

无人配送小车设计

角妍林, 普 勇, 文双强, 张莘珍, 赵盛萍*

玉溪师范学院工学院, 云南 玉溪

收稿日期: 2024年3月25日; 录用日期: 2024年4月22日; 发布日期: 2024年4月30日

摘 要

自2019年以来人们对健康的认知更加深刻、对自身的健康状况更加关注。在物流配送方面,“无人配送”、“无接触配”等词语的热度不断增加,新的物流运作模式迎来机遇。本文针对这样的发展趋势,提出“消毒+无人配送”的设计构想。设计采用紫外线消杀的方法,实现“消毒”;通过对配送小车的功能、外观、内部结构等进行设计,实现循迹、避障和蓝牙远程遥控等方式避免人员接触,实现“无接触”。最后,经过实验验证小车构想的合理性和实施性,无人配送小车物流配送信息传输效果良好。结合当下热点问题,实现“直达式”传递。在减少劳动力的成本、缩短物流配送时间的同时减少病菌传播、降低配送风险又保证用户安全。

关键词

紫外线消毒, STM32单片机, 最后一公里配送, 无人配送

Design of Unmanned Delivery Trolley under the Epidemic

Yanlin Jiao, Yong Pu, Shuangqiang Wen, Pingzhen Zhang, Shengping Zhao*

School of Physics and Electronic Engineering, Yuxi Normal University, Yuxi Yunnan

Received: Mar. 25th, 2024; accepted: Apr. 22nd, 2024; published: Apr. 30th, 2024

Abstract

Since 2019, people have a deeper understanding of health and pay more attention to their own health status. In terms of logistics and distribution, the popularity of words such as “unmanned distribution” and “contactless distribution” is increasing, and new logistics operation models are ushering in opportunities. In view of this development trend, this paper puts forward the design concept of “disinfection + unmanned delivery”. The design adopts the method of ultraviolet

*通讯作者。

sanitize to achieve “disinfection”, and through the design of the function, appearance and internal structure of the delivery trolley, it realizes the following tracking, obstacle avoidance and Bluetooth remote control to avoid human contact and achieve “no contact”. Finally, the rationality and implementation of the trolley concept are verified by experiments, and the logistics distribution information transmission effect of the unmanned delivery trolley is good. Combined with the current hot issues, solve the complicated contact of personnel and realize “direct” transmission. While reducing labor costs and logistics delivery time, it also reduces the spread of germs, reduces distribution risks and ensures user safety.

Keywords

UV Disinfection, STM32 Microcontroller, Last Mile Delivery, Unmanned Delivery

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 引言

自 2019 年开始传统物流配送方式受到了冲击，“无接触式”的物流配送方式受到了广泛关注和快速推广。

传统物流配送方式仍存在无法减少病菌传播、在室外环境下仍然需要人工操作驾驶，劳动力成本巨大；在路程复杂的环境中会遇到识别障碍，而且还容易受到遮挡和恶劣环境的影响；配送过程中存在一定的安全风险，一旦出现意外可能会给无人配送车带来极大的损失；灵活性差等问题。而“最后一公里”的无人车配送小车设计针对这些问题，利用循迹、避障和蓝牙远程遥控等功能发挥自身的安全、便捷、稳定等优势，获取较小范围内的停车许可，将上级配送方到使用者之间实现“直达式”传递。在减少劳动力的成本、缩短物流配送时间的同时减少病菌传播、降低配送风险又保证用户安全[1] [2]。

