

基于 TMS320C6701 的嵌入式智能视觉监控系统设计与实现^①

Design and Implementation of an Embedded Intelligent Visual Surveillance System Based on TMS320C6701

谭永宏 (湖南科技学院 电子工程与物理系 湖南 永州 425100,
湖南大学 电气与信息工程学院 湖南 长沙 410082)

摘要: 为了使视觉监控系统具有自主能力,本文设计了一种基于嵌入式高速 DSP 处理器 TMS320C6701 的运动目标自动跟踪系统,通过对摄像机获取的序列图像进行自动分析,实现对动态场景中目标的定位、识别和跟踪,并在此基础上分析和判断目标的行为。首先介绍了系统的硬件和软件设计,然后运用差分图像法,通过阈值图像分割来检测运动目标,并采用形心跟踪算法来自动跟踪目标。实验结果表明该系统取得了较好的跟踪效果。

关键词: TMS320C6701 视觉监控 目标检测 差分图像

1 引言

近年来,随着计算机技术的高速发展,数字技术越来越多地应用于视觉监视系统中,极大地提高了系统的性能,使得远程监视、多功能自动报警连动、多媒体数据检索、多画面高清晰度显示成为现实,大大地推广了其应用范围^[1],成本也在不断地降低。

利用图像传感器获得目标图像信息来实现对目标自动跟踪的研究越来越受到重视。电视摄像机的主要用途之一就是保安监视。由于目前的监控系统使用的方法是事后查看录像带或硬盘,研究当时发生的情况,是一种被动的监控方式,所以人们迫切需要研究开发具有一定自主能力(如变化检测、报警、目标跟踪等)的高级保安系统,辅助人们完成日益复杂的保安检测工作。在各种自动跟踪算法中,差分图像算法具有算法简单、准确度高的优点,易于实时处理。

在视频跟踪中,为了能够在有限的时间内实现大量的运算处理,则需要采取一些提高运算速度的措施。采用更高性能的数字信号处理器,则是一条很重要的措施。高速 DSP 器件 TMS320C6701^[2] 的引入不仅会极大地提高视频图像处理的速度,也将使算法的选择更

为灵活和多样化,并将使整个系统的结构更简单,体积和功耗更小,实用化水平也必然随之提高^[3]。

2 TMS320C6701 的特点

作为一种尖端的信号处理技术,TI DSP6000 系列体系结构不仅特别适合于完成视频、图像、音频、语音和数据通信的数字信号处理,同时还提供综合的控制能力。本文设计的系统选用的 DSP 是 TI 公司的新一代高性能浮点数字信号处理芯片 TMS320C6701,它的主频达 167MHz,具有 VelocityTITM 先进 VLIW 结构内核,类似 RISC 的指令集,32bit 高性能外部存储器接口(EMIF)提供了与 SDRAM、SBRAM 和 SRAM 等同步/异步存储器的直接接口。本系统除上述视频模块外还包括:外部存储器(SBRAM、SDRAM、FIFO、FLASH)、PCI 接口模块、JTAG 调试接口、电源、复位等,设计基于 TMS320C6701 的系统能够为视觉监控提供更加灵活、集成度、稳定性更高的解决方案。

① 基金项目:国家自然科学基金资助项目(60775047)

3 系统的硬件设计

系统主要由 CCD 摄像机、高速数字云台、视频 A/D 转换、图像帧存储器、DSP 处理控制器、视频复合及 D/A 转换、报警模块等部分构成。硬件系统框图如图 1。

各部分具体功能如下: 视频 A/D 转换的作用是将模拟视频信号转换成数字量。SDRAM 图像帧存储区可以按照一定的时间周期存储图像数据。DSP 处理控制部分的作用是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, 并实现对高速数字云台的驱动控制以及报警声发生电路的控制等。视频复合及 D/A 转换的作用是将视频信号与工作状态字符、报警标记、报警次数等字符叠加起来, 同时转换成模拟视频信号, 供监视器显示。报警电路的作用是有活动目标进入现场或进入设定的警戒区域中时, 由 DSP 处理器控制, 发出报警的声响。

