

基于活动摄像头的人脸定位跟踪系统*

郑庆登 刘 蓉 刘佩丽 陈洪波

(桂林电子科技大学 生命与环境科学学院 桂林 541004)

摘要: 针对固定摄像头无法自动跟踪拍摄运动目标的缺陷,设计了基于舵机的活动摄像系统,以实现活动人脸的定位与跟踪。在 adaboost 人脸检测算法的基础上,结合计算机视觉类库 OpenCV 与图形界面开发框架 Qt 在 VS2010 开发环境下,设计并实现了人脸检测-定位-跟踪系统。测试结果表明,在明亮环境条件下识别准确率达到 100%,在昏暗条件下准确率为 95%,对于人脸的部分遮挡以及上、下、左、右侧脸都能被检测到。本文方法可广泛应用于安防等领域。

关键词: 摄像头;人脸检测;Adaboost;OpenCV

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.80

Face detection and tracking system design based on rotatable camera

Zhang Qingdeng Liu Rong Liu Peili Chen Hongbo

(School of Life and Environmental Sciences, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: For the restrictions that the fixed camera cannot automatically track the moving target, a rotatable camera system was designed based on the steering engine, in order to position and track the moving face. The Adaboost algorithm was used to detect and track the face. The face detection-positioning - tracking system was designed under the development environment of Visual studio 2010 with the computer vision class library OpenCV and the graphical interface development framework Qt. The test results show that the accuracy rate for tracing face is 100% in the bright environment, and 95% in the dim environment. And it is also effective to tract the partially occluded face. This system can also be applied for security and other fields.

Keywords: camera; face detection; Adaboost; OpenCV

1 引言

摄像头是一种常用的视频输入设备,利用摄像头采集图像信息,并对图像信息进行处理,已经广泛地运用在日常生活中^[1-2]。但在使用摄像头的过程中发现,经常需要调整摄像头的角度使其对准使用者的人脸。可不可以开发一款可以自动检测并跟踪人脸的摄像头呢,人脸检测技术可以解决这一问题。人脸检测是指对于任意一副给定的图像,采用一定的策略对其进行搜索以确定其中是否含有人脸,如果是则返回人脸的位置、大小和姿态^[3]。基于实时图像的人脸检测是目前计算机模式识别和图形图像领域中的研究热点,其目的是在实时图像中自动检测、定位、跟踪人脸^[4-5]。

本文采取活动摄像头设计实时人脸检测定位跟踪系统。通过摄像头实时采集图像,结合相应的图像处理算法

对采集到的图像进行处理^[6-7],然后采用 Adaboost 人脸检测算法,对图像中人脸进行检测并给出人脸坐标。对人脸坐标进行处理分析后通过串口向单片机发送特定信息,单片机根据该信息控制舵机转动一定角度,重复以上过程从直到人脸位于摄像视野的正中心。该系统可以有效解决在摄像过程中经常调整摄像头的问题。

2 系统硬件设计

系统的硬件主要包括 arduinouno 单片机最小系统板、二自由度舵机云台、以及普通的 PC 摄像头等模块,系统硬件设计框图和硬件系统实物图分别如图 1 和图 2 所示。

2.1 Arduinouno 单片机最小系统板

单片机最小系统板的处理核心是 ATmega328,同时具有 14 路数字输入/输出口(其中 6 路可作为 PWM 输出),6 路模拟输入,一个 16 MHz 晶体振荡器,一个 USB 口,一个

收稿日期:2015-07

* 基金项目:国家自然科学基金(81460273)、广西科技攻关计划项目(桂科攻 1348020-10)、广西自然科学基金(2013GXNSFA019325)、广西大学生创新项目(201410595102,20141059101)