2. 系统设计

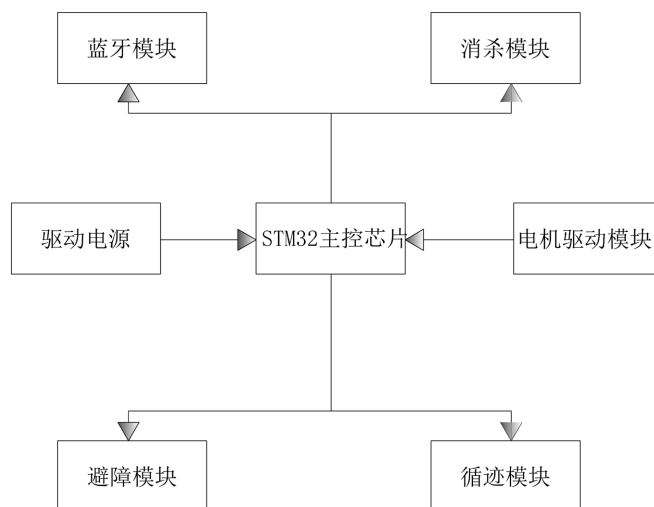


Figure 1. Design structure diagram of unmanned delivery trolley
图 1. 无人配送小车设计结构图

无人配送小车设计基本可以满足当下人们对于无人配送小车功能上的需求。从长远发展来看这款无人配送小车具有很好的实用性和应用前景。小车是基于 STM32 的超低功耗主控芯片，该小车具有寻迹，避障，蓝牙等功能，包含以下几个功能模块：超声波移动避障模块、红外四路循迹模块、蓝牙远程操控模块和运送物品进行紫外线消毒灭菌的病毒消杀模块。并且采用超声波避障传感器和红外避障传感器来完成避障、寻迹功能，并将这些相关的信号传送到 STM32 主控芯片，然后该芯片就会通过控制电机驱动来实现小车的驱动能力。最终让小车在途中遇到障碍物能够自己避让并且自主行使到指定地点进行物质配送，并进行消杀。如图 1 所示。

在本设计中，小车通过超声波传感器与舵机的配合实现移动避障的功能。消毒系统：是通过控制小车配送柜内的紫外线消杀装置，对配送物资柜中的货物进行消杀处理。蓝牙远程操控系统：是通过小车上的蓝牙模块每秒与客户端进行上传和接收的数据交换，达到对小车状态实时控制和监控的效果，可用以应对配送过程中的特殊要求。客户端控制系统还可对小车的配送方式进行灵活切换要采用激光与视觉并行的方案，能够观察周边的复杂环境，对动态实体进行准确的轨迹预测，避让行人、车辆等物体。出于安全方面的考虑，对最高速度进行限制，留出足够的刹车距离。还要配备有位置追踪、障碍物传感器，送货时可以避开碰撞。大大提高了小车的配送效率[3] [4]。

3. 硬件设计

系统硬件整体由 STM32 主控模块、电机驱动模块、DX-BT054.0 蓝牙模块、SR04 超声波传感器、舵机模块、红外传感器、紫外线消毒模块构成。

3.1. 主控系统

本设计的主控系统选用 STM32F103C8T6，硬件如图 2 所示，其是中等容量增强型芯片，在电源供电方面为 2.0~3.6 伏供电[1]。其内核(ARM 32 位的 Cortex™-M3 CPU)的最高工作频率可达 72 MHz，在存储器的零等待周期访问时可达 1.25 DMips/MHz。在存储方面有 64 k 字节的闪存程序存储器[2]，有 20 k 的 SARM 可供使用。完全可以满足无人配送小车的控制需求。

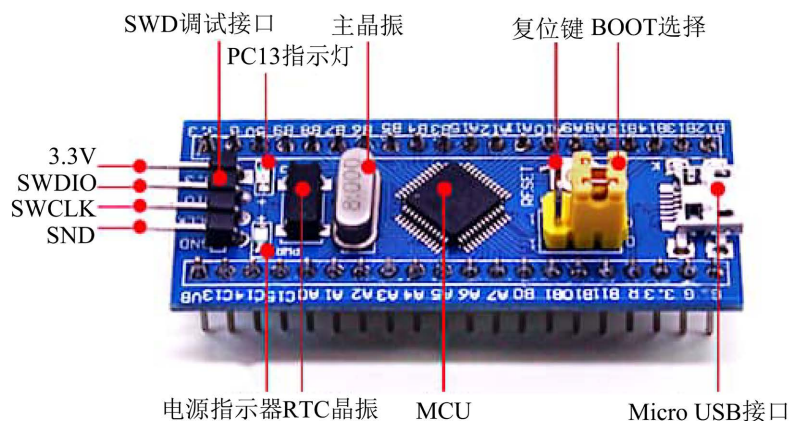


Figure 2. Physical diagram of the STM32F103C8T6 main control chip

图 2. STM32F103C8T6 主控芯片实物图

3.2. 消杀模块

本设计中的安全、健康配送理念主要体现在消杀模块，为了减少病菌传播，无人配送小车设计了消

杀模块,经查阅资料紫外消毒杀菌效率可达 99%~99.9% [5],且适用于大部分的杀菌对象,所以选择在小车货柜内安装强度大于 $90 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 的紫外线灯进行照射。整体物资配送柜采用金属材质,设计有 4 个挡光板(2 个透明板和 1 个蓝色板),能够避免紫外线灯直接照射到物品上造成的光污染现象。具体消杀模块工作流程如图 3 所示,装货完毕后关闭柜门,可以选择配送模式,然后到消杀环节,设置了 35 分钟的消杀时间,为了适应多种突发情况,设置紫外线消杀灯可以自动或手动打开,杀菌完成后小车按照指定模式配送货物。

