

基于 NB-IoT 技术的土壤墒情远程智能监测系统设计*

王国杰¹, 赵继春^{2, 3}, 王敏^{2, 3}, 王洪彪^{2, 3}

(1. 邯郸职业技术学院, 河北邯郸, 056001; 2. 北京市农林科学院, 北京市, 100097;
3. 北京市农村远程信息服务工程技术研究中心, 北京市, 100097)

摘要:土壤墒情监测对于农作物播种、预测产量、科学指导农业灌溉、提高农业用水效率具有重要现实意义。本文设计实现一体化的土壤墒情远程智能监测系统, 实现土壤温度、土壤含水量的采集、存储、传输和应用管理。系统采用 NB-IoT 物联网低功耗传输方式, 通过 MQTT 通讯协议将土壤墒情数据传送到云数据平台, 通过应用软件开发技术研发云平台数据综合管理系统, 实现对土壤数据的处理和分析。系统具有 GPS 定位防盗功能, 采用锂电和太阳能共同供电模式; 具有较好的扩展性, 可根据监测需求扩展应用传感器的种类和数量。试验结果表明, 土壤墒情远程智能监测系统数据采集准确高效, 数据在 NB-IoT 无线网络中传输稳定, 无数据丢包现象, 数据传输平均响应时间小于 1.7 s, 数据查询响应时间小于 1 s。系统应用部署实施简单、方便, 具有良好的应用场景, 可广泛应用于农业、林业、地质等方面土壤墒情监测及实验研究。

关键词:土壤墒情; NB-IoT; 低功耗; MQTT 协议; 云平台

中图分类号: S24 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-5553 (2021) 05-0208-07

王国杰, 赵继春, 王敏, 王洪彪. 基于 NB-IoT 技术的土壤墒情远程智能监测系统设计[J]. 中国农机化学报, 2021, 42(5): 208-214

Wang Guojie, Zhao Jichun, Wang Min, Wang Hongbiao. Design of remote intelligent monitoring system for soil moisture based on NB-IoT technology [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2021, 42(5): 208-214

0 引言

土壤墒情为农作物耕种层中土壤含水量多少的信息, 即土壤实际含水量, 反映土壤的干湿程度^[1]。对土壤温度和湿度实时有效监测, 可以为农业种植者和林业管理者提供灌溉决策参考^[2]。国内外学者对土壤墒情开展了大量研究工作, 烘干法是最直接的测量方法, 可作为其他方法的参考标准^[3]。土壤墒情传感器方法具有连续监测、不改变土壤结构、部署快捷等优点, 得到广泛应用。不同的监测系统由于测试原理及设计结构不同, 应用性能存在差异, 国内学者在土壤墒情传感器采集精度、数据校准等方面开展性能分析研究^[4], 并应用计算机、物联网及网络通信等技术, 研发了系列土壤墒情监测系统, 一方面采集获取土壤温度和水分等数据^[5-6], 另一方面扩展监测环境区域内的风向、风速等气象数据^[7-8], 具有实时监测与无人值守等优点^[9-11], 国外学者根据不同原理的传感器开展野外性

能监测试验, 依据监测数据优化传感器系统研发^[12]。

然而, 对于偏远的农业和林业园区、野外监测站等地区的土壤墒情监测, 在数据采集与传输的稳定性及可靠性等方面的研究还有待于进一步补充。本文以嵌入式单片机开发技术为基础^[13-15], 应用无线数据通信、传感器及软件工程等信息技术, 开发了一种土壤墒情远程智能监测系统, 实现了土壤墒情数据的实时采集及在无线通信网络中高效传输, 并通过试验验证传感器数据采集准确高效, 在无线数据通信网络中传输稳定可靠, 为偏远的农业和林业园区土壤墒情远程智能监测提供一种低成本解决方案。

1 系统架构设计

土壤墒情远程智能监测系统主要实现土壤中温度和含水量数据的采集、存储、传输和应用管理功能, 系统结构包括传感器感知层、数据传输层和应用管理层, 系统架构如图 1 所示。首先, 传感器采集土壤温度和湿度

收稿日期: 2021 年 3 月 19 日 修回日期: 2021 年 4 月 19 日

* 基金项目: 国家自然科学基金(71603030); 北京市科技计划项目(Z181100002418009); 北京市农业科技项目(20200127); 北京市财政改革与发展项目

第一作者: 王国杰, 男, 1970 年生, 河北邯郸人, 硕士, 讲师; 研究方向为农业信息技术。E-mail: 845162957@qq.com

通讯作者: 赵继春, 男, 1980 年生, 河北承德人, 博士, 副研究员; 研究方向为农业信息技术。E-mail: zhaojichun123@163.com

