

文章编号:1005-0523(2018)03-0127-07

# 新型智能消防小车的研究与实现

黄海来

(上海申通地铁集团有限公司,上海 201102)

**摘要:**近年来,消防事故频发给人民生命和社会财产安全造成了巨大的威胁,同时也威胁着消防人员的生命安全。通过对比现行不同的智能小车的技术,选择了开源、硬件性能更稳定且支持快捷开发的 Arduino 单片机为主控芯片,结合 WiFi 技术,设计了一种新型的智能灭火小车;同时,使用红外线传感器,结合 H 桥驱动原理,完成了智能灭火小车的循迹避障功能;利用火焰传感器检测火源,信号回传单片机低电平启动风扇,完成灭火功能;最后,设计了智能手机 Android 移动版软件,通过 WiFi 模块的路由器和摄像头完成移动端的控制功能。

**关键词:**arduino;火焰传感器;单片机;WiFi;循迹

**中图分类号:**TP273

**文献标志码:**A

在社会高速发展的今天,城市化日益加强,无论是地上还是地下建筑,火灾发生频繁,研发新型的灭火机器人,减轻消防部门压力,已经成为刻不容缓的一项重要任务<sup>[1]</sup>。笔者所工作的上海申通地铁,已投入运营的轨道交通线路有 15 条,运营线路总长度达到 617 km(含磁浮线),运营车站 367 座,路网规模居于世界各大大地铁城市前列<sup>[2]</sup>。地铁运营中存在各类安全隐患给消防部门带来了严峻考验,一旦发生火灾,将对人民生命财产安全和社会稳定造成巨大威胁。

智能消防车的功能需求不同于一般的智能小车,它要求智能小车对环境的感知灵敏而准确,能够及时翻越障碍处理险情。中国第一代消防机器人能够实现自主行走、翻越障碍、喷射灭火和环境侦查等功能<sup>[3-4]</sup>。智能小车的总体技术逐步向平台的模块化、运载系统的通用化方式发展。美国卡耐基梅隆大学、美国波士顿动力公司等为美国陆军未来战斗系统(FCS)研发的自主导航系统(autonomic navigation system,ANS)就是一种通用的智能小车控制软件系统,根据需求经过不同的配置后,该系统就可以实现不同的功能<sup>[5]</sup>。日本在灭火机器人领域同样发展迅速。部分已投入使用的灭火机器人,动力系统采用内燃机。为了能完成爬坡越障等具有一定难度的动作,还配置了履带式行驶机构并采用了较大喷射流量标准的消防枪炮灭火。

由于传统火情监控巡检方式耗时、耗力且不能及时处理险情,而目前消防机器人控制又过于复杂、灵活性不强,本文设计了一种集自主行驶、视频监控、自动探测火源、手机控制于一身的智能灭火小车,可替代人在一些危险性极高的场合进行消防作业。

## 1 总体设计

本系统所设计的智能灭火小车,它的主要功能是以 Arduino 单片机为核心,将传感器(红外线、火焰、障碍物)监测数据进行分析处理,根据分析信息下发指令控制小车的运动、舵机的转动以及风扇的开启和灭火器的开启进而实现自动灭火,通过串口模块进行指令的传达和模式切换,通过 WiFi 模块用 MJPEG 协议进行视频的传输,并通过手机 APP 和电脑控制端对小车进行手动控制。

收稿日期:2017-10-11

基金项目:江西省自然科学基金项目(20142BAB217019)

作者简介:黄海来(1988—),女,工程师,硕士,研究方向为通信工程及标准化管理。

## 2 硬件设计

### 2.1 系统硬件介绍

智能消防小车系统结构如图 1 所示。系统采用电机控制模块结合红外传感及 PWM 调速进行自主行驶及避障;利用火焰传感器检测火源后启动风扇灭火;视频监控模块通过搭载高清摄像头实时采集周围环境信息并通过 WiFi 模块进行视频传输。手机控制端 APP 与 WiFi 模块通过服务器端进行双向数据传递,从而实时控制小车运行。

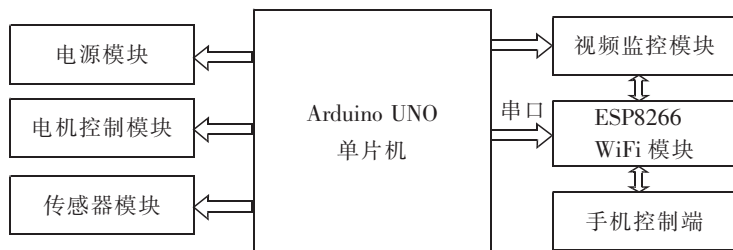


图 1 系统硬件结构图

Fig.1 Architecture of system hardware

### 2.2 系统模块介绍

1) 电源模块为智能消防车提供动力支持。综合经济因素和实际情况,本文采用的是 2 节 3.7 V 的锂电池串联供电,电压可以达到 7.4 V,完全可以满足如图 2 所示的各模块供电需求。