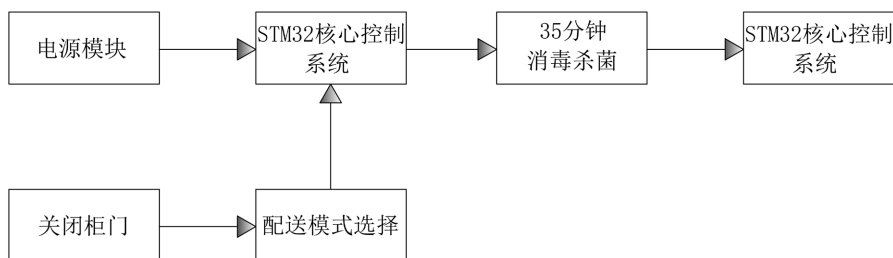


Figure 3. A classic example of spatial data sets

图 3. 消毒模块工作流程图

3.3. 避障和循迹模块

选用超声波传感器进行距离检测,配合四路红外线模块实现避障、循迹功能。

1) 避障模块

选用 SR04 传感器,其包括两个探头,分别发送和接收超声波,测量范围在 30~500 cm,超声波传感器和舵机配合,通过检测、控制实现小车的转向,使小车顺利避开障碍物。将传感器安装在车头位置,设置当传感器前方距离小于 35 cm 有障碍物时,舵机转到 0 度(最右)的位置,记录障碍物距离,并将舵机转到 180 度(最左)的位置,再次记录障碍物距离,通过比较左右距离障碍物远近来决定避障方向。同时,当左、右障碍物距离均小于 25 cm 时则掉头避障。通过超声波传感器与舵机的相互配合进而控制小车的转向,使小车顺利避开障碍物[6] [7] [8]。

2) 循迹模块

STM32 单片机上电之后,就会启动红外巡线功能,小车会自动巡黑线[8] [9]。通过四路红外巡线模块来进行检测,控制芯片根据传感器检测到的红外光反射情况,来判断小车和黑线的位置关系,控制小车行走路线。

红外传感器:由红外发射管和红外接收管两部分构成,基于不同颜色的光反射效果不同原理制成,黑色光的吸收能力强,光的反射少,白色光的吸收能力弱,光的反射多,当检测到黑线时会产生一个高电平,白线时为低电平[9] [10]。所以,可以通过分析接收的光的放射强调,判断物体颜色。因此将轨道设置为黑白对比色,用黑色来表示要求行动轨迹。

四路红外线巡线模块:四路红外传感器分别连接在 STM32 主控板上的 A1~A4 口。通过分析四路红外线传感器的状态判断小车与“黑线”的位置关系,其中中间两路巡线是一直在黑线上,小车会直行,当任意一个出来,则小车会自动纠正,如果最外面的检测到黑线,则小车以更大速度纠正到正确黑线上面。

小车在行驶过程中要始终保持中间两路传感器(L1、R1)在黑线上方,如果任意一路传感器偏离出轨道,小车将进行一次或多次自动纠正,直到小车回到正轨。直角弯或锐角弯时,四路循迹模块的两个最外侧传感器(L2、R2)将会检测到黑线,这时小车则会以更大速度进行纠正,直到小车回到轨道,当出现

