

# 基于无线传感网及边缘网关的智慧农业大棚监控系统设计

柴西林<sup>1</sup>, 张 婧<sup>1</sup>, 邵照勇<sup>2</sup>, 李国鑫<sup>3</sup>

(1. 兰州石化职业技术大学, 甘肃 兰州 730060; 2. 中国石油兰州石化分公司, 甘肃 兰州 730060;  
3. 北京优特捷信息技术有限公司, 北京 100020)

**摘要:**在不断发展的物联网、大数据及云计算等技术的交叉融合下, 基于无线传感自组网及边缘网关, 应用边缘计算, 设计实现了一种智慧农业大棚监控系统。系统设计基于物联网架构, 传感层以 CC2530 芯片为核心分别构建了传感型采集节点和控制型节点; 采用正三角形网格的节点部署方案, 高质量实现了无线传感网构建。边缘网关以 STM32F103ZET6 MCU 为核心, 一方面负责与无线传感器网络中的各节点进行数据通信, 完成边缘计算并对网络中的节点进行管理和控制; 另一方面通过 WiFi、4G/5G 等通信模块进行数据的无线传输, 把采集到的数据封装处理打包传输到服务器端, 实现边缘网关作为连接传感节点与服务器监控中心的相应功能。应用层通过 EMQTT 服务器和 Node-RED 搭建云平台构建, 用户可以通过 PC 端、手机端登录数据处理中心的 WEB 服务器, 实现对物联网设备的控制及环境的监测。

**关键词:**无线传感网; 边缘网关; 智慧农业; 监控系统

**中图分类号:** TP368.2

**文章编号:** 1000-0682(2024)01-0013-05

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.01.003

## Design of smart agricultural greenhouse monitoring system based on wireless sensor network and edge gateway

CHAI Xilin<sup>1</sup>, ZHANG Jing<sup>1</sup>, SHAO Zhaoyong<sup>2</sup>, LI Guoxin<sup>3</sup>

(1. Lanzhou Petrochemical University of Vocational Technology, Gansu Lanzhou 730060, China; 2. PetroChina Lanzhou Petrochemical Company, Gansu Lanzhou 730060, China; 3. Beijing Youtejie Information Technology Co., Ltd., Beijing 100020, China)

**Abstract:** Under the cross-fertilization of evolving Internet of Things (IoT), big data and cloud computing technologies, a smart agricultural greenhouse monitoring system is designed and realized based on wireless sensor self-assembling network and edge gateway, applying edge computing. The system design is based on the Internet of Things architecture, and the sensing layer is composed of a CC2530 chip as the core to construct a sensing type collection node and a control type node. The node deployment scheme using a regular triangle grid has achieved high-quality construction of wireless sensor networks. The edge gateway takes STM32F103ZET6 MCU as the core, on the one hand, it is responsible for data communication with each node in the wireless sensor network, completing the edge calculation and managing and controlling the nodes in the network. On the other hand, it carries out the wireless transmission of data through the communication modules such as WiFi, 4G/5G, etc., and encapsulates, processes and packages the collected data for transmission to the server side, so that it can realize the corresponding function of the edge gateway as a connection between the sensing nodes and the server monitoring center. The application layer is constructed by EMQTT server and Node-RED to build a cloud platform. Users

收稿日期: 2023-10-01

基金项目: 甘肃省高等学校创新基金项目《基于物联网技术的智慧农业大棚监控系统研究》(NO. 2021B-342)

第一作者: 柴西林(1984—), 女, 甘肃兰州人, 硕士, 副教授, 主要研究方向为嵌入式系统和物联网、模式识别与智能系统。

can log in to the WEB server of the data processing center through PC and cell phone to realize the control of IoT devices and monitoring of the environment.

