

基于 OpenCV 人脸检测的室内照明自动控制系统

夏雪婷,胡正飞,潘玲云

(南京邮电大学 自动化学院,江苏 南京 210000)

摘要:目前高校教室中普遍存在长明灯、无人灯亮等现象。针对室内智能照明的需要,提出了一种采用 ARM 处理器,集照明节能控制与图像采集、传输于一体,支持信息远程传输的室内照明自动控制系统。该系统以 STM32 控制器为控制核心,以 C++ 语言进行程序设计,利用 OpenCV 对图像进行处理,计算视频图像的 Haar-like 特征,并利用 AdaBoost 级联分类器进行人脸检测,识别图像中人体个数,基于 VS2010 开发平台实现了具有人脸检测与跟踪功能的应用软件。同时将环境亮度检测、人工控制、分区控制、延时控制、报警控制等功能加入到系统中,对教室照明的每组灯进行智能化细化管理。通过实验证实了该系统的有效性。结果表明,该系统不仅很好地实现了自动灯光控制,同时有效地解决了无人室内长明灯现象。

关键词:智能照明;人脸检测;图像处理;STM32;OpenCV

中图分类号:TP302

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2017)04-0184-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2017.04.041

Indoor Automatic Lighting Control System with OpenCV Face Detection

XIA Xue-ting, HU Zheng-fei, PAN Ling-yun

(College of Automation, Nanjing University of Posts and Telecommunications,
Nanjing 210000, China)

Abstract: Currently, there are ever-burning lamps, no one lighting, and other electricity wasting phenomena in colleges and universities. According to the need of indoor intelligent lighting energy conservation, an indoor lighting automatic control system with ARM processor is proposed, where energy-saving lighting control, image acquisition and transmission are set in one, supporting the remote transmission of information. It uses the STM32 controller as control center and C++ language for programming, and adopts OpenCV to proceed image processing and calculates the Haar-like feature of the video image. And the AdaBoost cascade classifier is applied for face detection to recognize the number of human body in the image. With the VS2010 development platform, the application software which has the function of face detection and tracking is realized. At the same time, the functions are added to the system, such as environmental brightness detection, manual control, partition control, time delay control, alarm control and so on, for intelligent refinement management of each group of lights in classroom. The effectiveness of the system is verified by experiments. The results show that the system not only realizes the automatic lighting control, but also effectively solves the ever-burning lamps phenomenon with no people indoor effectively.

Key words: intelligent lighting; face detection; image processing; STM32; OpenCV

0 引言

伴随着各类高校的扩招,教学楼正不断扩建。但是教室用电系统^[1]管理不善,依然是人工管理占主导地位,加上高校开放型的管理模式,无人在室内长明灯现象很常见,教室用电负荷不断加大,造成资源的浪费与经济损失。对于南京邮电大学普通教室的照明,最少需要装配 18 支 40 W 日光灯管,晚间照度达 350 Lux 以上,每天工作时间普遍达 16 h,日间为 11 h 左

右,夜间为 5 h 左右,全天耗电量为 $16 \times 18 \times 40 = 12$ kwh。若以 0.8 元/kwh 电费计算,每间教室日支出 9.6 元。实施智能控制的节电模式,白天从上午 9 时至下午 5 时不开灯,其节电率就至少达 40%,电费节约达 3.8 元。南京邮电大学有 2 万多名学生,至少有 400 间教室(其中不含公共教室),采用这种节电控制模式,每日节约电费支出 1 000 元左右(以仅有 60% 的教室开灯)。可见,提高教室用电效率,无论对社会还

收稿日期:2016-05-07

修回日期:2016-09-08

网络出版时间:2017-03-07

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61271234)

