

基于物联网的小型灌区实时水温监测系统设计与应用

邢文涛

新疆生产建设兵团八师 143 团

摘 要：在农业生产中，水温作为影响作物生长和灌溉效率的关键因素，得进行实时监测，为对小型灌区水温的实时监测予以实现，本文转而向设计一套基于物联网的实时水温监测系统转变。系统采用分层架构，包括数据采集层、数据传输层、数据处理层和应用层，硬件方面，选用像 DS18B20 温度传感器、Arduino Uno R3 微控制器和 LoRa 通信模块，软件方面，开发了数据处理与分析算法、数据可视化界面和告警机制。通过系统测试与优化，验证了系统在数据准确性、实时性和稳定性方面的优越性，该系统给科学灌溉予以有力支撑，提高农业生产效益，具有较高的应用价值。

关键词：物联网；小型灌区；水温监测；实时监测系统

引言

在农业生产领域，水温作为影响作物生长和灌溉效率的关键因素，其监测与调控至关重要，适宜的水温能促进作物根系吸收养分，提高灌溉水的利用率，进而增加作物产量，而传统水温监测方法存在实时性差、数据精度低等问题，没法满足现代农业生产的需要，设计一套能实时、准确监测小型灌区水温的系统具有重要的现实意义，本文旨在阐述基于物联网的小型灌区实时水温监测系统的设计与应用。通过集成先进的传感器技术、无线通信技术和云计算技术，构建一套高效、稳定的水温监测系统。

1 系统总体设计

1.1 系统需求分析

1.1.1 小型灌区水温监测的必要性

在农业生产中，水温是影响作物生长和灌溉效率的关键因素之一，适宜的水温能促进作物根系吸收养分，提高灌溉水的利用率，进而增加作物产量，而水温过高或过低均会对作物造成不利影响，甚至导致作物减产或死亡，对小型灌区进行实时水温监测，掌握水温变化规律，对于科学灌溉、提高农业生产效益具有重要意义^[1]。

1.1.2 系统功能需求

系统得具备实时数据采集功能，能定时或连续采集灌区水温数据，具备无线传输功能，将采集到的数据实时上传至云端服务器，具备远程监控功能，用户可通过 Web 界面或移动 APP 随时随地查看水温数据，具备异常告警功能，当水温超出设定范围时，系统能自动触发告警机制，通知相关人员及时处理。

1.1.3 系统性能需求

系统对数据精度要求较高，得确保温度传感器的

测量误差在可接受范围内，对实时性要求较高，得保证数据采集、传输和处理的及时性，对稳定性要求较高，得确保系统在恶劣环境下仍能稳定运行，减少故障率^[2]。

1.2 系统总体架构设计

1.2.1 系统层次结构

系统采用分层架构设计，包括数据采集层、数据传输层、数据处理层和应用层，数据采集层负责水温数据的采集和预处理，数据传输层负责将采集到的数据通过无线通信方式上传至云端服务器，数据处理层负责对上传的数据进行存储、处理和分析，应用层负责为用户提供数据可视化界面和告警服务。

1.2.2 硬件选型与配置

系统选用高精度温度传感器（像 DS18B20），其测量范围广、精度高、响应时间快，适合灌区水温监测需求，微控制器选用 Arduino Uno R3，其具有开源、低成本、易于编程等优点，适合作为系统控制核心，通信模块选用 LoRa 模块，其具有低功耗、远距离、抗干扰能力强等特点，适合灌区复杂环境下的数据传输。

1.2.3 软件系统设计

软件系统包括数据采集程序、通信协议、数据处理与分析算法等部分，数据采集程序负责控制温度传感器进行数据采集，并将采集到的数据发送给微控制器，通信协议负责规范数据传输格式和流程，确保数据在传输过程中的完整性和准确性，数据处理与分析算法负责对上传的数据进行清洗、去噪、统计分析等，为应用层提供有价值的信息。

2 硬件系统设计与实现

2.1 温度传感器模块设计

2.1.1 传感器选型与特性分析

DS18B20 温度传感器采用单总线通信方式，具有

测量范围广($-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$)、精度高($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$)、响应时间快($< 750\text{ms}$)等优点,其内部集成了温度敏感元件和信号处理电路,能直接输出数字信号,简化了与微控制器的接口设计^[3]。