**Keywords:** wireless sensor network; edge gateway; smart agriculture; monitoring system

## 0 引言

随着物联网技术的出现,组织要收集和计算的数据量越来越大。但是将数据传输到中心位置,并将洞察力来回传输到边缘需要时间,而边缘计算就是在网络边缘提供洞察力。在不断发展的大数据、人工智能、移动通信及云计算等技术的交叉融合背景下,通过无线传感自组网及边缘网关,在智慧农业大棚监控系统中应用边缘计算,即在系统的非中心组件上(如传感器节点、协调器和网关等)执行计算,在靠近数据源更近的位置获得洞察力,而不是依赖于几千公里之外的中心位置<sup>[1-2]</sup>。对智慧农业的不断研究,将有助于不断提高农业发展水平和农业信息化程度,推进传统农业向现代农业改革。

## 1 系统总体架构设计

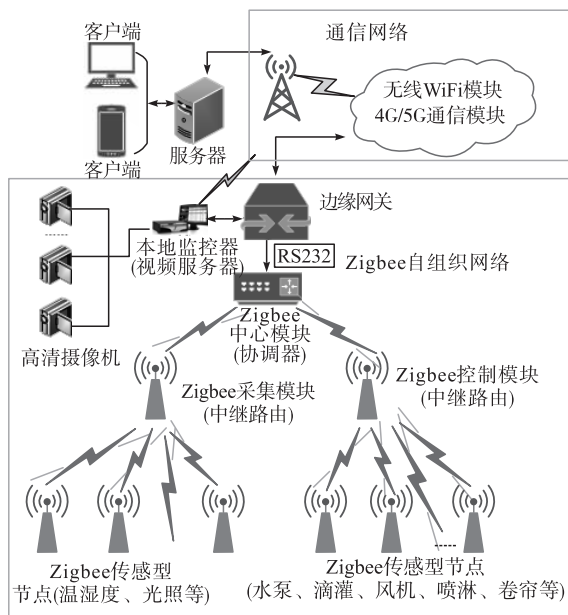


图1 系统总体架构图

基于物联网架构,设计了系统总体结构,如图1所示。以湿度传感器、温度传感器、光敏传感器和二氧化碳传感器等环境感知传感器为核心,构建了传

感型采集节点;以滴灌、风机、水泵、卷帘等基于继电器控制为核心的设备,构建了控制型传感节点。采集器、控制器皆以 CC2530 芯片为核心,通过 Zigbee 通讯协议和串口总线与边缘网关进行通信。Zigbee 无线传感器网络节点部署方法采用基于正三角网格的部署方案,最大限度地扩大了单个节点的网络覆盖范围,并显著降低了应用成本<sup>[3]</sup>。

边缘网关的 ZigBee 协调器负责与无线传感器网络节点通信,对网络节点进行控制和监测,WiFi 或 4G/5G 通信模块负责无线数据传输,以太网模块负责有线数据传输,完成边缘网关作为传感器节点与监控中心之间纽带的相应功能。网络层通过 WiFi 或 4G/5G 与边缘网关的 MCU 通信,然后对采集到的数据进行收集打包,并通过串口通信传输到服务器,数据包由服务器的数据中心进行处理,从而完成物联网设备管理和环境监测<sup>[4]</sup>。

应用层系统公有云平台、私有云平台分别通过 MQTT 服务器和 Node - RED 构建,用户可通过电脑和手机登录数据中心的服务器,监测相关数据并控制 IoT 设备。

## 2 系统硬件设计

### 2.1 系统硬件框图

系统硬件设计以 ARM cortex - M3 内核的 STM32F103ZET6 处理器为核心,其主频 72 MHz,程序存储器容量是 64 KB,需要电压 2 V ~ 3.6 V,工作温度为 -40 ℃ ~ 85 ℃,其内部有丰富的内部资源,被广泛应用在工业控制、汽车辅助系统以及农业等领域。边缘网关的设计是以 STM32F103ZET6 为核心,搭载 CC2530 芯片(ZigBee 模块)、存储模块、电源模块、LCD 显示模块、WiFi /CDMA 模块,以及本地监控器等实现。通过 Zigbee 网络和总线与采集器和控制器进行通信,利用 WiFi /CDMA 模块通过无线网络或移动网络与应用层网络服务器进行通信<sup>[5-6]</sup>,如图 2 所示。

