

谢迈彬, 黄震. 基于人像识别的教室节能控制系统[J]. 智能计算机与应用, 2024, 14(11): 175-181. DOI: 10. 20169/j. issn. 2095-2163. 241127

# 基于人像识别的教室节能控制系统

谢迈彬, 黄震

(惠州学院 计算机科学与工程学院, 广东 惠州 516007)

**摘要:** 在能源紧张、环境污染等问题日益突出的背景下, 节能减排成为全球关注的问题。由于缺乏合适的管理, 教室内的电气设备得不到有效利用, 由此带来的资源浪费不容小觑。为减少教室用电资源浪费, 本文基于九联 A311D 开发板、摄像头、光线传感器 (PT550)、半导体温度传感器 (LM35) 等外设实现了一款可人像和光线温度检测的教室节能控制系统, 远程控制教室用电设备, 并可通过手机 App 实时查看教室信息。

**关键词:** 教室节能; 人像识别; 光温检测; 远程监控

中图分类号: TP319

文献标志码: A

文章编号: 2095-2163(2024)11-0175-07

## A energy-saving control system of classroom based on portrait recognition

XIE Maibin, HUANG Zhen

(School of Computer Science and Engineering, Huizhou University, Huizhou 516007, Guangdong, China)

**Abstract:** Against the backdrop of increasing energy constraints and environmental pollution, energy conservation and emission reduction have become a global concern. Due to the lack of proper management, the electrical devices in the classrooms are not effectively utilized, resulting in the serious waste of resources. In order to reduce the waste of electrical resources in classrooms, this paper implements the classroom energy-saving control system based on JiuLian A311D development board, camera, light sensor (PT550), semiconductor temperature sensor (LM35) and other peripherals that can detect by the portrait and light temperature, which can remotely control classroom electrical equipment, and view classroom information in real time through cell phone App.

**Key words:** classroom energy saving; portrait recognition; photometric and temperature detection; remote monitoring

## 0 引言

随着国内经济的高质量发展, 电力资源的消耗较之前有了很大的提升, 电力供应矛盾问题已然成为全社会关注热点。因为大多数中国大学教室内的电子设备都是通过手动控制方式使用, 即需要进入教室的人员手动控制, 所以需要采取措施降低能耗。同时考虑到学生自身的节能意识相对薄弱, 经常出现教室内人走不熄灯, 不关风扇的情况; 此外, 许多教室只有零星几个同学在自习, 却开启了整间教室的灯具以及风扇等情况, 这样就造成了电力资源的极大浪费。

由于缺乏合适的管理, 教室内的电气设备得不到有效利用, 存在严重资源浪费现象。因此, 对教学楼教室节能<sup>[1]</sup>的研究具有重要现实意义。基于此,

本文开发了一套结合人像识别、温度和光照强度检测、手机远程查看和控制技术的教室节能控制系统。

## 1 系统整体架构

基于人像识别的教室节能控制系统分为 3 个子系统, 分别是: 服务器、上位机 (手机 App) 和下位机 (设备端)。

服务器在阿里云上进行开发, 基于 Linux 操作系统的 Epoll 机制实现 TCP<sup>[2]</sup> 服务器, 采用线程池<sup>[3]</sup> 来处理并发请求, 避免创建过多线程导致系统资源的浪费。使用 MySQL 数据库存储教室信息和教室的告警信息, 当上位机有需要时, 读取并发送给上位机。

手机 App 在 Android Studio 上进行开发, 通过 Socket 函数连接到服务器实现实时通信, 实时获取

作者简介: 谢迈彬 (2001—), 男, 本科生, 主要研究方向: C++ 客户端开发, 物联网开发。

通信作者: 黄震 (1980—), 男, 副教授, 主要研究方向: 算法, 程序设计, 无线网络。Email: 195146501@qq.com。

收稿日期: 2023-06-06

下位机的教室信息,并可通过按钮、滑块和弹窗等控件触发相应的命令。

下位机通过 ADC 口获取温度传感器和光敏传感器的数值<sup>[4]</sup>,使用腾讯的 NCNN 将 YOLOX<sup>[5]</sup>训练的模型移植到 Android 应用中,通过摄像头实时获取教室人数,根据人数、温度和光照强度等信息控制教室的用电设备。

