

# 基于嵌入式视频监控的人脸检测系统设计

吴禄慎, 柳 珍, 吴培敏, 孟凡文  
(南昌大学机电工程学院, 江西 南昌 330031)

**摘 要:**针对视频监控系统智能化的要求,提出了一种基于嵌入式视频监控的人脸检测设计方案。采用在 ARM-Linux 操作平台上建立 Servfox 流媒体服务器,实现 USB 摄像头的视频采集和传输。在客户端首先采用帧间差分更新背景模型的改进算法获取运动目标,减少视频中运动目标对背景模型的影响,且为人脸目标的检测缩小了范围。在运动目标区域内,通过 AdaBoost 人脸检测算法,最终获得人脸位置。结果表明,系统对人脸检测效果良好,准确率可达 95.2%,检测时间 22~27 ms/frame,满足视频监控的实时性要求。

**关键词:**嵌入式;视频监控;Servfox;运动目标检测;AdaBoost

中图分类号:TP391 文献标识码:A DOI:10.3969/j.issn.1001-5078.2012.02.026

## Design of face detection system based on embedded video monitor

WU Lu-shen, LIU Zhen, WU Pei-min, MENG Fan-wen

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

**Abstract:** Required by the intelligentizing of video monitor system, this paper proposes a face detection design based on embedded video monitor. With the help of the transaction of Servfox streaming media on ARM-Linux operation platform, the collection and transmission of USB camera are realized. This paper adopts the inter-frame difference to renew the background and that can track the moving target and at the same time to lessen the influence of the moving target on the background model. It narrows the scope of detection of the human face. It locates the human face by AdaBoost human face detection in the target moving area. The system performs well on human face detection and the correctness reaches 95.2%. The detection time is 22~27 ms/frame. It satisfies the real-time requirement of the video monitor.

**Key words:** embedded; video monitor; Servfox; moving object recognition; AdaBoost

### 1 引言

随着科学技术的发展与人们对安全要求的提高,银行、交通、商场、智能小区等场合都广泛应用了视频监控系统。视频监控系统正迈向集成化、网络化、数字化、智能化。而嵌入式视频监控系统具有体积小、功能强、实时性好等特点。

人脸作为重要的移动目标,一直以来被众多智能视频监控领域的专家视为重点研究对象。人脸识别作为一种新兴的生物特征识别技术,与虹膜识别、指纹识别等技术相比,在应用方面具有非接触、直观性好、用户接受程度高的优势<sup>[1]</sup>。随着人脸识别技术的发展与应用,人脸检测作为人脸技术应用关键和首要的一步,得到了广泛的关注和研究<sup>[2]</sup>。视频监控的人脸检测,其实时性要求较高,需要较快的检

测速度。考虑到人脸目标在视频序列中的动态特性,利用运动目标检测方法,先检测出视频中的运动区域,然后在该区域内进行人脸检测,可以较大程度减少运算,提高检测速度<sup>[3]</sup>。

### 2 嵌入式视频监控系统平台

嵌入式硬件平台采用 ARM920T 处理器核的 S3C2440 微处理器,是 16/32 位的 RISC 体系结构,主频可以达到 400 MHz。扩展有 256 MB 的 NAND FLASH, 64 MB 的 SDRAM, 2 MB 的 NOR FLASH。

基金项目:国家自然科学基金项目(No.51065021)资助。

作者简介:吴禄慎(1953-),男,教授,博士生导师,研究方向为三维图像检测与可视化,虚拟现实技术。E-mail:wulushen@163.com

收稿日期:2011-09-04

系统采用 ZC301P 芯片的 USB 摄像头,经过内置 DSP 处理后出来的是 JPEG 格式的图像,其芯片在 Linux 中识别标志为 0x0ac8, Linux2.6 内核对此型号摄像头提供了驱动支持。系统硬件结构图 1 所示。

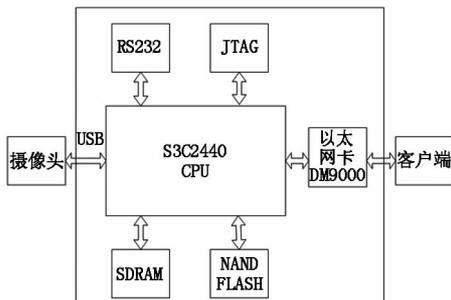


图 1 系统硬件结构图

鉴于 Linux 操作系统开源、稳定且具有良好的移植性和优秀的网络功能,采用 Linux 作为嵌入式系统软件开发平台。嵌入式开发采用交叉编译的方式,构建嵌入式开发平台,主要工作有:移植 Bootloader、移植 Linux 内核、制作根文件系统。