作者简介:夏雪婷(1990-),女,硕士,研究方向为计算机监测控制技术;胡正飞,硕士,副教授,研究方向为机械设计与控制。

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170307.0921.022.html>

是校方都大有裨益。

针对高校教室灯光管理需求,提出了低成本、多功能、实用化的解决方案。该系统采用 ARM 处理器^[2]作为控制核心,集照明节能控制与图像采集、传输于一体,实现教学楼远程照明。同时将环境亮度检测、人工控制、分区控制、延时控制、报警控制等功能加入到系统中,对教室照明的每组灯进行智能化细化管理。

1 总体方案设计

系统以 STM32 控制器^[3]为控制核心,由 5 V 稳压电路、过零检测电路、摄像头识别模块、可见光亮度传感器模块、照明灯驱动电路和串口调试模块组成。室内控制器是一个嵌入式系统^[4],由 ARM 处理器、图像采集模块、通信模块及扩展电路组成。利用安装在各个教室的摄像头采集信息,PC 终端实现图像信息的接收和显示,远程发送照明信息指令。具体的系统方案如图 1 所示。

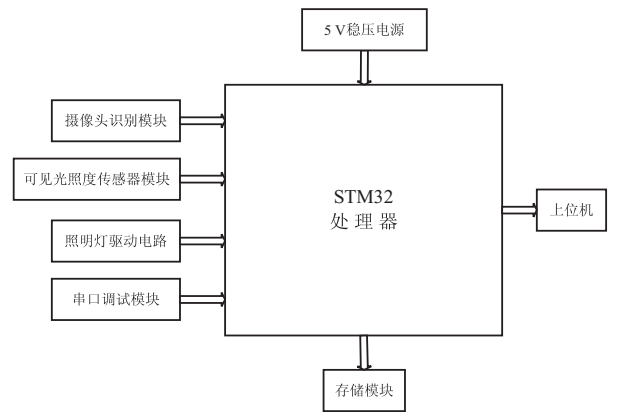


图 1 系统框图

教室灯具布置一般采用水平均匀分布,设计照明终端时采用分组控制,根据教室内人员分布情况控制相应区域的照明灯具,满足局部照度要求。采用 OpenCV^[5]检测人脸,计算机终端每隔 30 s 获取教室情况,判断教室是否有人,通过 ARM 控制器来控制教室灯光明灭。采用 On9658 集成传感器实现可见光亮度检测,可见光强时,教室有人不需打开灯光。

2 系统硬件设计

2.1 控制器硬件设计

该系统采用 ARM 内核 STM32F103 作为控制核心。STM32F103 可以集成多种接口,如 3 个 UART 接口、Camera 接口、一个 USB 控制器和一个 CAN 控制,还具有 SPI 和 I2C 接口等。

在 STM32 基础上,该系统扩展存储器、USB 电路、电源复位电路及串口等。扩展 I/O 口实现可见光亮度检测,采用 On9658 集成传感器。扩展 USB 口实现电

脑与摄像头连接,室内安装的摄像头采用 OV7670^[6],STM32F103 控制器能够良好地支持该款摄像头,单帧画面捕获存储格式为 JPG。通过外加扩展芯片很方便实现扩展功能,适合低成本信息处理的应用场合。硬件结构如图 2 所示。

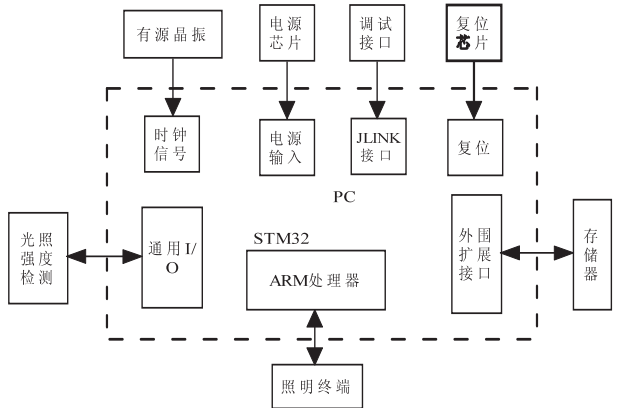


图 2 ARM 硬件结构

2.2 光照强度检测

On9658 是一个光电集成传感器,该器件内置双敏感元接收器,可见光范围内高度敏感,输出电流随照度呈线性变化。On9658 内置微弱信号 CMOS 放大器,输出电流大,工作电压范围宽,温度稳定性好。