## 2 系统设计

本系统主要是对教室用电资源进行科学管控,以实现教室节能和延长用电设备的使用寿命,其系统功能模块如图 1 所示。



图 1 系统功能模块图

Fig. 1 Function module diagram of the system

将各模块分配给各个子系统得到系统结构框图如图 2 所示。

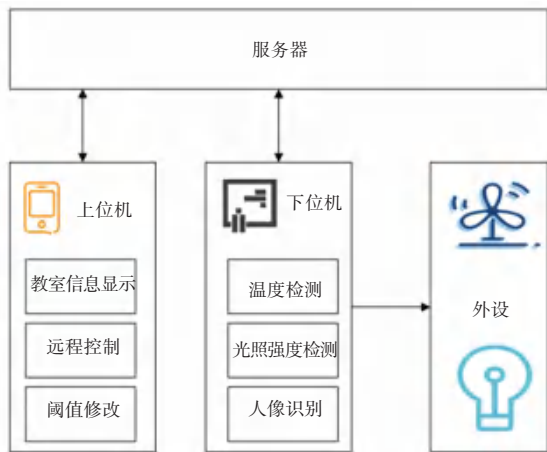


图 2 系统结构框图

Fig. 2 Structure block diagram of the system

下位机包含温度检测、光照强度检测和人像检测 3 个模块,通过获取到的教室信息来控制电灯风扇等用电设备。

上位机包含 3 个模块,即:教室信息显示、阈值修改模块和教室信息模块,可实现对教室状态的远程监控。

上、下位机通过服务器进行通讯,交换数据信息和控制信息。

### 2.1 下位机设计

下位机所使用的开发板是 Unionpi Tiger

(A311D),主要用于图片、音视频的处理等,适用于 Android SDK 应用开发。

根据系统结构框图,设计出下位机结构框图如图 3 所示。其中,主要有 3 个模块:温度检测、光照强度检测以及摄像头采集图像。

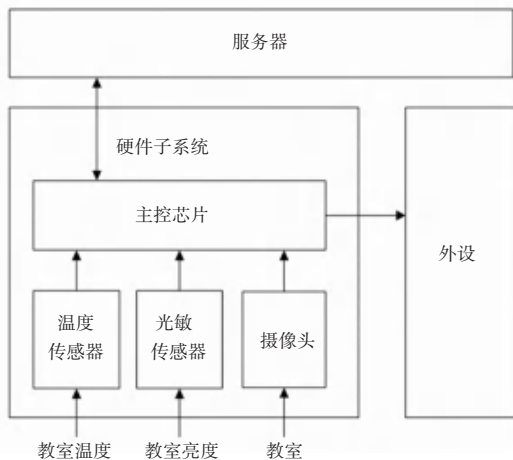


图 3 下位机结构框图

Fig. 3 Structure block diagram of lower-level machine

#### 2.1.1 温度检测模块设计

研究的温度检测模块的温度传感器采用 DFRobot 的 LM35 半导体线性模拟温度传感器<sup>[6]</sup>,适合于 100 °C ~ 200 °C 以下的温度测量,应用简单,有较好的线性度和较高的灵敏度。主要技术参数如下:

- (1) 传感器芯片灵敏度: 10 mV/°C。
- (2) 测量温度范围: 0 °C ~ 100 °C。
- (3) 供电电压: 3.3 ~ 5.0 V。

#### 2.1.2 光照强度检测模块设计

光线检测模块的光线传感器<sup>[7]</sup>采用 DFRobot 的光线传感器,该传感器使用 PT550 作为基础材料。该传感器是用来对教室光照的强弱程度进行检测,主要技术参数如下:

- (1) 感应的流明范围: 1 ~ 6 000 Lux。
- (2) 适用电源电压: 3 ~ 5 V。

#### 2.1.3 人像识别模块设计

(1) 摄像头。人像识别模块使用的是 USB 摄像头,通过 USB 接口连接到开发板。

(2) 人像识别模型。模型训练选择 YOLOX 目标检测算法<sup>[8]</sup>,训练后得到一个模型,继而借助 NCNN 部署在安卓平台上,安卓 App 调用摄像头进行实时人像识别。