直线、小弯、直角、锐角时四路红外线寻线模块状态如下图 4 所示。

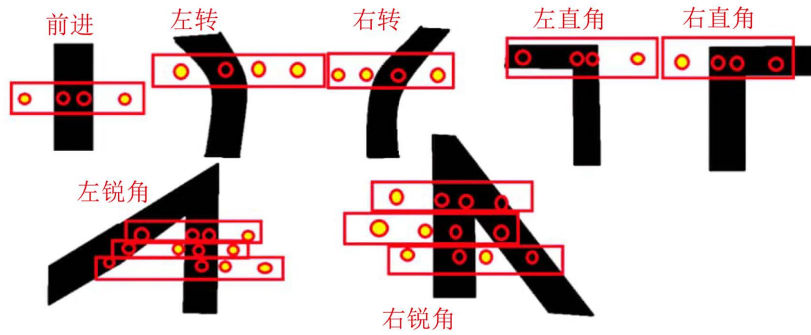


Figure 4. Status diagram of the infrared line patrol module
图 4. 红外线巡线模块状态图

3.4. 蓝牙模块

选用蓝牙进行无线串口通信，采用 DX-BT054.0 蓝牙模块，配置 256 KB 空间，遵循 V4.0BLE 蓝牙规范，支持 AT 指令，可根据用户不同需要更改串口波特率、配对密码、设备名称等。支持 UART 接口、SPP 蓝牙串口协议，具有成本低、体积小、功耗低、收发灵敏性高等优点。通过蓝牙模块将小车状态信息上传到上位机实现远程监控、控制。

4. 系统软件设计

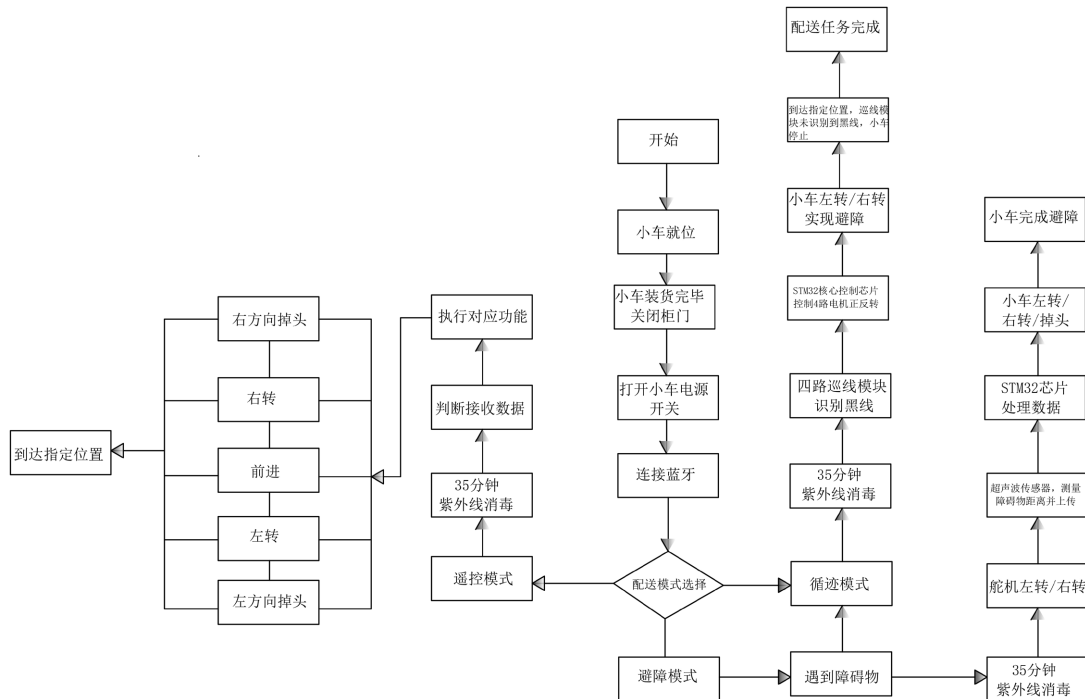


Figure 5. Control system flow
图 5. 控制系统流程

无人配送小车有遥控、自动循线和避障三种模式，小车与手机通过蓝牙连接后，可以在安卓客户端

界面进行模式选择。当无人配送小车开机装货后，首先在手机界面选择配送模式，然后小车进入 35 分钟消杀环节。最后，根据所选的模式不同，小车开始配送：遥控模式下可以远程遥控小车完成直行、左转、右转、刹车、后退等操作，确保物品送到指定地点。在自动巡线模式下，小车在循迹模块的帮助下，可以对黑色轨迹进行识别，根据指导路线完成配送。避障模式下通过超声波传感器与舵机的相互配合进使小车顺利避开障碍物到达指定位置。控制系统流程如图 5 所示。

