

基于ZigBee/WiFi的智慧大棚网络化监测系统 设计

王锦航¹, 曹新亮^{1*}, 王 宽¹, 罗 欣¹, 朱礼琨¹, 白 涛²

¹延安大学物理与电子信息学院, 陕西 延安

²延安大学数学与计算机科学学院, 陕西 延安

收稿日期: 2022年3月29日; 录用日期: 2022年4月21日; 发布日期: 2022年4月28日

摘 要

结合我国陕北地区农业现状和传统人工管理大棚方式, 导致农业信息化程度低且无法满足现阶段农业高效和智能化的发展需求, 为此, 设计一种以STM32单片机为核心的多参数信息采集与传输系统。该系统将感测环节获得的数据用ZigBee/WiFi通信方式传至云端, 再用APP控制远程终端设备实现智慧大棚。实验结果表明, 系统能够实现信息的采集、上传以及云端监控。该系统结构为其他农业信息化监测提供可行的技术手段。

关键词

智慧大棚, ZigBee, 传感器, 远程监控

Design of Intelligent Greenhouse Networked Monitoring System Based on ZigBee/WiFi

Jinhang Wang¹, Xinliang Cao^{1*}, Kuan Wang¹, Xin Luo¹, Likun Zhu¹, Tao Bai²

¹School of Physics and Electronic Information, Yan'an University, Yan'an Shaanxi

²School of Mathematics and Computer Science, Yan'an University, Yan'an Shaanxi

Received: Mar. 29th, 2022; accepted: Apr. 21st, 2022; published: Apr. 28th, 2022

Abstract

Combined with the current agricultural situation in northern Shaanxi and the traditional manual management of greenhouses, the degree of agricultural informatization is low and cannot meet

*通讯作者。

文章引用: 王锦航, 曹新亮, 王宽, 罗欣, 朱礼琨, 白涛. 基于 ZigBee/WiFi 的智慧大棚网络化监测系统设计[J]. 软件工程与应用, 2022, 11(2): 396-403. DOI: 10.12677/sea.2022.112042

the development needs of high efficiency and intelligence in agriculture at this stage. Therefore, a acquisition and transmission system of multi-parameter information is designed with STM32 MCU as the core. The system transmits the data obtained in the sensing link to the cloud by ZigBee/WiFi communication, and then uses the APP to control the remote terminal equipment to realize the smart greenhouse. The experimental results show that the system can realize information collection, upload and cloud monitoring. The system structure provides feasible technical means for other agricultural informatization monitoring.

Keywords

Intelligent Greenhouse, ZigBee, Sensor, Remote Monitoring System

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

目前,传统的农业大棚无法全天时、全天候地动态监控,存在监管不稳定、误差大、易受干扰等问题。随着互联网技术不断进步,温室控制系统不断改善,然而,我国智慧农业还处于逐步完善和推广使用阶段,大面积减轻农户的种植工作量[1]。

现有农业大棚环境自动化测控技术多数还处于对环境参数的测量与展现,即便可以实现对执行部件控制运行达到调节环境参数目的,但还缺乏通过远程终端干预的灵活性。

本文针对大棚内部智能化监管、降低人力成本问题,采用环境参数传感器对环境信息的获取,再通过 ZigBee 和物联网技术将数据传输到云端进行分析,实现对智慧大棚环境进行灵活的监测与远程控制[2]。

2. 系统架构及原理

2.1. 功能需求分析

- 1) 数据采集功能:系统能采集大棚内环境数据,并上传到控制中心;
- 2) 实时监测管理数据:建立监测系统,对测量所得数据统一进行管理;
- 3) 调节控制功能:分析大棚生态环境信息,并由控制系统调节环境参数。

2.2. 系统工作原理及组成

系统的总体架构分传感层、传输层和服务层。

传感层:传感器层是温室大棚环境信息感知单元由无线采集终端和各种环境信息传感器组成。环境信息传感器监测空气温湿度、土壤水分温度、光照强度、二氧化碳浓度等多点环境参数。

传输层:通过无线采集终端以/方式将采集数据传输至监控中心。传输层主要由温室大棚内部感知节点间的自组织网络建设和温室大棚间 ZigBee 网络及温室大棚与监控中心的 GPRS 通信网络两部分组成。主要实现传感器数据的采集及传感器与执行控制器间的数据交互。温室大棚环境信息通过内部自组织网络在中继节点汇聚后,将通过温室大棚间及温室大棚与监控终端(手机或 PC 机)的通信网络实现监控平台对各温室大棚环境信息的交互。

