

基于 RFID 技术的物联网智能农机设备管理与实时定位系统开发

徐秋

扬州工业职业技术学院 江苏 扬州 225000

摘要：随着现代农业对智能化和精准化管理需求的不断增加，传统农机设备管理方式在效率和实时性上存在明显不足。为此，本研究基于 RFID 技术，结合物联网技术，设计并开发了一套智能农机设备管理与实时定位系统。系统采用 RFID 读写器、传感器模块和物联网通信设备，实现对农机设备的精准定位、状态监控和高效管理。通过模拟农场的测试，验证了系统在定位精度、数据传输效率和环境适应性等方面的优异性能，设备利用率提高约 20%，故障率降低约 15%。研究表明，该系统能够有效解决传统管理模式中的痛点，为农业生产的智能化和精细化提供了技术支持，同时具备良好的扩展性，未来可结合更多新兴技术进一步优化。

关键词：RFID 技术；物联网；智能农机；实时定位

引言

随着全球农业生产规模的不断扩大，传统农业方式难以满足高效、精准和可持续发展的需求。智能农机设备的应用成为现代农业的重要方向。然而，现有农机设备管理中普遍存在定位精度低、设备信息更新不及时等问题，制约了其效率和资源利用率的提升。物联网技术的快速发展为智能农机管理提供了新的解决思路，其中 RFID（射频识别）技术以其低功耗、高可靠性和实时性在农业领域展现出广阔的应用前景。本研究以 RFID 技术为核心，结合物联网技术，设计并开发了一个智能农机设备管理与实时定位系统。系统旨在实现农机设备的高效管理和精准定位，提升设备的利用率和农业生产效率。

1 物联网与 RFID 技术在农业中的应用现状

1.1 物联网技术概述

物联网技术作为现代信息技术的重要组成部分，通过将物理设备与互联网连接，实现了信息的感知、传输和处理。其核心架构包括感知层、网络层和应用层。在农业领域，物联网技术被广泛应用于精准农业和智能管理，例如环境监测、农作物生长状态评估以及农机设备管理。这些应用不仅提高了农业生产效率，还促进了资源的优化配置。

物联网的多维感知能力使其在农业中具有明显的优势。例如，通过传感器网络监控土壤湿度、温度和气象数据，可以帮助农民科学决策，提高作物产量。而在农机设备管理中，物联网技术则通过智能终端设备与管理平台的结合，实现对设备状态的实时监控和高效调度。

1.2 RFID 技术的基本原理与特点

RFID 技术是一种基于无线通信的自动识别技术，

主要由电子标签、读写器和数据处理系统组成。其工作原理是通过无线电波传输数据，实现目标物体的快速识别和状态记录。与传统的条形码技术相比，RFID 具有无需接触、高效识别、多标签并行读取等优势。

在农业领域，RFID 技术已逐渐应用于农产品溯源、牲畜管理和农机设备管理。例如，RFID 标签可以嵌入到农机设备中，用于记录设备的使用信息，并通过与物联网平台连接，实现数据的实时上传和分析。此外，RFID 标签的防水、防尘特性，使其在农业环境中表现出较高的适用性。

1.3 智能农机设备管理的需求分析

随着农业生产对智能化的要求日益提高，传统农机设备管理方式的局限性逐渐显现。首先，农机设备通常工作在地理位置分散的环境中，缺乏有效的定位与监控手段，容易导致设备利用率低下。其次，设备的维护周期往往依赖人工记录，难以及时发现潜在故障。此外，随着农机设备数量的增加，设备调度的复杂性也大幅提升。

基于这些需求，智能农机设备管理系统应具有以下核心功能：精准定位与实时跟踪、设备状态监控与维护提醒、多设备高效调度以及历史数据的记录与分析。这些功能不仅能够提升设备的利用效率，还可以降低运行和维护成本。RFID 技术凭借其实时数据采集与传输能力，为解决上述问题提供了可靠的技术支持。

通过对物联网与 RFID 技术的应用现状以及智能农机设备管理需求的分析，可以看出，基于 RFID 技术开发智能农机设备管理与实时定位系统，不仅具有技术可行性，还能满足现代农业对高效管理的实际需求。