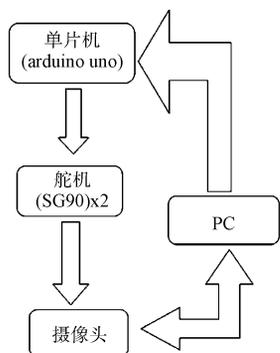


图1 系统硬件设计框图

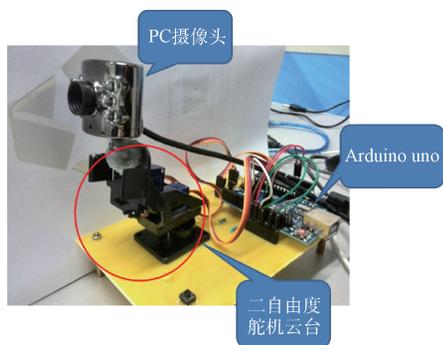


图2 硬件实物图

电源插座,一个 ICSP header 和一个复位按钮。

对 Arduino 的编程是利用 Arduino 编程语言(基于 Wiring)和 Arduino 开发环境(基于 Processing)来实现的

2.2 二自由度舵机云台

舵机(英文叫 Servo):它由直流电机、减速齿轮组、传感器和控制电路组成的一套自动控制系统。通过发送信号,指定输出轴旋转角度。舵机只能在一定角度内转动(180°),但可以实时反馈转动的角度信息,常被用于精确控制某对象在一定角度范围内的转动^[8-11]。在本系统中,采用两个辉胜 9g 舵机与舵机云台组合成二自由度舵机云台,可分别控制摄像头在水平和垂直两个方向的角度。Arduino 控制两个舵机的转动,从而使摄像头的角度发生改变。

3 人脸检测与系统软件设计

系统的软件设计主要包括 5 个步骤,软件框图如图 3 所示。

- 1)摄像头采集一帧图像信息
- 2)对图像进行预处理,包括图像灰度化,缩小图像和灰度图像直方图均衡化。
- 3)对预处理后的图像进行人脸检测,若图像中存在人脸,则返回人脸位置信息
- 4)对返回的人脸位置信息进行处理,若人脸不在视频

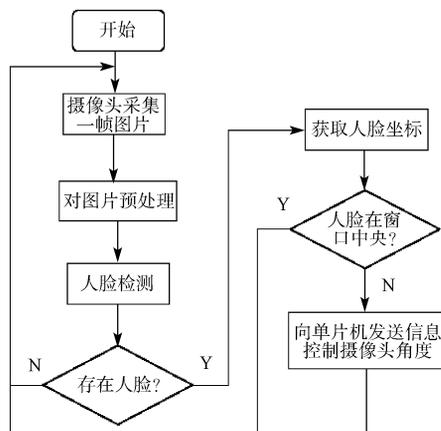


图3 系统软件框图

窗口中央则通过串口向控制摄像头的单片机发送特定信息控制摄像头在水平和垂直两个维度旋转单位角度。

5)显示该帧图像,并重复 1)-5)过程。

本文采取 Adaboost 算法来检测图像中的人脸,借助开源的跨平台计算机视觉库 OpenCV 提供的人脸检测模块实现,其主要工作步骤为:1)加载分类器。2)将分类器转化为内部格式。3)加载检测图像并进行前期处理。4)检测人脸与标定^[12]。

本系统将视频窗口(480×640 像素大小)分为 9 块,当检测到人脸时,对人脸中心坐标进行判断,根据其在视频窗口的不同区域向单片机发送不同信息。具体映射如图 4 所示。

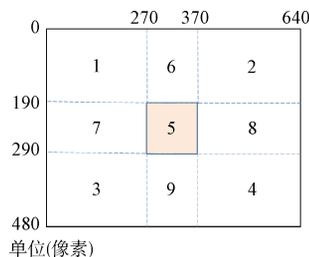


图4 人脸区域映射图

当人脸中心坐标位于视频窗口中央(在本系统中,是一块 50×50 像素的方形区域)时,向单片机发送字符“5”,表明此时摄像头正对人脸,不需要改变角度,单片机接收到信息后将不做任何动作。

当人脸中心坐标位于 1 区域时,表明此时摄像头需要向左上角移动,此时向单片机发送字符“1”,单片机控制摄像头向左和向上各转一度角,以此类推。

本系统界面基于图形界面开发框架 Qt 开发,具有美观的人机交互界面和良好的使用体验,图 5 显示了系统界面。

4 系统测试

4.1 不同环境下的人脸检测准确率与错误检测率

为了检验系统的性能,对 20 名同学分别在明亮和昏暗



图 5 系统界面图

两种环境中进行测试。系统测试运行图如图 6 所示,在图中圆圈表示检测到的人脸位置,方框内两直线相交点表示视频的中心。测试结果如表 1 所示。人脸检测准确率是指参与测试的同学正脸成功检测数与总人数之比。错误检测率指参与测试的同学正脸未检测到或检测到错误的人脸(比如背景)与总测试人数之比。检测时间是指每一次检测人脸所使用的时间。反应时间是指从摄像头从检测到边界(上下左右)的人脸时到旋转至窗口中央时所用的时间。



图 6 系统运行截图。圆圈表示检测到的人脸位置,方框内两直线相交点表示视频的中心

表 1 测试结果

| 检测环境 | 人脸检测准确率 | 平均检测时间/ms | 平均反应时间/s | 平均检测帧率/fps |
|------|---------|-----------|----------|------------|
| 明亮 | 100% | 35.6 | 2.15 | 28 |
| 昏暗 | 95% | 46.3 | 3.20 | 21 |