服务层：通过应用软件平台可将土壤信息感知设备、空气环境监测感知设备、外部气象感知设备等各种感知设备的基础数据进行统一管理或者直接控制执行机构的方式调节设施内的小气候环境，为作物生长提供优良的生长环境。整体系统的监测中心，负责分析环境信息用于实时指导大棚种植[3]。系统总体结构如图1所示。

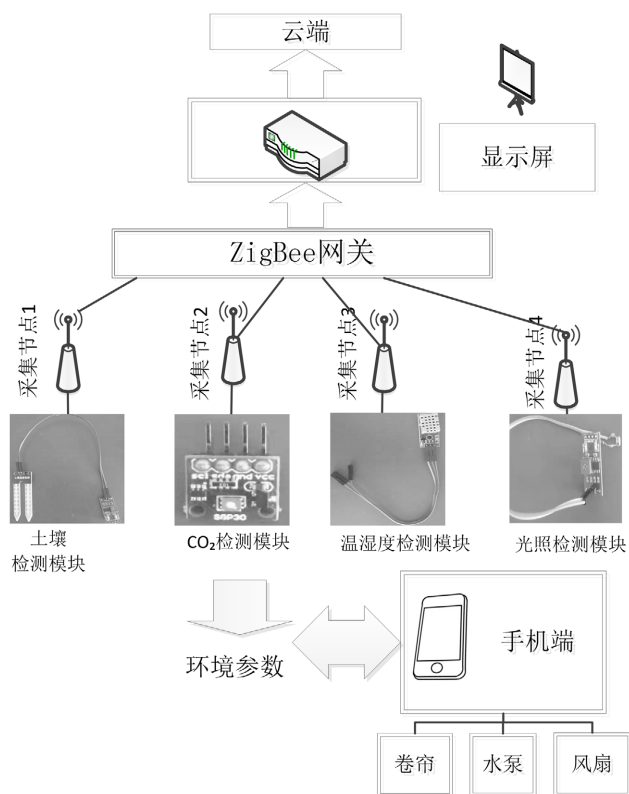


Figure 1. Overall system structure
图1. 系统总体结构

3. 硬件设计

3.1. 大棚内环境监测与调节系统设计

环境监测系统是由传感器采集棚内的温湿度，CO₂含量，土壤湿度，光照等参数并传送给处理器。调节装置是通过多路继电器控制水泵、风扇，步进电机控制卷帘从而调节到最适合作物生长的环境[4]。本系统功能模块如图2所示。

当采集的数据不在合适的范围时，调节装置就会根据实际所需要的值对应处理[5]。例如，土壤湿度不够时控制水泵打开开关及时进行灌溉，CO₂和光照不足时拉开卷帘提供更多光照，风扇能提高环境里的温湿度，再次采集数据直到调至合适范围后关闭。用户可通过大棚内摄像头和终端数据对棚内农作物进行观测。

3.2. 传感器数据采集测量电路

系统主要测量传感器有温湿度传感器、CO₂传感器、土壤传感器和光敏传感器，其原理图如图3所示，其中温湿度传感器为DHT11数字温湿度传感器包括一个电阻式感湿元件和一个NTC测温元件[6]；

