

基于物联网的温室智能监控系统设计

焦玉全^{1,2}, 顾诚甦^{1,2}, 朱燕祥^{1,2}

(1. 南通科技职业学院机电与交通工程学院, 江苏南通, 226007; 2. 江苏省农业农村污染防治技术与装备工程研究中心, 江苏南通, 226007)

摘要: 提出了基于物联网温室智能监控架构。利用 LoRa 无线技术将前端感知网络采集到的数据发送至汇聚节点, 采用 MQTT 协议实现汇聚节点与物联网平台之间进行数据传输。测试结果表明, 该方案架构设计合理、部署简单、稳定性好, 为温室环境监控提供了一种解决方案。

关键词: 温室; 物联网; LoRa; MQTT

中图分类号: TN92

文献标识码: A

DOI:10.16520/j.cnki.1000-8519.2022.20.043

Implementation of IOT-based Greenhouse Intelligent Monitoring System

Jiao Yuquan^{1,2}, Gu Chengsu^{1,2}, Zhu Yanxiang^{1,2}

(1. Faculty of Electromechanical and Traffic Engineering, Nantong Vocational College of Science & Technology, Nantong Jiangsu, 226007; 2. Jiangsu Province Engineering Research Center of Agricultural and Rural Pollution Prevention Technology and Equipment, Nantong Jiangsu, 226007)

Abstract: This paper presents an architecture of IOT-based Greenhouse Intelligent Monitoring System. By sending the data collected by the front-end sensing network to the aggregation node upward using the LoRa wireless technology, the MQTT protocol is used to transmit data between the aggregation node and various IoT platform. The test results show that the design has features of reasonable scheme, simple deployment and good stability, which provides a solution for the environment monitoring of the Greenhouse.

Keywords: greenhouse; internet of things; LoRa; MQTT

0 引言

作物的生长过程本质是将环境、营养、水分等外部因子的作用进行转化的动力学过程。温室能有效改善温室作物的生产条件, 实现作物的高效优质生产^[1]。温室环境参数时空跨度大, 变量多, 影响因子相互强耦合^[2-5], 农业物联网为温室环境调控提供了新思路。本文根据现有国内外温室环境调控方法和技术, 基于 LoRa 和 MQTT 构建一种通用型的温室信息检测系统, 通过采集温室内温湿度、光照度和 CO₂ 浓度等信息, 根据农作物不同生长周期实现对温室群作物的动态监测、智能控制、在线决策, 提高温室管理的效率, 达到节能、高效、高产的效果^[6,7]。

1 系统架构设计

农业物联网是通过设施内的作物环境、生理参数进行监测、传输、存储和分析, 并做出决策与执行实现自动化、精细化、智能化的技术。根据物联网架构层次定义, 温室系统自底向上由感知控制层、网络传输层和应用层构成。其中感知控制层由采集节点承担; 汇聚节点完成网络传输, 网络传输层主要采用个人区域网络(PAN)的 LoRa 无线通信和无线局域网(WLAN)的 4G 通信; 应用层则依托 MQTT 构建分布式应用。

系统架构如图 1 所示。

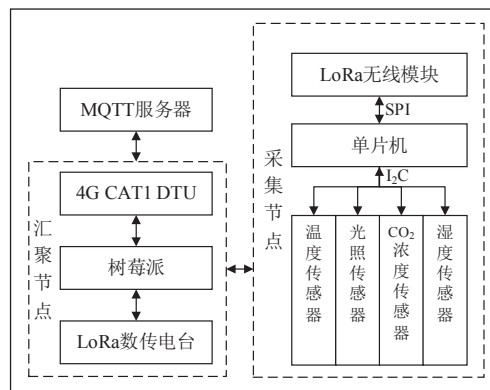


图 1 系统架构框图

2 感知控制层设计与实现

感知控制层主要借助物理、化学传感器对温室内作物生长环境, 包括空气温度、空气湿度、光照强度和二氧化碳浓度等参数进行检测。

2.1 采集节点单片机选型与电路设计

采集节点要完成温室多种环境参数的检测和数据的无线

基金项目: 南通市科技项目“太阳能光热电耦合模式下温室草莓的温度及光照调控策略研究 (JCZ20180)”。

透传任务,在工作功耗上有较高要求,综合上述特点选用了超低功耗 STM8L101 处理器。最小系统如图 2 所示,STM8L 通过 SWIM 接口完成程序烧录,通过 I²C 总线读取和设置传感器,通过四线制 SPI 总线和 LoRa 无线模块传递数据,通过 GPIO 控制 LoRa 无线模块和传感模块的工作模式,通过 PA2 口按键让节点进入入网注册申请模式,指示灯指示节点通讯故障。