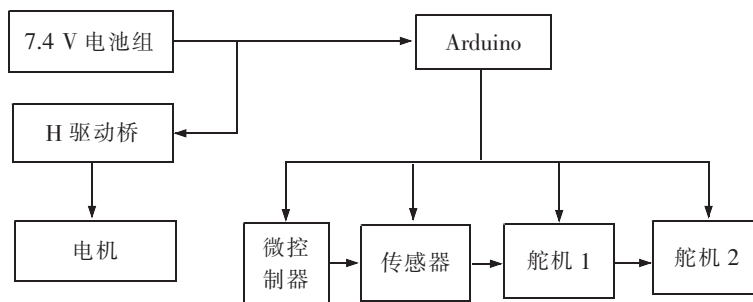


图 2 电源供电

Fig.2 Power supply

2) 智能小车通过直流电机驱动运行。本文采用了 L293D 电机驱动模块。这主要是因为 L293D 高电压、高电流、4 通道电机驱动的优点。本次设计采用的双 H 桥电机驱动芯片,L293D 双 H 桥驱动芯片 2 路直流电机驱动模块。

3) 舵机是一种非常灵活也是非常常见的位置伺候装置。一个完整的舵机包括外壳、无核心马达、齿轮、电路板和位置监测器。舵机的控制原理简单,功能强大,因此在单片机设计中应用广泛。本文设计采用的是 9 g 舵机。舵机的控制采用 20 ms 左右的时基脉冲,该脉冲的高电平部分一般为 0.5~2.5 ms 范围内的角度控制脉冲部分。本文采用双舵机搭建的云台来完成对摄像头转动的控制。两个舵机与底座连接好,一个负责水平方向的转动,另一个负责垂直方向的转动,这样摄像头可以完成多角度拍摄,使用者将可以最大限度地了解到环境信息。

4) 智能小车能够沿着轨道路线不间断行走,这就是循迹技术。循迹功能是智能小车自主行走的基础功

能,是智能小车开启无人驾驶领域的基础。循迹功能是基于对事先规划路线的循迹,本次设计采用红外对管循迹法,赛道底色是白色的,赛道是双条黑线,具有直道、180°转弯的环形赛道。

5) 灭火是设计的核心部分,要求实现自动检测火源并且进行灭火。本模块分为火焰检测和风扇灭火两个系统。

a. 火焰检测系统。用蜡烛来代替燃烧的火源,就要求传感器能够检测到火焰,已知火焰发出的波段范围分别是 700~1 100 nm 的短波近红外线(SW-NIR),通过电信号(电压信号)进行输出<sup>[6-8]</sup>。检测火焰设计采用的是红外火焰传感器。

b. 灭火系统。本次设计采用的灭火方案是用风扇灭火,实际应用中可用灭火器来替代,本文有使用的是 L9110 风扇。

6) WiFi 模块是本次设计的创新点。视频监控的视频流和移动控制端的信号均通过 WiFi 模块传输。WiFi 模块采用了超低功耗的 UART WiFi 透传模块 ESP8266,它专为移动设备和物联网应用设计。ESP8266 与 Arduino 单片机通过串口进行交互并且连接到 WiFi 网络,从而实现与服务器通信。手机控制 APP 适用于 Android 系统,通过控制界面的运动按钮来进行小车的前后左右移动。

WiFi 模块协同其他模块工作流程如图 3 所示。指令通过上位机传送到路由器,经转换后送至单片机。单片机识别指令,执行命令,视频请求由上位机发向路由器,路由器的视频处理程序将 USB 摄像头拍摄的画面进行编码传输,最后由上位机解码显示视频。

