

doi: 10.7690/bgzdh.2016.12.008

基于便携式 PC 控制器的小型 AGV 系统

李远仪, 佃松宜, 骆瑞森

(四川大学电气信息学院, 成都 610000)

摘要: 针对传统火炮检测 AGV 系统存在的多车组网运行过程中安全距离较大、定位精度不高等问题, 研制一款基于便携式 PC 控制的新型自动导引车 (AGV)。利用 PC 热点建立无线通信网络; 基于 Wi-Fi 模组的 AP&STA 双模式, 实现 AGV 的在线巡检; 通过传感器信息融合的方式, 完成 AGV 的位置及基于位置信息的自适应速度控制。现场测试结果表明: 基于本设计的新型火炮检测 AGV 系统具有更高的紧密性与定位精度, 且导航方式简易可靠、成本低, 具有较强的实用性。

关键词: PC; AGV; Wi-Fi; AP&STA

中图分类号: TP273 **文献标志码:** B

A Small AGV System Based on Portable PC Controller

Li Yuanyi, Dian Songyi, Luo Ruisen

(School of Electrical Engineering & Information, Sichuan University, Chengdu 610000, China)

Abstract: A new type of automatic guided vehicle (AGV) based on portable PC control has been invented, to solve the problems of large safety distance, inaccurate positioning, etc. During the operation of multi vehicle network, which is common in traditional artillery testing AGV system. It uses PC hot wireless communication network and bases on the AP & STA dual module, realizing online inspection of AGV; with sensor information fusion, realizing the location of the AGV and the self-adaption speed control based on the location information. The field test results show that the new power testing AGV system based on this design has a higher tightness and positioning accuracy, and the navigation method is simple and reliable, with low cost, and more practical.

Keywords: PC; AGV; Wi-Fi; AP&STA

0 引言

自动导引车 (automated guided vehicle, AGV) 是一种广泛应用于柔性制造系统的传送单元^[1]。自 1954 年世界上首台 AGV 在美国 South Carolina 州 Mercury Motor Freight 公司的仓库内投入运行以来, 其技术不断得到发展, 如今已被广泛应用于机械加工、家电生产、微电子制造、卷烟等多个行业。然而, 作为 AGV 技术核心的定位与导航, 仍然存在一定的缺陷。目前对 AGV 的定位, 不仅受外围环境干扰的影响较大, 同时对施工铺设方式要求较高且其配套设备价格昂贵; 而作为 AGV 主流导航方式的电磁导航, 需借助其他辅助手段才可完成停靠时的定位、定向^[2], 导致定位精度不高, 且多车组网运行过程中存在安全距离较大的缺点^[3]。笔者针对上述问题, 设计研发了一款使用便携式 PC 平板即可完成组网控制的小体积机械导轨双向型 AGV, 并将其应用到中国兵器工业集团 201 研究所火炮控制检测中。该款 AGV 具有在狭小空间内灵活的往返运动的能力, 定位精度可达 ± 0.03 m, 速度精度可

达 ± 0.01 m/s, 引航方式简易可靠。

1 系统方案设计

坦克火炮检测系统中, 为实现 AGV 的高精度定位与速度控制以及狭小空间内的快速组网, 由 AGV 控制系统^[4]。如图 1, 该系统由监控层、控制层以及运动执行层组成。

1) 监控层。由 2 个独立的便携式 PC 分别构成主控制器和副控制器, 将基于图形化编程软件 LabVIEW 开发的实时监控界面移植于便携式 PC, 实现与控制层的数据传输^[5]。主控制器通过调用系统 DOS 命令, 利用以 PC 网卡为基础的无线传输模块搭建系统无线传输链路 1 构成系统的通信网络, 各 AGV 单元通过车身 Wi-Fi 模组的 STA 方式接入网络, 完成与主控制器的信息交换; 同时各 AGV 单元通过车身 Wi-Fi 模组的 AP 方式发送无线信号供副控制器无线传输模块建立无线传输链路 2, 以达到与主控制器并行操作的目的。在工业现场巡检过程中, 该设计使得操作人员能够在不影响整个系统运行的情况下, 完成对 AGV 各单元的维护工作,