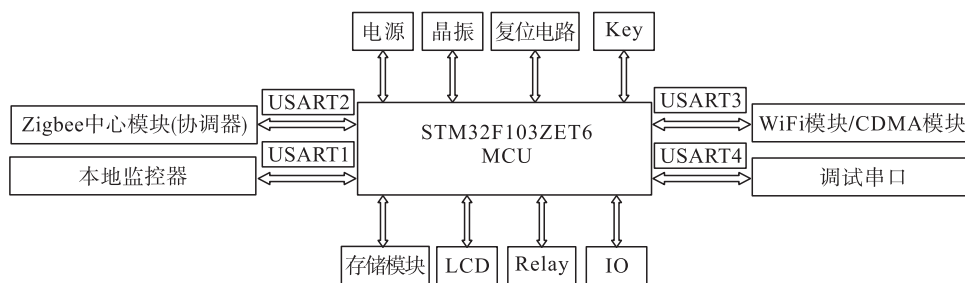


图2 系统硬件框图

## 2.2 边缘网关主控 MCU 单元电路设计

边缘网关主控 MCU 单元电路设计包括 STM32F103ZET6 MCU 最小系统电路(主要是由复位电路和晶振电路等构成), ZigBee 模块、WiFi 传

输通信模块、IO 电路、LCD 显示电路、Relay 延时电路、按键控制电路、电源电路和报警电路等模块, 设计实现无线传感器网络网关, 以连接传感器节点和监视中心。系统主控单元电路设计如图 3 所示。

