronautics Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: To meet the requirement of image processing of large quantity data, high transmission ratio and complicated computation, the authors introduced a real-time image processing method based on the TMSDM642 platform. They also designed a system of auto-monitored early alarm system based on the platform, which can be used for the monitoring of important devices or facilities. Test on the spot and long-time running proved that the system is stable in operation, has a strong anti-jamming capability and a low false alarm probability. It can satisfy the real-time monitoring requirement.

Key Words: DSP; image processing; target testing

0 引言

随着 DSP 芯片集成度、稳定性、运算速度、数据吞吐量等性能的不提高,给数字信号处理带来了巨大的发展空间^[1]。同时,也因高性能数模、模数器件的出现,DSP 不再局限于传统音频、视频处理及离线信号处理等方面的应用,数字信号处理的研究内容由开始简单的非实时处理转向高速实时应用。本文概要介绍美国德州仪器公司(简称 TI)第三方公司推出的实时图像处理平台 TMSDM642 的主要特点,并给出了一项基于 TMSDM642 的自动监控预警系统应用实例。

当前,监控系统大多是通过 PCI 总线以插卡的形式集成在微机系统中,数据通过 PCI 总线或卡上

所带接口进行交换和传输^[2],从而完成图像的各种处理。这种方式不足之处是体积较大,使用起来不是很灵活。而且目前的监控系统大多是完成图像的采集、编解码及存贮,并不能进行有效检测预警,所以本文充分利用了 DSP 易于满足图像处理中运算量大、数据传输率高等特点,在算法上作了较大的改进,以便实现对重要设备设施自动监控报警。

1 图像处理系统硬件

本系统主要以数字媒体信号处理器(Digital Media Processor) TMS320DM642(下面简称 DM642)为核心,结合音频、视频编解码器及其它外围器件,完成数字信号实时处理。其原理框图如图 1 所示。

1.1 TMS320DM642 处理器^[3-4]

DM642 是全球最大的 DSP 制造商德州仪器公司推出的 C64X 系列的一款高性能定点 DSP。在 600 MHz 时钟

收稿日期:2005-06-09 修定日期:2005-06-27

作者简介:周游国(1974-),男,河南信阳人,硕士生,主要从事 DSP、图像处理研究。

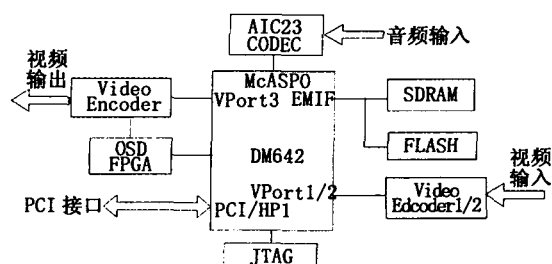


图1 数字信号处理系统原理框图

主频下,数字处理能力可以达到4 800 MIPS(每秒百万条指令)。具有64个32位通用寄存器(分A、B二组),8个独立的可以并行运行计算功能单元(L1、S1、M1、D1、D2、M2、S2、L2)。DM642有二级缓存结构:第一级缓存(L1)共32 kB,它包括数据缓存(L1D)和程序缓存(L1P),各占16 kB;第二级L2是一个统一的程序/数据空间,可全部作为SRAM映射到存储空间,也可全部作为二级Cache,也可以是按比例混合使用。DM642具备64位的扩展内存接口(EMIF),可同步内存高速直连,最大总线速度为133 MHz。EMIF有4个片使能,能够支持64 bit、32 bit、16 bit、8 bit的外部器件。DM642有64个独立通道的EDMA控制器,负责片内L2与其它外设之间的数据传输。

3个可配置的视频端口(VP0、VP1、VP2)。3个视频端口能提供和通用的视频编、解码器等数据流的无缝接口。支持CCIR601, ITU - BT. 656, BT. 1120, SMPTE125M, SMPTE260M, SMPTE 274M 和 SMPTE296M 等多个视频标准。

I²C总线。I²C总线端口使DM642容易控制外围器件,如视频编、解码器,EEPROM等。

1.2 视频输入/输出

视频口0和视频口1为视频采集输入端口,各连一片Philips视频解码器SAA7115HL, SAA7115 HL可以直接接收PAL、NTSC、SECAMS复合视频和Y/C(S端子)视频格式。DM642通过I²C总线对SAA7115HL进行参数设置。

视频口2为视频输出端口,连接一片Philips视频编码器SAA7105H, SAA7105H可以直接输出PAL、NTSC、SECAMS视频格式,也可以以Y/C(S端子)及高清晰度电视输出,VGA输出。在需要屏幕显示时可把FPGA内部的FIFO中的数据与视频口数据混合。