数据,并在本地进行存储。其次,通过低功耗无线传输网络将数据传送到数据管理云平台。最后,云平台数据应用数据管理系统可对传感器数据进行处理和分析。

其中传感器数据采集模块以 STM32 为应用控制核心,包括传感器模块、GPS 模块、电源模块、存储管理、应用接口及外围控制电路等;无线通信 NB-IoT 模块主要实现传感器数据的传输功能;云平台应用管理软件包括 PC 端应用管理软件和移动端应用管理软件。

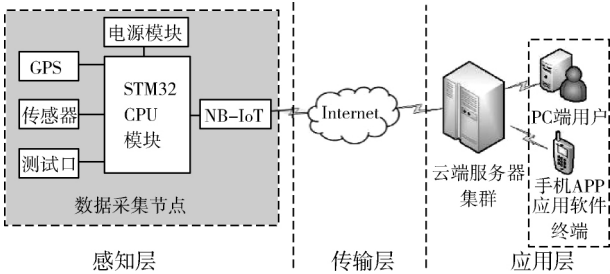


图 1 系统硬件架构
Fig. 1 System hardware architecture

2 系统硬件设计

系统采用低功耗设计,硬件数据采集节点以 STM32F103 嵌入式单片机为核心,由电源、GT-U12 定位、震动传感器、扩展接口、FS200-SHT30 温湿度传感器、NB-IoT 无线通信等模块组成。硬件数据采集

节点结构如图 2 所示。

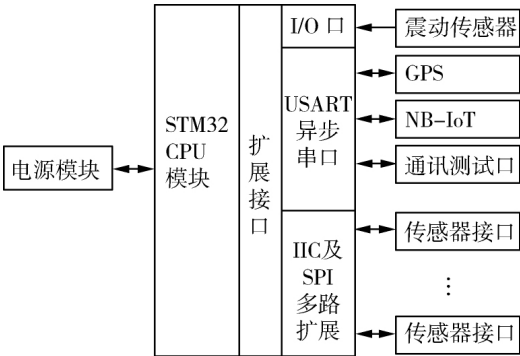


图 2 硬件数据采集节点结构
Fig. 2 Hardware structure of acquisition node

2.1 CPU 主控模块

综合考虑系统功耗、应用成熟度及性价比等内容,设计选用 STM32F103^[16] 微处理器作为 CPU 主控芯片,供电电压为 2.0~3.6 V,内核为 Cortex-M3,为 32 位 ARM 微控制器,提供 SPI、I2C、USB、UART 等多种外设接口,STM32F103 微处理器设计原理如图 3 所示,CPU 模块的 TX1 和 RX1 引脚用于连接 NB-IoT 无线通信模块 WH-NB63 的数据接收端和发送端,TX2 和 RX2 引脚用于连接 GT-U12 定位模块的数据接收端和发送端,引脚 Sda1-Sda6 连接传感器数据传送引脚。

