

智慧农业大棚环境监测管理系统设计

朱圆彬 刘彬
攀枝花学院

DOI:10.12238/as.v7i6.2572

[摘要] 随着农业现代化的不断推进,智慧农业逐渐成为农业发展的重要方向。本文提出了一种基于数字孪生技术的智慧农业大棚环境监测管理系统设计方案。系统基于物联网、数字孪生、Spring Boot和MQTT协议等技术,通过在农业大棚中部署传感器,实时采集土壤湿度、气温、光照等环境数据,并通过MQTT协议将数据传输至平台,实现对大棚环境的实时监测。通过优化资源配置,系统不仅能够提升作物产量和质量,还有效降低了水、电等资源的使用成本。系统为智慧农业的发展提供了技术支持,助力农业现代化与乡村振兴。

[关键词] 数字孪生; 智慧农业; 物联网; Spring Boot; MQTT协议

中图分类号: DF413.1 **文献标识码:** A

Design of an Environmental Monitoring and Management System for Smart Agricultural Greenhouses

Yuanbin Zhu Bin Liu
Panzhihua University

[Abstract] With the continuous advancement of agricultural modernization, smart agriculture has gradually become an important direction for agricultural development. This article proposes a design scheme for a smart agricultural greenhouse management system based on digital twin technology. The system is based on technologies such as the Internet of Things, digital twin, Spring Boot, and MQTT protocol. By deploying sensors in agricultural greenhouses, it collects real-time environmental data such as soil moisture, temperature, and light, and transmits the data to the platform through the MQTT protocol to achieve real-time monitoring of the greenhouse environment. By optimizing resource allocation, the system can not only improve crop yield and quality, but also effectively reduce the use cost of water, electricity and other resources. The system provides technical support for the development of smart agriculture, helping to modernize agriculture and revitalize rural areas.

[Key words] digital twin; Smart agriculture; Internet of Things; Spring Boot; MQTT protocol

引言

随着全球人口增长和农业资源的不断减少,传统农业面临着效率低下、资源浪费和环境监测不足等诸多挑战。近年来,物联网、大数据、人工智能等技术逐渐应用于农业生产中,推动了农业的智能化转型。数字孪生技术能够通过虚拟模型与现实环境的动态映射,实现农业生产的精细化管理和资源的最优配置。本文设计并实现了一款基于数字孪生技术的智慧农业大棚环境监测管理系统,旨在通过物联网设备的实时监测与智能调控,提高农业生产效率和管理水平。

1 系统架构设计

1.1 设计思路及技术可行性分析

系统整合ThingJS低代码平台、SpringBoot与MyBatis-Plus

框架、树莓派4B、MQTT协议等技术,实现3D虚拟大棚模型与实体大棚的集成控制。

1.1.1 ThingJS低代码平台构建3D大棚虚拟模型

ThingJS是一种功能强大的低代码平台,能够快速构建3D可视化模型并与外部系统进行无缝集成。利用ThingJS平台的可视化工具,开发者可以轻松创建3D大棚模型,并通过预设组件实现模型与后台管理系统的数据交互。项目通过ThingJS平台搭建虚拟3D大棚模型,展示大棚的结构布局及实时运行状态。

1.1.2 SpringBoot与MyBatis-Plus框架搭建后台管理系统

SpringBoot作为轻量级的Java开发框架,广泛应用于大型系统的开发,具有高效、灵活、易扩展等优势。结合MyBatis-Plus数据访问框架,能够快速构建稳定可靠的后台管理系统。项目利

用SpringBoot框架构建系统的基础架构,实现用户登录、权限管理、大棚设备数据的存储与查询等功能。通过MyBatis-Plus的高效数据库操作,系统可处理大量的环境数据和控制指令,确保实时性和稳定性。

1.1.3 树莓派4B控制实体大棚

树莓派4B是一款性能强大且成本低廉的嵌入式平台,广泛用于物联网应用,特别适合对农业大棚进行环境监测与控制。项目中,树莓派作为大棚控制核心,烧录控制代码,通过接口连接各类传感器和控制设备,实现对传感器和执行器的控制。

1.1.4 MQTT协议进行数据传输和控制

MQTT是一种轻量级的发布/订阅消息传输协议,适用于物联网设备之间的实时数据通信。项目中,树莓派通过MQTT协议与服务器建立数据传输通道,实现传感器数据的上传与控制指令的下发。通过配置MQTT代理,大棚的实时环境数据通过MQTT协议从树莓派发送到服务器,服务器则通过发布控制指令,实现对大棚设备的远程控制,用户可通过管理平台实时监控大棚状况,并远程调控灌溉系统、温湿度控制设备等,实现精细化的农业管理。

