

基于树莓派的智能搜救小车设计

专业：微电子科学与工程 姓名：沈之宇 学号：191180106

1 引言

在地震、火灾、泥石流、矿难等灾害的搜救工作中，人力搜索往往受限于现场的复杂环境而难以在灾害发生的第一时间开展，而灾害发生的 48 小时内是最佳的救援时间，因此迫切需要机器人小车等替代人力进行现场勘察和搜索。目前，一些发达国家早已将搜救机器人投入使用，例如美国的 PackBot 机器人、德国的 AI 智能蜘蛛机器人和日本的 Quince 机器人等^[1]。

本项目以灾后搜救为设计背景，以 Robot-Pi 智能小车为基础平台，树莓派 3B 为控制器，接入红外传感器、舵机、摄像头等外设，实现了远程操控、障碍警告、视频监控等功能，对应了灾后远程控制车辆进入搜救场地并利用车载摄像头搜索救援目标的场景，搭建了一辆简易的智能搜救小车。

2 整体设计

2.1 搭建环境

控制终端：树莓派 (Raspberry Pi) 3B

操作系统：Raspberry Pi OS (32 bit)

硬件平台：微雪电子 AlphaBot2 智能车

外设信息：N20 微型减速电机（车轮控制）

ST188 反射式红外光电传感器（红外避障）

PCA9685 舵机控制芯片（舵机转向控制）

Raspberry Pi Camera (B) Rev 2.0（CSI 摄像头）

2.2 设计思路

上位机键盘获取操作者输入的控制指令，利用 TCP 协议将指令相应的控制信息传输至小车控制终端（树莓派）。控制终端对接收到的指令进行判断：若为车辆行驶控制信号，则根据指令向车轮驱动电机输出相应信号，控制车辆行驶方向，行驶速度恒定但可调；若为舵机控制信号，则根据指令向舵机控制芯片输出相应信号，控制舵机转向。

在车辆启动后，固定在小车前部且面向小车前进方向的反射式红外光电传感器不断发射接收红外线，探测前方障碍，并实时返回检测结果给控制终端。当检测到前方存在障碍时，传感器返回信号异常，控制终端收到该信号后即利用 TCP 协议传输障碍警告信号至上位机，同时控制终端不再处理小车前进信号，小车只可后退、转向或静止。当障碍消失时，红外传感器返回信号正常，控制终端恢复对小车前进信号的处理。

小车顶部的摄像头始终保持开启，利用“MJPG-Stream”软件将摄像头采集的图像以流的形式通过基于

IP 的网络协议传输到浏览器，上位机登录相应网络地址即可实时查看摄像头所拍摄画面。

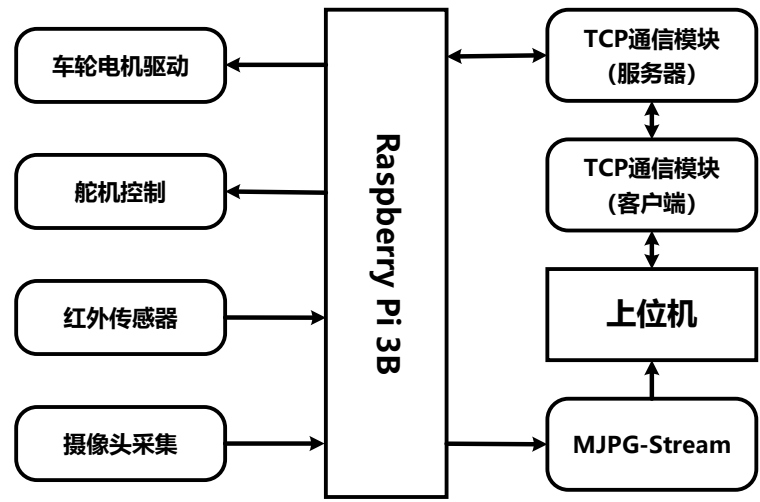


图 1 智能搜救小车整体设计框架 该框图展示了小车整体设计中各个模块相连接的情况，箭头方向表示信号传输方向。TCP 通信模块的客户端和服务端实际分别包含在上位机和树莓派控制终端内部，此处为显示其具体作用而单独列出。