从测试结果可以看出,该系统对人的正脸的检测正确率很高,明亮环境下达到了 100%,在昏暗条件下正确率也高达 95%。检测速度很快,帧率稳定在 20~40 之间。

4.2 异常人脸的检测

为了进一步测试系统的性能,对人脸的部分遮挡(图 7)和非正面脸(图 8)进行了试验。结果表明,对于人脸的部分遮挡以及上、下、左、右侧脸都能被检测到。

5 结 论

本文从普通摄像头在使用过程中需要时时调整角度的



图 7 部分遮挡情况下检测情况



(a)

(b)



(c)

(d)

图 8 侧面检测结果

(a),(b),(c)和(d)分别表示上下左右侧脸情况

问题出发,提出了一种可以解决该方法。通过人脸检测技术结合单片机控制舵机调整摄像头角度,设计了基于活动摄像头的人脸定位跟踪系统,成功地实现了实时的人脸检测与定位跟踪。经测试,该系统检测准确率高,检测速度快,反应时间短。本文方法可广泛应用于安防等领域。

参考文献

- [1] 凌晓春, 陈安, 胡跃明. 适用于精密电子装备的高分辨率图像采集系统[J]. 仪表技术与传感器, 2011(10): 66-68.
- [2] 黄宇升, 刘金清. 基于 DSP 的人脸检测系统[J]. 电子测量技术, 2010, 33(2): 71-74.
- [3] 王小玉, 张亚洲, 陈德运. 基于多块局部二值模式特征和人眼定位的人脸检测[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(12): 2739-2745.
- [4] 张晓薇, 张文俊. 视频人脸检测与特征点定位研究[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(5): 202-205.
- [5] 许良凤, 李艳秋, 胡敏, 等. 基于 I_DCV 的人脸识别方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(1): 106-110.
- [6] 李长风. 基于 AdaBoost 算法的人脸检测研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2014.
- [7] 毋立芳, 侯亚希, 许晓, 等. 基于紧致全姿态二值 SIFT 的人脸识别[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(4):

736-742.

- [8] 陈诚,陈晓平,王识君. 基于DSP+CPLD的电动机控制系统的设计[J]. 电子技术应用, 2015, 41(4): 84-86.
- [9] 刘雪松,王惠源,张鹏军,等. 弹用舵机的状态变量反馈控制系统设计[J]. 机械工程与自动化, 2015(2): 176-178.
- [10] 薄志峰. 基于LabWindows/CVI的电动机自动化测试系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(5): 66-69.
- [11] 班方圆,曹志敏. 基于灰色预测控制的电动机控制

仿真研究[J]. 电子测量技术, 2015, 38(1): 91-94.

- [12] 陈虹. 基于OpenCV的人脸检测系统设计与实现[J]. 科技信息, 2013(23): 384-285.

作者简介

郑庆登, 生物医学工程专业本科生, 主要研究方向为智能检测仪器与系统。

E-mail: 102086334@qq.com

陈洪波(通讯作者), 工学博士、教授, 硕士生导师。主要研究方向为生物医学信息处理与分析, 模式识别等。

E-mail: hongbochen@163.com

(上接第 57 页)

- [11] 谭灰庆,孟升卫,尹洪涛. VME 数据采集模块设计与校准方法研究[J]. 电子测量技术, 2011(04): 77-80.

E-mail: 285692101@qq.com

朱翔鸥, 1969 年出生, 教授, 主要研究方向为电器智能技术。

E-mail: 308238331@qq.com

章上聪, 1988 年出生, 助理实验师, 主要研究方向为智能电器技术。

E-mail: 584588376@qq.com

作者简介

李民, 1986 年出生, 硕士, 主要研究方向为电器智能技术。

(上接第 61 页)

- [12] YUAN Y J, HUANG ZH T, WU H, et al. Specific emitter identification based on Hilbert-Huang transform-based time-frequency-energy distribution features[J]. Communications, IET, 2014, 8(13): 2404-2412.
- [13] 王新,王乾. 改进的 Hilbert-Huang 变换方法及其应用[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(12): 1369-1375.
- [14] 李涛,张方,姜金辉. 基于 HHT 变换和独立分量技术的模态参数识别[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(3): 42-45.
- [15] 李志农,朱明,褚福磊,等. 基于经验小波变换的机械

故障诊断方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(11): 2423-2432.

作者简介

田金鹏, 讲师, 研究生导师, 研究方向为无线通信, 无线传感网。

E-mail: adaline@163.com

刘燕平, 在读硕士, 研究方向为射频指纹识别技术。

E-mail: yanpingliu09@163.com

刘小娟, 在读硕士, 研究方向为压缩感知技术。

E-mail: 18717882312@163.com