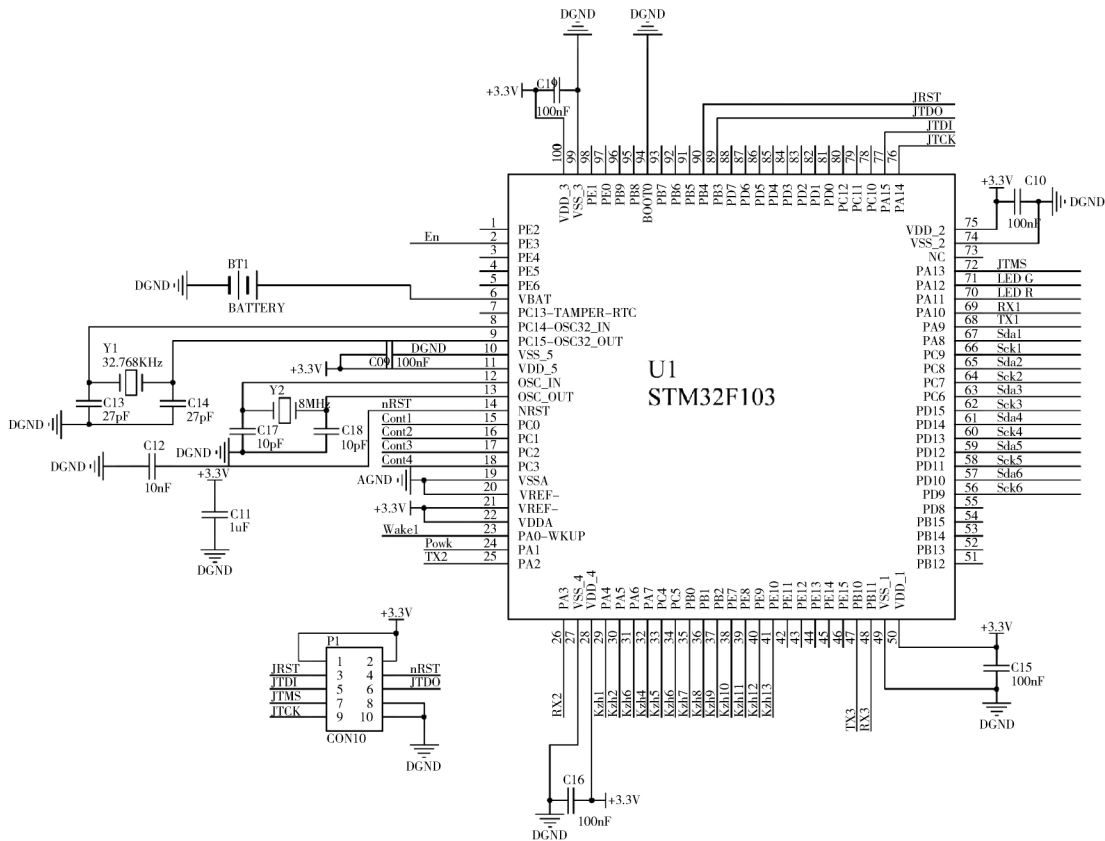


图 3 STM32F103 微处理器设计原理图
Fig. 3 STM32F103 microprocessor design schematic

2.2 电源模块

由于系统采集节点处于偏远的农业或林业园区,一般无法利用电网供电,因此采用电池和太阳能相结合方式供电,以保证系统能长时间正常工作。设计选取 RT9193—33 作为电源模块,该模块为低压差线性稳压器,专为便携式射频和无线应用而设计,提供超低噪声和低静态电流,具有关断功能。电源模块原理如图 4 所示。

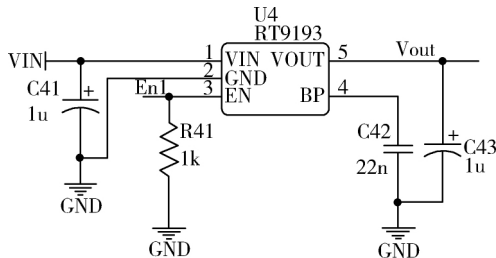


图 4 RT9193—33 硬件原理图

Fig. 4 RT9193—33 Hardware schematic diagram

2.3 NB-IoT 无线通信模块

目前发展前景较好的低功耗广域网通信技术为 LoRa^[17]、NB-IoT^[18],具有通讯距离远和功耗低特点,适合于物联网应用场景。NB-IoT 工作于运营商部署覆盖的全国蜂窝通信网络,使用 1 GHz 以下射频频段,不需要网关可直接连接到云平台。与 LoRa 通信方式相比,具有配置简单、快捷、数据传输可靠性高等特点,因此本设计采用 NB-IoT 网络进行无线数据传输。WH—NB63 模块硬件原理如图 5 所示。