2.1.2 传感器接口电路设计

DS18B20 与 Arduino Uno R3 的接口电路设计简单,只需将传感器的数据引脚与微控制器的任意一个数字引脚相连,同时确保传感器和微控制器共地即可,在软件层面,通过编写相应的驱动程序,即可实现微控制器对传感器的控制和数据读取。

2.1.3 温度补偿机制设计

考虑到环境温度变化可能对传感器读数产生影响,系统设计了温度补偿机制,通过在传感器附近设置参考温度计,实时监测环境温度,并根据环境温度的变化对传感器读数进行修正,以提高测量精度。

2.2 微控制器模块设计

2.2.1 微控制器选型与配置

Arduino Uno R3 作为系统控制核心,其 ATmega328P 微控制器具有 16MHz 时钟频率、32KB Flash 存储器、2KB SRAM 存储器等资源,能满足系统数据处理和存储需求,通过配置其时钟、内存、外设等资源,确保系统稳定运行。

2.2.2 数据采集程序设计

数据采集程序采用定时采集方式,通过微控制器的定时器中断服务程序,定时触发温度传感器进行数据采集,采集到的数据经过初步处理(像滤波、去噪)后,存储在微控制器的 SRAM 中,等待后续传输^[4]。

2.2.3 低功耗设计策略

针对灌区环境特点,系统设计了低功耗运行模式,在空闲时段,微控制器进入休眠模式,关闭不必要的外设和时钟,以降低功耗,当需要采集数据或传输数据时,通过中断唤醒微控制器,恢复正常工作状态。

2.3 无线通信模块设计

2.3.1 通信方式选择

考虑到灌区环境复杂、布线困难等因素,系统转向选用无线通信方式转变,LoRa 通信技术具有低功耗、远距离、抗干扰能力强等优点,适合灌区水温监测系统的数据传输需求。

2.3.2 通信模块选型与配置

系统选用基于 LoRa 技术的通信模块,像 RFM95W,该模块支持全球免许可频段(像 433MHz、868MHz、915MHz),具有高灵敏度和低功耗特点,通过配置模块的通信参数(像频率、发射功率、扩频

因子等),确保数据在灌区环境下的可靠传输。

2.3.3 通信协议设计

系统设计了基于 LoRa 的通信协议,规范了数据传输格式和流程,协议包括数据帧格式定义、数据校验机制、重传机制等内容,数据帧格式定义了数据起始符、数据长度、数据内容、校验码等字段,数据校验机制采用 CRC 校验方式,确保数据在传输过程中的完整性,重传机制在数据传输失败时自动触发,提高数据传输成功率。

3 数据处理与分析

3.1 云端数据处理平台搭建

3.1.1 云平台选型与接入

系统转向选用阿里云作为云端数据处理平台转变,阿里云提供了丰富的物联网服务,像强大的数据处理能力,支持海量设备接入,进而实现数据的实时上传和存储,通过阿里云物联网平台,完成系统设备的接入与配置,此平台能有效连接设备^[5]。

3.1.2 数据存储与管理

阿里云提供了多种数据存储方案,像时序数据库(TSDB),关系型数据库(RDS)等,系统选用时序数据库存储水温数据,其适合存储时间序列数据,具有高效查询和分析能力,通过设计合理的数据表结构,实现数据的长期保存。

3.1.3 数据处理与分析算法

系统开发了数据处理与分析算法,对上传的水温数据进行清洗,去噪,统计分析等,通过滑动平均滤波算法去除数据中的噪声,通过统计分析算法计算水温的平均值,最大值,最小值等统计量,通过趋势分析算法分析水温的变化趋势,给灌溉决策予以有力支撑。

3.2 数据可视化与告警机制

3.2.1 数据可视化界面设计

利用阿里云 IoT Studio 服务中的 Web 可视化开发工具,设计直观,易用的数据可视化界面,界面展示实时水温数据,历史趋势图,统计量等信息,帮助用户直观了解灌区水温状况,通过交互式设计,用户可自定义查看不同时间段,不同区域的水温数据。

3.2.2 告警规则设置与触发

根据灌区实际需求,设置合理的告警规则,当水温超出设定范围(像过高或过低)时,系统自动触发告警机制,告警规则可基于时间,温度阈值等条件进行设置,满足不同场景下的告警需求。