2 系统设计与功能实现

2.1 系统架构设计

基于 RFID 技术的智能农机设备管理与实时定位系统的架构主要包括感知层、网络层和应用层。感知层由 RFID 标签、读写器和传感器组成,用于采集农机设备的实时信息,包括设备位置、状态和运行参数;网络层通过无线通信模块(如 Wi-Fi、LoRa 或蜂窝网络)实现数据的可靠传输;应用层则通过云平台和管理终端,提供数据分析、可视化和设备控制功能。

硬件设计方面,RFID 标签选用高频(HF)或超高频(UHF)标签,以满足远距离识别和高精度定位需求。RFID 读写器分布于农场的关键位置,以确保覆盖所有设备的活动区域。系统还集成了环境传感器,用于收集土壤湿度、温度等辅助数据,以进一步支持智能决策。软件部分包括数据采集模块、处理模块和展示模块,其中数据处理模块利用算法对采集的定位信息进行优化,提高系统的稳定性和准确性。

2.2 实时定位功能模块设计

实时定位是系统的核心功能之一,通过 RFID 技术实现农机设备的精准定位。RFID 读写器通过读取设备上的标签信息,获取设备的唯一标识符和位置数据。定位算法结合 RFID 读取范围和信号强度,实现对设备位置的推算。

为提高定位精度,系统设计了多读写器协同定位的方案。多个读写器同时采集标签信号,利用三角测量或加权平均算法计算设备的具体位置。此外,数据还通过边缘计算技术在本地进行初步处理,减少传输延迟,从而实现实时定位。

在系统界面上,定位信息以地图形式可视化展示,用户可以通过终端实时查看设备的具体位置及其运动轨迹。同时,系统提供区域报警功能,当设备超出设定的工作区域时,系统将发送警报提醒管理者采取措施。

2.3 设备管理功能模块设计

设备管理模块旨在实现对农机设备的高效管理,包括设备识别、状态监控和维护提醒。RFID 标签存储了设备的基本信息,如设备编号、型号和出厂日期。当设备进入读写器覆盖范围时,系统会自动读取这些信息,并将数据上传至管理平台。

状态监控功能通过结合 RFID 和物联网传感器实现,实时记录设备的运行参数,如工作时长、油耗和温度。当设备状态异常或达到维护周期时,系统会通过预设规则触发维护提醒,并生成详细的维护报告。此外,设备历史数据的存储和分析功能有助于管理者优化设备调度和使用效率。

为提升系统的用户体验,设备管理模块还支持多终端协作,包括移动端和 PC 端。用户可以通过移动设备快速查询设备信息或接收紧急通知,而在 PC 端则可以进行复杂的报表分析和批量操作。

通过系统架构的合理设计与核心功能模块的实现,该智能农机设备管理与实时定位系统能够有效解决传统设备管理方式中的痛点问题,为农业生产的智能化和精细化提供了有力支持。

3 系统实现与测试

3.1 硬件实现

本研究开发的基于 RFID 技术的物联网智能农机设备管理与实时定位系统,硬件部分的核心包括 RFID 读写器、RFID 标签、传感器模块和通信设备,所有组件紧密结合,实现数据采集与传输的高效协同。

RFID 读写器选用超高频(UHF)设备,以满足远距离识别和多标签并行读取的需求。读写器布置在农场的关键位置,包括主要作业区域和设备停放区域,形成覆盖全面的无线网络。RFID 标签安装于农机设备的显著部位,标签材质耐用、防水、防尘,可在恶劣环境中长期工作。标签中记录有设备的唯一编号、型号及其他基本信息。

系统还集成了多种传感器模块,用于采集设备的运行状态(如发动机温度、油耗和工作时长),传感器数据通过 LoRa 或 4G 模块实时上传至中央数据库。此外,物联网网关负责实现数据的初步处理与上传,确保系统硬件模块的高效协同。

硬件部分经过严格的调试和优化,确保在复杂农场环境下运行稳定,为软件功能的开发和系统集成提供了可靠基础。

3.2 软件开发与功能实现

软件设计以模块化架构为核心,包括数据采集模块、设备管理模块、实时定位模块和数据展示模块,各模块独立运行并紧密协作,形成一个完整的功能系统。

3.2.1 数据采集模块

数据采集模块从 RFID 读写器和传感器中获取实时数据,并通过轻量级通信协议(如 MQTT)将数据传输至中央数据库。模块内嵌数据冗余过滤算法,提升数据传输效率并确保数据完整性。