### 2.2 App 设计

教室助手 App 的功能主要是获取教室的实时

信息以及帮助管理人员进行远程控制。主要分为信息显示、远程控制、阈值修改三个模块。App 设计模块如图 4 所示。

(1) 信息显示模块: 获取教室的实时信息并显示在 App 上。同时, 管理人员可以在 App 上点击图标显示教室的告警信息, 如温度过高等。

(2) 阈值修改模块: 管理员可以修改开关风扇的温度阈值和开关灯光照强度阈值。管理员可以根据实际需求进行阈值的设置。

(3) 远程控制模块: 该模块可以帮助管理员远程开关教室内的用电设备, 例如打开或关闭风扇、灯光等。



图 4 App 模块图

Fig. 4 Module diagram of App

### 2.3 服务器设计

服务器模块如图 5 所示。

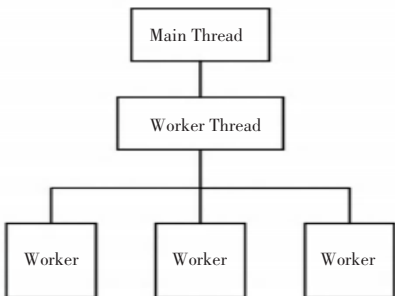


图 5 服务器模块图

Fig. 5 Module diagram of the system server

(1) 主线程<sup>[9]</sup>: 主线程作为服务器程序的核心, 负责创建套接字。创建完毕后监听连接请求, 一旦监测到连接请求, 主线程将会接受该连接, 并将其传递给选定工作线程进行处理。

(2) 工作线程: 工作线程是服务器程序的执行单元, 主要用于处理客户端的连接请求和数据交换。工作线程是由主线程创建的, 但是在处理连接时, 主线程会将工作线程分离, 让工作线程独立地处理客户端请求和数据交换。

## 3 系统实现

根据上述系统设计对各模块进行设计实现。

### 3.1 下位机实现

#### 3.1.1 温度检测模块

(1) 温度获取流程

- ① ADC 接口连接温度传感器。
- ② 主控芯片读取 ADC 通道 ADC data 输入值。
- ③ 主控芯片通过计算公式得出具体温度。

首先, 计算温度传感器 LM35<sup>[10]</sup> 输入的电压值:

$$V = val / 1\ 023 \times 1\ 800 \quad (1)$$

其中,  $val$  为主控芯片读取的 ADC data 值, 假设  $val = 138$ , 则  $V \approx 243\text{ mv}$ 。

接着, 根据电压值  $V$  和灵敏度  $S$  计算出温度值:

$$T = V / S \quad (2)$$

假设  $V = 234\text{ V}$ , 则  $T = 243 / 10 = 24.3\text{ }^\circ\text{C}$ 。

(2) 程序流程。温度检测模块的程序流程如图 6 所示。

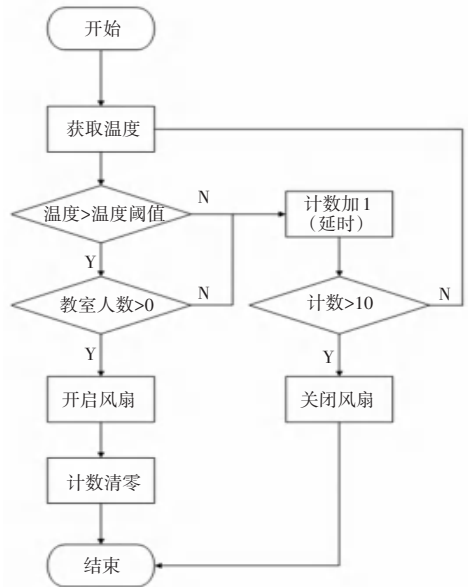


图 6 温度检测模块的程序流程图

Fig. 6 Flow chart of temperature detection module program

(3) 运行结果。通过温度传感器检测到的教室温度如图 7 所示。温度是由电压值计算出来的, 每隔 0.5 s 获取一次传感器数据, 再根据教室当前人数进行对应操作。而在温度超过设定值时, 给服务