3 系统软件设计

3.1 人脸检测流程

人脸检测^[7]是指对系统输入的图片或视频,采用一定的方法进行搜索,判断其中是否有人存在。若是有人,将视频图像中各种姿态的人脸标记出来,从而定位出每个人脸的位置。采用摄像头获取教室内情况,PC 端软件每隔 30 s 获取一次图像,然后将图像进行 OpenCV 人脸检测,判断是否有人。程序流程图如图 3 所示。

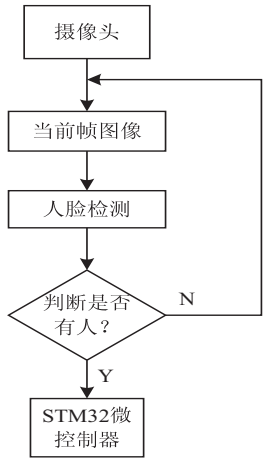


图 3 人脸检测流程图

3.2 基于 OpenCV 的人脸检测算法

基于 OpenCV 的人脸检测主要完成 3 部分功能,

即加载分类器、加载待检测图像以及检测并标识。实现人脸检测的流程主要包括人脸 Haar-like^[8]特征提取、AdaBoost^[9]级联分类器^[10]生成以及人脸检测结果输出。

3.2.1 提取 Haar-like 特征

人脸特征的提取与计算是人脸检测的关键。H 人脸的 Haar-like 特征易于区分,能够区分人脸同背景或其他目标,并且不依赖于外部条件变化,因此 Haar-like 特征是人脸检测的关键特征。

Haar-like 特征分为四类:边缘特征、线性特征、中心特征和对角线特征,组合成特征模板。特征模板内有白色和黑色两种矩形,并定义该模板的特征值为白色矩形像素和减去黑色矩形像素和。在确定了特征的形式之后,Haar-like 特征的数量就取决于训练样本图像矩阵的大小,特征模板在子窗口内任意放置,一种形态称为一种特征,然而找出所有子窗口的特征是进行弱分类训练的基础。

3.2.2 基于 AdaBoost 算法的分类器

为了高效检测人脸图像,可以采用基于级联结构的 AdaBoost 算法。AdaBoost 是一种级联分类器,原理是采用迭代思想实现分类器的加权平均,挑选最优弱分类器。图 4 为 AdaBoost 算法训练示意图。

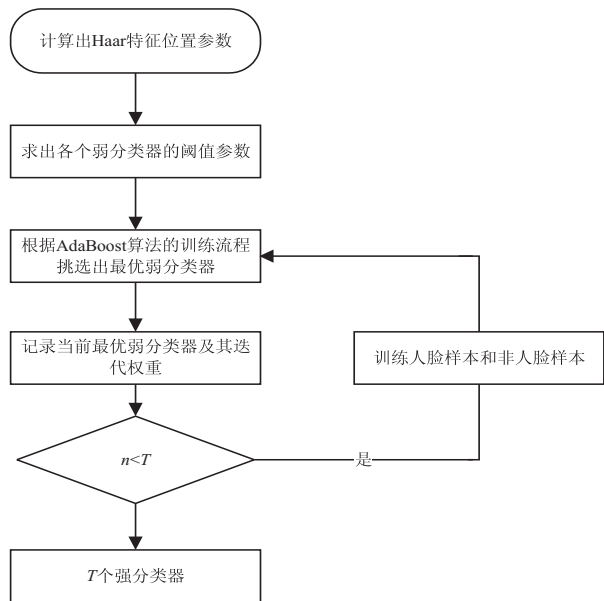


图 4 AdaBoost 算法训练示意图

AdaBoost 算法训练的具体过程为:

(1) 初始所有训练样例的权重为 $1/N$, 其中 N 是样例数。

(2) for $m = 1, 2, \dots, M$

(a) 训练弱分类器 $y_m()$, 使其最小化权重误差函数 (Weighted Error Function):

$$\varepsilon_m = \sum_{n=1}^N w_n^{(m)} (y_m(x_n) \neq t_n) \quad (1)$$

(b) 计算该弱分类器的话语权 α :

$$\alpha_m = \ln \left\{ \frac{1 - \varepsilon_m}{\varepsilon_m} \right\} \quad (2)$$

(c) 更新权重:

$$w_{m+1,i} = \frac{w_{mi} \exp(-\alpha_m t_i y_m(x_i))}{Z_m}, i = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

Z_m 是规范化因子,使所有 w 的和为 1。

$$Z_m = \sum_{i=1}^N w_{mi} \exp(-\alpha_m t_i y_m(x_i)) \quad (4)$$

(3) 得到最后的分类器。

$$Y_M(x) = \text{sign} \left(\sum_{m=1}^M \alpha_m y_m(x) \right) \quad (5)$$

3.2.3 部分程序代码

```

static Cv Haar Classifier Cascade * cascade=0;
static Cv Mem Storage * storage=0;
void detect_and_draw(Ipl Image * image);
const char * cascade_name="D:\\Program
Files\\OpenCV2.1\\data\\haarcascades\\haarcascade_fron-
talface_alt.xml";
//人脸检测要用到的分类器(包含绝对路径)
int _tmain(int argc, _TCHAR * argv[ ])
{
    cascade=(Cv Haar Classifier Cascade *) cv;
    Load(cascade_name,0,0,0);
    //加载人脸检测所用的分类器
    if(! cascade)
    {
        fprintf(stderr,"ERROR: Could not load classifier cascade \
n");
        return -1;
    }
    storage=cv Create Mem Storage(0); //动态存储结构,用来
    存储人脸在图像中的位置
    cv Named Window("result",1);
    const char * filename="11.jpg";
    //待检测图像(包含绝对路径)
    const char * filename="D:\\angle.jpg";
    Ipl Image * image=cv Load Image(filename,1);
    //加载图像
    detect_and_draw(image);
    //对加载的图像进行检测
    cv Wait Key(0);
    cv Release Image(&image);
    cv Destroy Window("result");
    return 0;
}
  
```

3.3 照明终端软件设计

照明终端采用 VS2010^[11] 开发平台借助 OpenCV2.3.1 辅助开发库,实现了具有人脸检测与跟踪功能^[12]的应用软件。主程序包括完成光照强度、人

脸检测,根据条件判断是否有人存在,完成开启、关闭照明控制。终端与控制器采用中断方式,响应控制器查询和控制指令。主程序设计流程如图 5 所示。

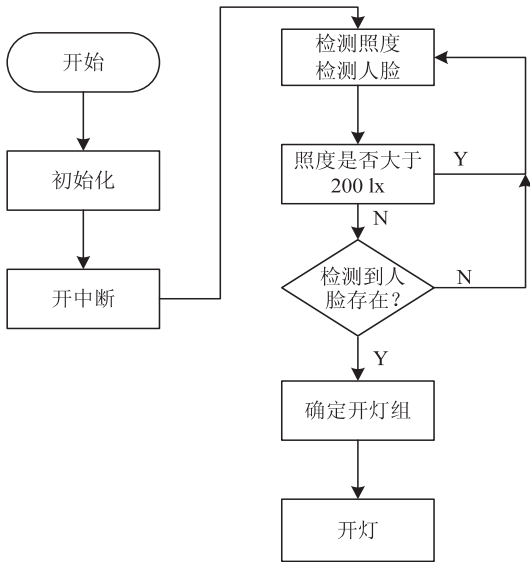


图 5 主程序流程

4 仿真实验结果与分析

该系统软件设计采用 C++^[13] 语言在 VS2010 开发平台实现。该软件利用 VC++^[14] 中应用程序结构创建,并调用 OpenCV 图像处理函数实现对图像的各种操作以及存储操作。