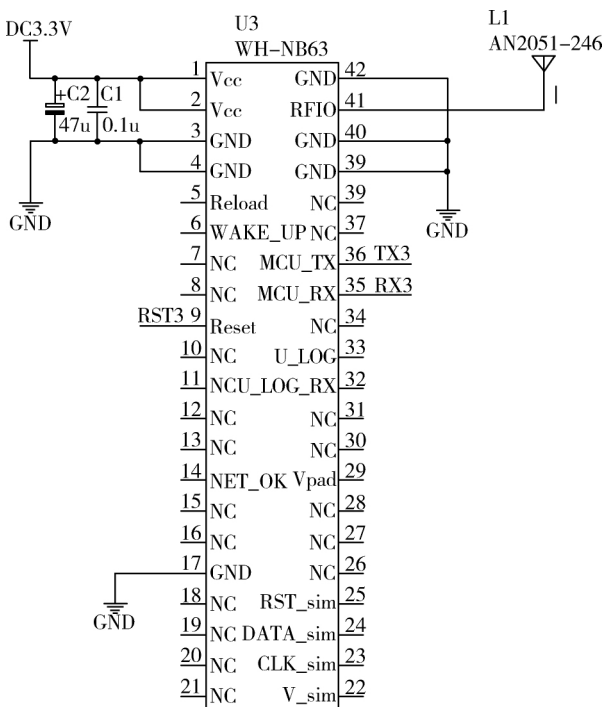


图 5 WH—NB63 模块硬件原理图

Fig. 5 WH—NB63 hardware schematic diagram

NB-IoT 无线网络通信采用 WH—NB63,具有多频段,支持 UART 转 NB-IoT 双向透传功能,支持低

功耗工作模式及数据透明传输。同时支持注册包及其心跳包功能,实现 DNS 解析。信号穿透能力较好,应用覆盖面广,兼容 GPRS 和 4G 模组硬件封装。

2.4 GT-U12 定位模块

定位防盗模块采用 GT—U12,具有高灵敏度、超低功耗等特点。模块有冷开机和热开机两个参数,模块初次通电或 V_BCKP 端未接备份电源时,模块需要重新计算一次星历数据,一般需要 1~5 min 实现冷启动。若 V_BCKP 端接有备份电源时,由于模块内部已经保存有效星历数据,可实现快速定位,一般在 30 s 内实现热启动。根据采集节点定位防盗需求,为降低功耗,将 V_BCKP 连接到 VCC 主电源,采用冷启动模式。GT—U12 硬件原理如图 6 所示。

震动传感器采用 SW—520D,当采集节点被挪动时,震动传感器由于受到外力,发送给 STM32 主控芯片一个外部中断触发信号,主控芯片发出指令由电源模块 RT9193—33 为 GT—U12 供电。GT—U12 得电后冷启动开机,传送位置数据给 STM32 主控芯片,从而启动防盗功能。

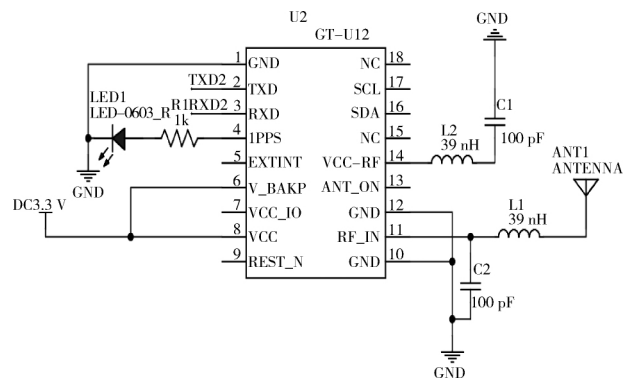


图 6 GT—U12 硬件原理图

Fig. 6 GT—U12 Hardware schematic diagram

2.5 温湿度传感器模块

传感器采用 FS200—SHT30^[19] 温湿度传感器,为数字电缆型传感器,输出为全标定的数字信号,分辨率达 14 比特,具有自校准功能,通过 I2C 串行接口与 CPU 控制模块相连。模块供电电压为 3.3~5 V,可通过向状态寄存器内写入命令启动传感器内部加热器,用于传感器功能测试。并且具有防护等级高、响应超快、抗干扰能力强、性价比高等特点。温湿度传感器硬件接线如图 7 所示。

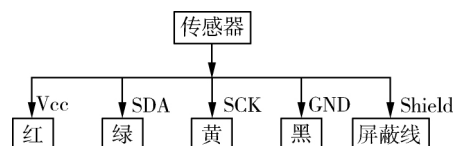


图 7 FS200—SHT30 硬件接线图

Fig. 7 FS200—SHT30 hardware wiring diagram

3 系统软件设计

监测管理系统软件主要包括土壤墒情的 MQTT^[20-21] 移植、采集节点通讯程序和云数据平台(云组态)程序三部分,其中采集节点通讯程序是土壤墒情数据采集硬件的核心程序,通信协议采用 MQTT。

MQTT 是 IBM 公司开发的一款即时通讯协议,与 CoAP 通信协议相比, MQTT 是一个基于客户端和服务器的消息发布及订阅传输协议,具有轻量、开放、易于实现特点^[22],因此,本设计采用 MQTT 作为数据通讯传输协议。