1.2 系统架构设计及功能模块描述

系统采用物联网设备层、数字孪生模型层、管理平台层和数据传输层等四层架构设计。其中,物联网设备层负责大棚内环境参数的采集,该层主要部署在农业大棚中,通过传感器监测土壤湿度、温度、光照等环境参数,并将数据实时传输至平台;数字孪生技术是本系统的核心,该层通过ThingJS建立虚拟农业大棚模型,动态映射现实环境的变化;管理平台层利用Spring Boot开发,提供数据的集中管理和分析功能;数据传输层基于MQTT协议,实现物联网设备与平台的实时通信。

系统核心功能由后台管理系统模块、大棚物模型模块和数字孪生3D模型模块等三大功能模块组成,各功能模块设计如下:

1.2.1 后台管理系统模块

该模块为系统的核心数据管理平台,涵盖行政区、租户、行业、设备类型、物模型和产品管理等多个功能,用户可以在此模块中灵活地管理大棚系统中的各项基础数据。用户能够根据需求及时更新和维护系统中的各项数据,从而保证系统的稳定运行。通过后台管理系统,管理者可以有效地控制系统的基础数据,为大棚管理提供全面的支持。

1.2.2 大棚物模型模块

该模块是系统的核心应用部分,实现对大棚环境的实时监测与控制,包括环境检测、智能灌溉和温湿度控制三大功能。其中,环境监测功能主要通过各类传感器对大棚内的温度、湿度、光照等环境指标进行采集,并将这些数据实时反馈到系统中。用户可通过管理平台实时查看这些数据,并根据实际需要调整大棚环境;智能灌溉功能主要根据环境检测结果和预设的灌溉阈值,自动控制大棚内的灌溉系统。当大棚的湿度低于设定值时,系统将自动启动灌溉设备,为作物提供所需的水分;温湿度控制功能模块通过设定温湿度的理想范围,自动调节大棚内的温湿度水平,确保大棚内部环境始终处于作物生长的最佳状态。

1.2.3 数字孪生3D模型模块

数字孪生技术构建的农业大棚3D模型模块,是现代农业管理的创新应用。该模块借助ThingJS低代码平台的高效开发能力,通过3D建模技术,将实体大棚的外观、内部布局及结构进行精准复刻,形成虚拟的3D模型。该设计不仅考虑了大棚的物理形态,还融入了设备布局、管线走向等细节,确保模型的高度还原。用户只需轻点鼠标,即可在界面中自由旋转、放大或缩小3D模型,清晰查看大棚内部各个角落的设备位置及其运行状态。借助直观的3D模型界面,用户还能轻松实现对大棚设备的远程控制,大幅提升了操作的便捷性和管理的精细化程度。管理者即便身处远方,也能对大棚进行及时、准确的管理和调控,有效提升了农业生产效率和资源利用率。

2 系统核心功能设计

2.1 实时监测功能

系统通过物联网传感器实时采集大棚环境数据,包括温度、湿度、光照强度等,并通过MQTT协议将数据传输至平台,实现对大棚环境的实时监测。

以湿度调节功能设计为例。此功能通过精确控制大棚内部的湿度水平,为农作物提供一个理想的生长环境。在项目设计时,当需要调控风扇(其设备标识符为2)时,系统采用ctrl方法以实现对引脚号为22的设备状态的操控。操控过程通过调用self.ctrl(22, device_state)方法实现(其中22代表引脚号,device_state代表设备的具体状态)。进一步地,在确定了水泵的device_state值之后,系统能够进入水泵的控制层级。在这一层级中,通过GPIO.setup(channel, GPIO.IN)指令,将指定的引脚配置为输入模式,以便读取来自外部的控制信号。这一设置对于实现水泵的开关控制至关重要,确保系统能够精准、高效地管理湿度条件。

2.2 云平台数据采集功能

云平台数据采集功能是系统构建的核心功能之一。该功能的核心在于从多元化的物联网设备、高精度传感器等数据源中有效汇聚信息,随后将这些宝贵的数据传输至MongoDB数据库进行系统的存储、深度处理及综合分析。这一过程既支持定时采集,确保数据的周期性更新,也支持实时采集,以迅速响应环境变化,实现数据的即时更新。

具体而言,云平台数据采集功能通过网络通信技术,如MQTT(消息队列遥测传输协议)和HTTP(超文本传输协议)等,构建稳定且高效的数据传输通道。这些协议的应用,使得从各类传感器、物联网设备等数据源中获取的数据能够顺利传输至云端或中央控制系统,为后续的数据处理、分析及智慧决策提供了坚实的基础。

2.3 数据处理与可视化功能

在项目中,需要对各类传感器和设备中获取的原始数据进行清洗、转换及汇总,并将处理后的数据妥善存储在数据库中,为后续的分析 and 展示提供便利。同时,系统还具备数据可视化展示功能,通过Java代码采集传感器数据(使用特定的传感器通信

