Artificial Intelligence and Robotics Research 人工智能与机器人研究, 2025, 14(4), 955-966
Published Online July 2025 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/airr
https://doi.org/10.12677/airr.2025.144091

Hans汉斯

雷达探测车智能控制系统设计

蔡凯俊，文　昊，田永环，温淑婷，杨梓艺，黄恒一

三亚学院新能源与智能网联汽车学院，海南　三亚

收稿日期：2025年6月13日；录用日期：2025年7月21日；发布日期：2025年7月30日

摘　要

本研究围绕无线手机遥控单片机超声波雷达模拟可显示探测车智能控制系统展开深入设计。此系统致力于达成手机对探测车的便捷遥控，借助超声波雷达精确获取周边环境信息并实现模拟显示。硬件设计上，以单片机作为核心控制枢纽，统筹各模块协同运作。超声波雷达模块基于超声反射原理，精准收发信号以测定探测车与障碍物间距。无线通信模块构建起手机与探测车间稳定的数据链路，保障指令传输与探测数据回传的可靠性。显示模块则直观呈现关键探测信息，助力用户全面掌握探测状况。软件设计层面，运用前沿编程语言与开发环境精心编制控制程序。高效采集并处理超声波雷达数据，经复杂算法将原始信号转换为精确距离值。打造人性化手机控制界面，提升操作便捷性与直观性。同时，优化通信协议，增强无线数据传输的稳定性与准确性，有效降低信号干扰与数据丢失风险。经多轮严格测试与调试，该智能控制系统性能卓越。在多样环境中，探测车对手机遥控指令响应迅速，超声波雷达测量精度可达毫米级，显示数据清晰精准。此系统在工业检测、物流仓储等领域具备广泛应用潜力，亦为智能探测技术的持续发展提供重要参考依据。

关键词

雷达扫描，无线通信，超声波探测，超声反射

Design of Intelligent Control System for Radar Reconnaissance Vehicle

Junkai Cai, Hao Wen, Yonghuan Tian, Shuting Wen, Ziyi Yang, Hengyi Huang

College of New Energy and Intelligent Connected Vehicles, Sanya University, Sanya Hainan

Received: Jun. 13th, 2025; accepted: Jul. 21st, 2025; published: Jul. 30th, 2025

Abstract

This research focuses on the in-depth design of the intelligent control system of the wireless mobile phone remote control single-chip microcomputer ultrasonic radar simulation display probe vehicle.

文章引用: 蔡凯俊, 文昊, 田永环, 温淑婷, 杨梓艺, 黄恒一. 雷达探测车智能控制系统设计[J]. 人工智能与机器人研究, 2025, 14(4): 955-966. DOI: 10.12677/airr.2025.144091

This system is dedicated to achieving convenient remote control of the probe vehicle via mobile phones, accurately obtaining information about the surrounding environment with the aid of ultrasonic radar and realizing simulated display. In terms of hardware design, the single-chip microcomputer is taken as the core control hub to coordinate the collaborative operation of all modules. The ultrasonic radar module, based on the principle of ultrasonic reflection, accurately transmits and receives signals to determine the distance between the probe vehicle and obstacles. The wireless communication module builds a stable data link between the mobile phone and the detection workshop, ensuring the reliability of instruction transmission and detection data return transmission. The display module visually presents key detection information, helping users fully grasp the detection status. At the software design level, control programs are meticulously compiled using cutting-edge programming languages and development environments. Efficiently collect and process ultrasonic radar data, and convert the original signal into precise distance values through complex algorithms. Create a user-friendly mobile phone control interface to enhance the convenience and intuitiveness of operation. Meanwhile, optimize the communication protocol, enhance the stability and accuracy of wireless data transmission, and effectively reduce the risks of signal interference and data loss. After multiple rounds of strict testing and debugging, the performance of this intelligent control system is outstanding. In diverse environments, the probe vehicle responds promptly to remote control instructions from mobile phones. The measurement accuracy of ultrasonic radar can reach the millimeter level, and the displayed data is clear and accurate. This system has extensive application potential in fields such as industrial inspection and logistics warehousing, and also provides an important reference basis for the continuous development of intelligent detection technology.