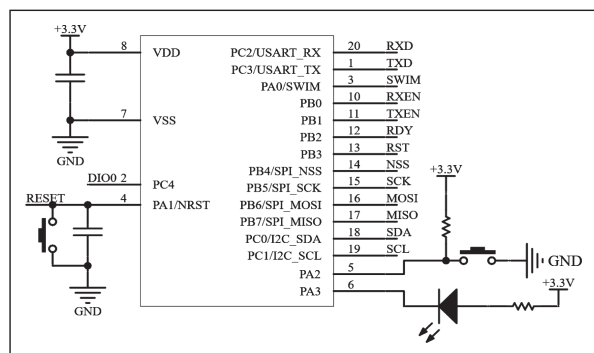


图2 主控芯片最小系统原理图

2.2 LoRa 通信单元电路设计

LoRa 通信单元采用亿佰特公司的 E32-400M20S 无线模块,模块内部采用 SX1278 无线芯片,支持 410~493MHz 频段,通信距离可达 5km。LoRa 无线通信模块电路如图 3 所示。其中 RST 为芯片复位触发输入脚,低电平有效;模块采用四线制的 SPI 方式与处理器进行通信;其工作在半双工通信方式,同一时刻只能进行发送或者接收,当 RXEN 高电平, TXEN 低电平时,模块处于接收模式;当 TXEN 高电平, RXEN 低电平时,模块处于发射模式;ANT 为天线接口。

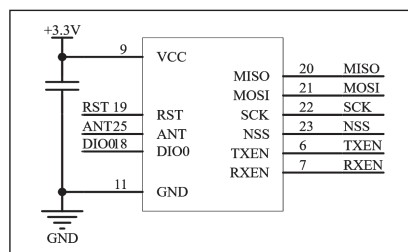


图3 LoRa 无线通信模块

采集节点数据处理流程如图 4 所示,其中系统初始化是通过 SPI 接口对 SX1278 的寄存器进行配置;通过 RegOpMode 寄存器来设置射频芯片工作在 LoRa 调制方式;通过 RegFrMsb、RegFrLsb 和 RegFrMib 寄存器来设置通信波频率 433.125MHz;通过 RegModemConfig1 寄存器将信号带宽设置为 500KHz、纠错编码率为 CR(4/5);通过 RegModemConfig2 寄存器来设置扩频因子 SF11 等。采集节点通过 PA2 的按键中断,进入组网模式,完成采集节点的入网申请。当 SX1278 检测到前导码、发送完成或者接收完成后通过 DIO0 触发 STM8L101 处理器中断,处理器会根据状态机让