收稿日期: 2016-09-05; 修回日期: 2016-09-28

作者简介: 李远仪 (1990—), 男, 湖北人, 在读硕士, 从事精密运动控制、先进控制方法研究。

极大地提高了系统的运行效率。

2) 控制层。以 MSP430F5438 为处理器，主要完成解析控制器指令并控制执行层完成相应操作。AGV 传感单元采用霍尔传感器与红外传感器信息融合的方式通过串口与主控制器连接，完成精确定位与速度控制任务；掉电检测模块与低电压检测模块，以串口方式连接于主控制器上，保障控制层电源品质；无线数据传输单元采用基于 TCP/IP 协议的 USR-WIFI232-T 低功耗小尺寸 Wi-Fi 模组；经过对 24 V 大容量锂电池通过电源模块降压处理后作为控制层电源。

3) 运动执行层。电机驱动为主的运动执行层主要由 2 组分别控制 AGV 前后轮的电机驱动与 4 个 GW31ZY 直流减速蜗轮蜗杆电机组成，通过控制总线与控制层相连，执行控制指令。

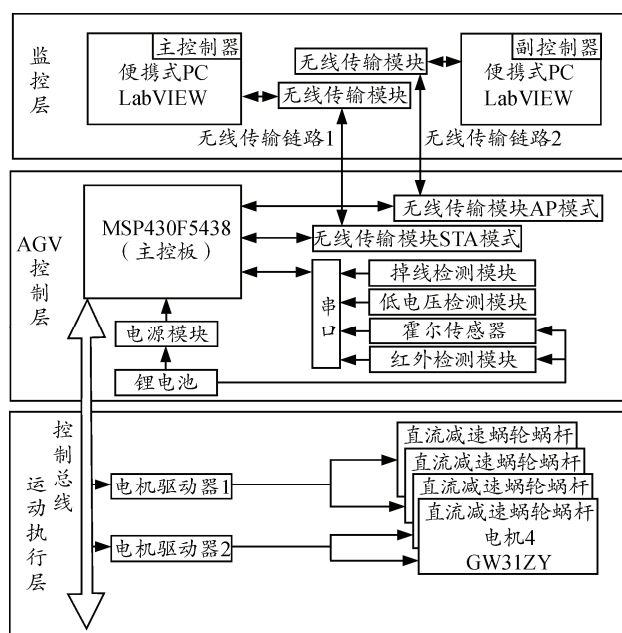


图 1 控制系统组成

2 系统硬件平台设计

笔者设计的 AGV 硬件由车体部分、驱动模块、电源模块、主控制器及电机驱动模块、传感检测模块、车载无线传输模块和便携式 PC 控制端等构成。笔者对主控制器及电机驱动模块、车载无线传输模块、传感检测模块与部分电源模块进行介绍。

2.1 主控制器及电机驱动模块设计

主控模块是整个系统的关键，向上与 Wi-Fi 模块相连，向下与各驱动、检测电路相连，是整个 AGV 系统控制与处理信息的核心。主控制器的采用 100-LQFP 封装、钟频率为 18 MHz 的军工等级

MSP430F5438 单片机，利用其带有的 87 个 I/O 端口、256 KROM、16 K×8 RAM，进行数据转换、数据处理以及电机控制。对主控制器模块的设计主要包括配套电源电路设计、复位电路设计以及掉线检测电路设计等。电机驱动电路只需获取由控制器提供的 PWM 波，即可调节完成 AGV 运行速度任务。