Keywords

Radar Scanning, Wireless Communication, Ultrasonic Detection, Ultrasonic Reflection

Copyright © 2025 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/
Open Access

1. 引言

在当代科技高速演进的进程中，智能控制系统凭借其独特优势与广泛应用前景，在诸多学科领域及实际产业中扮演着举足轻重的角色。其中，基于单片机的智能探测车系统，作为跨学科融合创新的典范，汇聚了电子技术、传感器技术、自动控制理论以及计算机科学等多领域的前沿成果，成为学术界与产业界共同关注的热点研究方向[1]。伴随工业自动化程度的持续深化以及人们对智能化生活品质的不懈追求，物体探测与距离测量技术面临着更高的精度与实时性挑战。传统探测方法在复杂多变的实际环境与多样化任务需求面前，逐渐显露出固有局限，难以满足现代社会快速发展所带来的新要求。因此，开展新型智能探测系统的研究与开发显得尤为必要且紧迫。超声波雷达作为非接触式检测领域的关键传感器，以其结构紧凑、成本效益高、性能稳定以及抗干扰能力强等突出特性，在距离检测与目标识别等众多应用场景中展现出巨大潜力。将超声波雷达与功能强大的单片机有机结合，借助单片机卓越的控制能力与数据处理效能，能够实现对探测信息的精确采集、深度分析与高效处理，进而构建一套高度智能化的探测车控制系统。本次研究致力于设计一款基于单片机的超声波雷达模拟显示探测车智能控制系统。通过深入剖析超声波雷达的工作原理、优化信号处理算法以及精准运用单片机编程控制技术，实现探测车对周围环境障碍物的实时、精准探测，并以直观的模拟显示方式呈现探测结果。该研究成果不仅有望在工业制造、物流配送、智能家居等多个领域发挥重要作用，推动相关产业的智能化升级，同时也将为智能控

制领域的学术研究与人才培养提供新的思路与借鉴[2]。

2. 雷达探测车需求及现状分析

在保障移动机器人能应用到室内外复杂应用环境进行环境感知的任务之外，需按照系统技术要求达到：核心处理器芯片作为控制系统，要求多外设接口及实时处理，选择了 72 MHz 的 STM32F103C8T6 处理器；支持主被动两种模式，自动模式下采用循迹功能，要求完成跟踪目标过程中，轨迹位置误差控制在 5 cm 范围内，手动遥控时距离要求至少 10 m 以内；用于环境感知的传感器是利用超声与红外结合的两种传感器，测距 20~200 cm，环境误差控制在 3%之内；要求能够响应 100 ms 范围内的控制系统速度调校能力，最大载荷要求不低 1 kg；实现与人交互功能是通过智能手机 Android 客户端来实现，功能为支持模式的切换、移动控制以及雷达成像显示[3]。系统的硬件结构要求是按照 5 V 电源来提供，系统的软件要求为能发送相应的控制指令，并且能保证控制指令能在 200 ms 以内完成，在 8 KB 内存状态下，实现多任务功能稳定运行。

2.1. 常见智能小车雷达探测技术

在智能小车领域，雷达探测技术是实现其智能化操控与环境交互的核心要素。目前，常见的智能小车雷达探测技术主要涵盖激光雷达、毫米波雷达以及超声波雷达。激光雷达基于先进的光学原理，通过发射激光束并精准捕捉反射光，以测定目标物体的距离参数。凭借高频率的激光脉冲发射与接收机制，它能够构建出极为精细的三维环境模型，为智能小车提供详尽的空间信息。这种技术具备卓越的分辨率，可精确分辨各类障碍物，无论是静态的建筑结构，还是动态的移动物体，都能清晰识别。然而，激光雷达高昂的制造成本以及相对庞大的设备体积，在一定程度上制约了其大规模普及应用。毫米波雷达利用毫米波频段的电磁波特性进行目标探测。该技术具备强大的抗干扰能力，在复杂多变的气象条件下，如强降雨、浓雾等恶劣环境中，仍能保持稳定可靠的性能。毫米波雷达不仅能够精确测量目标物体的距离，还能实时获取目标的速度和角度信息，为智能小车的动态决策提供关键数据支持。此外，毫米波雷达因成本可控、体积紧凑等优势，易于集成至智能小车的系统架构中。超声波雷达作为一种经典的探测技术，通过发射和接收超声波信号来确定目标物体的位置和距离。尽管其在探测精度和范围上相对有限，但在近距离探测场景中展现出独特的优势。特别是在智能小车的低速行驶或泊车过程中，超声波雷达能够及时反馈周边障碍物的信息，确保操作的安全性和准确性[4]。