3 关键功能实现

3.1 终端-上位机通信

终端与上位机之间的通信是该小车设计中最关键的因素。在这类智能小车设计中，所考虑的通信协议一般为 TCP 协议或 UDP 协议。若考虑后续采用同一协议传输摄像头采集的视频信号，从传输速率上来看，UDP 协议更胜一筹，但在本方案中，摄像头采集信号是利用“MJPG-Stream”软件流化并单独传输的，对于其传输的优化不在我们的考虑范围内。因此，我们所设计的通信模块仅仅传输小车的车轮驱动和舵机控制信号，为了保证小车行驶和摄像头转动时的安全性，我们选择更可靠的传输方式，采用 TCP 通信协议作为传输层协议。

针对该项目所编写的通信代码利用套接字编程实现，包含三个函数：初始化函数、接收函数、发送函数。初始化函数采用通用的 TCP 协议初始化方法。服务器端包括：创建服务 Socket 对象（指定协议类型，地址族信息）、绑定 Socket（将指定的 IP，端口绑定给 Socket）、开始监听、开启端口并接收连接；客户端包括：创建服务 Socket 对象（指定协议类型，地址族信息）、连接服务器（指定 IP）。服务器端和客户端的接收函数同样采用通用的方式，根据传入函数的发送信息，使用一个发送函数即可完成发送。由于本项目中，对服务器和客户端接收到信息的处理过程部分嵌入在了两端的接收函数当中，因此 TCP 协议的接收函数较为复杂，需要根据接收到的信息判断函数后续执行内容。程序流程图如图 2 和图 3 所示。

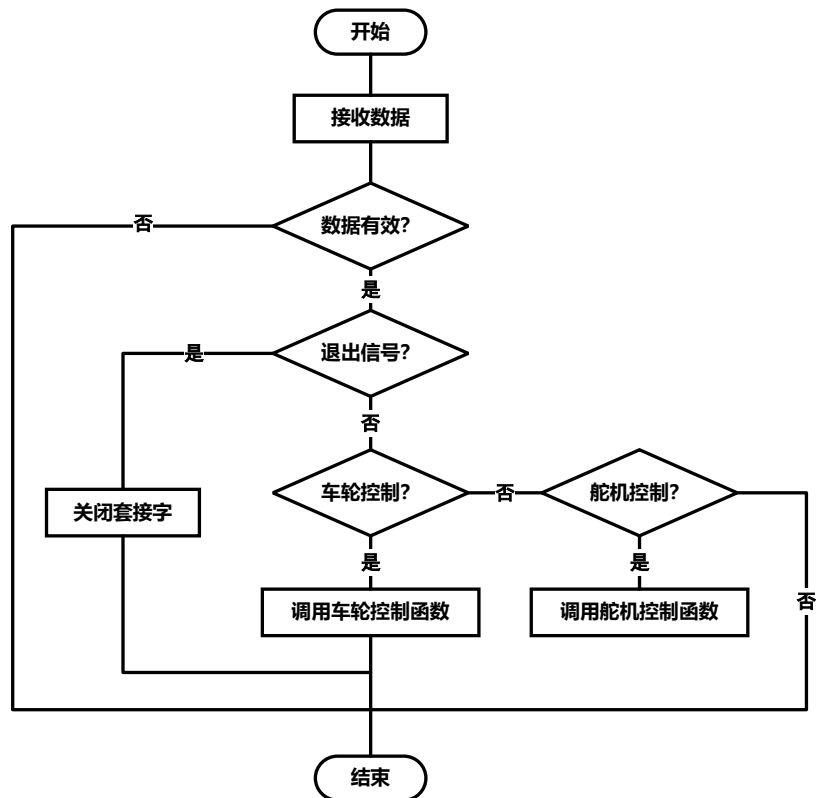


图 2 服务器（树莓派）通信接收函数程序流程图

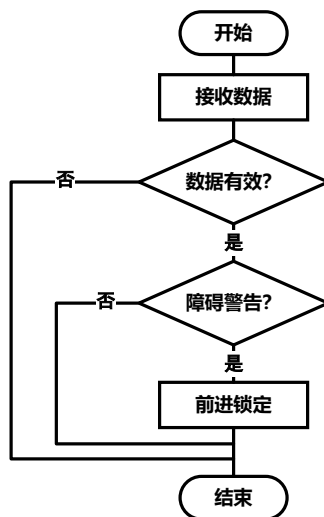


图 3 客户端（上位机）通信接收函数程序流程图

3.2 键盘控制

键盘控制功能利用 python 的“pynput”库实现。首先在上位机主程序中开启键盘监听，且对键盘按键按下操作敏感。一旦捕获按键操作，即调用按键按下函数。该函数根据按下按键名判断后续执行内容：若按下的按键为车辆前进键，则继续判断当前是否为前进锁定状态，若不是，则设定 TCP 发送内容为“前