器发送高温预警,预警信息会存储在 MySQL 数据库中。



图7 温度检测结果

Fig. 7 Detection result of temperature

### 3.1.2 光照强度检测模块

#### (1)亮度获取流程

- ① ADC 接口连接光线传感器<sup>[11]</sup>。
- ② 主控芯片读取 ADC 通道 ADC data 输入值。
- ③ 主控芯片通过计算公式得出具体亮度。

亮度  $L$  的计算公式为:

$$L = val / 1\ 023 \times 6\ 000 \quad (3)$$

其中,  $val$  表示主控芯片读取的 ADC data 值。

假设  $val = 138, L \approx 809$  LUX。

(2)程序流程。光照强度检测模块的程序流程如图8所示。

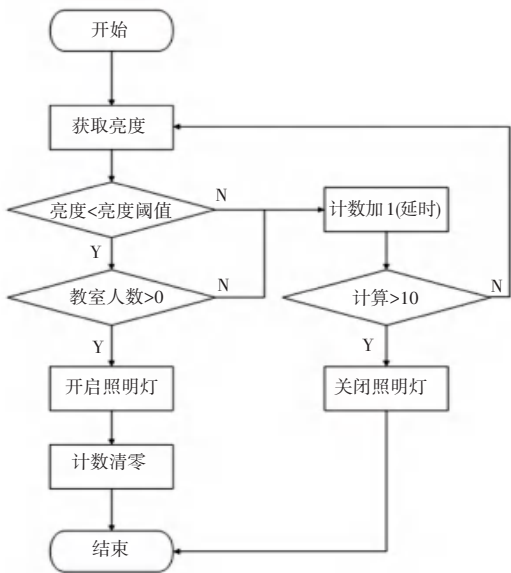


图8 光线检测模块的程序流程图

Fig. 8 Flow chart of light detection module program

(3)运行结果。图9是通过光敏传感器检测到的教室光照强度,亮度是由电压值计算出来的,每隔 0.5 s 获取一次传感器数据,再根据教室当前人数进行对应操作。



图9 光照强度检测结果

Fig. 9 Detection result of light intensity

### 3.1.3 人像识别模块

(1)通过 YOLOX 与 COCO2017 数据集训练得到一个  $xx.pt$  文件。

(2) Android 应用的实现。将本次研究中的 YOLOX 训练好后可以得到  $pth$  为后缀的模型。这里需要将其部署在安卓系统,所以需要进行模型转换,模型转换流程如图10所示。



图10 模型转换流程图

Fig. 10 Diagram of model conversion process

其中,NCNN 的运行过程如图11所示。

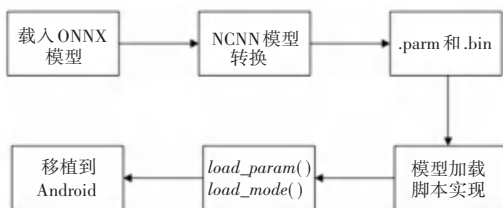


图11 NCNN 运行过程示意图

Fig. 11 Diagram of NCNN running process

(3)通过 Android Studio 将应用打包,通过 U 盘安装到开发板上。

(4)程序流程。人像识别模块的程序流程如图12所示。

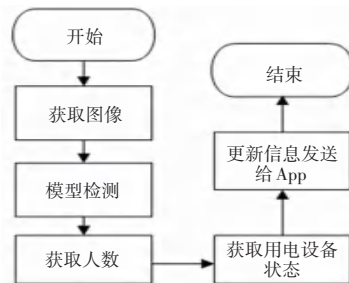


图12 人像识别模块的程序流程图

Fig. 12 Flow chart of face recognition module program

(5)运行结果。人像识别运行结果如图13所示。



图 13 人像识别运行结果

Fig. 13 Results of face recognition

### 3.2 App 实现

#### 3.2.1 信息查看

进入 App 页面自动通过端口号和服务器 IP 地址创建一个 Socket 连接,连接后如图 14 所示。可实时获取设备端的信息(温度、亮度、人数以及电灯和风扇的状态),并发送给手机 App 端,手机 App 端每隔 0.5 s 刷新页面数据。