SX1278 切换到接收模式、发送模式或 CAD 模式。

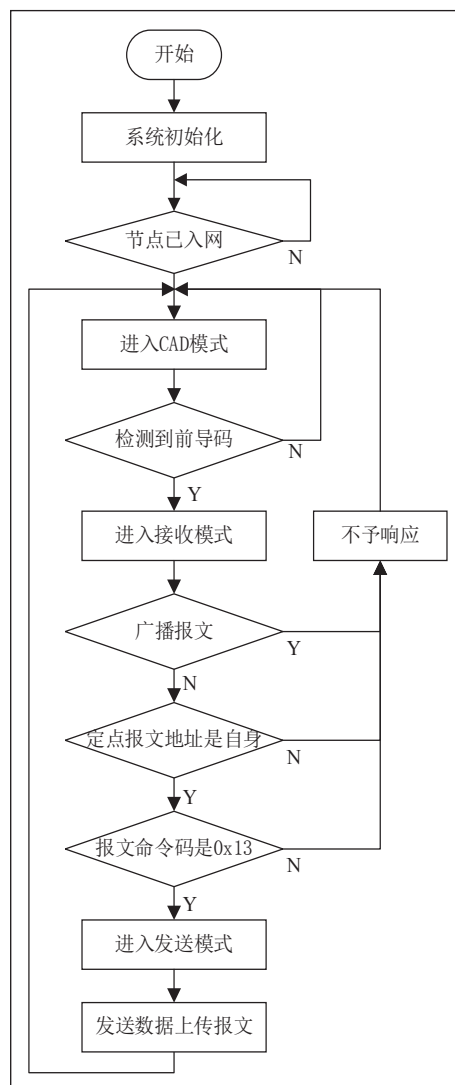


图4 采集节点数据处理流程图

2.3 温湿度和 CO2 浓度传感单元设计

温湿度和 CO2 浓度传感单元选用 Sensirion 的 SCD30 模块,CO₂ 浓度测量精度:±30ppm,测量范围:400~10000 ppm;相对湿度测量精度:3%RH,测量范围 0~95%RH;典型温度精度:0.4℃温度测量范围 -40~70℃。温湿度和 CO2 浓度传感单元电路如图 5 所示。其中 SEL 低电平时采用 I²C 总线, RDY 高电平时数据转换完成。

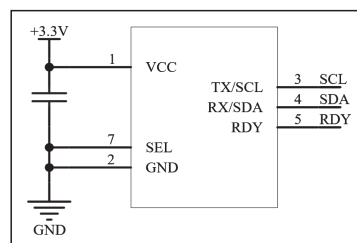


图5 温湿度和 CO2 浓度传感单元电路

2.4 光照强度单元设计

光照强度单元选用 ROHM 公司的 BH1730FVC-TR 数字输出型的环境光亮度传感器,由光电二极管、电流电压转换电路、A/D 转换器、控制逻辑电路以及接口电路等构成,采用 I²C 接口,可以检测 0.001lx~100000lx,测量偏差小于 ±15%。光照强度单元设计电路如图 6 所示。其中 DVI 为 I²C 总线电压。

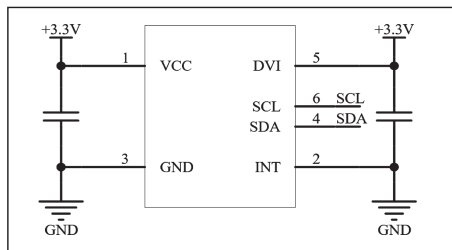


图 6 光照强度单元设计电路

BH1730FVC 有两个输出, x(14h, 15h 寄存器内容)可见光测量数据, y(16h, 17h 寄存器内容)红外线测量数据,光照强度计算式为:

$$Lx = \begin{cases} (1.290 \times x - 2.733 \times y) / G \times 102.6 / T & y/x < 0.26 \\ (0.795 \times x - 0.859 \times y) / G \times 102.6 / T & 0.26 \leq y/x < 0.55 \\ (0.510 \times x - 0.345 \times y) / G \times 102.6 / T & 0.55 \leq y/x < 1.09 \\ (0.276 \times x - 0.130 \times y) / G \times 102.6 / T & 1.09 \leq y/x < 2.13 \\ 0 & y/x \geq 2.13 \end{cases} \quad (1)$$

其中 G 为 ADC 分辨率, T 为测量积分时间。

3 网络传输层设计与实现

汇聚节点是采集节点和 MQTT 服务器通信的桥梁,它负责将采集节点的数据汇总,再通过 CAT1 模块将数据传输到云服务器存储和处理。汇聚节点总体结构设计如图 7 所示,其主要由三部分构成:树莓派、LoRa 数传电台和 4G Cat1 数传电台。

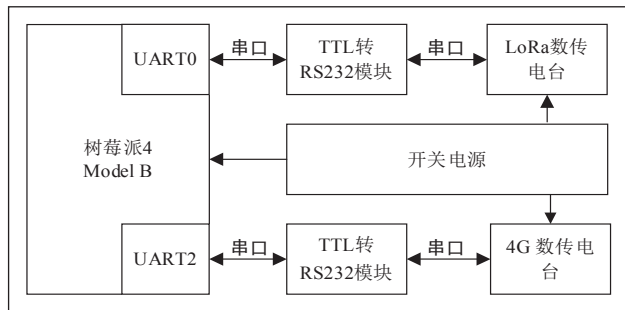


图 7 汇聚节点总体结构设计

(1) 树莓派

汇聚节点采用树莓派 4B,该型号是基于 ARM Cortex-A72 为核心架构的微型电脑主板,支持 Linux 操作系统,运行频率 1.5GHz,其体积小巧,功耗较低,功能和接口和普通 PC 机类似。相较之前版本的树莓派, Raspberry Pi 4B 新增了 4 个