进”，若是，则直接返回；若按下的按键为退出键，则设定退出标志为 1，TCP 发送内容为“退出”；若为其他控制键，则设定相应 TCP 发送内容。最后，调用 TCP 发送函数发送相应控制内容至树莓派控制终端。按键按下回调函数程序流程图如图 4 所示。

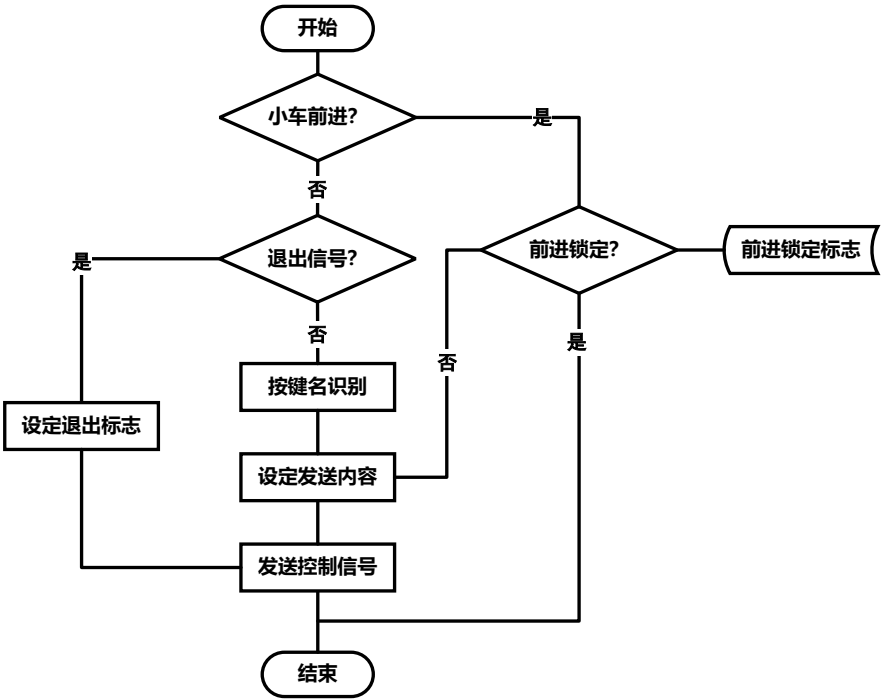


图 4 按键按下回调函数程序流程图

3.3 红外避障

红外传感器 ST188 主要有两部分，红外发射管和红外接收管。红外发射管发出红外光,没有障碍物时，红外接收管接收不到红外光，处于几乎截至的状态，向控制终端输出高电平。当遇到障碍物时，反射回来被红外接收管接收，接收管慢慢开始导通，向控制终端输出的电压慢慢降低，该电压随着障碍物的距离变化，障碍物越近时，电压越低。控制终端只需要根据接收到的电平高低情况即可判断前方是否存在障碍，并向上位机发送相应信息。

3.4 视频监控

控制终端和上位机之间的实时视频传输通过“MJPG-streamer”软件实现。该软件从摄像头采集图像，把他们以流的形式通过基于 IP 的网络传输到浏览器。

该功能实现较为简单。首先在树莓派系统中打开摄像头，并下载“MJPG-stream”。然后开启“MJPG-stream”功能。在上位机中打开浏览器，输入树莓派 IP 地址与相应端口号即可查看实时视频内容。

4 结语

该项目以树莓派 3B 为控制核心，采用 TCP 协议实现上位机远程控制，利用舵机和摄像头实现半环绕视频监控，并通过红外传感器实现前方避障，构建了一台简易的灾后搜救小车。

对于搜救这一应用场景，该项目仍有诸多改进空间。在视频监控的基础上，利用深度学习模型可以实现对视频所拍摄内容的目标识别，辅助判断关键搜索目标。同时，在控制终端上还可外接多种传感器，对搜索场景实现声、光、热等全方面监测。在本项目的硬件和软件基础上，这些功能的实现并不复杂。因此，本项目虽然只是实现了一个搜救小车的雏形，但为基于本项目的二次开发提供了极大的便利。

参考文献

- [1] 张成, 陆毅, 段敏, et al. 一种多功能智能搜救小车的设计 [J]. 汽车实用技术, 2020, (3): 39-41.