2.2 基于 Wi-Fi 的车载无线传输模块设计

Wi-Fi 作为一种无线局域网运用技术，凭借其组网方便、易于扩展以及高速传输等优点得到广泛应用^[6]，故 AGV 采用 Wi-Fi 通信方式与上位机进行数据交换。笔者使用提供 UART 串口、接口传输数据方案的 USR-WIFI232-T 超低功耗嵌入式 Wi-Fi 模组将 AGV 连接到 Wi-Fi 无线网络，且配置模组处于 AP&STA 双模式，该模式使得每个 AGV 不仅作为客户端接收主控制器的操控，而且也可作为服务器实时发送状态信息。基于此，设计的传输方式，允许巡检人员在现场巡检过程中，仅携带副控制器，通过无线传输模块与单个 AGV 建立通信链路 2，对单个 AGV 进行相应操作，而不影响整个系统的运行，有效地提高了系统工作效率。

2.3 传感检测模块设计

传感与检测模块是 AGV 安全运行与定位的核心，笔者采用 E18-D80NK 红外传感器与霍尔传感器信息融合的方式完成定位任务。E18-D80NK 红外传感器为集发射与接收于一体的红外光电传感器，其检测距离可以根据要求进行调节，且具有探测距离远、受可见光干扰小、价格便宜、易于装配、使用方便等特点^[7]。该型号红外传感器安装于 AGV 前后两端，在 AGV 处于开机启动状态时用以完成复位操作，AGV 处于运动状态时向上位机发送位置校准指令。由于此设计引入了运动中的校准机制，从而有效解决了运行过程中因误差累积造成的定位不准确问题。霍尔传感器模块由 LM393-3144 霍尔传感器磁感应探头组成，利用该模块对磁场的精确检测，通过其与主控制器上的 I/O 接口进行数据传输，对 AGV 进行精度为±0.03 m 级别的精确定位。此方法与编码导轨定位方式相比，成本大幅降低；与电机编码定位方式相比，有效解决了 AGV 车轮因地面光滑情况下空转而导致的定位精度较低问题。最后，笔者设计的机械导轨结合霍尔、红外传感器信息融合方式的定位技术具有使用方便、成本低、抗电磁干扰能力强、不受光线烟雾影响、时间信息直

观、空间利用率高等特点。

2.4 系统安全性能设计

AGV 属于轮式移动机器人,必须具备对人体和自身安全的保护功能,且笔者所设计的 AGV 在项目要求上需要在仅 0.5 m 宽轨道上实现 3 车独立运行,故需对电机的最大最小转矩进行限制,以防其发生出轨或速度不达标等现象。针对上述需求,笔者在硬件与软件 2 个方面进行相关配置。硬件方面:一是 AGV 前后安装红外传感器,防止其与误入轨道的物体发生碰撞;二是设置机械限位开关,保证其在极端情况(如传感器失灵或控制器故障)时也能在规定的范围内安全运行。软件方面:通过对 AGV 实时位置的检测,实时调整 AGV 速度与方向,保障其安全运行。

2.5 低电压报警模块设计

由于 AGV 采用自带电池供电,必须保障 AGV 电量充足,才能够保证其安全运行。笔者针对此问题设计一种低电压报警模块,该模块可对电池电量进行实时检测并利用 Wi-Fi 模块向上位机发送电量信息。当电池剩余电量不足时,上位机将对操作人员发出“低电压报警界面”,从而提醒上位机操作人员对 AGV 进行远程调度进行充电处理。实际运用中,由于锂电池放电过程中存在电压不稳定的情况,会发生误报警事件。为了避免此类事件的发生,上位机端针对此类事件加入有误报警判断程序,从而保障了低电压报警的准确性。

3 系统软件功能设计与实现

3.1 软件系统总体设计

AGV 软件系统总体分为 11 个模块,包括启动初始化模块、复位模块、单车运动模块、多车共同运动模块、自动换向模块、手动换向模块、速度反馈模块、霍尔传感器脉冲捕获模块、红外传感器中断模块、电池电量反馈模块、掉线处理模块。通过以上各模块间的相互作用,实现了 AGV 的不同工作方式,且在启动阶段对所有传感器工作状态进行检测,确保所有传感器能够正常工作后,将通过 Wi-Fi 模组向上位机发送“就绪”指令,上位机方可对 AGV 进行操作,以此保证 AGV 能够稳定运行。