3.1 采集节点程序设计

采集节点通信程序流程如图 8 所示。

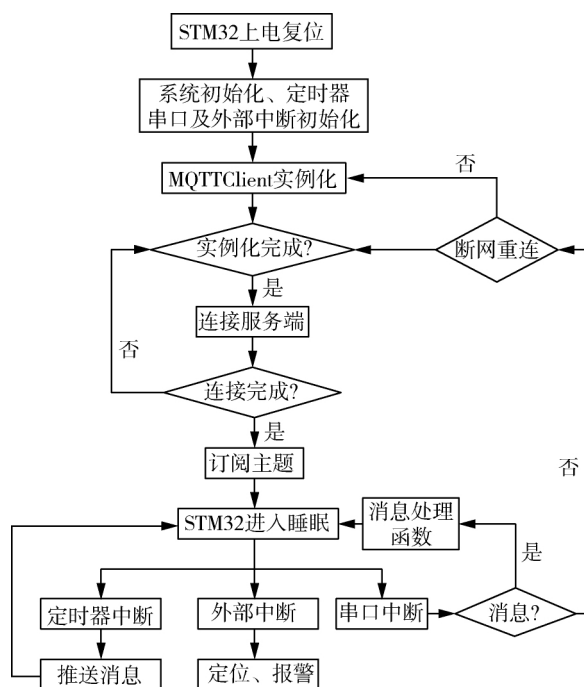


图 8 采集节点通信程序流程图

Fig. 8 Communication program flow chart of acquisition node

由于采集节点长期在野外环境中运行,采用电网供电成本高且不利于土壤的耕作,因此采用锂电池和太阳能相结合的供电模式,采集节点设置唤醒和睡眠两者模式。本系统通过定时器和串口中断模式唤醒节点,从而实现数据接收和推送,通过对比 STM32 有三种低功耗模式:睡眠模式、停机模式和待机模式,程序采用睡眠模式实现低功耗设计。

NB-IoT 无线通信模块采用 MQTT 协议,客户端发起请求后,在服务端建立长连接。通信连接建立成功后,服务端会返回 ACK(CONNACK)信号,在数据接收和发送空闲时,发送心跳报文来维持与服务器的连接,从而降低网络请求对通信资源的消耗,实现低功耗。

模块在网络断开时自动重连,重连之前订阅主题失效。重连成功后, NB-IoT 模块通过串口中断唤醒主控模块,发起订阅主题。长连接情况下,采集节点实现订阅主题,并采用串口中断方式唤醒,通过接收云平台数据服务器推送消息,实现时间校准、定时周期修改及实时传送数据等任务。定时器中断主要用于周期性唤醒主控模块,并向服务端推送采集数据。外部中断主要用于防盗报警,中断一旦产生,采集节点不停地向服务端推送位置信息,直至断电或重启。

3.2 云平台应用管理程序设计

考虑租用费用相对低廉以及系统的稳定可靠性,本系统采用基于阿里云的公有云物联网平台,协议采用基于 TCP 的封装 MQTT 协议。首先,在平台中创建应用服务账号,构建传感器设备模型并与数据采集节点设备进行绑定,获取设备的 ProductKey、DeviceName 和 DeviceSecret 三元组证书数据,并将三元组数据写入到传感器采集节点的设计程序中,实现开通物联网应用服务。其次,创建产品及添加设备,通过公有云物联网平台创建可视化的 web 应用,并进行开发环境设置及 MQTT 协议的通信创建;最后,在服务器端进行云组态的程序开发。

本系统通过云组态程序开发实现传感器状态监控、数据采集、历史数据查询、警告和数据汇总分析等功能。传感器状态监控实现设备工作状态监测功能,当传感器设备出现异常时,为用户发送告警信息;数据采集实现土壤温度和湿度数据实时获取功能;历史数据查询实现按日或者按月维度查询温度和湿度数据,以可视化图表方式展示查询的数据,图 9 和图 10 分别为按湿度和温度查询数据趋势图;警告功能实现土壤温度和湿度控制阈值设置,当土壤温度和湿度超过阈值设置时,为用户发送告警信息;数据汇总分析功能实现传感器数据报表统计(图 11),可为应用提供决策分析。

应用管理系统提供了较好的人机交互界面,供管理人员决策参考。基于公有云的组态开发监控管理应用系统,开发效率高,成本低,安全性较高,功能设计有效满足本系统的应用管理需求。