PL011 串口,其功能足以满足汇聚节点系统所需的各类配置。

(2) LoRa 数传电台

LoRa 数传电台选用亿佰特公司的 E90-DTU,内置功率放大器(PA)与低噪声放大器(LNA),提供透明 RS232/RS485 接口,采用 LoRa 扩频技术实现一点(汇聚节点)对各采集节点无线数据传输,工作在 433MHz 频段,通讯距离可达 10km。

E90-DTU 工作在透传模式,支持定点发射和广播发射,定点发射的报文格式如表 1 所示。

表 1 定点发射报文结构

字段名称	内容	类型	字节数
目标节点地址	0x----	byte	2
信道	0x4	byte	1
命令码	命令域	byte	1
数据	数据域	byte	-

定点发射时,接收端只有自身地址和目标节点地址相同,且信道也为 0x4 的节点才能接收到报文。报文格式如表 2 所示。定点发射主要用于采集节点和汇聚节点间的温室环境数据的上传,采集节点注册入网。

表 2 定点发射命令域和数据域结构

命令码	数据	类型	字节数	注释
0x10	0x0001	byte	2	申请入网
0x11	0x08/成功 0x00/失败	byte	1	返回入网状态码
0x12	CO ₂ 浓度 温度 湿度 可见光 红外线	byte	4 4 4 2 2	返回上传数据
0x13		byte	0	请求上传数据
0x16	0x08/成功 0x00/失败	byte	1	返回数据上传状态码

广播发射时,接收端信道为 0x4 的节点都可以接收到报文。报文格式如表 3 所示。广播发射主要用于通知节点开放/禁止注册入网申请。

表 3 广播发射开放/禁止入网申请报文结构

字段名称	内容	类型	字节数
广播地址	0xFFFF	byte	2
信道	0x4	byte	1
命令码	0x14/0x15	byte	1

(3) 4G 数传电台

4G 数传电台选用亿佰特公司的 E840-DTU,带 4G+GPS 分集接收功能,支持三大运营商 Cat1 网络接入,可通过简单的 AT 指令实现串口设备到云服务器的双向数据透明传输,可以接入标准 MQTT 协议物联网平台。通过 RS232/RS485 与串口设备互联。

3.1 LoRa 无线组网方案

LoRa 通信主要包括采集节点的注册入网和汇聚节点的轮询采集。

3.1.1 采集节点注册入网

温室设备初次安装时,通过修改汇聚节点的设备列表完成采集节点批量入网,当单个采集节点发生更换时,首先采集节点 PA2 口按键中断,让采集节点立即进入到组网模式,开始侦听广播发文,然后汇聚节点再通过按键中断,汇聚节点会在轮询间歇期间进入组网模式,根据自身设备列表情况发送开放或禁止组网报文,具体流程如图 8 所示。