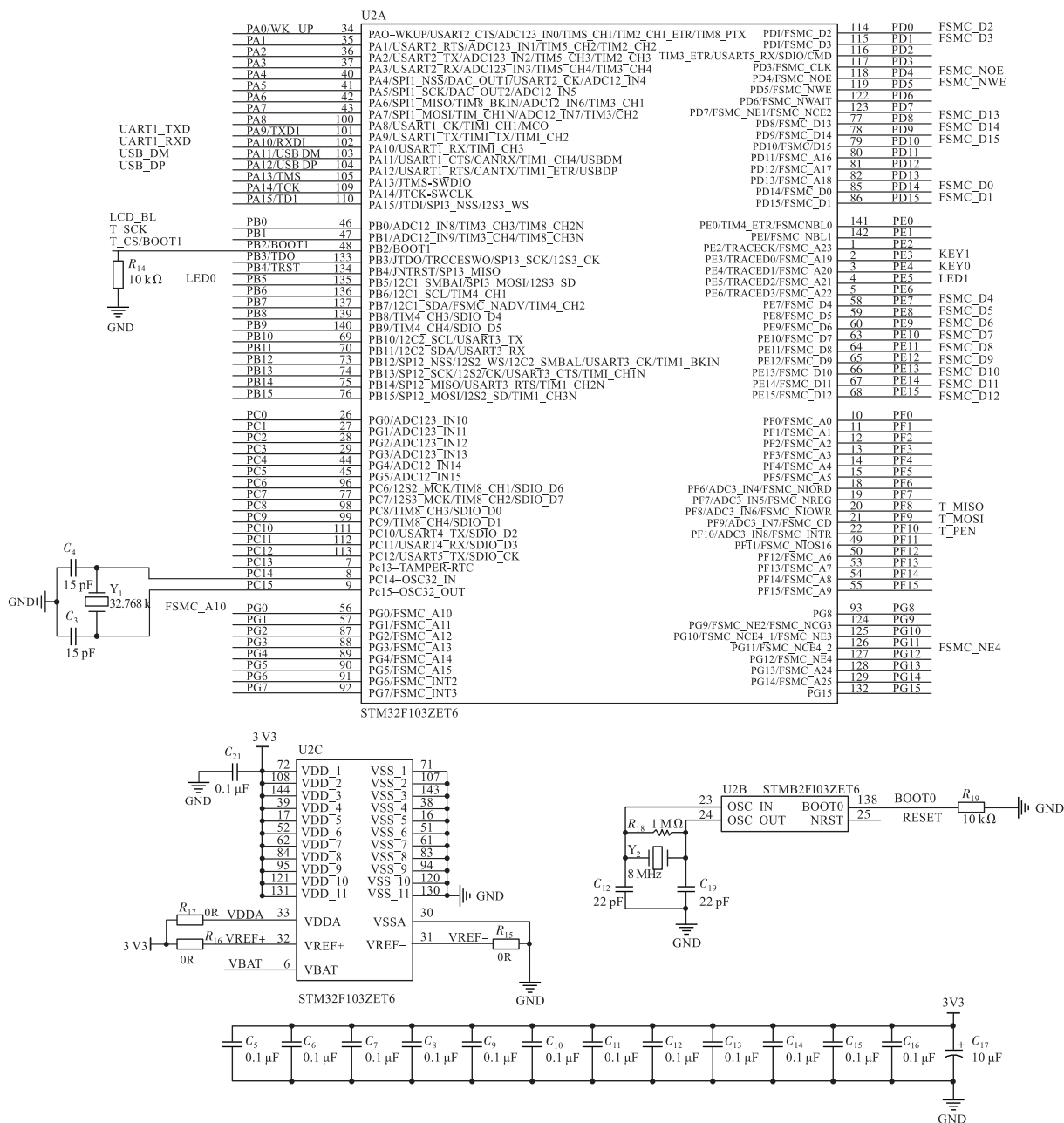


图3 边缘网关主控 MCU 单元核心电路图

## 2.3 ZigBee 无线传感网络构建

### 2.3.1 ZigBee 自组织网络

无线传感器网络是构建物联网的最基本网络,传感器在感知的第一线探测和收集信号,然后设备之间需要使用各种有线和无线通信技术进行通信<sup>[7-8]</sup>。主要由无线传感器网络实现最后 100 米的短距离接入,目前 ZigBee 被认为是最适合短距离无线传感器网络接入的技术。它是由 ZigBee 联盟基于 IEEE 802.15.4 无线标准研制开发的一种近距离、低复杂度、低功耗、低速率、低成本的组网、安全和应用软件方面的无线通信技术。

在 ZigBee 无线网络中,有三种逻辑设备:协调器、路由器和终端节点。一个 ZigBee 网络通常由一个协调器、多个路由器和多个终端设备组成,如图 4 所示。协调器是整个网络的核心,它最主要的作用是启动网络;路由器的主要功能是允许节点加入网络、执行中继功能(数据转发)和扩大信号传输范围<sup>[6]</sup>;终端节点也称终端设备,通常是信号采集设备,没有路由功能。它可以休眠或唤醒,因此可以由电池供电。