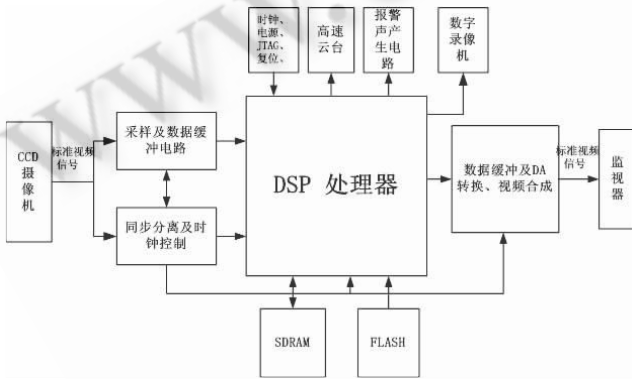


图 1 基于 DSP 的硬件系统框图

3.1 视频采集及存储设计

本系统的视频采集及存储模块主要由视频采集芯片和 FIFO 组成。视频解码芯片采用 PHILIPS 公司的 SAA7113H 芯片, 该芯片采用 CMOS 工艺, 通过 I2C 总线与 DSP 相连构成应用系统。它内部包含两路模拟处理通道, 能实现视频信号源选择、抗混叠滤波、A/D 转换、自动钳位、自动增益控制、时钟发生、多制式 (PAL、NTSC、SECAM) 解码、亮度/对比度/饱和度控制和多标准 VBI 数据解码。CPLD 的连续式布线结构决定了它的时序延迟是均匀的和可预测的, E2PROM 技术使得编程简单, 且断电时编程信息不会丢失。本系统采用 ALTERA 公司的 EPM7256AE 芯片, 它具有低电压 (3.3V)、高速度 (传播

延迟最小为 5ns)、高集成度 (内含 256 个宏单元) 等优点, 支持在线系统可编程 (ISP), 主要完成摄像机触发、SAA7113 的 I2C 控制、FIFO 期间的读写控制以及图像采集控制。视频采集及存储方案设计如图 2 所示。

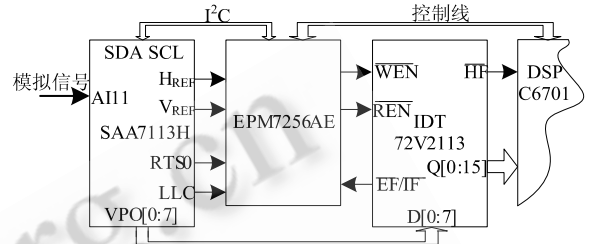


图 2 视觉采集模块及存储模块

3.2 DSP 图像处理模块设计

本设计选用的 DSP 是 TI 公司的新一代高性能浮点数字信号处理芯片 TMS320C6701, DSP 的图像处理外围电路设计如图 3 所示。

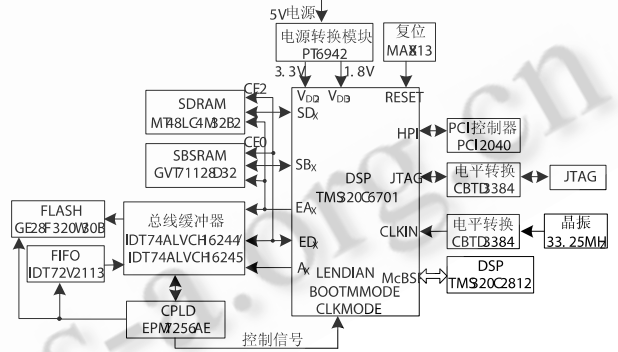


图 3 图像处理模块

4 系统的软件设计

运动目标的检测与跟踪^[4-7]在许多领域都有着广泛的应用, 它是应用视觉监控研究的焦点之一, 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^[7], 检测结果是符号化的图像, 其中运动目标由其外接矩形表示, 而后通过计算目标的形心坐标与图像中心的偏差来控制云台和摄像机动作, 使目标显示在的中央, 进而达到运动目标的跟踪。系统的软件结构图如图 4 所示。