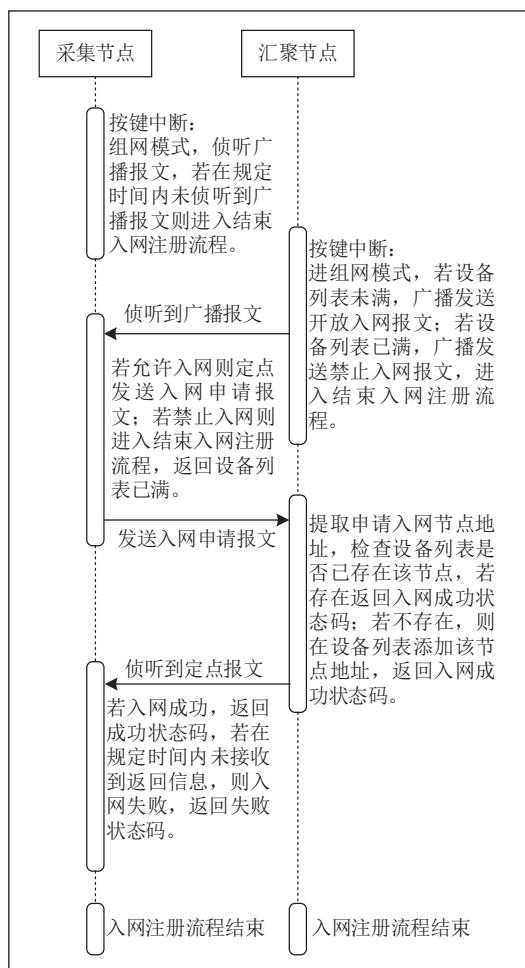


图 8 单节点注册入网流程

3.1.2 汇聚节点轮询采集

汇聚节点和采集节点之间采用单跳星型网络拓扑结构,各采集节点间互相独立无数据链路。汇聚节点点名采集节点,对应采集节点给予对应的响应,发送响应报文给汇聚节点,然后汇聚节点再以相同的方式轮询其他采集节点。具体流程如图 9 所示。

3.2 MQTT 接入物联网平台

通过配置软件将 E840-DTU 设置成 MQTT 工作模式,根据物联网平台运营商提供的参数,完成 4G 数传电台的 ClientID、用户名、密码、目标地址、目标端口和订阅发布地址的配置。树莓派通过 UART2 与 4G 数传电台实现数据透传交互。

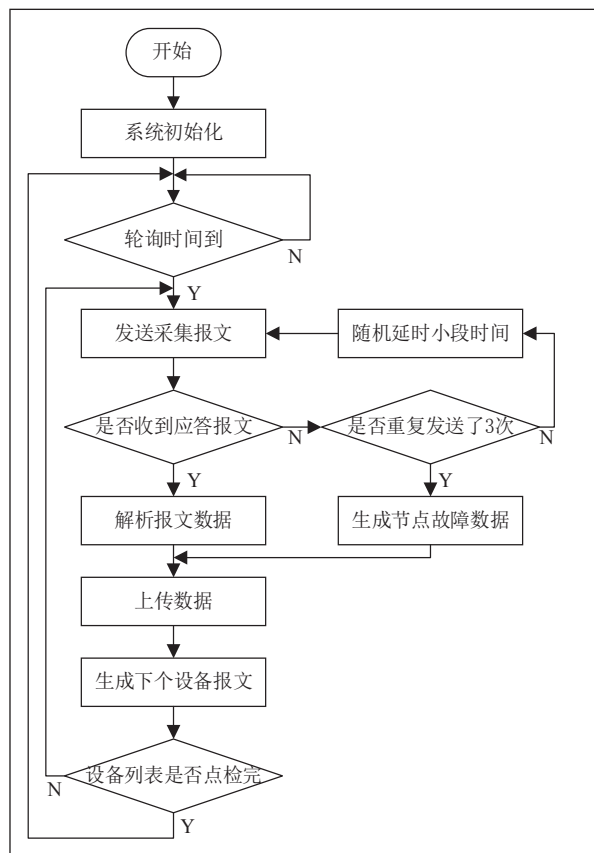


图 9 汇聚节点轮询采集流程

4 结论

根据农业物联网的特点,本文提构建了适用于温室的架构方案,利用 LoRa 技术实现连栋温室数据的汇聚,通过 MQTT 接入物联网平台,实现了温室环境参数消息的推送。该系统可进行温室环境信息的长期全面感知、远程监测和预警。

参考文献

- [1] 毛罕平,晋春,陈勇.温室环境控制方法研究进展分析与展望[J].农业机械学报,2018,49(02):1-13.
- [2] 陈宏,王维洲,廖志军,郑成贺,廖勤武.基于智能控制的温室大棚监控系统研究[J].国外电子测量技术,2019,38(03):117-121.
- [3] 王军,孙健程,曾静.基于 ZigBee 的蔬菜大棚无线监控系统设计[J].计算机工程与设计,2013,34(03):1126-1131.
- [4] 杨飞,谢涛,伍英,苏维均.基于 WIFI 的农业物联网温室大棚环境监测系统的设计[J].计算机测量与控制,2017,25(02):50-53.
- [5] 董莉霞,李广,刘强,燕振刚.智能育苗大棚监控系统的设计与实现[J].自动化与仪器仪表,2015(03):132-133+136.
- [6] 张瑞瑞,赵春江,陈立平,徐刚.农田信息采集无线传感器网络节点设计[J].农业工程学报,2009,25(11):213-218.
- [7] 胡开明,刘薇,付志坚.基于物联网智能温室大棚控制系统的设计[J].自动化技术与应用,2021,40(10):64-67.