

基于达芬奇的运动目标检测系统^{*}

孙友统,董 辉^{*},俞 立

(浙江工业大学 信息工程学院,浙江 杭州 310032)

摘要:针对视频监控领域,利用达芬奇双核(ARM + DSP)处理芯片 DM6446 的高处理性能,设计了运动目标检测系统。在系统硬件上围绕 DM6446 进行了设计和实现;在用户软件上实现了视频的录制、存储、回放和运动目标检测等功能。ARM 核应用程序采用多线程设计,DSP 核运行目标检测算法。算法采用改进的颜色直方图方法,利用高斯模型计算颜色的背景概率,通过比较背景和前景的概率,达到了运动目标检测的目的。测试结果表明,算法简单可行,具有实时性,且软硬件工作良好,能够满足实时采集与图像处理的要求。

关键词:达芬奇;运动目标检测;直方图;高斯模型

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2010)06-0100-04

Motion detection system based on Davinci

SUN You-tong, DONG Hui, YU Li

(College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China)

Abstract: For video surveillance area, motion detection system was designed, taking the advantage of high processing performance of Davinci dual-core (ARM + DSP) chip DM6446. Hardware implementation were carried out with DM6446 processor. Video recording, storage, play-back, and moving target detection and other functions were implemented for the application software. Multithreading program was implemented on the ARM core, and the moving target detection algorithm ran on the DSP core. An improved method of color histogram was adopted by this algorithm, using the Gauss model for calculating the background probability of color, achieving the purpose of moving target detection by comparing the probability of background and prospects. Test results show that, algorithm is simple and feasible, the hardware and software work well. And it meets the real-time acquisition and image processing requirements.

Key words: Davinci; moving target detection; histogram; Gauss model

0 引 言

随着社会的进步发展,视频监控在人们生活的各个领域发挥着越来越重要的作用。图像处理技术的发展使得视频监控系统更具智能化。由于图像处理算法对处理器的运算能力要求很高,一般解决方案都采用 DSP 来处理^[1-2]。这种方案的缺点就是只能进行运动目标检测,系统功能单一,同时系统与外部的接口也较少,后期功能扩展困难。

笔者采用达芬奇系列处理芯片 DM6446 做为系统

处理主芯片设计一种运动目标检测的监控系统。DM6446 内部集成了 ARM 和 DSP 双核,能够在 ARM 核处理应用程序的同时在 DSP 核进行算法运算,提高了系统运算速度。系统采用改进的颜色直方图算法进行运动目标检测。算法结合颜色直方图和高斯模型,具有简单高效等特点。系统体积小、功耗低,在实时监控方面有很大的应用前景。

1 总体设计

系统硬件分为核心板和底板两部分,核心板由

收稿日期:2009-12-11

基金项目:浙江省自然科学基金资助项目(Y1080163)

作者简介:孙友统(1985-),男,浙江温州人,主要从事嵌入式系统技术方面的研究。E-mail:497916578@qq.com

通信联系人:董 辉,男,博士。E-mail:hdong@zjut.edu.cn

DM6446 和 DDRII 组成,DM6446 中 ARM 部分负责和外设交互。DM6446 中 DSP 部分负责对视频数据的检测和压缩处理。DDRII 芯片采用 MT47H64M16BT。底板主要由视频采集、视频输出、音频输入/输出、存储和外围控制等几部分构成,其系统结构框图如图 1 所示。

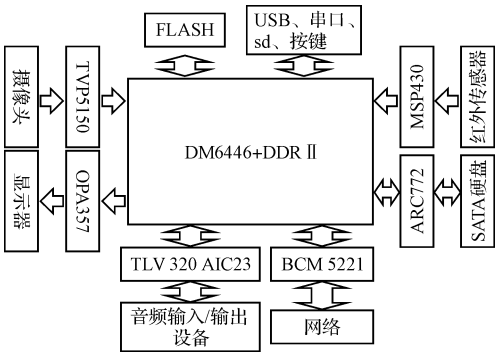


图 1 系统结构图

在本研究中,视频采集选用解码芯片 TVP5150,将彩色摄像头采集的模拟视频处理成数字信号。视频输出的数字视频信号经由 DM6446 自带的 D/A 接口转换成模拟信号,再由 OPA357 放大器放大输出到外部显示设备。系统提供 FLASH 和 SATA 硬盘两种存储方式。FLASH 采用 k9sI208 芯片,主要用来存储嵌入式 Linux 操作系统、引导程序 uboot、文件系统和应用程序。通过 ARC772 芯片将 DM6446 的 IDE 硬盘接口转换为 SATA 硬盘接口,用 SATA 硬盘存储采集处理的视频。音频输入/输出通过 TLV320AIC23 音频芯片实现语音的采集和播放。此外,有键盘和红外遥控传感两种控制输入。用户使用键盘或红外遥控器和系统交互,控制系统的当前功能模式。键盘由中断和 I/O 口引出,形成 2 × 5 行阵列。红外遥控传感采用 TSOP34840,由 MSP430 接收传感器信号,并将解码数据通过 I²C 向 ARM 核传送。