图 9 湿度数据查询页面图

Fig. 9 Humidity data query page

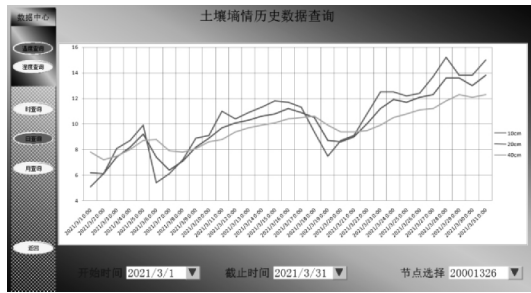


图 10 温度数据查询页面图

Fig. 10 Temperature data query page

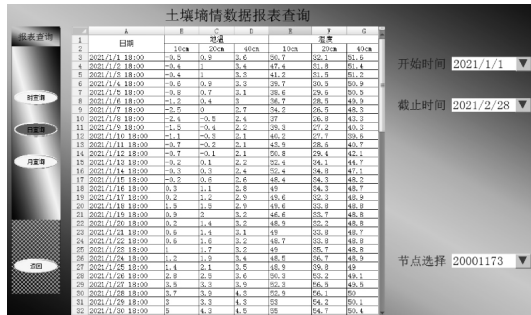


图 11 传感器数据报表统计页面

Fig. 11 Sensor data report statistics page

4 系统测试

基于 NB-IoT 技术的土壤墒情远程智能监测系统硬件设计和软件研发完成后,将传感器数据采集程序和 NB-IoT 通信程序编译并烧录到 STM32 存储,为检验传感器数据采集的准确性和在无线网络传输中的稳定性,在试验场地开展了应用测试。首先,通过探针设定小程序应用串口异步通讯模式进行传感器温度和湿度数据采集,包括土壤深度为 10 cm、20 cm、40 cm 三种数据,试验结果表明:探针采集小程序可以正常采集不同土壤深度的温度和湿度数据。探针采集节点测试软件截图如图 12 所示。



图 12 探针设定数据采集测试图

Fig. 12 Probe setting Data acquisition test diagram

采用平均绝对误差方法评价传感器数据采集准确性,计算方法如式(1)。

$$Pre = (|M - A| / A) \times 100\% \quad (1)$$

式中: M ——云平台监测温度和湿度平均值;

A ——现场直接监测温度和湿度平均值。

通过试验数据计算,温度和湿度平均绝对误差小于 0.1%,通过分析可知,选用传感器核心采用 SHT35 标准,测量湿度精度为 $-1.8\% \sim 1.8\% RH$,测量温度精度为 $-0.2^\circ C \sim 0.2^\circ C$,以数字信号方式传送温湿度数据,试验结果表明传感器数据在采集、传输和处理过程中信号完整,误差在传感器测量精度范围内。

其次,通过研发的云平台应用组态管理软件采集传感器数据,云组态测试程序通过 NB-IoT 网络和 MQTT 通信协议进行温湿度数据采集及传输,同样采集 10 cm、20 cm、40 cm 三种不同深度土壤数据,总计采集六组数据(表 1)。云平台应用组态管理软件如图 13 所示。



图 13 云平台应用组态管理软件页面

Fig. 13 Cloud platform application configuration management software page

试验结果表明,云平台应用组态管理软件可以正常采集不同土壤深度的传感器数据,采集数据信息完整,传感器采用成熟的模块化设计,使得测量精度得到保障。同时依据系统设计需求及其软件工程测试方法和流程,对软件的用户管理、数据查询、趋势分析等模块进行功能性检测,测试结果说明系统设计达到预期要求,返回的数据结果正确,历史数据查询响应时间小于 1 s。

表 1 不同土壤深度的传感器采集数据

Tab. 1 Data table of sensor acquisition for different soil depths

序号	10 cm		20 cm		40 cm	
	温度 / °C	湿度 / %RH	温度 / °C	湿度 / %RH	温度 / °C	湿度 / %RH
1	5.1	82.1	6.2	81.2	7.8	56.1
2	6.1	77.6	6.1	77.4	7.2	59.8
3	8.1	74.8	7.4	74.8	7.5	60.5
4	8.7	73.4	8.2	72.1	8	60.6
5	9.9	72.2	9.2	70.9	8.7	60.7
6	5.4	64.1	7.4	66.9	8.8	60.2

为检测传感器数据在无线网络中传输的稳定性和可靠性,主要测试数据传输的丢包情况和延时时间。

传感器采集节点的测试数据包分为实时多次采集和定时多日采集两部分。无线网络数据包发送与接收测试数据如表 2 所示。

表 2 无线网络数据包发送与接收测试数据
Tab. 2 Wireless network packet sending and receiving test data

序号	数据包发送	数据包接收	丢失数据包	延时响应时间/s
1	1 633 200	1 633 200	0	1.327
2	1 753 620	1 753 620	0	1.598
3	1 566 000	1 566 000	0	2.013
4	1 756 900	1 756 900	0	1.798
5	1 536 200	1 536 200	0	1.635
6	1 862 000	1 862 000	0	2.128
7	1 592 500	1 592 500	0	1.269
8	1 589 350	1 589 350	0	1.598
9	1 635 200	1 635 200	0	1.652
10	1 756 300	1 756 300	0	2.013