上位机采用手机控制，控制界面上可以看到小车电池电量、超声波测量距离、2 路红外避障传感器状态、四路巡线模块状态，以及软件遥控按钮[9]。如图 6 所示。



Figure 6. Bluetooth control interface of the Android App

图 6. 安卓 App 蓝牙控制界面

5. 调试分析



Figure 7. Physical diagram of unmanned delivery trolley

图 7. 无人配送小车实物图

根据上述硬件、软件分析完成了无人配送小车设计，实物如图 7 所示。经过硬件调试，基本可以完

成无人配送及货品消杀功能，调试过程中存在以下问题[11]：

1) 红外传感器对环境光线有要求。在室内、室外和光源变化情况下四路巡线模块的准确性不稳定。需要调节光电传感器电位器改善传感器对黑线识别的灵敏度。同时，调节 PWM 占空比调整小车速度，配合红外传感器反应速度和准确度，达到最好的循迹效果。

2) 障碍物识别不及时。可以通过增加障碍物识别距离和调节车速的方法，达到更好的障碍物识别效果。

6. 创新性分析

配送过程中存在安全风险，灵活性差等问题，使用多个传感器，能够辨别并“记住”路线，可以实现自主导航，准确识别红绿灯信号，自主停靠配送点，同时，通过优化路线，减少事故和减少劳动力投入，以达到节省成本的目的

超声波移动避障模块解决了安全避障问题，在路程复杂的环境中会遇到识别障碍，而且还容易受到遮挡和恶劣环境的影响下采用激光与视觉并行的方案，能够观察周边的复杂环境，对动态实体进行准确的轨迹预测，避让行人、车辆等物体。要配备有位置追踪、障碍物传感器，送货时可以避开碰撞。车身结构和材料要为了最大程度上保护周围的行人而进行设计。对于夜间行走的场景，机器人还需配备红外热像仪，可以在夜间进行导航，为考虑恶劣天气，加入防水的设计。

为解决“最后一公里”问题而研制的配送机器人，意味着它们可以在快递包裹外，有在美食广场的室内和室外配送食物，甚至实现从餐馆到住宅的配送任务。也有电梯维修过程中，工程师在现场诊断电梯故障后，让配送机器人从最近的电梯配件服务点将统计出需要更换的配件快速取过来的案例。在推广中的物流小车涉及餐厅、药房、生鲜超市、服装百货、干洗等领域。未来还会拓展到更多场景中。

7. 总结分析

本文基于 STM32 完成了无人配送小车的硬件和软件设计。无人配送小车包括超声波移动避障模块、红外四路循迹模块、蓝牙远程操控模块和紫外线消毒灭菌的病毒消杀模块。基于硬件设计小车有遥控、循迹、避障三种模式，保障实现无接触配送，同时，为了减少细菌传染增加了消杀模块，采用紫外线消杀，设置时间 35 分钟，可以满足日常消毒需求。

该设计基本上完成了无接触配送，但是在路径规划等方面还有待进一步研究。

基金项目

大学生创新创业训练项目编号(S202211390013; 2022A026)。

参考文献

- [1] 徐亚玲. 面向青少年科技教育的模块化机器人研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2020.
- [2] 阮征. 面向全景视觉的四轴飞行机器人控制系统研究与实现[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉工程大学, 2014.
- [3] 陈小龙. ZigBee 技术在电力检测中的应用及其自组网路径寻优方法研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2016.
- [4] 归铭李, 李晨泽, 覃琳, 等. 基于机器视觉应用的无人小车配送系统[J]. 科学技术创新, 2021(35): 109-111.
- [5] 邓星宇. 基于单目视觉的轮式小车避障方法研究[D]: [硕士学位论文]. 扬州: 扬州大学, 2014.
- [6] 李文礼, 任勇鹏, 肖凯文, 等. 行人过街模拟及车辆右转避障路径规划方法[J]. 汽车安全与节能学报, 2024, 15(1): 99-110.
- [7] 李富强, 王军. 六自由度机械手臂实验装置的设计与研究[J]. 中小企业管理与科技, 2013(15): 272-274
- [8] 李钺. 五自由度串联机器人控制系统设计与仿真[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津科技大学, 2017.

- [9] 徐婉婷, 柯国琴, 侯健伟. 基于 STM32 的新型遥控巡迹小车设计[J]. 湖南文理学院学报: 自然科学版, 2022, 34(4): 38-45
- [10] 权思敏. 基于 ZigBee 的智能小车博弈控制系统研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 陕西科技大学, 2016
- [11] 王磊. 移动机器人路径规划研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2007.