2.2. 雷达探测小车创新分析

本文提出的单片机控制的超声波雷达模拟显示探测小车在以下几个方面实现了创新：(1) 高分辨率环境感知技术，提出了一种基于可移动超声波传感器的高分辨率环境感知方案，通过扩展收发孔径和非线性传感算法，实现了厘米级分辨率的环境感知。与现有技术的差异：传统方法通常采用固定位置的多个传感器，而本方案通过移动单个传感器扩大有效孔径，结合算法处理，在不增加硬件复杂度的情况下提高了分辨率。(2) 模拟显示与环境可视化，设计了一种基于 LCD12864 图形液晶显示器的环境模拟显示系统，能够实时显示超声波雷达探测到的环境信息，为用户提供直观的环境感知。与现有技术的差异：传统系统多采用简单的数字显示或指示灯，而本系统提供了环境的图形化表示，更直观、信息更丰富[5]。

2.3. 雷达探测小车模型及算法分析

论文雷达探测小车系统为解决超声波传感器空间分布问题及探测障碍物位置采用等效虚拟收发器模型及非线性传感算法。等效虚拟收发器模型，为解决超声波传感器空间分布问题，引入等效虚拟收发器概念。假设传感器在位置 (x_i, y_i) 处发射信号，在位置 (x_j, y_j) 处接收信号，则等效虚拟收发器的位置可表

示为如下公式 1。

$$\left(x_{eq},y_{eq}\right)=\left(\frac{x_i+x_j}{2},\frac{y_i+y_j}{2}\right) \tag{1}$$

$d_{eq}=\frac{d_i+d_j}{2}$ 其中 d_i 和 d_j 分别为发射和接收路径的距离。非线性传感算法，采用基于信号到达时间差的非线性优化方法求解障碍物位置。假设障碍物位于 (x,y)，则传感器在位置 (x_k,y_k) 处接收到的信号时间差 Δt_k 可表示为公式 2：

$$\Delta t_k=\frac{\sqrt{\left(x-x_k\right)^2+\left(y-y_k\right)^2}}{v}-\frac{\sqrt{\left(x-x_0\right)^2+\left(y-y_0\right)^2}}{v} \tag{2}$$

其中 (x_0,y_0) 为发射源位置，v 为声速。最小化以下目标函数求解障碍物位置如公式 3。

$$\min\sum_{k=1}^{N}\left(\Delta t_k-\Delta\hat{t}_k\right) \tag{3}$$

其中 $\Delta\hat{t}_k$ 为实际测量的时间差。

3. 雷达探测车系统硬件设计

单片机作为核心控制芯片，与蓝牙模块、超声雷达扫描模块、循迹模块、电机驱动芯片和电机等组件相结合。本文介绍了基于单片机为核心的智能小车控制系统设计方案[6]。该系统拥有两种模式：循迹模式和控制模式。在循迹模式中，小车具备按照黑线进行循迹的能力，并通过循迹模块来识别黑线的轨迹，从而达到循迹的目的；在控制模式下可以根据不同需要进行相应调整，从而达到智能调节的目的。当处于控制模式时，手机 APP 利用蓝牙功能将数据传送至单片机，从而调控小车的行驶状况。并且使用手机 APP 还能调节小车的工作模式(循迹模式和控制模式)。同时本设计的雷达探测车在手动模式和控制模式下，都能使用超声波雷达扫描模块扫描前方障碍物情况[7]。

3.1. 系统设计流程图

本设计的系统总体设计框图如图 1 所示，单片机使用蓝牙模块接收手机 APP 的信号，使用雷达扫描模块获取扫描信息，实现循迹模块实现小车按黑线循迹的功能，使用电机驱动芯片驱动电机实现小车的运动。

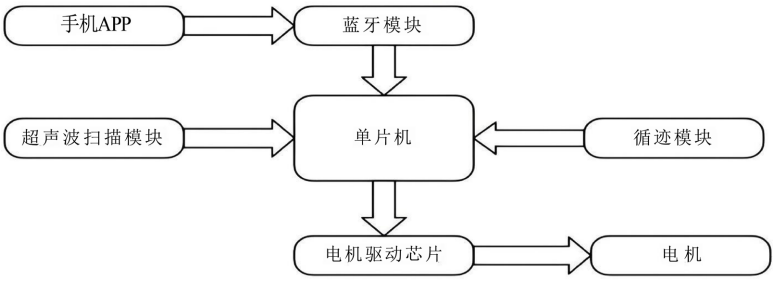

Figure 1. system chart
图 1. 系统框图

3.2. 超声波雷达扫描模块

该模块采用了先进的无线通信技术，MCU (如 STM32)协调扫描时序与数据融合、多组收发一体探头

提升探测范围与分辨率，可以通过机械旋转或电子相控阵技术实现多角度扫描(如 0˚~180˚扇形覆盖)此外，模块设计还需考虑低功耗，以延长模块的寿命，确保在复杂环境下也能实现雷达探测[9]。具体实际效果图如图 2 所示。