通过试验传感器数据在无线网络中数据包发送与接收结果分析,数据传输延时响应时间小于 1.7 s,数据包发送与接收一致,不存在数据包丢失现象,同时也说明无线网络是基于 TCP 协议传输,是面向连接的可靠的传输协议。表明传感器采集的数据在无线网络中传输稳定可靠。

5 结论

1) 本文应用嵌入式单片机和无线网络通信技术研发实现了土壤墒情远程智能监测系统。系统采用低功耗设计,以 STM32F103 微处理器为主控硬件模块,通过 NB-IoT 无线通信网络将传感器数据传输到云端应用管理服务器,并采用软件开发技术构建了云平台应用组态管理软件。

2) 监测系统进行了应用试验测试,数据结果表明系统运行稳定可靠,传感器数据包在无线网络中传输延时响应时间小于 1.7 s,数据包在传输过程中完整,无数据丢失情况,系统可有效满足实际需求,达到了预期设计要求。

3) 云平台应用组态管理软件实现了传感器数据采集、存储及应用管理等功能,软件功能模块运行正常,数据查询时间小于 1 s。系统具有较好的扩展性,可以根据实际应用需求扩展传感器的种类和数量,如土壤电导率、PH 值、地下水位、水质及空气温湿度、光照等传感器模块等,可广泛应用于偏远的农业和林业园区土壤墒情监测。

参 考 文 献

[1] 陈蒙蒙, 兰玉彬, 王国宾, 等. 基于土壤多参数监测系统的

田间持水量试验研究[J]. 中国农机化学报, 2021, 42(1): 130—135, 244.
Chen Mengmeng, Lan Yubin, Wang Guobin, et al. Experimental study on field capacity based on soil multi-parameter monitoring system [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2021, 42(1): 130—135, 244.
[2] 姜波, 张敬东, 范春旭, 等. 基于多信息的吉林省土壤墒情监测站网规划及编码[J]. 水利水电技术, 2020, 51(S2): 367—372.
Jiang Bo, Zhang Jingdong, Fan Chunxu, et al. Soil moisture monitoring network planning and coding based on the multi-resources information [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2020, 51(S2): 367—372.
[3] Susha Lekshmi S U, Singh D N, Maryam Shojaei Baghini. A critical review of soil moisture measurement [J]. Measurement, 2014, 54: 92—105.
[4] 吴勇, 钟永红, 杜森, 等. FDR 土壤水分传感器田间性能测试分析[J]. 节水灌溉, 2021(2): 41—46.
Wu Yong, Zhong Yonghong, Du Sen, et al. Field performance test and analysis of FDR soil moisture sensor [J]. Water Saving Irrigation, 2021(2): 41—46.
[5] Kuang Naikun, Ma Yuzhao, Hong Shengzhe, et al. Simulation of soil moisture dynamics, evapotranspiration, and water drainage of summer maize in response to different depths of subsoiling with RZWQM2 [J]. Agricultural Water Management, 2021, 249.
[6] 党学林. 基于 ARM 和 GPRS 的农田墒情远程监测系统的研究与设计[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
Dang Xuelin. Study of remote monitoring system for soil moisture based on ARM and GPRS [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2011.
[7] 张承林, 邓兰生. 水肥一体化技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
[8] Lü Meizhao, Yang Zong liang, Xu Zhongfeng, et al. A soil moisture-dependent model to simulate water table depth and proportions of surface and subsurface runoff and its validation at the basin scale[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2021, 126(4).
[9] 于婷婷, 朱龙图, 闫荆, 等. 农田环境信息采集与远程监测系统[J]. 中国农机化学报, 2016, 37(6): 220—225.
Yu Tingting, Zhu Longtu, Yan Jing, et al. Remote collecting and monitoring system of field environment information [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization Research, 2016, 37(6): 220—225.
[10] 田宏武, 郑文刚, 李寒. 大田农业节水物联网技术应用现状与发展趋势[J]. 农业工程学报, 2016, 32(21): 1—12.
Tian Hongwu, Zheng Wengang, Li Han. Application status and developing trend of open field water-saving Internet of Things technology [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(21): 1—12.
[11] 胡文. 基于 STM32 的公交车智能终端设计与实现[D].

