

基于 LoRa 物联网技术的火龙果大棚 监控系统的设计与应用

扬扬

(中国石油大学胜利学院, 山东 东营 257061)

摘要: 针对目前智能农业对生产现场数据的采集、处理及相关设备的控制需求, 而 ZigBee、WiFi、GPRS 传统无线传感技术在大范围农场、温室环境监测系统中存在传输距离短、信号易干扰、组网复杂等缺点, 文章提出了一种基于 lora 技术的物联网智能农场环境监控系统, 该系统在实验室环境下完成了二氧化碳浓度、土壤湿度、空气湿度、温度、光照强度的检测, 并实现灯光控制、灌溉控制、降温控制和人机控制, 通过搭建实验模型验证该技术的可行性后, 应用于某火龙果大棚, 完成了二氧化碳浓度、土壤湿度等数据采集和分析, 实践证明该系统完成数据采集的同时, 具有传输距离远和低功耗的优势。

关键词: LORA; 智能农场; 无线通讯

Design and Application of Dragon Fruit Shed Monitoring System Based on LoRa Internet of Things Technology

Yang Yang

(Shengli College, China University of Petroleum, Dongying 257061, China)

Abstract: In view of the current intelligent agriculture's collection and processing of production site data and the control requirements of related equipment, ZigBee, WiFi, GPRS traditional wireless sensing technology has short transmission distance and signal interference in large-scale farms and greenhouse environmental monitoring systems. The network is complex and other shortcomings. This paper proposes an IoT intelligent farm environment monitoring system based on Lora technology. The system completes the detection of various environmental parameters in the laboratory environment, and realizes lighting control, irrigation control, cooling control and machine control. After establishing the experimental model to verify the feasibility of the technology, applied to a dragon fruit greenhouse, and completed data acquisition and analysis, the practice proves that the system has the advantages of long transmission distance and low power consumption while completing data acquisition.

Keywords: LORA; intelligent agriculture; wireless communication

0 引言

物联网技术快速崛起, 智慧农业应运而生, 相比传统大棚, 为保证数据的实时性和有效性, 农作物生长环境的参数的采集、传输和处理需要各类传感器设备和有效的无线传输技术^[1], 而很多偏远地区的农场或者大棚没有覆盖蜂窝数据, 更不要说 4G 了, 针对 ZigBee、WiFi、GPRS 传统无线传感技术在大范围农场等温室环境监测系统中存在传输距离短, 易受外界干扰等不足, 通过 LORA 技术搭建私有物联网十分适用此场景^[2-3]。

本文设计了一套基于 LORA 技术的智能农场监控系统, 该系统利用土壤温湿度传感器、光照强度传感器和二氧化碳浓度等多种传感器采集农作物生长环境中的各种参数, 采用 LORA 无线扩频通信技术进行数据传输, 可以实现定点、省电、透传和监听 4 种模式^[4], 不仅在实验室环境下搭

建了农场监控模型, 完成了环境参数检测, 实现了灯光控制、灌溉控制、降温控制和人机控制, 而且应用于具体农作物大棚并完成了数据采集和分析。

1 系统总体设计

系统总体设计如图 1 所示, 总共分三层结构, 分别是用户访问平台控制设备构成应用层、网络层和各类传感器构成的感知层。其中感知层使用的传感器可以实现二氧化碳浓度、土壤湿度、空气湿度、温度、光照强度的检测; 网络层采用的通讯模块为基于 LoRa 协议的 AS32TTL100, 通过 AS32TTL100 与网关建立连接, 控制器采用 STM32F103ZE 单片机, 通过建立于传感器的通信, STM32F103ZE 将收集到的数据可以通过网络上传至服务器, 同时可以接收来自服务器的指令。应用层包括由 PC 端和手机客户端组成的用户访问平台和控制设备组成, 控制设备节点包括风扇节点、卷帘控制节点、灯光节点、灌溉节点等, 可以根据指令执行相应的动作, 如测量、补充光照、补充水分、通风等等。用户访问平台由上位机界面及手机端软件组成, 可以监控大棚中农作物的生长环境信息, 还可通过选择日期从服务器中取出历史数据, 然后将数据