3.2 数据通信

如 3.1 节所述,AGV 通过单片机串口与 Wi-Fi 模组建立通信,通过 Wi-Fi 模组与便携式 PC 所建

立的无线热点进行连接实现网络通信。上位机发送命令数据包到 AGV 上的 Wi-Fi 模组,模组解包后通过串口发送到控制器,并通过控制模块执行相关操作^[8]。本设计中 Wi-Fi 模组虽处于 AP&STA 双模式,但共用同一通信协议,充分减少协议编写与解包的工作量。对于实际测试中出现的由于单字符通信方式抗干扰能力较差的问题,上位机最终采用数据报格式发送与接受。上位机发送格式如下:包头标志位、功能控制;上位机接收格式如下:包头标志位、数据信息。每进行一次操作,传输 2 个数据包,通过读取包头定位控制(数据)信息,最终有效避免其因特殊原因导致的数据错位而产生数据收发紊乱的问题,从而提高通信过程中的容错率。通信协议如表 1 所示。

表 1 通信协议

AGV 检测数据信息		AGV 控制数据信息	
字节号	信息	字节号	信息
0	起始位	0	起始位
1	方向	1	复位
2		2	启动/停止
3	位置信息	3	
4		4	车速
5	剩余电量	5	方向

3.3 手持终端程序设计

笔者选用搭载 WIN8 操作系统的便携式 PC,以 NI 公司的 LabVIEW 为平台进行上位机设计。其监控主界面主要用于显示 AGV 的运行信息,如:位置、方向、速度、电量等。通过若干个虚拟按键与操纵杆对 AGV 进行操作。开发过程中,分别对建立热点模块、数据发送模块、数据接收模块、数据处理模块进行设计,最后整合成为整体程序,并通过调节屏幕大小、虚拟控件位置等方式达到美观的目的。本设计的特点在于充分利用了 PC 功能,在上位机中使用“执行系统命令[System Exec.vi]”控件,编写并调用系统 DOS 指令,直接使用 PC 端无线网卡构建整个系统组网所需要 Wi-Fi 环境,无需其他设备构建网络环境,从而有效节省系统搭建及后期维护成本。

3.4 下位机程序设计

笔者设计的 AGV 下位机程序设计以中断程序为主体(见图 2),在接收到上位机指令后执行相应操作。从控制的角度上分析,其主要难点在于低速档位行驶过程对速度的控制。由于已采用红外传感器与霍尔传感器信息融合的定位技术,故在运行的过程中能够对 AGV 所处的位置进行精准定位^[9]。在

此位置基础上，笔者采用使用基于位置信息的自适应算法实时微调 PWM 波的占空比，最终使速度精度达到 ± 0.01 m/s。

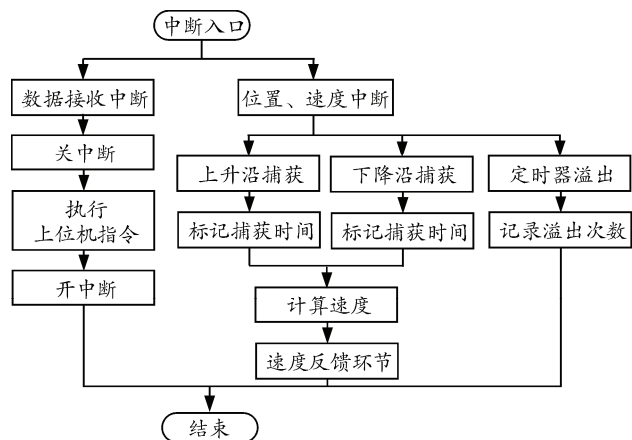


图2 中断程序流程

4 调试及验证

通过大量采集与接收数据发现，笔者采用的双重报文通信方式能够有效解决因不确定因素导致的数据错位问题。对 AP&STA 双模式进行验证发现：在不影响主控制机运行的情况下，可以使用其他控制器连接 AGV 并对其单独数据采集以及控制。测试现场调试结果如图 3 所示：在速度与定位精度上，实测定位精度达到厘米级别，速度在最低档位 0.1 m/s 时，不同路面(上坡与平路)精度能够保持在 ± 0.01 m/s，符合设计需求。