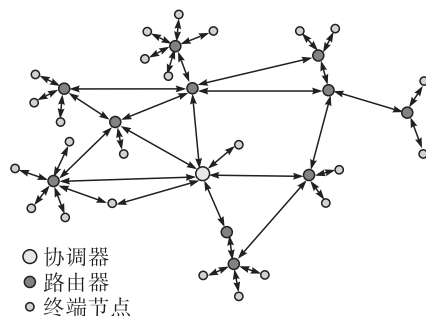
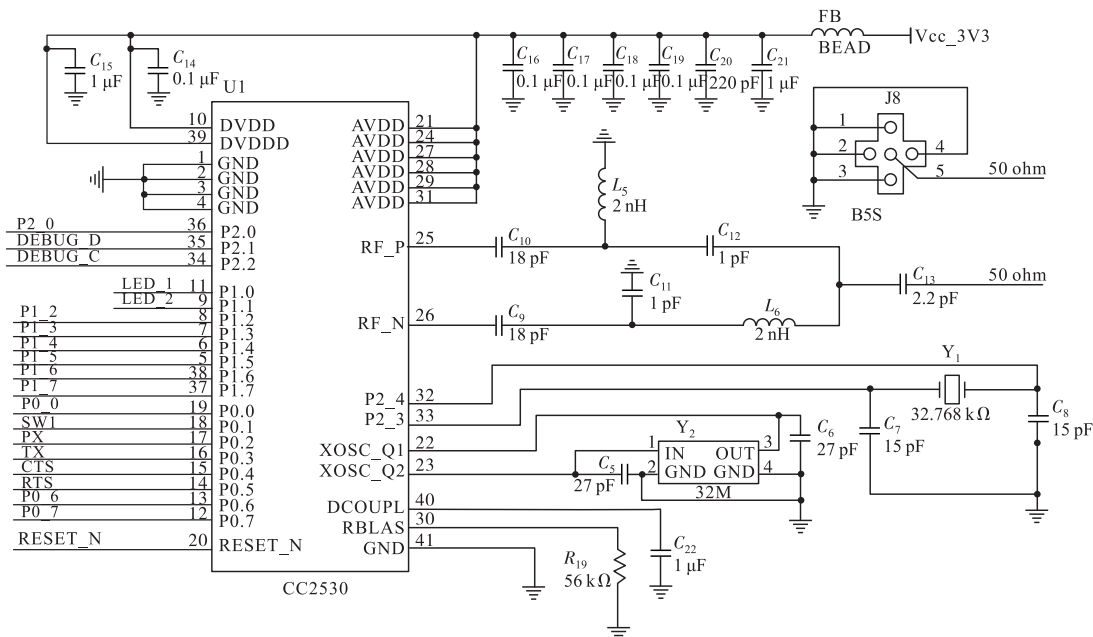


图 4 ZigBee 网络示意图

### 2.3.2 CC2530 外围控制电路及 DL-20 无线串口模块

Zigbee 核心板主控芯片类型为 CC2530,其外围控制电路如图 5 所示。在实际设计中选用集成 DL-20 无线串行模块,它是串口转 2.4G 无线模块,可通过无线连接与两个或多个串行端口相连,通过串行端口送入模块的数据可通过无线方式从模块发出,模块将接收到的无线数据也能用串口发出,搭载 DL-20 无线串行模块两个设备就像通过串口相互连接一样。DL-20 实物模块接口如图 6 所示。



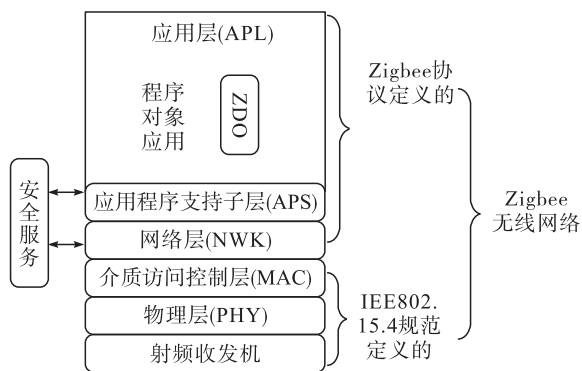


图7 ZigBee 协议栈结构图

### 3 系统软件设计

#### 3.1 系统软件架构

系统软件设计包括感知层的传感终端程序设计,传输层的协调器、边缘网关应用程序设计,以及应用层监控中心各程序开发设计。监控中心软件主要包括客户端与数据库交互程序,GUI 设计,Web 服务器的设计,串行通信等。系统软件整体架构设计如图 8 所示。