1.3 存储器配置

平台配置了32 MB高速同步动态存储器(SDRAM)及4 MB的FLASH存储器。

1.4 其它配置

为扩展开发功能,还配置了音频输入输出、立体

声输入、立体声输出、RS232电平驱动、PCI驱动、PCI接口、JTAG接口、子板接口、以太网接口等等。

2 图像处理算法的应用

2.1 系统软件设计

自动监控报警系统所完成的任务是对固定场所重要设备设施实行自动监控报警。系统软件设计如图2所示。本系统工作过程是:在系统上电以后,从Flash加载程序,并进行系统初始化工作,主要完成芯片初始化、外围硬件配置等工作,为图像输入及处理做好准备。初始化工作完成后,便进行图像采集,由摄像头摄入的PAL制图像(根据设置也可选用其它图像格式)传送到SAA7115HL解码器, SAA7115HL解码器将信号转变成并行的BT656图像码流送DM642视频口VP0(VP0和VP1功能相同,选择其中任何一个均可),DM642视频口解码BT656,得到YUV(4:2:2)格式的图像,并通过EDMA传输到动态存储器(SDRAM)中存储,图像大小为每场720 * 288(宽 * 高),每帧720 * 576(宽 * 高)。CPU通过访问SDRAM中的图像数据,依照程序进行相应的图像处理。处理完成后的图像数据临时存储在输出缓冲区(SDRAM),DM642视频输出接口VP2通过EDMA从输出缓冲区取得数据后形成BT656码流输出到视频编码SAA7105H。SAA7105H接收输出BT656码流转换成标准电视信号(PAL制)进行图像显示。

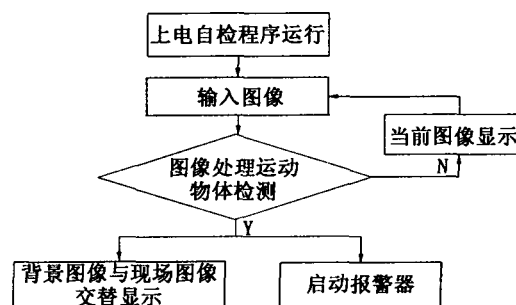


图2 程序流程框图

在图像处理程序中,设背景图像为摄像头摄入的第一帧图像,当前图像为摄像头从第二帧开始输入的图像,现场图像为当前图像中检测到运动物体时的图像。当没有检测到运动物体时,监视器显示当前图像,当检测到运动物体时,监视器显示背景及背景图像,同时启动报警器。

2.2 视频数据传输^[5]

对DSP系统设计,数据传输设计是一个关键环节,如果设计不好很可能成为系统的瓶颈^[1]。本系统采用

的是 YUV422 彩色图像编码, 平均每个像素占用 2 个字节的容量, 每秒数据流量: $720 \text{ 像素} \times 576 \text{ 行} \times 25 \text{ 帧} \times 2 \text{ 字节} = 20\,250 \text{ kb/s}$ 。如此大的数据量, 如果采取通常的处理方法——处理一帧传送一帧, 很难满足实时性要求。图像数据存贮在 SDRAM 后, 可利用芯片的 EDMA (扩展的直接储存器访问) 方式, 边传输边处理的方法, 来加快数据处理速度。说明如下:

EDMA 的最大优势在于它可以直接访问储存器, 而不占用 CPU 工作时间。为了动态及时地更新图像, 需要在 SDRAM 中设置 3 个视频输入缓冲区, 如 A、B、C, 每个视频区大小设置容纳一帧图像即可。在图像数据处理工作前, A、B、C 中的图像数据在 EDMA 的工作方式下依次轮流自动更新, 更新方式: 视频数据首先传送到缓冲区 A, 当 A 中的数据填充完后, 由事件触发器触发 EDMA 进行数据传输, 把数据传送到缓冲区 B, 同样当 B 中的数据填充完后再由 EDMA 传送到 C。图像处理开始时, 一般先处理的是 A 缓冲区数据, B、C 缓冲区的数据依照上面的更新方式进行自动轮流更新, 此时 B 区数据比 C 区数据新。当 A 区图像处理完毕, 由 CPU 向 EDMA 控制器发送一个交换命令, CPU 开始处理 B 区中的数据, 此时, C、A 中的数据开始依次轮流更新, 此时 C 区的数据比 A 区的数据新。同样, 当 CPU 发送命令处理 C 中的数据时, A、B 中的数据进行交换。