图3 测试现场调试结果

在对监控界面的调试中，将 RawInputEvent(原始输入事件)转换成 KeyEvent(按键事件)实现了虚拟按键与滑动条的设计；在 AGV 实时位置显示中，通过使用不同的 AGV 示意图与不同位置的数字标识使 AGV 运动方向与实时位置一目了然；使用虚拟滚动条对 AGV 各个档位速度进行控制，使用虚拟操纵杆对 AGV 进行运行方向控制使得监控界面达到人性化的要求(见图 4)。

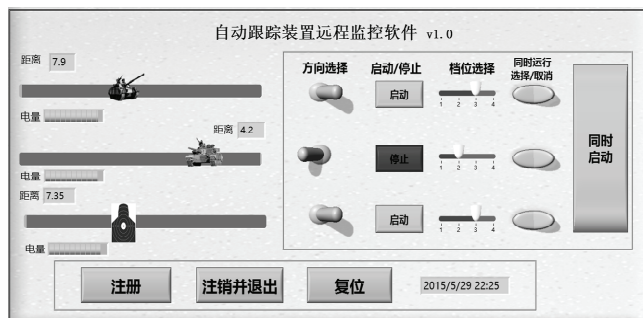


图4 监控界面调试结果

5 结束语

笔者采用机械引导、多传感器信息融合、便携式 PC 机构建 Wi-Fi 通信链技术实现了紧凑环境下多 AGV 协同、位置速度精确控制、快速组网等功能。其中，AGV 本体 Wi-Fi 模组采用 AP&STA 双模式，以 STA 方式接入主控制，实现系统功能；以 AP 方式构建自身 Wi-Fi 网络供现场巡检或调试使用，实现在线巡检功能。笔者对国产多型号坦克火控系统进行了长时间测试，试验结果表明：系统运行流畅、稳定，具有良好的可操作性和人机交互能力，能够达到各型号坦克火控系统检测要求，各项参数达到预定标准。该设计扩充了紧凑空间中低成本、高定位精度、速度精度 AGV 种类；为工业生产中的 AGV 组网应用提供了一种新的方案；系统工作效率得到提高；有效地降低了平台搭建与维护成本。

参考文献：

- [1] Herrero-Perez D, Martinez-Barbera H. Modeling distributed transportation systems composed of flexible automated guided vehicles in flexible manufacturing systems[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2010, 6(2): 166-180.
- [2] 董欢欢, 葛为民. 一种基于无线传感器网络的 AGV 精确定位方法[J]. 天津理工大学学报, 2011, 27(1): 1-5.
- [3] 童峰, 许天增, 许鹭芬. 一种用于自动导引车(AGV)的超声波导航系统[J]. 高技术通讯, 2002, 12(8): 47-50.
- [4] 张雨, 彭虎, 黄大山, 等. 基于云相似度的坦克装甲车辆驾驶评估方法[J]. 兵工自动化, 2015, 34(3): 49-52.
- [5] 计轶轩, 金明生. 基于移动互联网的远程移动监控系统研究[J]. 机电工程, 2015, 32(5): 727-732.
- [6] 李扬. WiFi 技术原理及应用研究[J]. 科技信息, 2010, 6(1): 241-242.
- [7] 陈柯源. 电量传感器高可靠性试验技术[J]. 兵工自动化, 2015, 34(12): 26-28.
- [8] 侯国照. 基于 OpenWrt 的无线传感器网络协议研究与实现[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009.
- [9] 阳桂蓉, 罗志强, 王进. 直测式霍尔传感器稳定因素探讨[J]. 兵工自动化, 2014, 33(5): 84-87.