收稿日期: 2019-04-12; 修回日期: 2019-05-28。

基金项目: 2017 年国家级大学生创新项目(2017020)。

作者简介: 扬扬(1986-), 讲师, 主要从事电力电子与电力传动方向的研究。

绘制到窗口界面以供人们进行直观的判断。除此之外,还可进行人为干预,通过发送指令到接收端,接收端接收到指令再控制生产设备的运作。

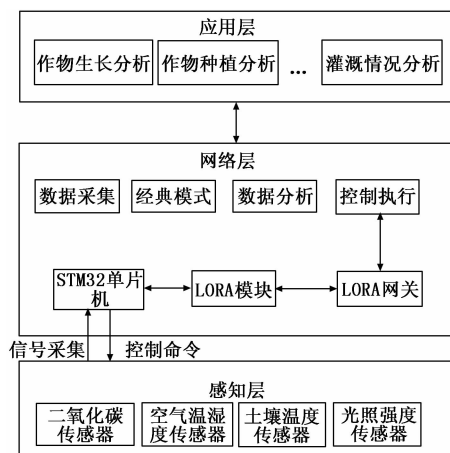


图 1 系统总体设计图

2 系统硬件设计

2.1 网络层硬件设计

物联网应用技术有多种,从传输距离上可划分两类,一类为短距离通讯技术,包括 Zigbee、Wi-Fi、Bluetooth 等,另一类为长距离无线通讯技术,包含无线局域网(Wireless Wide-Area Networks, WWAN)和低功耗广域网(Low-Power Wide-Area Networks, LPWAN)等^[5-6],低功耗广域网技术是近年来国际上一种革命性的物联网接入技术,在智能家居、智能农业等领域应用越来越广泛。通过国内外温室农场智能控制的经验来看,温度、湿度、二氧化碳、光照强度等传感器的应用对农业提高产量、减少水资源的消耗等有着重要的意义,如果能够保证农作物的生长环境变量在最佳的范围,那么农产品的产量会有显著的提高,质量也会有极大的提升,从而达到了高效的农业生产^[7]。

本项目采用 AS32-TTL-100LOAR 无线通讯模块,功率 100 mW (20 dBm),接收灵敏度 -130 dBm,天线增益 5 dBi,频率 410~441 MHz,根据由 LoRa 联盟制定的 LoRaWAN 协议生产的 SX1278 调制芯片,应用的是一种低空速长距离的技术^[8]。物理层或无线调制用于建立长距离通信链路,许多传统的无线系统使用频移键控(FSK)调制作为物理层,因为它是一种实现低功耗的非常有效的调制。MAC 层协议,主要由程序控制来实现,其实现了通信之间的多信道通信、信道管理和切换、自适应传输速率、定时收发,节点接入校验与数据加密等功能,LoRaWAN 还可以消除硬件之间的不兼容,比如同一系统中出现多种 LoRa 设备,这时 LoRaWAN 就起到关键作用。线性扩频已在军事和空间通信领域使用了数十年,因为其可以实现长通信距离和干扰的鲁棒性。

2.2 感知层硬件设计

控制模块采用选择使用 STM32F103ZET 最小系统板,

传感器模块的选择主要针对植物生长环境(二氧化碳浓度、土壤湿度、空气湿度、温度、光照强度)进行检测,使用 CCS811 检测二氧化碳, HDC1080 检测温湿度, YL69 检测土壤湿度, GY302 检测光照强度,这些都是植物生长的必须元素,下面分别介绍传感器模块:

二氧化碳浓度传感器采用 CCS811,是基于剑桥 CMOS 传感器独特的微-热板技术使气体具有高可靠性的解决方案的传感器^[9],具有非常快的循环时间和与传统 MOX 气体传感器显著减少平均功耗,并且具有长期的使用寿命和可靠的稳定性。其原理是利用金属氧化物与有机化合物反应所构成的原电池效应,然后根据产生的电流的大小通过放大转换生成数字数据。传感器内置微型处理器,并且附带程序,当通电启动时,通过 IIC 总线发送指令,给传感器启动 BootLoader 程序,将传感器由休眠状态转换成测量状态,然后依次发送寄存器地址,再获取传感器数据。

空气温湿度传感器采用 HDC1080,是一种具有集成温度传感器的数字湿度传感器,其关键特性是它的低功耗。因为 HDC1080 大部分时间都是在睡眠中度过的,使得该设备适用于电池或动力收集。其在睡眠模式下具有典型的 100 nA 电流消耗,平均电流消耗最小。工作原理是空气中湿度变化产生不同电导率和热敏电阻因温度改变电阻发生变化。传感器内部设置有寄存器存放数据,也可以通过改变寄存器值改变传感器的工作状态,通过 IIC 总线与控制芯片进行通信。