同样, 对视频输出缓冲区而言, 也需要在 SDRAM 中设置 3 个缓冲区, 其工作方式与输入缓冲区一样, 图像显示时, 需要对输出缓冲区的数据不断更新, 以保证图像显示的连续性。

2.3 目标检测算法^[6]

由于本系统完成的是对重要设备设施实现无人监控, 当设备移动或消失时, 可实现自动报警。对运动物体的检测, 通常主要有 3 种实现方法: 光流法、相邻帧差分法、能量检测法和背景减除法。光流法的优点是在需要预先知道场景的任何信息就可以检测出运动的物体, 而且还可用于摄像机运动的情况, 但是绝大部分光流法计算复杂、耗时, 除非有特殊的硬件支持, 否则很难实现实时检测。相邻帧差分法对于动态环境具有较强的自适应性, 但是它不能够完整地分割运动的对象。运动能量法比较适合于复杂变化的环境, 但是实际运用时, 也复杂耗时。背景减除法比较适用于场景固定的情况, 而且这种方法计算速度较快。

根据本系统设计任务, 综合考虑, 采用背景减除法来实现(如图 3 所示)。但是背景减除法不足之处是对亮度的变化很敏感, 在实际应用中, 随着时间的推移,

背景中的亮度不可避免地会发生一些变化, 如果背景减除法一直使用最初的第一帧图像作为背景模型, 时间稍长就很容易产生较大的误差。为了解决这个问题, 考虑对背景图像进行动态更新, 即用当前图像来替换背景图像, 以消除亮度带来的影响。在本系统中, 经实验测定, 设置每 60 s 进行一次动态更新, 效果较好。

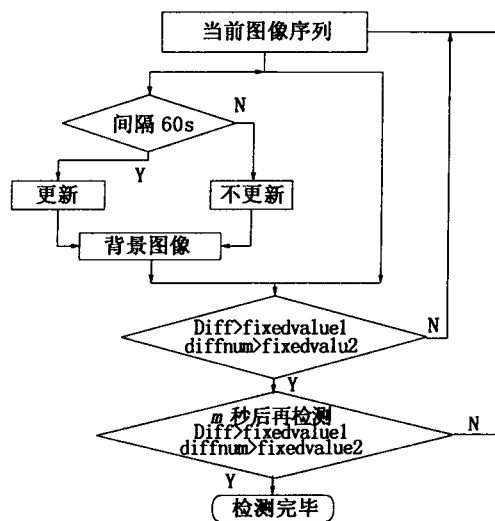


图 3 运动检测流程图

另外, 当环境中的一些细小物体出现暂时性变化时, 如小物体的摇动、日光灯的闪烁等等, 为了减少这些物体带来的误警率, 进行了延时检测设置。即当第一次检测到运动物体后, 延时 m 秒后, 再进行一次运动检测, 延时时间 5 ~ 8 s 为宜。

取运动检测模板为 5×5 (见图 4), 设背景图像的灰度值为 $X_{11}'、X_{12}' \dots X_{15}', X_{21}' \dots, X_{55}'$, 当前图像的灰度值为 $X_{11}、X_{12}、\dots、X_{15}、X_{21}、\dots、X_{55}$, 当背景差值 $\text{diff} = \text{abs}(x_{11} - x_{11}') > \text{fixedvalue}1$, 对 5×5 模板每个像素分别求差值, 当差值大于 $\text{fixedvalue}1$ 的灰度值像素个数总和 $\text{num} > \text{fixedvalue}2$ 时, 对这个像素赋为固定值。由于处理的是 YUV422 格式彩色图像, 所以要对 YUV 分别赋予固定值 $Y\text{value}、U\text{value}、V\text{value}$ 。经实验调试 $\text{fixedvalue}1、\text{fixedvalue}2$ 分别为 15 和 18 时, 效果最佳。

```
for(i=1; i<6; i++)
{
  for(j=1; j<6; j++)
  {
    if(abs(xij - xij') > 15)
      num++;
  }
  if(num > 18) {
    Yx33 = Yvalue;
    Ux33 = Uvalue;
    Vx33 = Vvalue;
  }
}
```

(下转第 109 页)