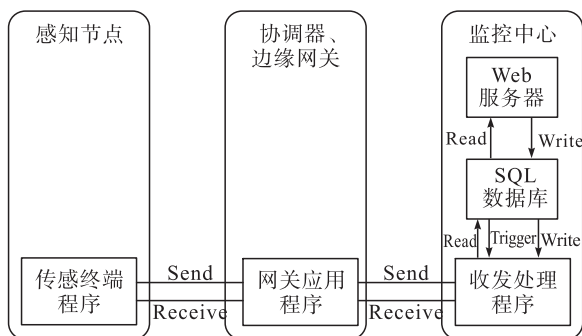


图8 系统软件架构图

#### 3.2 监控系统本地服务器设计

监控系统所需的视频流服务器采用一款基于 ARM - CortexA53 核心的微型电脑主板 Raspberry Pi 为核心进行设计。其主板周围有 1 至 4 个 USB 端口和 1 个百兆以太网端口,可连接键盘、鼠标和网线,具有与普通电脑相同的上网功能。该系统使用 3B + 版本的 Raspberry Pi,运行相应版本的 Linux 操作系统,创建局域网服务器,并部署与云服务器相同的配置。即使公共网络出现故障,也可以通过局域网服务器将收集到的数据上传到本地服务器,网络恢复后,这部分数据会自动上传到云服务器。这就保证了数据的有效性、正确性和完整性,提高了系统的可靠性<sup>[9-10]</sup>。同时,在 Raspberry Pi 中嵌入了视频流服务器,利用 frp 内网穿透技术为安全系统提供支持,进一步保障了园区的安全。

#### 3.3 WEB 端服务器设计

网页端采用公有云 OneNET 云平台与私有云 EMQ + node - red 可视化设计,用户可以根据自己的需求进行选择,两者都可以接受到 mqtt 服务器的数据进行展示。

### 4 系统软硬件设计实效

系统私有云 Web 服务平台设计、公有云 OneNet 端设计分别如图 9、图 10 所示,系统软硬件调试运行实效如图 11 所示。



图9 系统私有云 Web 服务平台



图10 系统公有云 OneNet 端设计



图11 系统监测站软硬件运行实效

### 5 总结

以我国北方地区大面积使用中的普通温室大棚为基础,设计提出并实现了一种基于无线传感网络  
(下转第 33 页)