为证明该系统的有效性,利用摄像头捕捉了教室内 1 张图像,如图 6 所示。该系统过程除了适用于高质量视频外,还适用于光线变化、干扰物、部分遮挡存在的视频图像,均表现出较好的鲁棒性。

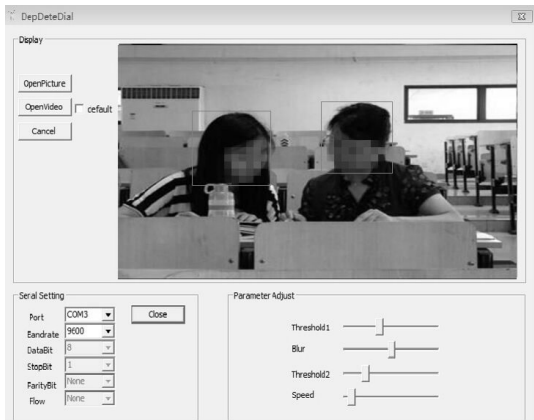


图 6 人脸检测结果

5 结束语

为了实现照明控制信息的智能化,满足节能、高效的教学管理需要,提出了一种基于 ARM 处理器,支持信息远程传输的灯光自动控制系统。仿真实验结果表明,该系统不仅集照明节能控制与图像采集、传输于一体,很好地实现了自动灯光控制,同时有效地解决了传统照明控制方式管理落后、能源浪费等问题。

参考文献:

[1] 黄小庆,张军永,朱玉生,等. 基于物联网的输变电设备监控体系研究[J]. 电力系统保护与控制,2013,41(9):137-141.

[2] 赵立辉,霍春宝. 基于 ARM9 的远程视频监控系统的设计与实现[J]. 沈阳大学学报,2009,21(3):108-110.

[3] 刘燕燕,杨帮华,丁丽娜,等. 基于 STM32 的红外火灾探测系统设计[J]. 计算机测量与控制,2013,21(1):51-53.

[4] 胥 静. 嵌入式系统设计与开发实例详解:基于 ARM 的应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.

[5] 刘瑞祯,于仕琪. OpenCV 教程基础篇[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1999.

[6] 王 晗,李 翔,李忠敏,等. 基于 OV7670 的图像采集与显示设计[J]. 中国科技信息,2013(11):90-91.

[7] 梁路宏,艾海舟,肖习攀,等. 基于模板匹配与支持矢量机的人脸检测[J]. 计算机学报,2002,25(1):22-29.

[8] 曹正贵,马 文,王志锋. 基于肤色与新型 Haar—Like 特征的人脸检测算法研究[J]. 广东通信技术,2015,35(11):27-32.

[9] 李明瑞,傅 明,曹 敦. 基于肤色检测的 AdaBoost 人脸检测算法改进[J]. 计算机工程,2012,38(19):147-150.

[10] Chen Chao-Ho, Chen Tsong-Yi, Wang Da-Jinn, et al. A cost-effective people-counter for a crowd of moving people based on two-stage segment[J]. Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing,2012,3(1):12-23.

[11] 杨家臣,郑晓涛,朱进全. 基于 VS2010 的 FPSO 外输指挥系统的开发[J]. 石油机械,2013,41(10):60-64.

[12] Badu R V, Perez P, Bouthemy P. Robust tracking with motion estimation and local kernel-based color modeling[J]. Image Vision Computing,2007,25(8):1205-1216.

[13] Bradski G, Kaehler A. Learning OpenCV: computer vision in C++ with the OpenCV library[M]. [s. l.]: O'Reilly Media, Inc., 2013.

[14] 向世明. VC++ 数字图像与图形处理[M]. 北京:电子工业出版社,2002.