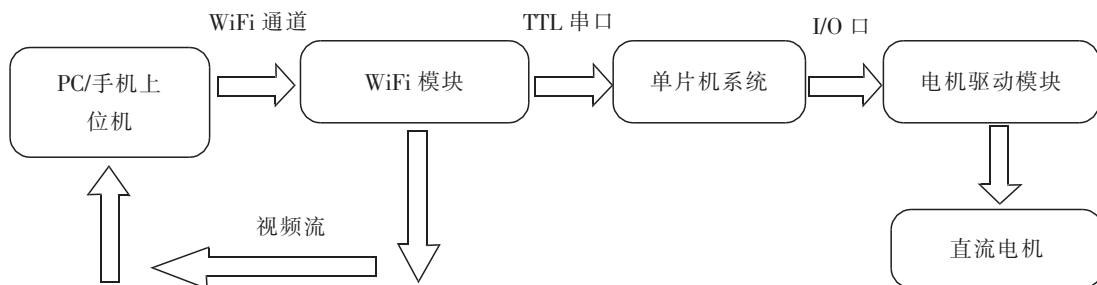


图 3 WiFi 模块流程图  
Fig.3 WiFi module flow chart

### 3 软件设计

智能灭火小车的软件分为下位机软件及手机客户端 Android APP。下位机软件如图 4 所示。手机客户端 APP 与 WiFi 模块通过服务器端进行双向数据传递,用户可以在手机端实时控制小车运行。

#### 3.1 下位机软件

下位机软件主要包括电机控制模块、WiFi 模块及传感器模块。按照功能划分,下位机主要功能包括循迹避障、火焰检测、视频监控及无线传输等。

##### 3.1.1 循迹避障程序设计

循迹是智能小车自主行走的基础功能,循迹避障流程如图 5 所示。设计内容<sup>[9-10]</sup>包括:

- 1) 定义电机驱动的 I/O 口,对前进后退、左前轮、左后轮、右前轮和右后轮进行设定,便于主函数调用。
- 2) 判断小车前方是否有无障碍物。
- 3) 调控左前车轮、左后车轮、右前车轮、右后车轮速度。
- 4) 定义相关指令,便于前进、后退、左转及右转的代码调用。