协议与传感器进行交互。一旦成功接收到数据,立即对其进行初步的清洗和格式转换,并借助MQTT Broker将数据发布至MySQL数据库(采集到的传感器数据首先会通过MQTT客户端被发送到MQTT Broker(消息代理)。配置一个特定的MQTT主题,所有传感器数据都会发布到这个主题上。设置一个监听该主题的MQTT客户端,该客户端负责从Broker接收数据,并将其解析为适合存储的格式。之后,通过数据库连接技术,这些数据会被插入到MySQL数据库中保存)。利用Spring Boot框架提供的RESTful API,系统能够从数据库中实时获取数据,并在Web界面上直观展示传感器数据的动态变化(定义多个Controller类处理来自前端的HTTP请求。在每个Controller类编写一系列的方法,这些方法通过特定的URL路径和HTTP请求方法(如GET)与前端进行交互。为了实现数据的实时获取,编写一个服务层,该层与MySQL数据库进行交互,根据前端的请求从数据库中检索最新的传感器数据。随后,这些数据会被封装成JSON格式的响应体,并通过HTTP响应返回给前端。前端Web界面接收到这些数据后,会利用图表或仪表盘等可视化元素将其动态展示出来)。

2.4 数字孪生技术搭建3D模型

在构建3D大棚虚拟模型时,我们首先调用ThingJS平台提供的CampusBuilder工具,像堆积木一样,将所需的大棚模型(如柱子、屋顶、侧墙等)拖拽到场景中,并放置在合适的位置,并通过调整参数来设置其大小、位置、颜色等属性。此外,CampusBuilder还提供了丰富的模型库,其中包含了各种农作物、设备、建筑等模型,可以直接从中选择并添加到场景中,节省建模时间。

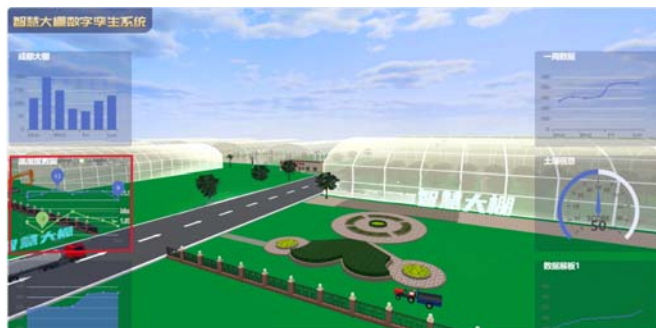


图1 智慧农业大棚3D模型图

在实现3D模型的基础上,系统还需要集成数据采集、处理和展示等功能,包括与各种传感器的通信,以实时获取大棚内的环境参数。获取到的数据可以通过ThingJS的API实时更新到3D模型中,例如通过改变模型的颜色或透明度来直观展示温度或湿度的变化。同时,这些数据也会被存储到数据库中(如MongoDB),以便进行历史数据查询、趋势分析和决策支持。为了实现与传

感器的通信和数据存储,需要编写后端服务,使用Node.js等技术栈来处理数据请求、存储和查询。前端(即ThingJS构建的3D界面)与后端服务之间通过API进行通信,形成一个完整的智慧农业大棚管理系统。大棚模型如图1所示。

3 系统优势与应用前景

相较于传统农业管理系统,本项目在农业生产中具有较多优势。该系统能够实时采集农业大棚内的环境数据,并通过先进的数字孪生技术,动态更新虚拟大棚模型,实现对大棚环境的实时监测与精准调控。这种实时性强的特点,使得农业生产者能够迅速响应环境变化,及时调整生产策略,有效避免了因环境因素导致的作物生长受阻或减产等问题。同时,系统通过优化资源配置,如水肥一体化管理、精准灌溉等,有效减少了水、电等资源的浪费,同时提高了作物的产量和质量,从而降低了生产成本,提升了农业生产的整体效益。此外,系统还集成了智能分析与决策支持功能,能够基于采集的环境数据,运用大数据分析和人工智能算法,自动优化大棚环境参数,如自动调节温度、湿度和光照等,以减少人力干预,提高生产效率。

4 结论

本文设计并实现了一款基于数字孪生技术的智慧农业大棚环境监测管理系统。通过整合ThingJS、Spring Boot、MQTT协议等技术,系统实现了大棚环境的实时监测、数据分析和智能调控,能够有效提升农业生产效率和管理水平。该系统的成功应用为农业数字化转型提供了有力支持,并为未来智慧农业的发展奠定了技术基础。

[项目编号]

国家级大学生创新项目-202411360028-基于数字孪生技术的智慧农业大棚监测管理系统。

[参考文献]

- [1]刘元刚,熊刚,胡启迪,等.基于物联网技术智慧农业大棚监控系统研究与设计[J].河北农业,2023(10):76-77.
- [2]赖禄安,陈婷,常杰,等.基于数字孪生的温室大棚可视化监控系统研究[J].农业装备与车辆工程,2023,61(2):128-131.
- [3]钟明浚.基于数字孪生的温室大棚可视化监控系统研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)农业科学,2023(11):14.

作者简介:

朱圆彬(2003--),男,汉族,四川资阳人,本科,研究方向:物联网技术。

刘彬(1982--),男,汉族,四川资阳人,硕士,研究方向:物联网技术。