- 武汉：武汉轻工大学，2018.
- Hu Wen. Design and implementation of bus intelligent terminal based on STM32 [D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2018.
- [12] Hardie Marcus. Review of novel and emerging proximal soil moisture sensors for use in agriculture [J]. *Sensors*, 2020, 20(23).
- [13] 潘成源. 基于 ARM 和嵌入式 Linux 的车载导航系统研究[D]. 长沙：湖南大学，2006.
- Pan Chengyuan. The research on automobile navigation system based on ARM and embedded Linux [D]. Changsha: Hunan University, 2006.
- [14] 吴泽鑫, 高一川, 肖进, 等. 基于嵌入式的水产养殖环境监控系统设计[J]. *中国农机化学报*, 2016, 37(9): 83—87.
- Wu Zexin, Gao Yichuan, Xiao Jin, et al. Design of aquaculture environment monitoring system based on embedded technology [J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, 2016, 37(9): 83—87.
- [15] 朱佩, 徐巧玉, 王军委. 一种嵌入式智能视觉系统的设计[J]. *河南科技大学学报(自然科学版)*, 2019, 40(4): 46—51.
- Zhu Pei, Xu Qiaoyu, Wang Junwei. Design of embedded intelligent vision system [J]. *Journal of Henan University of Science and Technology (Natural Science)*, 2019, 40(4): 46—51.
- [16] Han Baifan, Wen Qian kang, Meng Xian. Electricity acquisition system design based on STM32F103 [J]. *Advanced Materials Research*, 2014, 3593.
- [17] Mfitumukiza Joseph, Mariappan Vinayagam, Lee Minwoo, et al. A study on F8L10D—N LoRa RF module for drone based live broadcasting system [J]. *International Journal of Advanced Culture Technology*, 2016, 4(4).
- [18] 李玉杰. 基于 LTE-V 协作的低功耗 NB-IoT 接入技术研究[D]. 北京：北京交通大学，2018.
- Li Yujie. Research on low-power NB-IoT access technology based on LTE-V cooperation [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2018.
- [19] 张锴, 舒坚. 基于物联网大棚智能监控系统的节点编程[J]. *信息通信*, 2017(10): 148—150.
- Zhan Kai, Shu Jian. Node-based programming network monitoring system of intelligent greenhouse matter [J]. *Information & Communications*, 2017(10): 148—150.
- [20] Zhu Shijing, Xu Bugong. MQTT based time-series anomaly detection system for smart grid [J]. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, 1756(1).
- [21] 谌建飞. 基于 MQTT 的远程实验通信机制研究[实现][D]. 长沙：长沙理工大学，2018.
- Shen Jianfei. Research and Implementation of remote experiment communication mechanism based on MQTT [D]. Changsha: Changsha University of Science & Technology, 2018.
- [22] Jung Hun. Study on the MQTT protocol design for the application of the real-time HVAC System [J]. *International Journal of Internet, Broadcasting and Communication*, 2016, 8(1).

Design of remote intelligent monitoring system for soil moisture based on NB-IoT Technology

Wang Guojie¹, Zhao Jichun^{2, 3}, Wang Min^{2, 3}, Wang Hongbiao^{2, 3}

(1. Handan Vocational and Technical College, Handan, 056001, China; 2. Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing, 100097, China; 3. The Research Center of Beijing Engineering Technology for Rural Remote Information Services, Beijing, 100097, China)

Abstract: Soil moisture monitoring has important practical significance for crop sowing, yield prediction, scientific guidance of agricultural irrigation, and improvement of agricultural water use efficiency. An integrated remote intelligent monitoring system of soil moisture is designed to realize the collection, storage, transmission, and application management of soil temperature and soil moisture content in this paper. The low-power transmission mode of Nb-IoT is adopted to transmit the soil temperature and moisture data to the cloud data platform through the MQTT communication protocol. The cloud platform data integrated management system is developed to realize the processing and analysis of soil data through applying software development technology. The system has GPS positioning and anti-theft function and adopts the common power supply mode of lithium battery and solar energy. The system has good expansibility; the type and number of sensors can be expanded according to the monitoring needs. The experimental results show that the data collection of the remote intelligent monitoring system for soil moisture is accurate and efficient, the data transmission is stable in NB-IoT wireless network, and there is no packet loss phenomenon. The average response time of data transmission is less than 1.7s, and the corresponding time of data query is less than 1 s. The system is easy to implement and has good application scenarios, which can be widely used in agriculture, forestry, geology, and other aspects of soil moisture monitoring and experimental research.

Keywords: soil moisture; NB-IoT; low power consumption; MQTT protocol; cloud platform