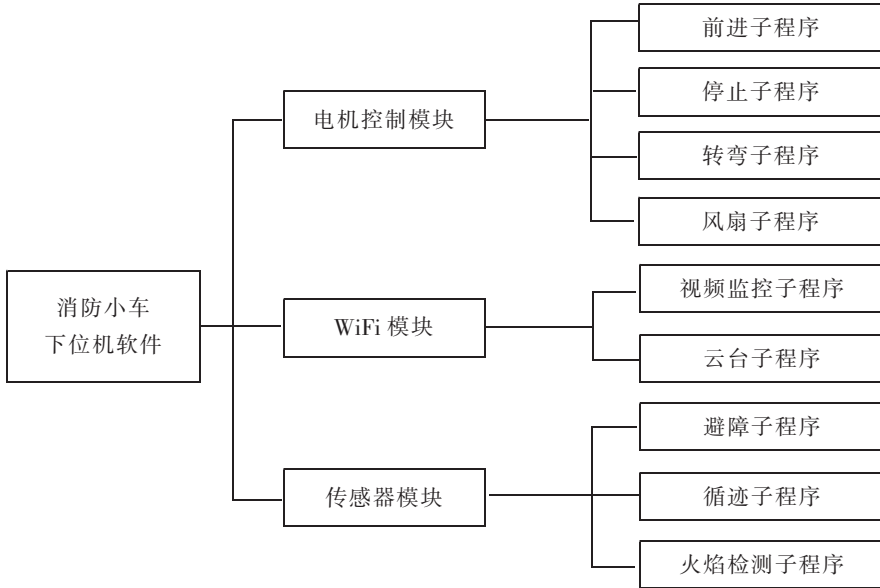


图4 下位机系统软件图

Fig.4 MCU Software

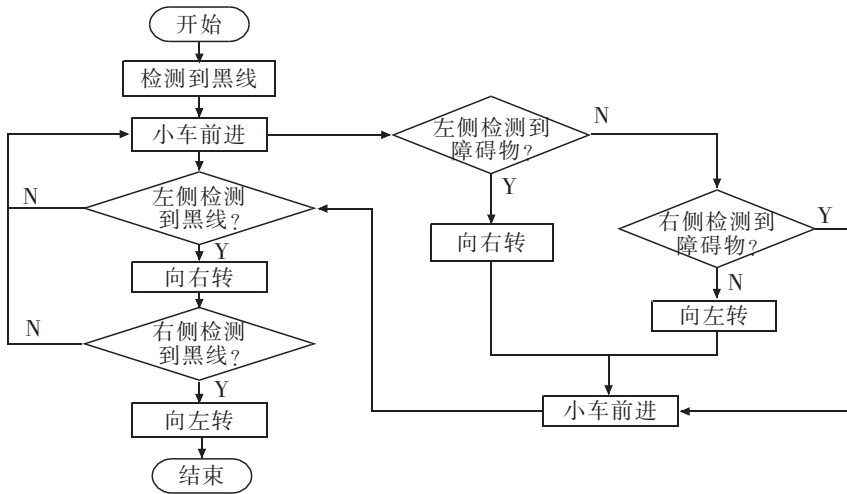


图5 循迹避障流程图

Fig.5 Tracking and obstacle avoidance flow chart

### 3.1.2 火焰检测程序设计

火焰检测流程如图6所示,火焰传感器检测到火源后,单片机驱动小车行驶到火源处,并且发出一个低电平启动风扇灭火。当火焰熄灭后,停止风扇,继续前进。

### 3.1.3 视频监控程序设计

视频信号需要通过DMA方式进行传输,因此在图像采集时应先定义DMA接收数据缓冲区jpeg\_dma\_bufsize的大小。将拍摄到的视频转化为一帧一帧JPG格式的图片,待图像处理完成后才可进行下一帧的接收,只有在第3帧传输完成后保存至SD卡。

### 3.1.4 无线传输设计

视频流和手机控制端的命令均通过WiFi模块传输。WiFi模块采用虚拟AP连接的方式,每次数据交互均由WiFi模块主动发起连接。创建虚拟AP方法如下:

```

#include <ESP8266WiFi.h>
void setup() {
  Serial.begin ( 115200 );
  Serial.println("");
  //设置内网
  IPAddress softLocal(192,168,128,1);
  IPAddress softGateway(192,168,128,1);
  IPAddress softSubnet(255,255,255,0);
  WiFi.softAPConfig(softLocal, softGateway, softSubnet);
  String apName = ("ESP8266_"+(String)ESP.getChipId
  ());
  const char *softAPName = apName.c_str();
  WiFi.softAP(softAPName, "adminadmin");
  IPAddress myIP = WiFi.softAPIP();
  Serial.print("AP IP address: ");
  Serial.println(myIP);
  Serial.print("softAPName: ");
  Serial.println(apName); }
void loop() { }
    
```

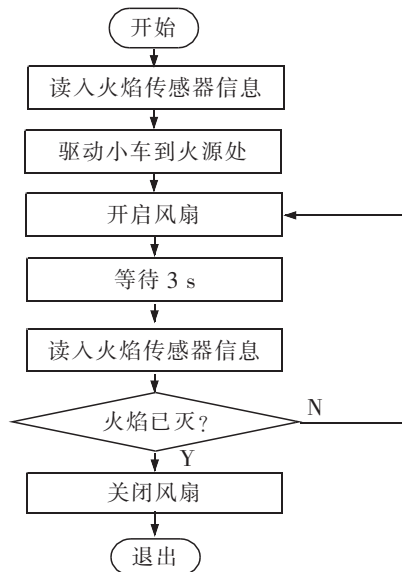


图 6 火焰检测流程  
Fig.6 Flame detector flow chart

### 3.2 Android 移动终端设计

Android 客户端应用设计主要包括界面显示及功能控制。其中,UI 设计采用的是 FragmentActivity。由 FragmentActivity 继承 Activity 的类,实现动态多界面的切换。功能控制上,当手机连接小车 WiFi 信号后,不需输入帐号及密码,直接进入操作界面。通过 APP 发送控制命令,经路由器转换后送至单片机。单片机识别指令后,控制小车的运行。响应过程如图 7 所示。

Android 连接方式采用的是基于 TCP 的 socket 通信。用户在手机 APP 上发送指令,Web 服务器收到请求,判断请求类型是指令后,调用 Socket 函数,与 TCP 服务器连接,并且将指令发送给 TCP 服务器,等待获取返回的信息。根据 TCP 反馈回来的数据判断执行是否成功,再将判断结果返回到 APP,告知用户执行结果。

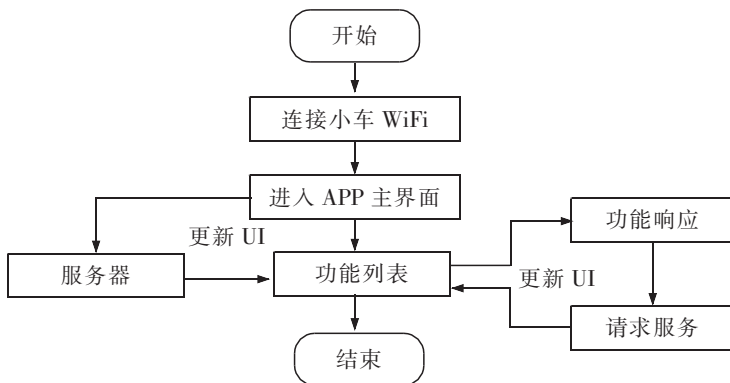


图 7 Android 界面响应过程  
Fig.7 Android interface response flow chart

## 4 系统测试结果与分析

在白底黑线、具有直道、180°转弯的环形赛道上,对小车行走、避障、侦查火焰、视频监控及手机控制端协同工作进行了测试,主要测试用例如表 1 所示。测试结果表明,小车可实现自主行驶;当探测到火焰后立