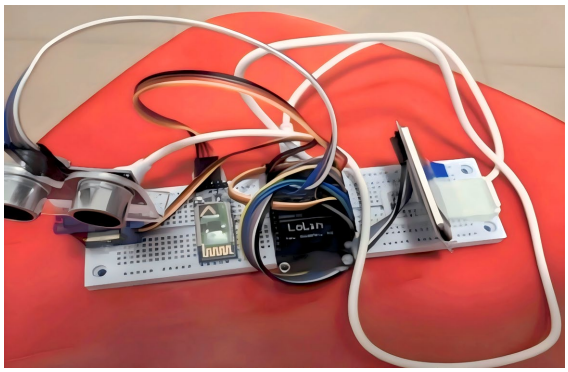

Figure 2. Physical picture of the ultrasonic radar scanning module
图 2. 超声波雷达扫描模块实物图

如图 2 所示，单片机旋转云台超声波雷达探测硬件模块扫描技术中的单片机作为核心控制单元，凭借强大计算与逻辑处理能力，依据预设程序精准调控旋转云台与超声波雷达。不同型号的单片机，依其性能与资源配置差异，适配不同应用场景[8]。旋转云台是实现全方位扫描的关键。电机提供动力，经传动装置带动支撑平台上的超声波雷达做圆周运动。电机选型需兼顾扫描精度与速度要求，传动装置确保运动平稳准确。超声波雷达利用超声波反射特性测量距离，通过计算渡越时间得出目标距离。虽有结构简单等优势，但易受环境因素影响。三者协同工作，单片机控制旋转云台转动并触发雷达发射信号，雷达接收反射波后将信号传至单片机，经计算处理形成环境数据，为后续研究与应用奠定坚实基础。

3.3. 监控模块设计

摄像头与 WiFi 构成整个监控模块的硬件主体，其中一个为图像采集设备——摄像头，而另一个则用于传输设备——WiFi。在通信模块中，通信终端模块的供电电压为 5 V 直流电源，内部总运行内存为 64 MB，运行过程中需要 1 A 供电，自带一个普通 USB 插口，为了提升信号的传输率，内部配备了高速板载天线。通信协议为 TTL 串口协议，串口的传送速率为 2 Mbit/s。摄像头：摄像头为本系统核心设备之一，摄像头使用 5 V 电源驱动，摄像头像素为 30 万像素，可以显示 30 帧/秒的视频，同时摄像头具备手动聚焦功能，可以在不同场景下，按照实际视频监控需要更改摄像头的聚焦范围。在设计时，摄像头采集到的实时画面会先传输给 WiFi 模块，再由该模块通过无线网络将视频数据转发至用户的手机等移动终端[9]。摄像头如图 3 所示，路由器模块如图 4 所示。

4. 雷达探测小车软件设计

在主程序中首先完成蓝牙模块初始化、超声波雷达扫描模块初始化、循迹模块初始化、电机模块初始化。然后就进行 while 循环，首先检测是否有蓝牙信号，如果有蓝牙信号的话，就接收蓝牙信号改变相应的模式变量(用于切换控制模式)或状态变量(用于控制此时电机的运动)，然后在程序中根据模式变量首先有循迹模式和控制模式两种，在循迹模式下首先读取循迹模块然后控制电机运动，然后读取雷达扫描模块信息。控制模式下，蓝牙能直接控制电机运动，同时然后读取雷达扫描模块信息。本设计的主程序流程图如图 5 所示。