本平台采用 U-Boot1.1.6 作为系统的 Bootloader。移植需建立目标板配置,增加对 S3C2440 的支持,增加 Nand Flash 读写驱动及支持启动,引导 Linux 内核和支持 Yaffs 文件系统。采用的是 Linux2.6.25 内核,需进行内核的配置、编译及移植,包括相关驱动的修改移植。根文件系统采用专门为 Nand Flash 设计的 Yaffs 文件系统,其通过 busybox 构建。

### 3 视频的采集和传输

USB 摄像头把采集到的视频数据通过内部总线送到搭建在 ARM 上的流媒体服务器,流媒体服务器再基于 TCP/IP 协议把视频流经过以太网发送到客户端。根据服务器中实现图像传输的模块,在 PC 上用 VC6.0 开发客户端程序。首先会创建套接字,并和视频服务器通讯,然后接受视频数据。客户端图像处理模块引入 OpenCV 库函数<sup>[4]</sup>, OpenCV (open source computer vision)是由 Intel 公司资助的开源计算机视觉库,具有强大的图像和矩阵运算能力。服务器端传输过来且 JPEG 解压后的数据,不能为 OpenCV 直接利用,需封装为 OpenCV 中的所有图像都采用的 IplImage 结构。

本系统选用开源软件包 Servfox 作为嵌入式流媒体服务器<sup>[5]</sup>。修改 Servfox 软件包的 Makefile 文件,配置编译器选项和内核路径。执行 make 命令就可产生在嵌入式平台可执行的 Servfox 程序。Servfox 通过 V4L 接口 API 函数、MJPEG/JPEG 图

像压缩器和 TCP 网络传输协议完成了视频图像信号的采集、压缩和传输。视频采集与传输流程图 2 所示。

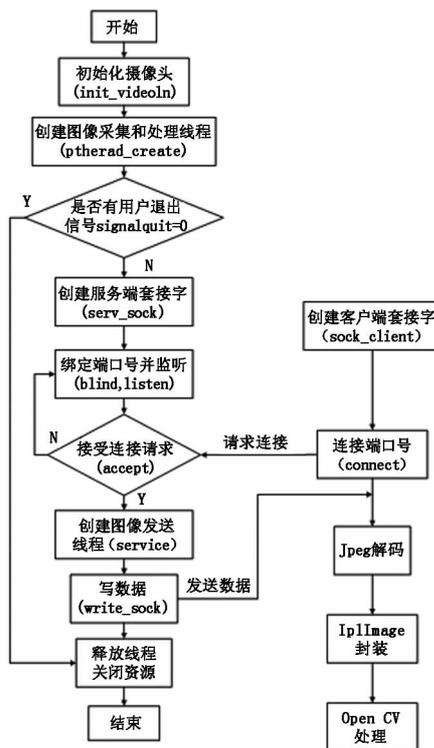


图 2 视频采集与传输流程图

## 4 人脸检测

### 4.1 运动目标检测

目前,常用的运动目标检测方法主要有背景差分法和帧间差分法。背景差分法可以得到比较完整的运动目标信息,但是背景模型的获取和更新比较困难;帧间差分法自适应性较强,但要求运动目标的速度要适中,而且帧间差分受噪声影响较大,很难分割出完整的运动物体。为获得较好的检测效果,本文采用背景差分法和帧间差分法相结合的帧间差分更新背景模型的改进算法<sup>[6]</sup>。其算法流程如图 3 所示。

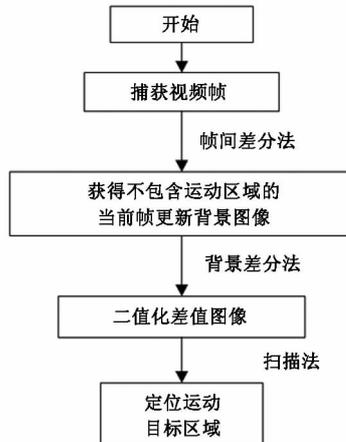


图 3 运动目标检测流程图

每隔固定帧数采用帧间差分法识别出运动目标的轮廓,将该帧图像运动目标轮廓以外的区域对背景模型进行更新。具体算法如下:

设  $f(i, j, n-1)$ ,  $f(i, j, n)$  为连续的前后两帧图像,  $b(i, j, n-1)$  为当前背景图像,则有:

帧间差分图像  $d(i, j, n)$ :

$$d(i, j, n) = |f(i, j, n) - f(i, j, n-1)| \quad (1)$$

二值化差分图像得:

$$r(i, j, n) = \begin{cases} 1, & \text{若 } d(i, j, n) \geq T \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $T$  为所取的阈值。

获取  $r(i, j, n) = 1$  的外接矩形,将面积较小的矩形部分视为噪声忽略,剩下的则视为运动目标。同时,设置当前图像帧和背景图像的感兴趣区域 ROI 为运动目标的外接矩形。先令当前帧的 ROI 为 0,再对当前帧与背景的 ROI 进行逻辑或运算。所以,对于运动目标所在区域,当前帧和背景的信息是一样的,再将背景的 ROI 代入更新当前帧信息,并以此作为更新后的当前背景图像。

为获得运动目标区域,对当前帧与背景图像相减得到的差分图像进行二值化,采用扫描法处理二值化差分图像,计算图像行列数据和,通过设定阈值获得运动区域轮廓的矩形框,最终确定运动目标区域。

采用帧间差分更新背景模型方法,可以减少视频序列中运动目标对更新背景模型的影响,同时保证了检测的实时性,为人脸目标的检测缩小了范围,可提高检测速度。

#### 4.2 AdaBoost 人脸检测

Paul Viola 和 Michael Jones 于 2001 年提出了基于 Haar-like 特征的 AdaBoost 人脸检测算法<sup>[7]</sup>,该算法简单、实时性好,检测速度很快,使人脸检测技术真正走向实用。AdaBoost 算法是一种分类器算法。其基本原理是首先通过大量正负样本的学习,获得能够区分正负样本的一些关键特征,构建分类能力一般的弱分类器。然后将大量的分类器通过一定的方法叠加,构成一个分类能力很强的强分类器。再将若干个强分类器串联成为级联分类器。

Haar-like 特征<sup>[8]</sup>是一种简单的矩形特征,其定义是黑色矩形与白色矩形在图像中对应区域的

灰度级总和的差值,反映了图像局部的灰度变化特性,如图 4 所示。

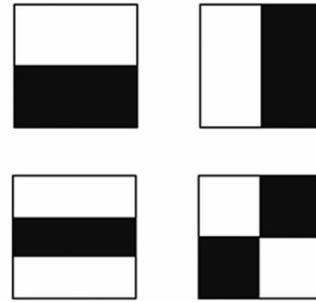


图 4 Haar-like 特征

利用积分图快速计算特征值<sup>[4]</sup>,只需遍历图像一次,即可获得整个积分图矩阵,可以方便地对图像中任意一个矩形内的灰度值求和。

弱分类器原型为:

$$h(x, f, p, \theta) = \begin{cases} 1, & pf(x) < p\theta \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

式中,  $f(x)$  为特征值;  $p$  为不等号方向指示符,只能取  $\pm 1$ ;  $\theta$  为阈值。

弱分类器得到的是所有特征对样本的特征平均值的分布,提供了对样本的分类结果。选取错误率最低的 Haar-like 特征构建弱分类器。

强分类器由训练得到的最优弱分类器根据错误率加权组成:

$$H(x) = \begin{cases} 1, & \sum_{i=1}^T \alpha_i h_i \geq \frac{1}{2} \sum_{i=1}^T \alpha_i \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

其中:

$$\alpha_i = \log \frac{1}{\beta_i} = \log \frac{1 - \varepsilon_i}{\varepsilon_i} - \log \varepsilon_i \quad (5)$$

式中,  $\varepsilon_i$  为弱分类器的错误率。

采用强分类器检测图像时,类似于让构成强分类器的各弱分类器进行投票,再根据其各自错误率进行加权求和,最后将求和结果与平均结果进行比较,进而判断出是人脸目标还是非人脸目标。