3.2.3 告警信息推送与处理

设计告警信息推送机制,确保相关人员能及

时收到告警信息,通过钉钉,短信,邮件等多种方式推送告警信息,提醒用户采取相应措施,系统记录告警信息的历史数据,便于用户追溯和分析问题原因^[6]。

4 系统测试与优化

4.1 系统测试方案制定

4.1.1 测试环境搭建

模拟灌区实际环境,搭建系统测试平台,测试环境包括温度传感器,微控制器,通信模块,电源等硬件设备,以及阿里云平台等软件环境,确保测试环境与实际环境尽可能一致,以提高测试结果的准确性。

4.1.2 测试用例设计

设计全面的测试用例,覆盖系统各项功能及性能指标,测试用例包括功能测试用例和性能测试用例两部分,功能测试用例主要测试系统的数据采集,传输,处理,可视化等功能是否正常,性能测试用例主要测试系统在不同负载下的性能表现,像数据传输延迟,系统吞吐量等。

4.1.3 测试流程规划

明确测试步骤,数据记录及结果分析方法,测试步骤包括设备初始化,数据采集,数据传输,数据处理,数据可视化等环节,数据记录包括原始数据记录,处理后的数据记录,告警信息记录等,结果分析方法包括对比分析,趋势分析,统计分析等。

4.2 系统测试与结果分析

4.2.1 功能测试与结果记录

对系统各项功能进行测试,记录测试结果,功能测试包括温度传感器数据采集测试,微控制器数据处理测试,通信模块数据传输测试,云端数据处理与可视化测试等,通过对比实际值与测量值,评估系统功能的准确性和可靠性。

4.2.2 性能测试与结果分析

评估系统在不同负载下的性能表现,性能测试包括数据传输延迟测试,系统吞吐量测试,稳定性测试等,通过模拟不同数量的设备接入和不同频率的数据采集,测试系统在高负载下的性能表现,分析测试结果,找出系统性能瓶颈所在。

4.2.3 问题修复与优化措施

针对测试中发现的问题,提出修复方案并实施优化措施,问题可能包括硬件故障,软件漏洞,通信不稳定等,通过替换故障硬件,修复软件漏洞,优化通信协议等措施,提高系统稳定性和可靠性,根据性能测试结果,对系统进行性能优化,像增加缓存,优化算法等。

4.3 系统应用与效果评估

4.3.1 系统部署与运行

将优化后的系统部署到实际灌区环境中,进行长期运行监测,部署过程中得确保设备安装正确,通信稳定,电源可靠,在系统运行过程中,定期检查设备状态和数据传输情况,确保系统正常运行。

4.3.2 应用效果评估

从数据准确性,系统稳定性,用户反馈等方面评估系统应用效果,数据准确性通过对比实际值与测量值进行评估,系统稳定性通过监测系统运行时间和故障率进行评估,用户反馈通过问卷调查,访谈等方式收集用户意见和建议,根据评估结果,对系统进行持续改进和优化。

4.3.3 持续改进计划

根据评估结果和用户反馈,制定系统持续改进计划,改进计划包括硬件升级,软件优化,功能增强等方面,通过不断优化和改进系统性能和功能,提高系统适用性和用户满意度,关注行业发展趋势和技术创新动态,及时将新技术应用到系统中来。

5 结语

本文设计的基于物联网的小型灌区实时水温监测系统,通过集成先进的传感器技术,无线通信技术和云计算技术,实现了对灌区水温的实时,准确监测,系统测试结果表明,该系统在数据准确性,实时性和稳定性方面均表现出色,能够满足农业生产对水温监测的需求,此系统的应用,给科学灌溉予以有力支撑,进而提高农业生产效益,为物联网技术在农业领域的应用提供了有益探索。

参考文献:

- [1] 雷天朝,朱煜.基于物联网技术的水利工程智能监测系统研究[J].中国宽带,2025,21(10):157-159.
- [2] 陆欣云,蔡政,陈知琨,等.基于物联网的浮标式水质监测系统设计[J].现代信息科技,2025,9(13):193-198.
- [3] 郁盛艳.基于计算思维的海洋创新课程项目化教学探究以“物联网智能生态水族箱水质监测系统设计”为例[J].上海教育,2024(S1):64-65.
- [4] 朱永茂,李文玉,曹明凯,等.基于物联网的水质监测系统研究[J].设备管理与维修,2024(22):185-187.
- [5] 厉泽辉,左强.基于物联网的农村配水系统构建与实践探索[J].中国资源综合利用,2024,42(11):73-75.
- [6] 赵志阳,张宸瑞,赵轩毅,等.基于物联网的智能鱼塘水质环境监测系统设计[J].无线互联科技,2024,21(17):21-23.