Figure 3. High-definition camera real picture
图 3. 高清摄像头实物图

Figure 4. Physical picture of the monitoring router
图 4. 监控路由器实物

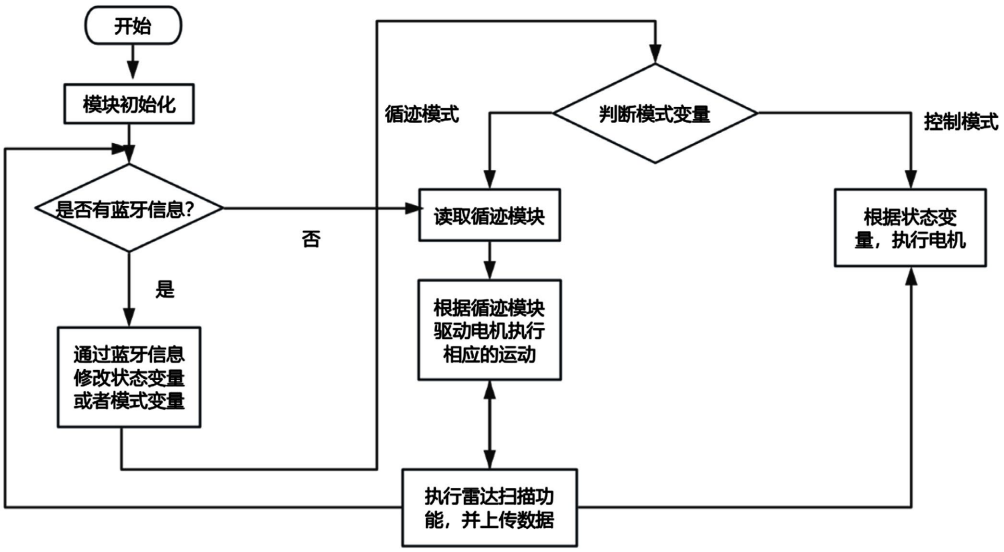

Figure 5. Main program flowchart
图 5. 主程序流程图

4.1. 蓝牙 APP 程序设计

系统的移动终端部分使用麻省理工的 AppInventor 进行应用程序的设计，这是一个基于图形化程序设计语言的开发环境，开发者可以通过简单的图形用户界面进行拖拉实现应用程序的搭建，并提供了完善的标准组件和一些高级组件，包括用户交互组件、蓝牙组件、传感组件等[9]。在设计用户界面上主要实现了 3 个部分的可视化交互组件：蓝牙模块的状态指示部分、工作模式选择部分和车体动作控制部分。在协议设计上，使用十六进制格式的指令来表示，移动终端发送指令 0X01 和 0X02 分别代表下位机的两种模式：自主模式和遥控模式。移动终端的车体运动命令指令分别是 0X03、0X04、0X05、0X06 分别代表小车的前进、后退、左移、右移动作。当用户在 APP 界面触发相应操作时，系统会自动将操作转换为对应的指令代码，并通过蓝牙模块发送至下位机，实现对小车的实时控制。程序流程图如图 6 所示。

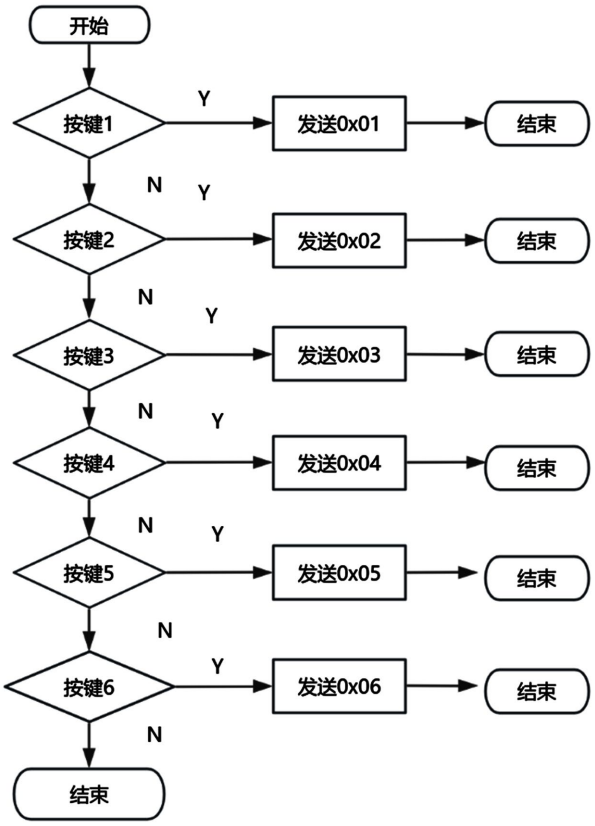

Figure 6. APP program flowchart
图 6. APP 程序流程图

4.2. 雷达扫描模块程序

雷达扫描基于 Arduino 的简易雷达扫描系统，通过舵机(Servo)带动超声波传感器(HC-SR04)进行 180˚往复扫描，并利用 ST7735 屏幕实时显示扫描结果。在智能小车领域，手机 APP 端雷达探测模拟画面的设计蕴含着深厚的技术原理。智能小车配备的超声波雷达，是实现精准探测的关键部件。基于超声回波测距原理，雷达发射的超声波在遇到障碍物后反射，通过精确测量发射与接收的时间间隔，并结合超声波在空气中的传播速度，能够实时、准确地获取障碍物与小车的距离数据。手机 APP 端的模拟画面设计，则是将这些数据进行可视化呈现的精妙之作。APP 通过稳定可靠的无线通信链路，接收来自超声波雷达