CO₂ 传感器为集成 4 个气体传感元件的 SGP30；四线制土壤湿度传感器有两个检测极；光敏传感器在接受光照时产生电阻值的变化变成电压信号传递给电压。

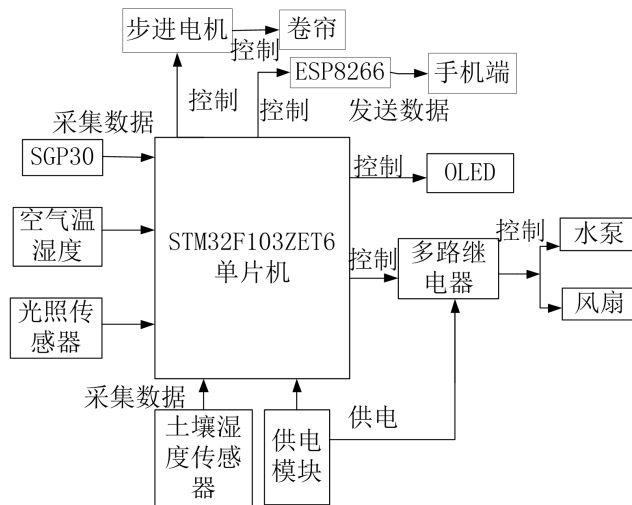


Figure 2. System function module and schematic diagram
图 2. 系统功能模块及原理图

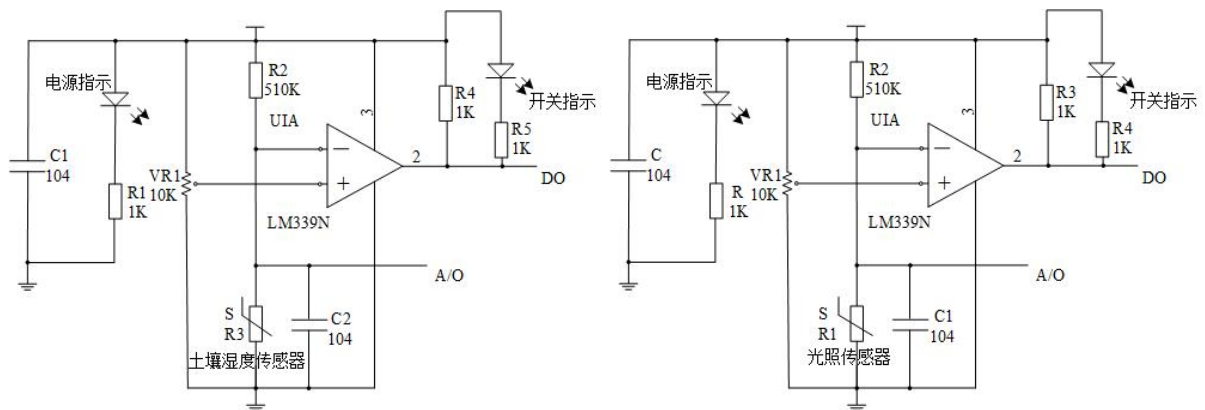


Figure 3. Sensor peripheral circuit
图 3. 传感器外围电路

4. 系统软件设计方案

协调器先初始化然后进行组网，组网后等待合适的传感器采集节点加入网络，加入的节点在其对应区域进行采集然后将采集到的数据传送给 ZigBee，ZigBee 再传送给云端[7]，协调器软件设计流程如图 4 所示。

将整个大棚范围划分为多个区域[8]，每个区域有四个节点，分别安装收集环境参数的传感器。整个系统云端主要功能是收集传输来的数据并进行处理，然后根据处理结果做出相应的判断，进而采取相应的措施，并将历史采集数据显示在 OLED 显示屏上。自控系统结构与工作流程如图 5 所示。