土壤湿度传感器采用 YL69,通过电位器调节控制相应的阈值,湿度低于设定值时 DO 输出高电平,高于设定值时 DO 输出低电平,此功能常用于湿度阈值控制开关^[10]。比较器采用 LM393,工作电压很宽,保证了工作的稳定性。传感器蓝色的电位器是用于土壤湿度的阈值调节,顺时针调节,控制的温湿度会越大,逆时针越小。小板模拟量的输出 AO 可以和 AD 模块相连,通过 AD 可以获得更高的土壤湿度精确的值,也可以用数字输出 DO 与单片机相连,通过单片机检测高低电平,由此确定土壤的湿度。

YL69 土壤湿度模拟传感器根据土壤的湿度变化时电阻也将发生变化,这样传感器探头与假想电阻构成回路,假想电阻的变化与电流成反比与电压成正比,由此输出范围为 0~5 V,并呈比例变化。因没有具体数值可以衡量土壤湿度,可以采用相对湿度的表示方法,使用百分比表示湿度大小。

光照强度传感器采用 GY302, GY302 采用 ROHM 原装 BH1750FVI,光照强度范围测量输出范围从 0 至 65535 勒克斯,传感器内置 16 bit AD 转换器直接数字输出,省略复杂的计算。GY-302 内部设有光敏元件,在不同光照下产生不同的电流值,再根据复杂的实验数据,将电流数据跟光照强度勒克斯一一对应,可以直接输出照度范围为 0-65535 的数据,数据通过 IIC 协议于单片机相连,单片机就可以采集 GY-302 的数据越大,光照越强,进而得到测量光照强度的目的。

拍照模块选用 OV7670 是一款 30 W 像素输出拍照模

块,使用 640×480 的感光阵列,3.6 mm 焦距的镜头和镜头座,板载 CMOS 芯片所需要的各种不同电源,板子同时引出控制管脚和数据管脚,方便操作和使用。首先控制芯片对模块通过 SCCB 总线进行通信,然后对模块内部的寄存器进行写入数据,使模块能够正常工作,针对不同环境,观察其输出图像,再调整寄存器的值,自动影响控制功能包括自动曝光控制、自动增益控制、自动白平衡,自动消除灯光条纹、自动黑电平校准。图像质量控制包括色饱和度、色相、伽玛、锐度和 ANTI_BLOOM,模块内部控制芯片通过不同的寄存器值对感光元件的数据进行不同的处理。模块使用 8 M 晶振,通过内部倍频线路将总线频率调整至 24 M,调整输出窗口大小可以达到 30 fps,适合一些高灵敏度适合低照度应用和低电压适合嵌入式应用。

3 系统软件设计

为保证各层之间的正常通信,本系统在软件部分对传感器测量终端节点、LORA 基站和通信协议 3 个部分进行了有效设计。对终端节点的设计实现与 LORA 基站数据的交互,对 LORA 基站的设计实现与农业云平台服务器的传输,对通信协议的设计保证传输数据的准确性与可靠性,以下分别介绍。

3.1 测量端软件设计

测量端程序主要针对 STM32,使用 C 语言进行编程,程序首先应对 STM32 本身进行配置,然后确定所需要使用的库和 STM32 的外设,再添加工库函数。程序按语句先后执行,先配置系统时钟,给整个系统一个标准,然后配置内部总线频率,再跟据所需功能和 IO 口调整不同工作模式,调整中断向量表,配置 ADC、USART 和 IIC 外设,到此完成系统初始化。具体流程图如图 2 所示。

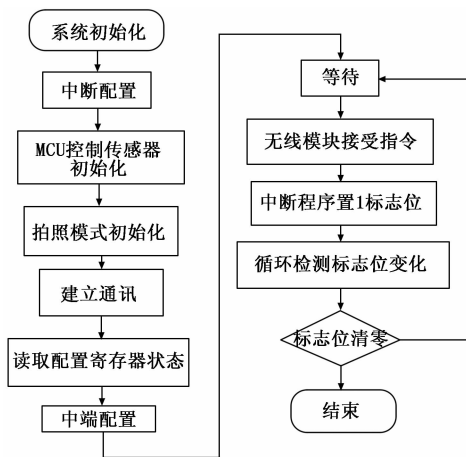


图 2 系统流程图

初始化后控制系统处于循环等待状态,不断判断标志位情况,等待由通信模块接收的指令,当接收到数据后,产生串口接收中断,标志位置 1,根据指令的不同,选择分支语句执行相应的函数,函数执行完毕后再置 0 标志位。若是初次运行则测量端的程序流程图可以分为 3 个部分,