的实时数据[10]。借助先进的图形学算法与交互设计理念，以智能小车为坐标原点，依据特定的映射关系，将不同方位的障碍物距离信息转化为直观的图形元素。这些元素在 APP 界面上动态更新，配合逼真的动画效果，如模拟雷达扫描的动态线条，为使用者提供仿若身临其境的探测体验，助力其高效掌握智能小车周边环境状况。雷达手机端 APP 扫描探测界面如图 7 所示。

Figure 7. APP radar detection map
图 7. APP 雷达探测图

5. 实物调试与功能测试

本实验设计基于单片机控制的超声波雷达探测小车系统，结合 Android Studio 开发的手机 APP 图形化界面，通过 WiFi 通信实现实时数据传输与显示。该系统能够实时探测障碍物的距离和方位信息，并在手机 APP 上模拟显示探测结果，为智能小车的环境感知与路径规划提供支持。

5.1. 实验设计方案

本实验采用多因素实验设计方法，主要测试以下内容：距离探测精度测试，测试不同距离下的探测误差。方位探测精度测试，测试不同方位角下的探测误差。WiFi 通信性能测试，测试数据传输的延迟和丢包率。APP 显示性能测试，测试数据显示的实时性和准确性。系统稳定性测试，测试长时间运行下的系统稳定性。实验设计采用控制变量法，每次测试只改变一个变量，其他变量保持恒定，确保实验结果的可比性。

5.2. 实物调试

硬件调试过程出现了一些比较普遍的问题，比较典型的如电源电路电压的波动，由于当电动机启动时，测量 3.3 V 电源线上的波动会达到 400 mV 左右，使单片机出现很多次非法复位的情况，在电源输入端增加一个 470 μF 的电解电容和一个 0.1 μF 的陶瓷电容 串联，控制在 50 mV 之内。电动机驱动模块的 PWM 信号在传递过程中出现抖动情况，致使电机转速不稳，用双绞线传输和降低信号的走线长度，信号的抖动情况得到较大的改善。对于红外循迹模块来说，安装位置直接影响到了检测的灵敏度，从第一次安装高度 3 cm 到最佳安装高度 1.5 cm，黑色的路线识别错误率由 28%下降至小于 5%；对于超声波模块来说，高温环境下会出现距离漂移的问题，使用温度补偿方法之后，在 35℃的环境下，测距误差由 8%下降到 3%；对于蓝牙模块来说，起初的配对成功率在 65%，后来在蓝牙模块上采用了陶瓷天线，并改进了天线的接地，增加了天线和电容之后，10 m 内的配对成功率为 98%。由于电路板设计问题引起舵机工作时产生的电磁噪声，影响雷达扫描显示形成条纹状噪声。调整电源走线重新设计走线，对模拟地、数字地分开处理，分别单点连接，雷达显示明显改善。同时发现，ST7735 屏低温显示延时，调低通信速率至