图 14 环境信息更新

Fig. 14 Environmental information update

#### 3.2.2 状态获取及更改

外设状态更改如图 15 所示,当管理人员点击电灯或者风扇的开关后,会通过服务器向下位机发送命令,使用 JSON 格式<sup>[12]</sup>将命令发送给服务器,服务器再将命令转发给下位机,下位机接收到命令后更改电灯或风扇的开关情况。

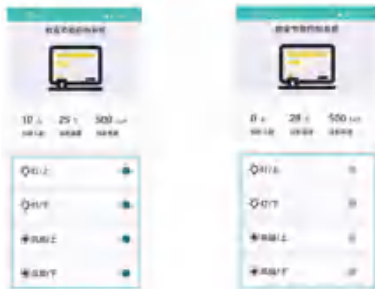


图 15 外设状态更改

Fig. 15 Peripheral state change

#### 3.2.3 阈值修改

阈值修改如图 16 所示。管理人员通过拉动滑

动条就可以修改温度和亮度阈值,当教室有人且温度高于温度阈值时、风扇开启,当教室有人且亮度低于亮度阈值时,电灯开启。温度最大阈值为 40 ℃,亮度最大阈值为 6000 LUX。



图 16 阈值修改

Fig. 16 Threshold modification

#### 3.2.4 告警信息查看

告警信息查看如图 17 所示,管理人员可以通过点击图标获取服务器存储在 MySQL 的数据。

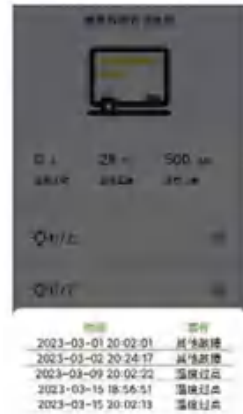


图 17 告警信息查看

Fig. 17 Viewing alarm information

### 3.3 服务器以及数据库实现

服务器建立在阿里云上,服务器实现是基于 Linux 操作系统的 Epoll 机制实现,如图 18 所示。由 Main reactor thread 线程负责接收新的 TCP 连接请求,负责监听客户端的读写请求,当 Main reactor thread 接收到客户端或者监听套接字可操作的请求后,会把请求封装成事件,分发给子线程,图 18 中的 Sub reactor thread 线程。Sub reactor thread 子线程负责进行处理,如对套接字的请求读取、解码、计算(处理)、编码和最后再写回请求套接字等一系列操作。