一是初始化,二是等待指令状态,三是传感器通信获取数据和发送数据阶段。接下来就需当无线模块接收到指令,并通过片内外设 USART 发送给 MCU 寄存器中,系统产生中断,并开始执行中断程序置 1 标志位,中断程序结束,回到之前的等待循环检测阶段,因为标志位发生变化,程序判断为真后开始执行循环嵌套中的程序,然后取出存放在寄存器中的数据判断应该执行那一步操作。例如,测量、拍照还有通过控制继电器控制生产设备的运作,有电动卷帘用来控制阳光强度,当光照太强时有可能损害植物生长时,放下帘子降低植物收到的照射强度,同时也可以保证温室模型内的温度,可以通过加厚帘子在每天清晨打开使温室升温,晚上太阳下山后放下帘子进行保温。还有在温室内设置电动喷雾器和风扇,当温度升高时,通过造雾打开风扇增加空气流速,降低温度;同时还有水泵和光照系统,增加湿度和光照强度,必要情况下再对植物环境进行改变。要通过无线模块建立通信,保证数据的正常传输,接下就是不断循环进入等待状态。

3.2 监测端软件设计

监测端包括上位机界面及手机 APP 设计。

上位机界面程序由 Visual Basic 语言进行开发,电脑在这里模拟了服务器的功能,相当于从测量端发送的数据通过网关直接传入电脑中保存起来,忽略服务器环节。设置计时器,通过计时器每达到一个固定时长,就执行一遍串口发送指令程序,相当于发送至网关,网关再发送给测量端执行相应的动作。也可以进行手动控制,这时自动管理环节关闭,所有动作均需要人为手动完成。图 3 为上位机设计界面。

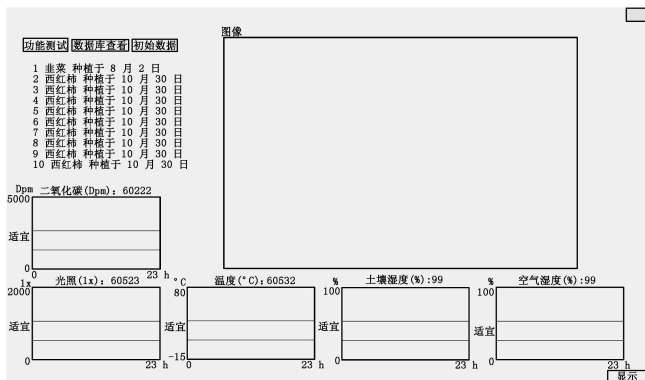


图 3 上位机界面设计

测量端返回的数据先根据日期和设备号保存起来,然后根据当前数据分析农场的生产状态,再改变相应的环境。程序的运行过程大概可以分为两部,软件打开之后就直接进入自动控制阶段,这是根据固定时间通过串口发送给无线模块指令,然后等待测量端返回的数据,电脑接收到数据后先对数据保存在缓冲区中,判断数据是否正常,若异常则需要丢弃数据,若正常放入数组中导入到文件中,文件按照当天日期加设备号进行编号,方便日后进行历史数据的查看。点击数据库查看按钮弹出下图对话框,选择日

期后点击确定就可以直接在主界面的显示区进行显示，通过每天进行多次测量将数据按照比例通过像素点在界面上进行绘折线图，这就可以方便人们进行直观的感受数据的变化，从而了解到植物生长的状态。同时可以点击显示按钮查看图像。

手机程序由 JAVA 语言进行编写，使用 Android Studio 软件进行界面和程序内核开发，手机程序目前用蓝牙模拟网络通信，在这里手机需要与电脑连接，相当于与服务器来连接。当通信建立完毕后，查看数据对生产设备进行控制运行，相当于一个微小版的电脑程序，只完成部分功能，但这时手机拥有移动性，所以对实地有着优势。手机端的 UI 界面如图 4 所示，共有 3 个窗口，主要的功能相当于移动遥控器，针对的也是便携性，有时候人们可能需要进行实地观察，如果电脑不方便进行查看数据或控制设备运作，这时手机就有了存在的必要，它所完成的功能相当于电脑端的手动控制按钮。