将强分类器串联在一起形成级联分类器。串联时应遵循“先重后轻”的级联分类器思想<sup>[9]</sup>,即将由更重要特征构成的结构较简单的强分类器放在前面,这样可以先排除大量的非人脸样本,提高检测速度。

#### 5 检测结果与分析

检测效果如图 5 所示。



图 5 检测效果图

由图 5 可知,对多姿态人脸和多人脸都具有良好的检测效果。在 Pentium Dual-Core CPU 2.0 GHz, 2 G 内存的 PC 机客户端上,对实验室背景  $320 \times 240$  分辨率的视频进行检测。视频帧人脸总数 394 个,漏检人脸 17 个,误检人脸 2 个,检测准确率可达 95.2%。检测时间  $22 \sim 27$  ms/frame,满足视频监控的实时性要求。

## 6 结 论

在嵌入式 Linux 操作系统下建立 Servfox 流媒体服务器,实现了远程视频监控。充分利用 OpenCV 图像处理模块,在客户端通过 VC 6.0 编写视频图像采集和处理程序。在运动检测中充分利用了视频帧之间的相互关系,消除非运动区域内复杂背景的影响。采用 AdaBoost 人脸检测算法,实现了人脸目标的快速检测。检测结果表明,系统具有良好的准确性和实时性,可应用于嵌入式视频监控的人脸快速检测。

## 参考文献:

- [1] Li Bin, Qu Hanbin, Jin Wei. The discussion of face recognition technology in intelligencet video monitor application and development trend[J]. China Technology & Application, 2011, 3: 50 - 53. (in Chinese)  
李彬, 曲寒冰, 靳薇. 浅谈人脸识别技术在智能视频监控中的应用与发展趋势[J]. 中国安防, 2011, 3: 50 - 53.
- [2] Ruan Jinxin, Yin Junxun. Multi-pose face detection based on facial features and AdaBoost algorithm[J]. Journal of Computer Applications, 2010, 30(4): 967 - 970. (in Chinese)  
阮锦新, 尹俊勋. 基于人脸特征和 AdaBoost 算法的多姿态人脸检测[J]. 计算机应用, 2010, 30(4): 967 - 970.
- [3] Lin Wen. Research on novel moving face detection algorithm based on frame difference[J]. Computer Simulation, 2010, 27(10): 208 - 211. (in Chinese)  
林雯. 新型基于帧间差分法的运动人脸检测算法研究[J]. 计算机仿真, 2010, 27(10): 208 - 211.
- [4] Guo Lei, Wang Qiuguang. Research of face detection based on adaboost algorithm and openCV implementation[J]. Journal of Harbin University of Science and Technology, 2009, 14(5): 123 - 126. (in Chinese)  
郭磊, 王秋光. Adaboost 人脸检测算法研究及 OpenCV 实现[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2009, 14(5): 123 - 126.
- [5] Zhen Guorong, Xiong Changzhen, Zhang Yan. A embedded video monitoring method based on OpenCV[C]. Metallurgical Automation, 2010: 683 - 685. (in Chinese)  
郑国荣, 熊昌镇, 张彦. 一种基于 OpenCV 的嵌入式视频监控方法[C]. 中国计量协会冶金分会 2010 年会论文集, 2010: 683 - 685.
- [6] Zhao Zhanjie, Lin Xiaozhu, Zhang Jinyan. The moving object detection algorithm based on the background reconstruction[J]. Journal of Beijing Institute of Petro-chemical Technology, 2008, 16(2): 27 - 29. (in Chinese)  
赵占杰, 林小竹, 张金燕. 基于背景重建的运动目标检测算法[J]. 北京石油化工学院学报, 2008, 16(2): 27 - 29.
- [7] Viola P, Jones M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features[C]//Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Kauai Hawaii, 2001.
- [8] Rainer L, Jochen M. An extended set of haar-like features for rapid object detection [J]. IEEE ICIP, 2002, 1: 900 - 903.
- [9] Kong Fanzhi, Zhang Xingzhou, Xie Yaoju. Research on face detection based on adaboost[J]. Applied Science and Technology, 2005, 32(6): 7 - 9. (in Chinese)  
孔凡芝, 张兴周, 谢耀菊. 基于 Adaboost 的人脸检测技术[J]. 应用科技, 2005, 32(6): 7 - 9.