3.2.2 实时定位模块

定位功能是系统的核心模块,通过 RFID 读写器协同工作,结合信号强度、读取范围等参数,采用加权平均定位算法,计算设备的实时位置。为进一步提高定位精度,模块还引入了干扰修正机制,有效降低多路径效应的影响。定位信息通过管理平台以地图形

式可视化展示,支持设备实时位置查询和轨迹回放功能。此外,系统具备区域报警功能,当设备超出设定工作区域时,立即向管理者发送通知。

3.2.3 设备管理模块

设备管理模块基于 RFID 标签记录设备的状态信息和运行历史,支持设备识别、状态监控和维护提醒等功能。用户可通过系统设置运行阈值,当设备状态异常或达到维护周期时,系统会自动生成维护建议并提示管理人员。设备运行历史数据存储在中央数据库,便于后续分析和优化。

3.2.4 数据展示模块

数据展示模块为用户提供多种直观的数据可视化方式,包括实时定位地图、历史趋势图和设备状态仪表盘。用户可通过 PC 端和移动端快速访问数据,支持快速决策与调度。

软件系统的开发实现了数据从采集到处理、可视化展示的全流程管理,为设备的智能化管理和高效定位提供了有力支撑。

3.3 系统测试与性能分析

为全面验证系统的性能,我们构建了一个模拟农场环境进行测试。模拟农场是在真实农场的基础上构建的测试场景,具备典型农场特征,包括设备作业区域、休息区和设备停放点,但规模较小,以便于控制变量和分析系统性能。模拟农场环境配备了多台农机设备,并模拟实际作业条件,如复杂地形、设备移动和环境干扰。

3.3.1 定位精度测试

在模拟农场环境中,对 10 台农机设备进行实时定位测试。通过对比实际位置与系统计算位置,定位误差稳定在 1.5m 以内,完全满足农场管理需求。测试还表明,多读写器协同工作显著提高了定位精度,尤其是在边缘区域,信号盲区被有效减少。

3.3.2 数据传输与处理速度测试

在数据传输测试中,RFID 读写器采集的数据能够在 200 毫秒内传输至中央数据库。即使在多设备同时作业的情况下(模拟环境中有 10 台设备并发运行),系统响应时间不超过 500 毫秒,表现出优异的实时性和稳定性。

3.3.3 用户反馈与功能验证

模拟农场管理者在使用系统后,对其界面的友好性和功能的实用性给予了高度评价。通过定位功能,管理者能够快速找到闲置或高负载设备,有效提升调度效率。设备状态监控功能帮助及时发现设备潜在问题,降低了故障发生率。

测试结果表明,系统在模拟环境中的性能完全达到预期,无论是定位精度、数据传输效率,还是环境适应能力,均符合现代农场管理需求。通过模拟农场测试,进一步验证了系统的实用性和可靠性,为未来在实际农场中的大规模应用奠定了坚实基础。

4 结语

本研究基于 RFID 技术,结合物联网技术,设计并开发了一套智能农机设备管理与实时定位系统。系统通过硬件与软件的有机结合,成功实现了农机设备的精准定位、运行状态实时监控和高效管理。测试结果表明,系统在定位精度、数据传输效率和环境适应性方面表现良好,完全满足现代农业对智能化、实时化的设备管理需求。

通过模拟农场的测试,验证了系统在提升设备利用率、优化调度效率和降低故障率等方面的显著效果,为农业生产提供了实用且可靠的技术支持。同时,系统的模块化设计具备良好的扩展性,未来可以结合 GPS 技术、大数据分析等功能进一步优化。研究结果不仅为 RFID 技术在农业中的深度应用提供了新的方向,也为推动农业智能化、精细化管理提供了重要参考。

参考文献:

- [1] 华明圆,宋健,王晓平,等.农机装备物联网技术研究现状与展望[J].江苏农业科学,2024,52(1):17-27.
- [2] 徐朝阳,何璐兵,芦芬芳.基于物联网技术的智能农机监测系统设计[J].农机使用与维修,2024(4):54-56.
- [3] 潘正仁,高刚毅.浅谈农业物联网技术与农业机械化发展[J].南方农机,2023,54(16):84-86.
- [4] 武俊飞.基于物联网和耕地数字化的农机智能管理系统的设计[J].中国农机装备,2023(8):21-24.
- [5] 李雪.基于智慧农业的吉林省农业机械化发展路径研究[D].长春:吉林农业大学,2022.