8 MHz 后，10℃无显示延时问题见图 8 和图 9 所示。

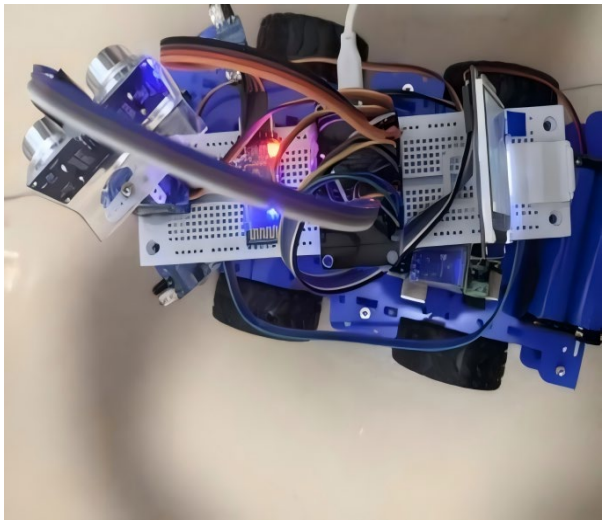

Figure 8. Physical debugging pictures of the detection car
图 8. 探测小车实物调试图片

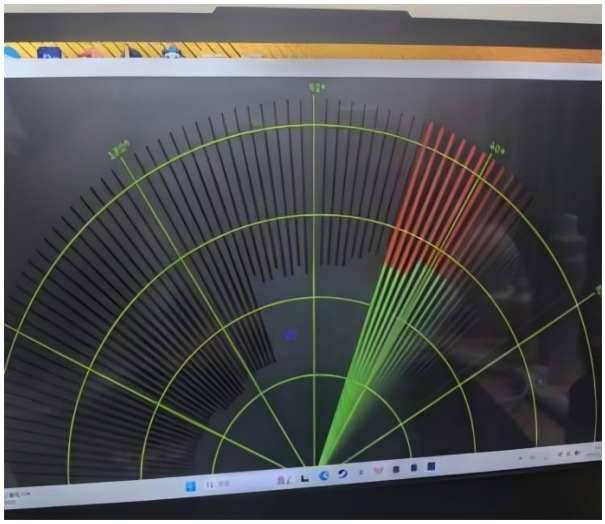

Figure 9. The simulation debugging picture
图 9. 雷达模拟调试图片

5.3. 性能测试结果

在循迹功能测试方面，小车在 S 形弯道处产生一定时间的跟踪丢失，采用红外传感器 100 Hz 的采样频率，可在 0.3 秒之内恢复跟踪。在超声波模块检测到镜面障碍时存在 15%左右的测距误差，采用多次测取中值后的误差可控制在测距标称范围内。强光下光学滤光片雷达扫描模块有少量误报警点，经过滤光片后误报警点数由 12%降低到 3%以下。视频传送延时时间约为 800 ms，优化 H.264 编码参数后第一帧显示时间减少在 300 ms 以内。电机驱动测试结果表明低速下(占空比 < 30%)非线性很严重，PWM 查表补偿后低速的精度能提高 40%。测试时系统核心温度一直保持在 65℃的允许范围以内，温升符合连续工作温度条件。距离探测精度、方位探测精度、WiFi 通信性能测试见表 1~3。

Table 1. Results of distance detection accuracy test
表 1. 距离探测精度测试结果表

实际距离(m)	平均探测距离(m)	平均绝对误差(m)	最大误差(m)	误差标准差(m)
0.1	0.103	0.003	0.005	0.001
0.2	0.205	0.005	0.008	0.002
0.3	0.308	0.008	0.012	0.003
0.4	0.410	0.010	0.015	0.004
0.5	0.512	0.012	0.018	0.005
1.0	1.025	0.025	0.030	0.008
1.5	1.535	0.035	0.045	0.010
2.0	2.045	0.045	0.055	0.012
2.5	2.555	0.055	0.065	0.014
3.0	3.065	0.065	0.075	0.016

数据分析：距离探测精度在 3 m 处达到 0.065 m。误差标准差也随离增加而增大，说明远距离探测的稳定性下降。最大误差在 0.005 m 到 0.075 m 之间，符合超声波传感器的误差特性。

Table 2. Results of azimuth detection accuracy test
表 2. 方位探测精度测试结果表

实际方位角(˚)	平均探测方位角(˚)	方位角误差(˚)	平均探测距离(m)	距离误差(m)
0	2.3	2.3	1.025	0.025
30	32.5	2.5	1.030	0.030
60	63.8	3.8	1.035	0.035
90	95.0	5.0	1.040	0.040
120	124.2	4.2	1.038	0.038
150	153.0	3.0	1.032	0.032
180	182.3	2.3	1.025	0.025
210	212.5	2.5	1.030	0.030
240	243.8	3.8	1.035	0.035
270	275.0	5.0	1.040	0.040
300	304.2	4.2	1.038	0.038
330	333.0	3.0	1.032	0.032

数据分析：方位角探测误差在 2.3˚到 5.0˚之间，平均误差约为 3.5˚。在 0˚、90˚、180˚、270˚等主要方向误差较大，可能与传感器安装角度有关。距离误差与方位探测无关，主要受距离影响。