本,实现了经济效益的提高。这种联动控制方式是十分可行和可推广的,可以为煤矿生产提供更好的服务,也为环境保护作出了积极的贡献。

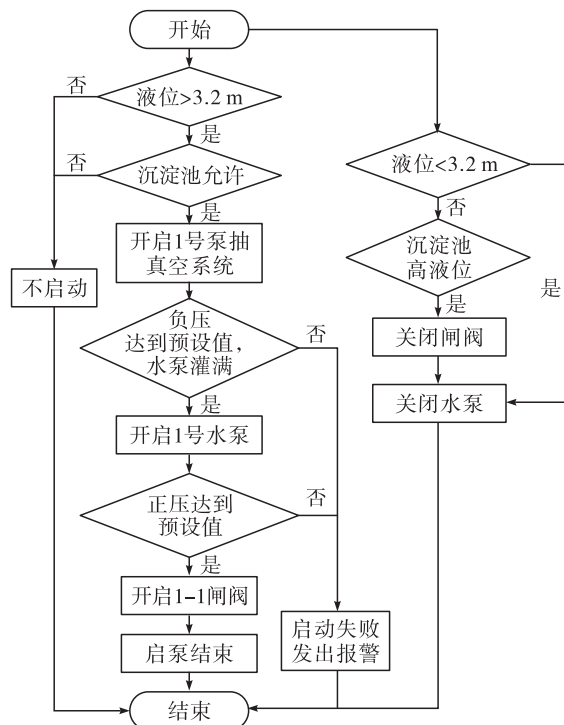


图3 改造后泵房运行逻辑

#### 参考文献:

- [1] 吴明永. 供水泵站自动化监控系统的设计与应用[J]. 工业仪表与自动化装置, 2022(5): 58-61.
- [2] 付强. 煤矿污水处理控制系统设计[J]. 机械管理开发, 2020, 35(11): 257-260.
- [3] 任林霞. 煤矿污水处理工艺方案设计与应用研究[J]. 山西化工, 2022(1): 278-280.
- [4] 张欣. 超临界机组变频循环水泵节能自动控制技术[J]. 工业仪表与自动化装置, 2022(06): 36-40.
- [5] 周红芳. 基于 S7-300 PLC 工业循环水系统设计[J]. 工业仪表与自动化装置, 2021(02): 59-62.
- [6] 刘红英. 煤矿主排水系统自动化控制研究[J]. 煤矿机械, 2018(04): 27-28.
- [7] 张成栋. 智能化泵站信息系统技术架构的设计和实现[J]. 科技创新与应用, 2020(18): 103-105.
- [8] 李建平, 甄立东. 西门子 WINCC V7.4 基础与应用(第2版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.
- [9] 谭伟. 基于 PLC 的污水处理厂自动控制系统[J]. 智能建筑与智慧城市, 2018(07): 35-37.
- [10] 于功江. 大涌水量千米深井主排水系统设计问题探讨[J]. 煤炭工程, 2019, 51(6): 43-46.

(上接第17页)

和边缘网关的智慧农业大棚监控系统, 为农户提供各种环境参数的实时查询、告警、控制以及自动调节等功能。系统主要帮助传统温室大棚在不进行重建和大规模改动前提下, 完成对大棚的智能化管理, 从而释放出更多的人力物力, 可以在有限人力的情况下进行更大规模的种植。系统采用基于正三角形网格的部署方案, 使单个节点的网络覆盖范围达到最大, 构建了一个高质量无线传感器网络, 可根据大棚农业种植面积随时扩大网络覆盖范围。可方便实现监测系统站点式、移动式分布, 解决了因种植面积扩大而造成布线难等问题。该系统可移植性和扩展性较好, 稍作改造即可推广应用至棚外大田种植、山地种植和其他生态环境检测系统中。

#### 参考文献:

- [1] 边缘计算产业联盟. 边缘计算参考架构 3.0, 边缘计算产业联盟白皮书[R]. 2018.
- [2] 朱姝. 云网融合时代基于边缘云的智能云化家庭网关的探索与实践[J]. 电信科学, 2023, 39(Z1): 1-6.

- [3] 张博文. 基于物联网的智慧农业监控系统研究[D]. 荆州: 长江大学, 2017.
- [4] 李国鑫, 柴西林. 多节点分布式智慧农业大棚监控系统设计[J]. 软件, 2022, 43(05): 56-60.
- [5] 徐振兴, 高振天, 孙奎. 基于 STM32 的站台门与信号系统接口电压采集装置硬件设计[J]. 工业仪表与自动化装置, 2023(04): 54-57.
- [6] 刘斌, 孙艺哲, 李秀杰, 等. 基于无线传感网络的温室环境低功耗监测系统[J]. 吉林农业大学学报, 2022, 44(4): 10.
- [7] 雷建云, 韩峥嵘, 曾繁迪, 等. 基于 ZigBee 的低功耗蔬菜大棚远程无线传感测控系统[J]. 中南民族大学学报: 自然科学版, 2019, 38(1): 131-137.
- [8] 路广华, 王增海, 刘明波, 等. 基于边缘云计算的数据智能云平台研究[J]. 移动信息, 2022(6): 163-165.
- [9] 杨帆, 徐军, 吴振生, 等. 基于 Web 端多节点红外热成像传感系统设计[J]. 激光杂志, 2022(02): 043.
- [10] 宋孟华, 王泽, 姜潜基, 等. 变电站智能监控系统设计与实现[J]. 工业仪表与自动化装置, 2023(03): 8-11+36.