图 4 手机端测试图

用户打开软件，需要用户授权给软件进行操作硬件，获取完成后点击连接按钮，先要跟电脑建立通信，这里因为使用电脑进行模拟服务器操作，所以跟电脑通信即可，选择使用手机自带的蓝牙与电脑建立连接，然后再通过日期按钮选择需要查看的历史数据日期，一定要先对日期进行选择否则程序会出现崩溃，主要完成的功能区再功能开关里边，这里通过历史获取按钮将刚才选择的日期发送给电脑，电脑执行数据库查看的功能，再将文件发送给手机端，手机解码文件整个传输过程完成。也可以点击测量进行实时测量和以上的功能按钮方便进行主观控制，相当于完成的是电脑端功能测试按钮。

4 系统测试与结果分析

4.1 实验室模型测试结果

首先，STM32 要先通过 AS32TTL100 与网关建立连接，使得 STM32 将收集到的数据可以通过网络上传至服务器中，这样也才能有智能分析、人工监督的过程，并且可以接收来自服务器的指令，根据指令执行相应的动作，如

测量、补充光照、补充水分、通风等等。然后是建立传感器与 STM32 的通信，采用的传感器中内置了处理芯片，以进行 AD 转换，不同环境下的寄存器配置和数据读取，CCS881、GY302、HDC1080 都是通过 IIC 进行通信，STM32 建立模拟 IIC 通信，获取传感器的数据然后存储至内存中并进行发送。其次，通过 STM32IO 口的置高和置低，控制继电器开关，以达到控制生产设备的运行。同时设计拍照系统进行图像传输，这样人们可以直接通过软件观察植物生长而不需要耗费大量人力进行实地观察，人们可以及时的发现植物病虫害等问题，再及时决定是否补充肥料和喷洒农药。

PC 端软件首先通过网络选择日期从服务器中取出历史数据，然后将数据通过绘制到窗口界面以供人们进行直观的判断，人们也可以人为的进行干预，通过发送指令到接收端，接收端接收到指令再控制生产设备的运作。同时，当种植的是不同的植物时，就需要不同的植物生长数据库，通过软件改变种植植物来进行不同的控制。手机端的目的是便携性，人们在进行实地观察时，如果发现问题可以直接通过手机发送指令到测量端进行控制，功能是与 PC 端一样的，也是与服务器进行互动，可以查看历史数据，实时控制，图 4 为手机端界面测试结果。

4.2 火龙果大棚测试结果

经过实验室测试证明该系统可行，选择某火龙果大棚进行现场测试，主要测试参数为大棚内温度、空气湿度、土壤湿度、大棚二氧化碳浓度及棚内光照强度（为保证火龙果生长，该大棚下午四点为开灯时间）。图 5 为测试结果。

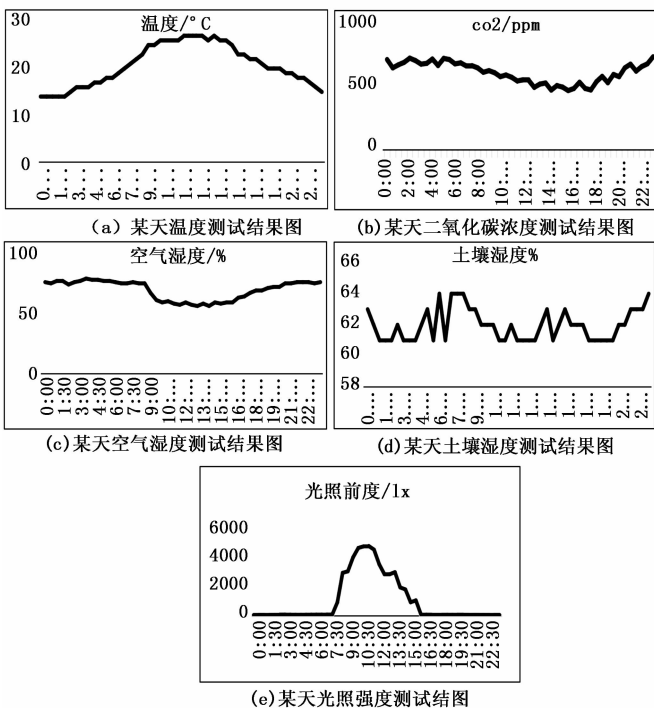


图 5 测试结果