2 软件设计

2.1 软件构架

系统软件由 ARM 端软件和 DSP 端算法两部分组成。对芯片与外界的交互通过 ARM 端的 Montavista Linux、驱动和相关应用程序来管理。ARM 端软件根据红外遥控和键盘的控制信号,可实现视频的录制、存储、回放、运动物体检测等功能,并实时显示菜单界面。界面的菜单层次如图 2 所示。

程序的设计采用多线程的方式来实现,包括主线程、控制线程、捕捉线程、编/解码线程、显示线程、运动

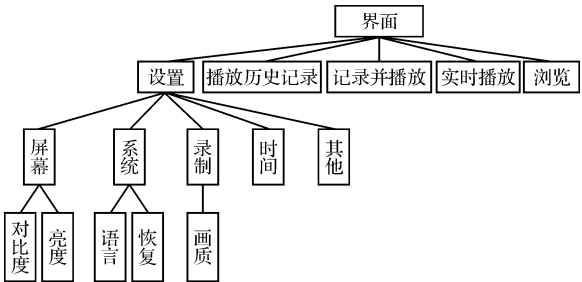


图 2 软件界面的层次结构

检测线程和存储线程。主线程在程序开始时运行,主要功能有解析命令行参数,初始化各线程运行环境,并创建各线程。控制线程接收红外和键盘的控制命令,控制各个线程运行和各个菜单界面的显示。捕捉线程通过摄像头捕捉图像数据,然后再将视频帧交由编解码线程或者运动检测线程处理。编解码线程根据控制命令可处于 3 种状态:①编码由捕捉线程提供的视频帧,将结果交由存储线程存储;②解码压缩视频文件,向运动检测线程提交解压视频帧;③处于休眠状态。根据控制线程的要求,运动检测线程采用改进的颜色直方图算法对由捕捉线程或编解码线程提供的视频帧进行运动目标检测,并由显示进程显示。存储线程将编码后的视频帧存储到硬盘中。

由于系统资源有限,因此在 DSP 端算法设计过程中应该充分考虑到这一点,设计高效的算法来实现系统高效稳定地运行。本系统各个部分的算法设计基本上达到了这一要求,运动物体检测算法的描述如图 3 所示。

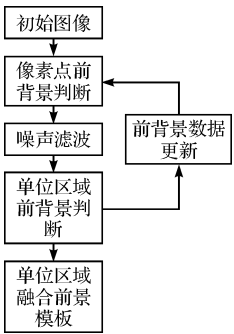


图 3 运动检测算法描述

系统通过 TI 公司提供的 Codec Engine 和 Codec Server 完成 DSP 核和 ARM 核之间的通讯和交互。系统实现了符合 xDM 的算法,避免了重写 stub 和 skeleton。Codec Server 为应用程序远端的调用提供了支持。通过 Codec Server 集成了自己的编解码器、框架构件和系统代码。应用程序通过 Engine API 的调用,实现了打开和关闭引擎,利用 VISA API 实现了对算法实例进行创建、控制、运行、关闭等操作。

2.2 背景分离

本研究在 DSP 核上运行运动目标检测算法。运动目标检测算法采用改进的颜色直方图方法对运动物体进行检测。直方图是指图像窗口中,多种不同灰度的像素分布的概率统计^[3,4]。在视频监视中,当摄像头保持不变时,可以认为背景不随时间变化。在连续的多个帧中,统计同一像素点不同像素出现的概率。在背景不随时间变化的情况下,每个像素点的颜色直方图中,背景像素出现的频率较高,而前景像素出现的频率较低。对于一个当前灰度值为 i 的像素点 P ,则用下式判断当前像素点像素是属于前景还是背景:

$$\text{If } FgPxp(i) = BgPxp(i) + Bias, \text{ then } P \in \text{Foreground}; \quad (1)$$

$$\text{If } FgPxp(i) = BgPxp(i) + Bias, \text{ then } P \in \text{Background}; \quad (2)$$