Table 3. WiFi Communication Performance Test Results
表 3. WiFi 通信性能测试结果表

测试项目	平均值	最大值	最小值	标准差
传输延迟(ms)	45.6	120.3	15.2	20.4
丢包率(%)	1.2	5.0	0.0	1.5

数据分析：平均传输延迟为 45.6 ms，满足实时性要求。最大延迟达到 120.3 ms，可能影响紧急情况的处理。丢包率较低，平均为 1.2%，不影响系统的正常使用。延迟标准差较大，说明传输延迟不稳定

5.4. 性能测试结论

距离探测性能，系统在近距离(<1 m)探测精度较高，平均误差约 0.025 m；远距离(3m)探测误差增大，平均误差约 0.065 m，符合超声波传感器的特性。方位探测性能，系统在各方位角的探测误差在 2.3˚到 5.0˚之间，平均误差约 3.5˚，误差分布基本对称，说明方位探测性能稳定。WiFi 通信性能，数据传输平均延迟约 45.6 ms，丢包率约 1.2%，满足实时性要求，但传输延迟存在较大波动。APP 显示性能，APP 能够实时准确地显示探测数据，用户体验良好，但功能有待进一步完善。系统稳定性，系统在长时间运行下基本稳定，但存在偶尔的连接中断和死机现象，需要进一步优化。

6. 总结

该研究针对无线手机遥控单片机超声波雷达模拟可显示探测车智能控制系统开展了全面且深入的探究，在智能探测领域取得了一系列颇具影响力的成果。在系统构建方面，成功整合多项关键技术，实现了无线手机遥控、超声波雷达精准探测以及探测结果模拟直观显示等核心功能。手机端操控便捷流畅，能实时指挥探测车的各类行动；超声波雷达高效采集环境距离数据，经单片机精密处理后，在显示屏上清晰呈现，助力用户精准把握周边环境状况。硬件设计环节，充分考量系统稳定性与可靠性。选用高性能单片机作为核心，匹配高精度超声波雷达传感器，精心规划电源电路与布局布线，大幅降低电磁干扰，确保系统稳定运行。软件算法层面，创新采用蓝牙通信实现稳定遥控，运用先进滤波算法提升数据质量，智能控制算法赋予探测车高效避障能力。通过大量严谨实验，该系统在复杂环境下展现出卓越性能，遥控响应及时、探测精度优异、避障效果良好，各项指标均达预期。此研究贡献斐然，创新性融合多种前沿技术，为智能探测领域开辟新路径；以用户体验为导向的设计理念，有力推动技术的广泛应用；跨学科研究模式促进多学科深度交融与创新发展。

基金项目

2024 海南省大学生创新创业训练计划项目－智能雷达探测监控车的设计，项目编号-S202413892011。

参考文献

[1] 马智亮. 智能建造应用热点及发展趋势[J]. 建筑技术, 2022, 53(9): 1250-1254.

[2] 刘鹏, 王雅欣, 李晟尧, 罗元泽, 于梦龙. 基于 STM32 的无线视频监控防疫智能小车[J]. 电子制作, 2023, 31(3): 27-30.

[3] Roldan, I., Palffy, A., Kooij, J.F.P., Gavrila, D.M., Fioranelli, F. and Yarovoy, A. (2024) A Deep Automotive Radar Detector using the RaDelft Dataset. *IEEE Transactions on Radar Systems*, **2**, 1062-1075.

[4] 吴荣海, 姚丽, 李霞. Arduino 在单片机比赛平台中的应用[J]. 福建电脑, 2024(1): 104-108.

[5] 仇越. 基于 STM32 的智能小车设计[J]. 工业控制计算机, 2023, 36(4): 158-159.

[6] (美)西格沃特(Siegwart, R.), (美)诺巴克什(Nourbakhsh, I.R.). 自主移动机器人导论[M]. 西安: 西安交通大学出版

社, 2006.

[7] 邵龙秋, 梁国茂. 基于 Proteus 的单片机实验教学设计[J]. 长江信息通信, 2022, 35(9): 47-50.

[8] 宋佳琪, 野莹莹, 程立英, 等. 智能巡检小车设计[J]. 信息技术与信息化, 2021(7): 246-248.

[9] 何玲, 陈佳伟, 范鹏, 等. 基于 STM32 的多功能 WiFi 控制小车的设计与制作[J]. 电子制作, 2023, 31(23): 3-7.

[10] Kim, J., Kwon, S., Park, S. and Kim, Y. (2013) A MEMS-Based Commutation Module with Vibration Sensor for Wireless Sensor Network-Based Tunnel-Blasting Monitoring. *KSCE Journal of Civil Engineering*, **17**, 1644-1653.