补偿时电视跟踪的最大跟踪误差 $< 80'$ 。

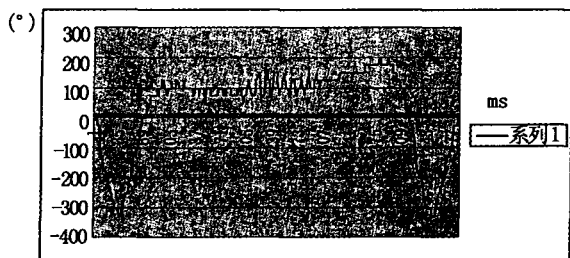


图 6 无补偿时电视跟踪的实际跟踪误差图

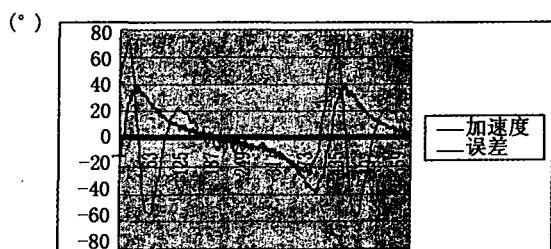


图 7 电视跟踪的实际跟踪误差图

由图 7 可以看出加速度较小时,跟踪误差较小;加速度较大时,跟踪误差较大,可得出系统的跟踪误差主要由加速度引起。

6 结论

加入速度、加速度滞后补偿后的等效复合控制可以提高系统的速度、加速度品质因数。实际运行结果表明:双闭环控制系统,及速度滞后补偿和加速度滞后补偿技术的综合运用,能够提高电视自动跟踪系统的跟踪精度。在跟踪以 $50 (^\circ)/s$ 最大速度、 $30 (^\circ)/s^2$ 最大加速度等效运动的目标时,最大跟踪误差小于 $80'$,达到了目前经纬仪跟踪快速运动目标的较高水平。

参考文献:

- [1] 刘胜,彭侠夫,叶瑰昀.现代伺服系统设计[M].哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2001.
- [2] 王毅,魏忠和.补偿伺服系统速度误差和加速度误差的方法[J].光学精密机械.1973,(13):13-20.
- [3] 王建立.光电经纬仪电视跟踪、捕获快速运动目标技术的研究[D].长春:中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,2002.
- [4] 胡寿松.自动控制原理(第3版)[M].北京:国防工业出版社,1994.
- [5] 孙健,高慧斌,王红宜.加速度滞后补偿环节参数的确定[J].光学精密工程,2003,11(4):202-205.

(上接第 102 页)

X11	X12	X13	X14	X15
X21	X22	X23	X24	X25
X31	X32	X33	X34	X35
X41	X42	X43	X44	X45
X51	X52	X53	X54	X55

图 4 检测模板

以上算法以单个模板为例,在编程时,既要考虑到算法实现问题,又要考虑到实时处理问题。以 Y 通道为例:编程时设置了一个可以容纳 5 行数据的二维数组 Temp [5][720]。处理的原则是传送一行处理一行。比如当数组的第 1 至第 5 行分别存放图像的第 1 行至第 5 行数据,就可以按着上面的模板从左到右进行循环检测了。这 5 行检测完毕后,图像第 6 行数据开始传输进来,此时数组里存放的是图像第 2 行至第 6 行的数据了,按照上面的模版又可以进行循环检测了,直至一幅图像检测完毕。由于本系统对实时性要求不是很高,所以每次传送一行处理一行,如果要求实时性很高,可以设置每次传送 1/2 或 1/4 行,以便加快速度运行,只是在算法设计上稍复杂一些。对于 UV 通道而言,处理的原则是一样的,不同的是二维数组大小设置为 Temp [5][360]就可以了。另外,对于屏幕周边像素的计算可采取边缘外扩补零方法进行实现。

当检测出设备设施移动或消失时,通过变换视频

输出缓冲区的图像数据,可使监视器交替显示设施移动前后的现场图像,以便人工复查。

系统软件编程和调试是在 Code Composer Studio 2.2(CCS2.2)环境下完成的,本系统的代码完全由 C 语言实现。

3 结束语

本文以高速 TMS320C642 为平台,设计了自动监控报警系统,对重要场合的设备设施实现无人值守。当被监控设备设施移动或消失时,可自动报警,并对现场进行记录,以备后查。经测试及长时间运行,该系统工作稳定,抗干扰能力强,误警率低,达到了实时处理要求。

参考文献:

- [1] 李方慧.TMS320C6000 系列 DSPs 原理与应用[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [2] 楼旭旦,王洪玉,李宏东.利用 DSP 实现远程监控系统设计[J].电视技术,2004,(3):78-80.
- [3] TMS320C64x DSP Video Port/VCXO Interpolated Control (VIC) Port Reference Guider[R].
- [4] Texas Instruments Incorporated TMS320DM642 Technical Overview: DSP Video and Imaging Digital Applications [R].2002.
- [5] 孙勇,孙德宝.基于 TMS320C6201 的实时图像处理系统[J].现代电子技术,2003,(16):70-74.
- [6] 冈萨雷斯(美)等.数字图像处理(第二版)[M]阮秋琦,等译.北京:电子工业出版社,2004.