式中 $FgPxp(i)$ —像素点 P 的前景概率; $BgPxp(i)$ —像素点 P 的背景概率; $Bias$ —常量。

通过这种方法,理论上可以在每一像素点分别建立一个前景和背景的颜色直方图,来判断当前该点位置上的像素是属于背景还是前景。从直观上来看,这种方法简单可行,但实际运行运算量大,而且对光线渐变和背景变化的跟踪都很慢^[5],需要大量的内存。由于前景出现的概率与像素点的位置无关,因此,本研究采用“为整个前景维持一个颜色直方图”代替“为每个像素点维持一个前景的颜色直方图”。像素点的背景概率则通过建立背景的高斯模型^[6]来计算得到:

$$\mu_{i(n+1)} = \frac{n \times u_{in} + x_{i(n+1)}}{n+1} \quad (3)$$

$$\sigma_{i(n+1)} = \sqrt{\frac{n(\sigma_{in}^2 + \mu_{in}^2)}{n+1} + \frac{1}{n+1}x_{i(n+1)}^2 - \mu_{i(n+1)}^2} \quad (4)$$

式中 u_{in} —第 i 个像素点 n 帧的平均值; $x_{i(n+1)}$ —第 i 个像素点 $n+1$ 帧的灰度值; σ_{in} —第 i 个像素点 n 帧的均方差。

然而,当 n 趋向于一个大的数值时,式(3)可近似为:

$$\mu_{i(n+1)} \approx \mu_{in}, n \rightarrow \infty \quad (5)$$

上式造成了 $\mu_{i(n+1)}$ 更新缓慢。为了加快 $\mu_{i(n+1)}$ 的更新,可采用以下方程:

$$\mu_{i(n+1)} = \frac{(CMIN-1) \times \mu_{in}}{CMIN} + \frac{x_{i(n+1)}}{CMIN}, P \in \text{Background} \quad (6)$$

$$\mu_{i(n+1)} = \frac{(CMAX-1) \times \mu_{in}}{CMAX} + \frac{x_{i(n+1)}}{CMAX}, P \in \text{Foreground} \quad (7)$$

式中 $CMAX, CMIN$ —常数, $CMAX \geq CMIN$ 。

本研究采用以下方程更新 $\sigma_{i(n+1)}$:

$$\sigma_{i(n+1)} = (1-\beta) \cdot \sigma_{in} + \beta \cdot (x_{i(n+1)} - \mu_{i(n+1)})^2, \quad P \in \text{Background} \quad (8)$$

$$\sigma_{i(n+1)} = (1-\partial) \cdot \sigma_{in} + \partial \cdot (x_{i(n+1)} - \mu_{i(n+1)})^2, \quad P \in \text{Foreground} \quad (9)$$

其中, $\beta > \partial$ 。利用高斯公式计算像素点处 i 灰度值的背景概率为 $BgPxp(i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(i-u)^2}{2\sigma^2}}$ 。在分别得到前景和背景的概率后,可以用式(1)和式(2)对每一个像素点属于前景还是背景做一个判断。

单纯采用单高斯模型来分离前景和背景,当背景模型较为复杂的时候,如摇摆的树枝、水面的波纹,模型不能对背景进行准确的判断,需要采用混合高斯模型建立背景,而混合高斯模型^[7,8]又提高了系统计算的复杂程度。相对于高斯模型而言,本方法以前景概率作为高斯模型判断的动态依据,在保持单高斯模型的简单计算前提下,利用前景直方图概率来补偿单高斯模型对复杂背景点判断得到的低概率,从而能够达到准确分离的目的。

2.3 像素提取和目标组合

通过背景分离得到的结果往往含有较多的噪声。在这个处理过程中,将连接在一起的前景像素作为一个目标组合在一起。在像素组合之前用噪声滤波器滤波。噪声滤波采用的策略较简单,对于每一个像素,若在其为中心的 3×3 区域前景像素大于一个阈值,则标此像素为前景像素。扫描滤波后的图像,若一个单位区域中前景像素大于一个阈值,则将之标为单位前景区域。融合连接在一起的单位前景区域成组,并且将重叠的组融合在一起成为一个目标,在图像中用矩形框标出。

运动目标检测算法具体流程如下:

(1) 用前 32 帧图像初始化前景和背景数据。利用式(3)和式(4)计算每个像素点的平均值 μ 和均方差 σ 。统计每个像素 i 出现的次数 $Fg_Num[i]$, 建立前景颜色直方图。