即启动灭火;视频监控正常,记录存入SD卡;手机客户端连接WiFi稳定。小车各模块协同工作,能更加智能化地完成消防作业。

表1 测试用例  
Tab.1 Test cases

系统模块	功能模块	用例说明	操作步骤	预期结果	测试结果
1 下 位 机	1.1 显示	数码管显示 电源电压参 数	使单片机通电	显示电压数值	Pass
	1.2 循迹红外 传感器	检测黑线,息 回传,控制驱 动	通电使单片机 工作	成功检测到黑 线,并沿着黑线 行驶	Pass
	1.3 避障红外 传感器	检测障碍物, 信息回传,控 制驱动	通电使单片机工 作,放置障碍物	检测到障碍物, 成功避让	Pass
	1.4 火焰传 感器	检测到火焰, 数据通过串 口传送到电 脑上	通电使传感器工 作,并且放置燃 烧蜡烛,用串口 线连接电脑	检测到火焰 串口助手显示数 据波动符合规律	Pass
	1.5 风扇	正常启动吹 灭蜡烛	通电使风扇工作	成功启动,吹灭 蜡烛	Pass
2 上 位 机	2.1 软件显示	软件界面显 示监控视频	运行软件	实时显示视频	Pass
	2.2 软件控制	在软件界面 上控制小车	运行软件	成功控制小车行 走,控制舵机转动	Pass
	2.3 串口开关	串口打开与 关闭	在软件界面上按 下串口开关按钮	串口开就有数 据,关无数据	Pass

## 5 结束语

本文设计了一种可自主行驶、自主侦查并灭火、视频监控及手机控制的智能消防小车,具有体积小、控制简单、灵活性较强等优点。该系统预留了对其他参数进行监测的传感器接口,对探索在交通、矿井等危险性较高的环境替代人进行消防作业有积极意义。

## 参考文献:

- [1] 赵勇. 基于 Arduino 和 Android 平台的智能小车避障系统设计研究[D]. 西安:长安大学,2014.
- [2] 王悦婷. 上海磁浮示范运营线线形动态检测数据的分析和应用[J]. 城市轨道交通研究,2017,20(6):100-102.
- [3] 张咪咪. 基于多传感器信息融合的智能小车避障[J]. 计算机系统应用,2012,21(11):94-97.
- [4] 赵涓涓,杜麒麟,屈明月,等. 智能小车的无支路循迹算法设计[J]. 计算机应用与软件,2013,30(6):147-149.

- [5] 朱思敏. 自循迹智能小车控制系统的设计与实现[D]. 杭州:浙江工业大学,2013.
- [6] 黄海来,周洁. 基于单片机的环境实时监测系统研究[J]. 华东交通大学学报,2017,34(6):104-108.
- [7] 王勇,邢金鹏,王丽晶,等. 隧道消防机器人的整体系统设计研究[J]. 消防科学与技术,2016(6):831-834.
- [8] 史兵,段锁林,李菊,等. 基于无线传感器网络的室内移动灭火机器人系统设计[J]. 计算机应用,2018(1):284-289.
- [9] 赵云娥,吴振强. 基于 Arduino 的双模式智能避障小车系统设计与实现[J]. 现代电子技术,2017(21):94-97.
- [10] 戈惠梅,徐晓慧,顾志华,等. 基于 Arduino 的智能小车避障系统的设计[J]. 现代电子技术,2014,418(11):118-120.

## Design and Implementation of New Intelligent Firefighting Car

Huang Hailai

(Shanghai Shentong Metro Group Co., Ltd, Shanghai, 201102, China)

**Abstract:** In recent years, frequent fire accidents have caused a great threat to people's lives and property safety, but also threaten the safety of firefighters. This paper by comparing the current technology of different smart cars, we choose the open source, the hardware performance is more stable and support the rapid development of the Arduino microcontroller as the main control chip combined with WiFi technology for the design of intelligent fire extinguisher. Infrared sensor with H bridge driving principle complete the obstacle avoidance tracking function. The flame sensor detects the fire source, and the signal is transmitted back to the MCU to start the fan to complete the extinguishing function. Mobile phone Android software to complete the control function of the mobile terminal through the WiFi module of the router and the camera.

**Key words:** Flame detector; MCU; WiFi; Tracing