5. 数据传输云端及 APP 设计

为了将种植户从大棚现场解脱出来，而不影响对环境状态监测，还需要解决无线传感器通信网络及局

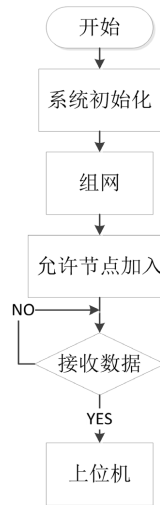


Figure 4. Coordinator software flow

图 4. 协调器软件流程

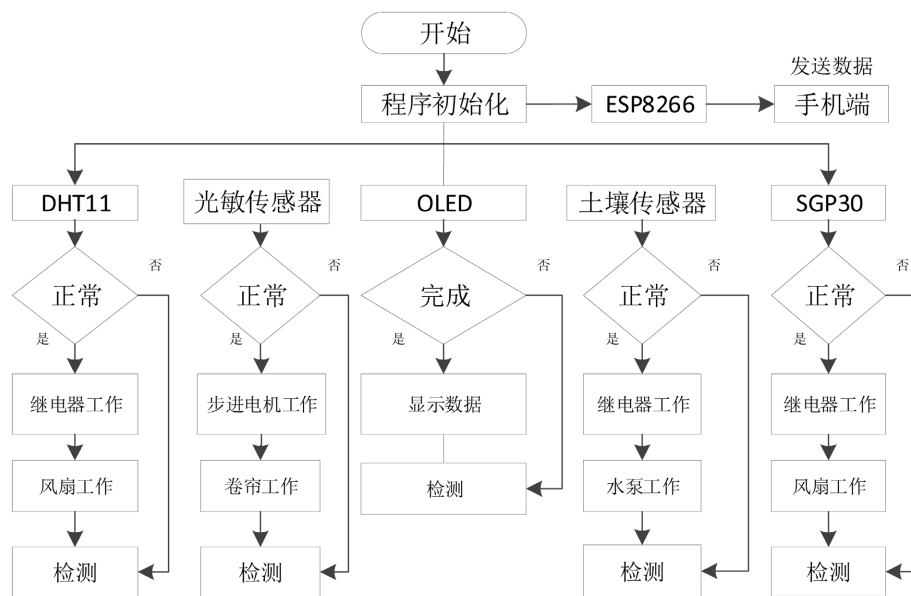


Figure 5. Work flow of automatic control system

图 5. 自控系统工作流程

域网组网技术。ZigBee 无线通信模块传输数据的方法，近距离组网设计研究，如协调器、路由器；解决移动通信 4G-LTE 技术应用问题。传输系统由大棚种植现场层、通信网络层、云数据中心、一体化运行中心等做成。把每一个大棚作为一个区域，将传感器感测、采集到的温室大棚农作物生长环境的温度、湿度、光照强度、二氧化碳浓度等环境参数的实时数据通过 WIFI 模块上传云平台。完成对大棚内的光照、温湿度、土壤湿度、CO₂ 浓度等数据的自动采集和无线调控。并根据农业专家建议不同作物适用的环境情况，设定各个区域温度湿度、光照强度、二氧化碳浓度检测的可控阈值；通过距离组网设计，利用 ZigBee 无线通信模块传输数据的方法，使下位机上传数据到云平台，对各个大棚进行实时监测；并利用云计算、数据挖掘等技术进行多层次分析，并将分析指令与各种控制设备进行联动完成农业生产、管理。

单棚环境监测子系统通过安信可云传送到手机(电脑)终端,手机(电脑)终端能实时接收大棚内农作物的生长环境状况并且可以根据环境状况及时发送相关命令来远程控制大棚。当该物联网智能农业测量控制系统开始正常运行后,单片机在上电后会主动向 WIFI 模块发送 AT 指令,使该模块连接到安信可公司向用户提供的免费云服务平台,手机(电脑)通过云服务 APP (网络连接助手软件)连接到云终端,使手机(电脑)与该子系统的 WIFI 模块进行绑定,绑定成功后,手机(电脑)还可以继续绑定多个系统的 WIFI 模块,接下来系统定时通过安信可云远程向手机(电脑)发送当前农作物的生长环境参数,显示结果如图 6。



Figure 6. Display results on the computer

图 6. 电脑端显示结果

基于物联网技术,系统可通过手机、PDA、计算机等信息终端向农户推送实时监测信息、预警信息等,实现温室大棚集约化、网络化、智能化远程管理,充分发挥物联网技术在设施农业生产中的作用。

6. 功能测试

在上述理论上设计一套农业信息化监测系统来验证正确性和实用性。本数据测试条件如下:北纬 36°38',东经 109°28',海拔 957 米,气压 882 hPa 测得,时间为 2021 年 5 月份,晴天,使用透光率为 15%的大棚专用薄膜,大棚跨度 4 米,肩高 1.5 米,脊高 2.5 米,长度 10 米,拱架间距 0.5 米,采用标准装配式大棚镀锌钢管,大棚覆盖材料为 PVC 无滴防老化膜,聚氯乙烯(PVC)。大棚实拍照片如图 7 所示。设置阈值为:土壤湿度 20% RH~23% RH、温度为 17°C~28°C、光照度不超过 12,500 lx、CO₂ 浓度不低于 100 ppm。测量大棚内一昼夜的数据,并绘制了相应折线图,如图 8~12。