(2) 背景分离。这个过程对 32 帧以后的图像进行前背景的判断。利用前景颜色直方图,计算各像素出现的概率 $pFg_Num[i]$ 。对 $1-pFg_Num[i]$ 进行处理做为像素 i 前景的概率 $FgPxp(i)$ 。同时计算各个像素点背景概率 $BgPxp(i)$ 。采用式(1)和式(2)完成前背景判断。

(3) 像素提取和目标组合,将单点像素融成目标。

(4) 前背景数据更新。利用式(6)和式(7)更新背景的 μ 值。利用式(8)和式(9)更新背景的 σ 值。更新

前景颜色直方图。回到步骤(2)继续对图像进行检测。

3 实验结果

系统已经在一些现场进行了实验。图像采集分辨率为 640×480 , 系统处理速度为 12 帧/s, 能够达到实时处理的要求。实验中运动目标采用矩形进行标识。其截图如图 4~图 7 所示。



图 4 第 183 帧



图 5 第 201 帧



图 6 第 231 帧



图 7 第 286 帧

从处理结果中可以看出, 系统可以准确地查找出复杂背景中运动的物体, 不会对轻微摇摆的背景(如树)产生误检, 取得了令人满意的效果。但是在实验中也发现, 在明暗比较大的背景交界处检测效果不是很好, 如墙和窗户之间, 偶尔会产生误检情况。实验结果表明系统在静止背景的情况下, 能够对视频中的移动物体进行比较精确的检测。视频图像流畅, 能满足实时性的要求。并且能够实现视频的录制、存储、回放等功能, 且系统工作稳定。

4 结束语

本研究利用达芬奇双核能够并行处理应用程序和算法的特点, 给出了一种基于达芬奇的运动目标检测系统的设计和实现方法。系统采用嵌入式操作系统, 具有稳定, 功能强大, 人机交互性好, 可扩展性强等特点。同时本研究还分析了系统的运动检测算法, 分析结果表明该算法简单可行, 具有实时性, 对于同一类的系统设计具有参考价值。

参考文献(References):

- [1] 刘灵科, 尹 岗. 基于 DSP 运动目标检测系统的设计与实现[J]. 电子测量技术, 2008, 31(10): 159-161.
- [2] 王国庆, 张旭峰, 黎 湘. 基于并行 DSP 的高分辨目标检测系统设计[J]. 现代雷达, 2008, 30(6): 73-76.
- [3] 刘慧念. TI 达芬奇软件框架技术的研究与改进[J]. 研究与开发, 2009, 25(6): 51-54.
- [4] 王井龙. 基于内容的图像检索研究[D]. 南京: 南京理工大学计算机学院, 2003: 17-18.
- [5] 李晓飞, 梅中辉. 一种基于直方图统计与多帧平均混合的背景提取算法[J]. 南京邮电大学学报, 2008, 28(6): 75-77.
- [6] STAUFFER C, GRIMSON W. Adaptive background mixture models for real-time tracking [C]//IEEE Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. USA: IEEE, 1999: 246-252.
- [7] HALL D, NASCIMENTO J, RIBEIRO P, et al. Comparison of target detection algorithms using adaptive background models [C]//The Second Joint IEEE International workshop on Visual Surveillance and Performance evaluation of Tracking and Surveillance. Beijing, China: [s. n.], 2005: 113-120.
- [8] 陈祖爵, 陈潇君, 何 鸿. 基于改进的混合高斯模型的运动目标检测[J]. 中国图像图形学报, 2009, 12(9): 1586-1589.

[编辑: 张 翔]

光机电技术领域实用、先进、权威之作

《光机电一体化技术手册》(上册)即将出版

段正澄 主编

《光机电一体化技术手册》(上册)即将由机械工业出版社出版发行。

本手册系统地介绍了光机电一体化技术的各构成技术的运用、基础元器件和构件的选用以及典型的光机电一体化系统实例, 选用最新的国家标准, 产品型号、性能参数准确可靠, 突出先进性、实用性的特点。

上册共分 6 篇, 主要内容包括: 总论、机械传动与执行装置、光机电系统的常用集成器件、传感器与光机电测量技术、接口技术及现场总线与激光加工装备与快速原型装备。

本手册可供光机电一体化领域的技术研究产品开发的人员、从事技术应用及产品制造的工程技术人员使用, 也可供相关部门及相关行业的技术管理人员参考。

《光机电一体化技术手册》(上册) 书号: 978-7-111-26574-0 即将出版

机械工业出版社图书全国零售书店有售, 本社购书热线: 010-68993821、88379639、88379641, 传真: 010-68990188

网络购书支持: 中国科技金书网、中国互动出版网、当当网、卓越网