4.1 目标的检测算法

我们研究的对象是在实时监控系统中, 突然出现在特定背景下的运动人体。可预先假定: (1) 摄像头与

背景的位置相对固定,背景在图像序列中静止不动;
 (2) 场景中照明保持不变。差图像法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。用数学公式表示为

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

式中 $f_1(x, y), f_2(x, y)$, 分别为背景图像和有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、场景中照明变化或是噪声。为了克服照明变化和噪声的影响,我们采用相邻帧差法。差图像法的思想和算法均很简单,具有广泛的应用。

其中,阈值 T 是在分割时作为区分物体与背景像素的门限,大于或等于阈值的像素属于物体,而其它属于背景。这种方法对于在物体与背景之间存在明显差别(对比)的景物分割十分有效。实际上,在任何实际应用的图像处理系统中,都要用到阈值化技术。为了有效地分割物体与背景,人们发展了各种各样的阈值处理技术,包括全局阈值、自适应阈值、最佳阈值等等。

值-谷值法获得,也可以对图像邻域取平均获得。我们统计差分图像的灰度直方图,把分别对应目标和背景的两个峰值的中点的灰度值作为阈值。

其中将图像分割成矩形的算法如下:

(1) 初始化: $left =$ 监视区域的右边界, $right =$ 监视区域的左边界;

(2) 自上而下 (y) 从左到右 (x) 逐行扫描图像点 (x, y) , 若发现从它开始连续若干个点属于变化(目标)区域时,记 $top = y$, 否则转(6);

(3) 从该目标点向左找到目标的左边界点 x , 若 $x < left$, 则 $left = x$; 再以同样方式向右找到右边界点 x , 若 $x > right$, 则 $right = x$;

(4) 计算中点: 下 $x := (left + right) / 2$, 并下移一行 $y := y + 1$, 得点 (x, y) 。若该点属于目标点转(3), 否则记 $bottom := y - 1$, 得到一个新目标, 若目标面积小于允许得最小值, 舍弃之, 转(2);

(5) 将新目标与目标队列中其它目标区域比较, 如彼此距离在合并的范围(如 3 个像素)内, 则将该目标并入相应目标, 否则加入目标队列, 转(2);

(6) 将目标队列中彼此距离在允许合并范围内的区域合并, 得到最后的目标队列。

只有连续发生改变的误差数据才能反映是面状物体进入监视区域, 因此对非连续发生改变的误差数据应予以滤除以减低系统的误报率。由上面的算法来看, 它能有效的剔除干扰, 降低误报率。

4.2 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。用偏移量通过 DSP 的 UART 来控制云台的动作, 以保证目标在视场的中央。首先采用图像分割方法来原因跟踪窗口, 然后用边缘或形心跟踪等跟踪算法确定目标位置。相关跟踪则是将场景图像数字化后, 利用现场图像与前一时刻所选定的样板图像的相关函数来确定两个图像的最佳匹配位置, 从而确定目标的位置。考虑到跟踪精度我们采用形心跟踪。

数字信号处理器对跟踪窗内的数字图像处理得到一阈值, 根据该阈值再从跟踪窗内的数字图像中分割出目标象元。然后根据分割出的全体目标象元位置数据和目标象元的总点数, 计算出目标的形心; 由该形心数据得到下一场波门的跟踪数据; 目标的形心相对于视场中心的位置数据, 则作为目标的偏差数据。

形心计算公式:

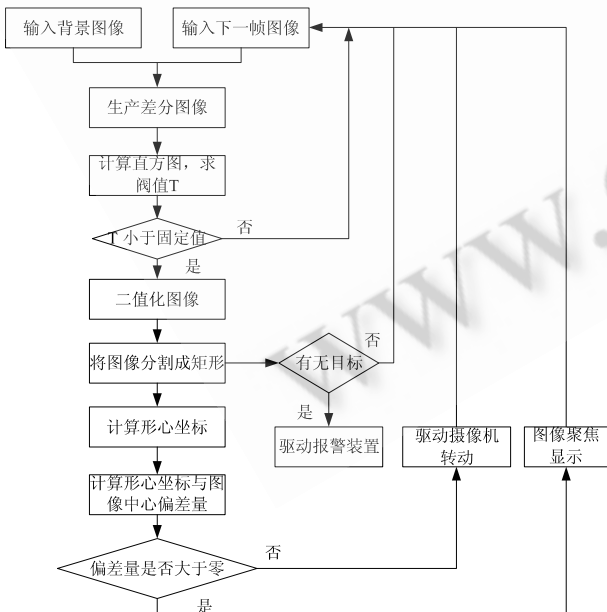


图 4 系统的软件结构图

图像的分割阈值 T 可以根据灰度直方图, 采用峰

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

$$y_c = \frac{\sum_x \sum_y^{m-1, n-1} y \cdot g(x, y)}{\sum_x \sum_y^{m-1, n-1} g(x, y)} \quad (3)$$

式中, m, n 是跟踪窗口的大小尺寸, $g(x, y)$ 是二值化后的图像。

5 实验结果

在实际系统中, 我们只处理每帧图像的奇场图像, 图像大小为 $720 \times 288 \times 8\text{bit}$, 图像为 8 位灰度图像。在 SDRAM 中位置分别为: $0x00000000$, $0x000040000$ 。对两场图像完成差分二值化并把二值图像保存在 SDRAM 中的 $0x240000$ 开始的地址空间。以下各图是实验中从 SDRAM 中所导出的图像。

该平台硬件性能稳定可靠, 加上其硬件的高速、低功耗等特点, 使其可以满足一些更高复杂度算法的需求, 不必对硬件进行改动, 只需修改应用软件即可满足实际要求。在实现自动目标跟踪的功能上, 一次跟踪算法处理速度约为 300ms 。根据实际测试, 当摄像机与运动目标的距离大于 1m 时, 能对运动目标进行有效跟踪。



图 5 前一帧奇场图像(起始地址 $0x00000000$)



图 6 后一帧后场图像(起始地址 $0x40000$)

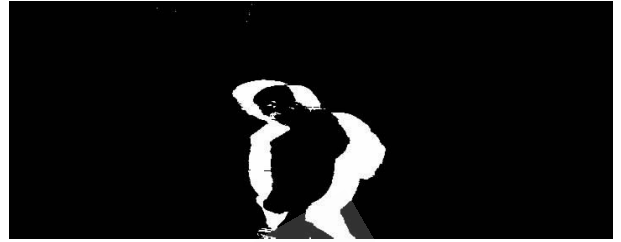


图 7 差分二值化(起始地址 $0x240000$)

6 结论

本文设计了一种以 TMS320C6701 为核心处理器的运动目标自动跟踪系统, 采用了差图像法来检测运动目标, 用形心跟踪算法来跟踪定位运动目标。该系统具有体积小, 速度快, 实时性好等优点。该系统能有效地检测目标并自动跟踪目标, 具有很好的应用前景。

参考文献

- 1 章毓晋. 图象处理和分析. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- 2 李方慧, 等. TMS320C6000 系列 DSPs 原理与应用. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- 3 汤霞清, 周启煌, 谢志宏. 视频图像实时处理器的设计. 装甲兵工程学院学报, 1998, 12(1): 29 - 33.
- 4 胡俊, 苏祥芳, 刘立海, 等. 图像序列运动检测算法的研究及其应用. 武汉大学学报(自然科学版), 2000, 46(5): 118 - 121.
- 5 Lin - Cheng Wang, Sandor Der, Nasser M, et al. A committee of networks classifier with multi - resolution Feature extraction for automatic target recognition. IEEE Conference on Neural Network, 1997, 3(6): 1596 - 1601.
- 6 Remagnino P, Tan T, Baker K. Multi - agent visual surveillance of dynamic scenes. Image and Vision Computing, 1998, 16(8): 529 - 532.
- 7 王栓, 艾海舟, 何克忠. 基于差分图像的多运动目标的检测与跟踪. 中国图形图像学报, 1999, 4(6): 470 - 475.