数据库使用的是 MySQL 数据库,根据需求构建之后,通过使用#include <mysql.h>就可以获取操作数据库的相应函数。

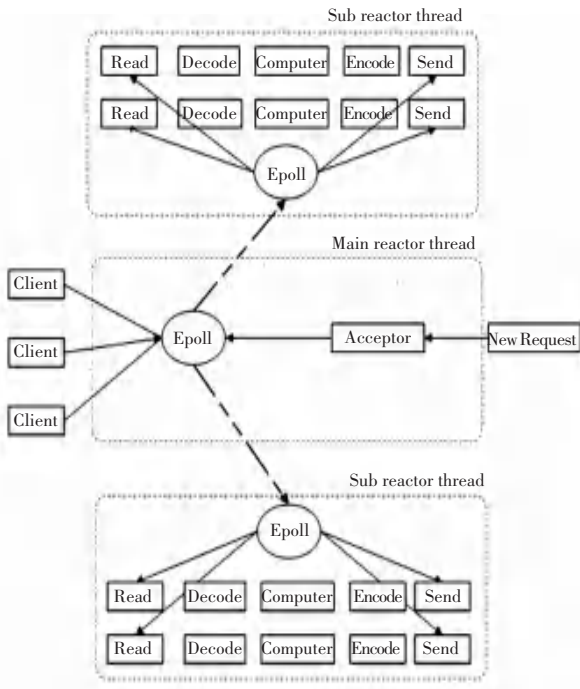


图 18 服务器处理流程

Fig. 18 Processing flow chart of server

3.4 核心逻辑实现

本系统的总体实现流程如图 19 所示。图 19 中,虚线表示设备程序与 App 通讯发生交互。

(1) 下位机(设备端)。应用启动后初始化完

毕,将不断获取当前教室中的温度、亮度和人数,并将教室信息发送给 App,同时接收来自 App 的信息。

当系统检测到教室温度持续大于设定值一段时间时,就会发送告警信息。

当系统检测到教室中的人数大于 0 且温度大于温度阈值时,就会开启风扇。若不满足则会开始计数,当计数值大于设定的值时,就会关闭风扇。

当系统检测到教室中的人数大于 0 且亮度小于亮度阈值时,就会开启电灯。若不满足则会开始计数,当计数值大于设定的值时,就会关闭电灯。

当系统接收到来自 App 修改阈值的信息时,就会修改当前的阈值。

当系统接收到来自 App 开启/关闭风扇或照明灯的信息时,就会执行相应的操作。

(2) 上位机(手机 App 端)。App 启动后初始化完毕,就不断接收来自设备端的信息,更新原有的信息。

当用户修改阈值或点击用电设备开关时,App 就将更改后的信息通过服务器发送给下位机。

若点击图标,即向服务器发送获取告警信息请求,获取存储的告警信息,在列表中显示。

(3) 服务器。根据需求将信息发送给下位机或手机 App。

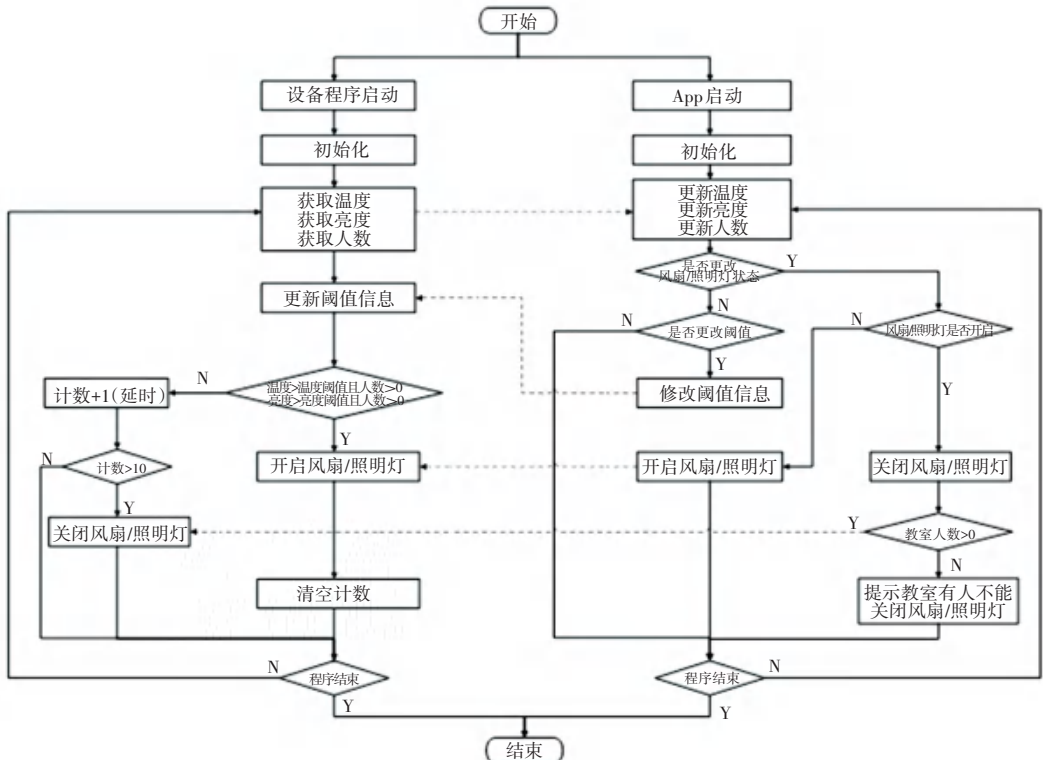


图 19 系统核心逻辑流程图

Fig. 19 Flow chart of system core logic

## 4 系统应用的技术指标验证

(1) 人像识别准确率。采集了 100 张教室内不同人员的图像数据。

系统通过人像识别技术对这些图像进行处理, 并记录识别结果。

在与手动标注的真实结果进行比对后, 系统的准确率为 95%。

(2) 实时性。从摄像头捕捉到教室图像到识别结果的平均时间为 500 ms。

在实时处理的情况下, 系统能够在 1 s 内完成人像识别并提供结果。

(3) 温湿度数据采集准确性。通过温湿度传感器记录了教室内的实际温湿度数据。

系统读取传感器数据并记录下来, 与实际数据进行比对后, 数据准确性达到 97%。

(4) App 实时显示效果。通过手机 App 连接到系统, 可实时接收教室的各项信息, 接收到的信息与教室实际情况保持一致。

在请求报警信息后, App 能够准确显示当前存储的告警信息。

(5) 系统可靠性。系统在教室环境中长时间运行, 总运行时间达到 200 h。

在此期间, 系统没有出现崩溃或错误, 表现出良好的稳定性和可靠性。

## 5 结束语

本系统主要基于人像识别、温度传感器和光照强度传感器等实现教室节能, 并将数据通过服务器传输到手机 App 端, 实现远程监控。该系统还存在一些可以优化的地方。