经测试,调控后大棚内部温度能稳定在一定范围,为作物生长提供了相对稳定的环境;土壤湿度的变化也相对较小;棚内二氧化碳及光照强度均为植物提供了适度的生长环境。



Figure 7. Physical photos of greenhouse

图 7. 大棚实物照

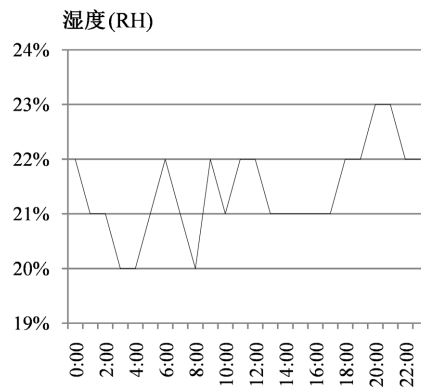


Figure 8. Variation of soil moisture
图 8. 土壤湿度变化

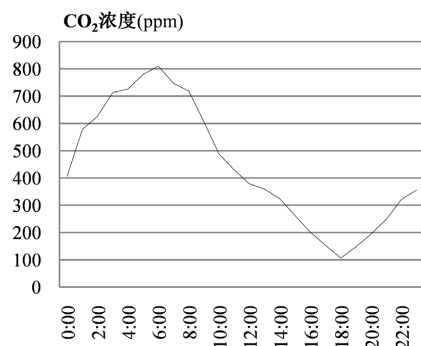


Figure 9. Variation of CO₂ concentration in Greenhouse
图 9. 大棚 CO₂ 浓度变化

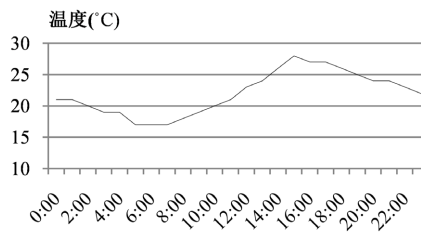


Figure 10. Temperature change in Greenhouse
图 10. 大棚温度变化

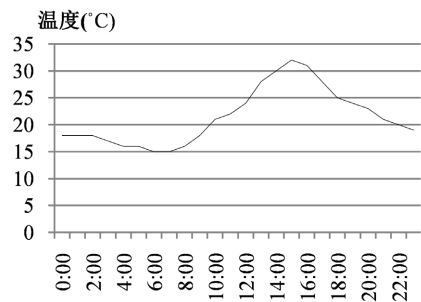


Figure 11. Temperature change outside the greenhouse
图 11. 棚外温度变化

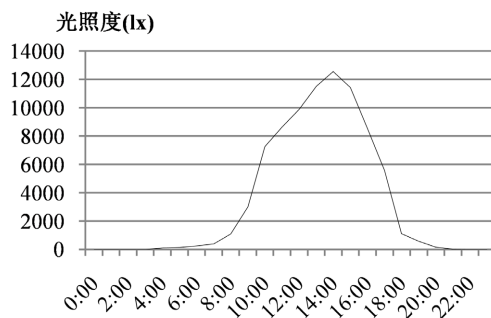


Figure 12. Light change in Greenhouse

图 12. 大棚光照变化

7. 结束语

本系统根据陕北设施农业现状, 设计了无线通信远程监控系统对农业大棚内的数据信息进行监测和传输。通过分布式部署传感器, 获取温室大棚内部的空气温湿度、土壤水分温度、二氧化碳浓度、光照强度, 通过数据模型分析, 远程或自动控制湿帘风机、喷淋滴灌、内外遮阳、顶窗侧窗、加温补光等设备, 保证大棚内环境最适宜作物生长, 为作物高产、优质、高效、生态、安全创造条件。利用传感器技术和物联网技术, 实时现场生产数据和环境参数采集及上传, 同时按照过程控制工艺, 实现农业大棚环境参数可本地集中化、现场无人值守式远程控制。通信网络层在现有移动通信网络覆盖的基础上, 考虑在信号盲区通过无线传感网络和网关节点将采集到的信号接入移动通信网络, 实现网络的无缝覆盖, 保障数据传输的可靠性。云数据中心由核心交换机、路由器和服务器等设备组成, 负责整个网络后台海量数据的存储和处理, 并将处理结果送一体化运行中心。一体化运行中心可实时查看温室大棚生产现场的各项实时数据和生产现场环境状况, 并经系统分析处理后, 再将反馈信息送回现场或发出指令信息, 实现对温室大棚现场的管理和调度。

基金项目

陕西省能源大数据智能处理省市共建重点实验室研究基金课题(编号:IPBED8); 延安大学 2019 科研计划项目(青年项目)(YDQ2019-12); 延安大学大学生创新创业训练计划项目(S202010719024)。

参考文献

- [1] 曹新, 董玮, 谭一西. 基于无线传感网络的智能温室大棚监控系统[J]. 电子技术应用, 2012, 38(2): 84-87.
- [2] 孟令月. 基于 ZIGBEE 的农业数字大棚系统设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2016.
- [3] 汪文强, 张国平, 徐洪波, 等. 基于云平台的远程监控系统的设计与实现[J]. 信息技术, 2019, 43(11): 72-77.
- [4] 唐红霞, 李怀亮. 基于 STM32 的智慧农业系统设计[J]. 电子制作, 2019(18): 25-27.
- [5] 李琳杰, 赵伟博, 齐锴亮, 等. 基于阿里云的智能大棚远程监控系统研究[J]. 自动化与仪表, 2021, 36(1): 28-30+3
- [6] 薛文龙, 李存永, 杨世凤. 基于 CC2530 和 ZIGBEE 技术的智慧大棚系统的研究[J]. 黑龙江科技信息, 2016(15): 13-14.
- [7] 孙忠祥. 基于设备云平台的智能农业温室大棚远程监控系统的实现[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2017.
- [8] 张玮. 现代智慧农业设施大棚环境监测系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2020, 28(8): 135-138.