(1) 摄像头的清晰度不够高, 检测到的画面比较模糊, 后续可以更换清晰度更高的摄像头。

(2) 由于器件准备问题, 目前只分为上下两个模块, 可以进一步扩展为 4 个模块。

(3) 在亮度较暗的情况下无法做到精准识别, 可以增加红外传感器<sup>[13]</sup>解决这个问题。

基于人像识别的教室节能控制系统是一项具有广阔前景的领域技术, 可以为教室节能、环保和智能化提供重要的支持。未来, 随着科技的不断发展和智能化技术的日渐成熟, 该技术将会拓展出更广泛的应用场景, 并陆续推出更多的技术创新。

## 参考文献

- [1] 刘富武. 高校教室照明系统节能优化措施分析[J]. 大众标准化, 2021(9):30-32.
- [2] 刘敏. 嵌入式 TCP/IP 协议单片机技术在网络通信中的运用[J]. 信息记录材料, 2021, 22(9):161-162.
- [3] GHOSH T K, DAS S. Job scheduling in computational grid using a hybrid algorithm based on particle swarm optimization and extremal optimization [J]. Journal of Information Technology Research, 2018, 11(4):72-86.
- [4] 彭帅, 石星辰, 张杰, 等. 用于传感器信号获取的模数转换器研究进展[J]. 微电子学, 2022, 52(4):525-532.
- [5] 钱启璋. 基于 YOLOX 目标检测模型轻量级裁剪[J]. 信息技术与信息化, 2023(3):62-65.
- [6] 于洋, 张艳华. 温度传感器的设计与测试[J]. 科技资讯, 2023, 21(1):85-88.
- [7] 韩庆福, 韩大伟, 范安军, 等. 基于雨量光线传感器的雨刮灯光智能控制系统[J]. 汽车电器, 2022(1):35-37.
- [8] GE Zheng, LIU Songtao, WANG Feng et al. YOLOX: Exceeding yolo series in 2021 [J]. arXiv preprint arXiv, 2107.08430, 2021.
- [9] 朱倩. 多线程技术在 Java 中的应用[J]. 福建电脑, 2021, 37(9):108-110.
- [10] 刘星宇. 基于单片机的温度采集系统研究分析[J]. 科学技术创新, 2021(2):86-87.
- [11] 何江, 张科星. 光传感器输出信号的非线性变化拟合以及误差补偿研究[J]. 激光杂志, 2022, 43(11):78-82.
- [12] 宋岸峰, 曾新顺, 宁占彬. 基于 JSON 的数据采集通信协议分析与实现[J]. 电脑编程技巧与维护, 2022(3):75-79.
- [13] 陈淑芳. 红外传感器在智能教室照明控制中的应用[J]. 光源与照明, 2020(11):47-49.