

李 将,俞阿龙,蔡文科,等. 基于 ZigBee 和 GPRS 的温室控制系统研究[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):494-497.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.153

基于 ZigBee 和 GPRS 的温室控制系统研究

李 将¹,俞阿龙²,蔡文科²,李倩倩¹

(1. 南京工业大学自动化与电气工程学院,江苏南京 211816; 2. 淮阴师范学院物理与电子电气工程学院,江苏淮安 223300)

摘要:为了适应现代农业发展的需求,提高农业温室控制系统的智能化水平,提出了以 CC2530 处理器为核心组建 ZigBee 网络,结合 GPRS 无线通信模块和 Web 远程控制技术实现数据采集与温室设备控制的方案。该系统根据采集到的温度、湿度、照度、CO₂ 浓度等温室参数,与事先设定的环境参数进行对比,经分析后通过服务器控制软件 and 手机客户端实现对温室设备的远程控制。性能测试结果表明,该系统稳定、智能化程度高,具有广泛的应用推广价值。

关键词:农业温室控制系统;CC2530 处理器;ZigBee;温室控制;GPRS;性能测试

中图分类号: S126;TP273 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)10-0494-04

随着现代农业发展的需求,智能温室与当代科学技术的结合程度越来越高,实现了植物生长小环境中温度、湿度、照度、CO₂ 浓度等环境参数的自动检测和控制^[1],保证了植物全年能够不受外界因素影响地处于最佳的生长环境,从而提高产量,缩短生长周期。智能温室有很多普通温室所不具备的优点,符合现代农业发展的要求,是当今世界农业生产的发展

方向。目前,国内温室控制主要采用人工实地测试和有线监控方式,掺杂过多的人工经验^[2]。人工实地测试不能实时监测温室环境变化,更不能根据需求自动打开相应温室设备,无法满足现代温室农业控制系统的要求。有线控制方式布线复杂,性能不稳定,成本高,不利于提高温室大棚的利润率。因此,本研究提出了一种基于 ZigBee 无线通信技术的智能温室控制系统,结合 GPRS 以及嵌入式技术^[3],通过 Web 实现了数据和控制指令的无线远距离传输,系统集成度高,克服了原有智能温室控制系统的许多缺点,适合在农业中广泛运用。

1 系统总体设计

该系统以 CC2530 处理器为核心设计了采集数据的传感器节点和控制系统的执行节点。传感器节点、执行节点、协调器节点组成星型结构的 ZigBee 网络。WSN(无线传感器网

收稿日期:2014-09-18

基金项目:国家自然科学基金(编号:61350008);国家星火计划(编号:2012GA690166);江苏省高校产业化推进项目(编号:JHB2012-55)。

作者简介:李 将(1989—),男,安徽阜阳人,硕士,主要研究方向为无线传感器网络与智能系统。E-mail:1052691819@qq.com。

通信作者:俞阿龙,教授,主要研究方向为测控技术。E-mail:yal@hytc.edu.cn。

养液电导率由 0.2 mS/cm 上升至 1.1 mS/cm,此时营养液的 pH 值会迅速下降;系统自行将营养液微调整至设定值 1.2 mS/cm,酸碱度调整至 pH 值为 6,此时需经过较长时间达到平衡,通过蠕动泵增加流量以提高调酸速度。

4 结论

通过物联网技术将精密温室中的各种传感器互联,不但可以实现对农作物的自动管理,而且可以通过互联网远程监控。光量传感器部分采用非晶硅太阳能板,当光量在 350 μmol/(m²·s) 以下时,传感器可在保证精确控制的基础上大幅降低成本。适用于精密温室内环境的无线监控系统,可对风、光、水、养、气进行监控,系统可依照使用地点不同、PICNIC 安装数目以及使用传感器种类而更改软件设定,使系统能够很容易移植到相应的农田并易于扩展。控制策略以条列方式进行处理,对控制要素进行扩充,使系统在控制设备的应用更具多样化。

无线监控系统要对设备进行精确控制,无线网络需要有很强的稳定性;因此,必须根据实际环境更改无线接入点的数量,在相对集中的温室或大棚中采用有线网络传输,使系统消除因其他无线网络干扰等带来的不稳定性。

参考文献:

- [1] Decagon Devices. ECH₂O Dielectric Probes vs. Time Domain Reflectometers(TDR) [EB/OL]. [2015-04-20]. <http://www.deca-gon.com>.
- [2] Fukatsu T, Nanseki T. Monitoring system for farming operations with wearable devices utilized sensor networks[J]. Sensors, 2009, 9(8): 6171-6184.
- [3] 陈一飞,杜尚丰. 对农业大系统控制若干问题的思考[J]. 农业工程, 2011(1): 8-13.
- [4] 程秀花,毛罕平,倪 军. 基于 CFD 的自然通风玻璃温室湿热环境模拟与测试[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版, 2010, 31(3): 90-94.
- [5] 陈正法,梁称福,李文祥,等. 空气循环式塑料大棚蓄热除湿装置及运行效果[J]. 农业工程学报, 2009, 25(3): 158-163.
- [6] 郑丽萍,何东健. 基于 S3C2410A 的农田土壤信息采集平台设计[J]. 农机化研究, 2008(6): 82-85.
- [7] 王石磊,郭艳玲,付志刚. 基于 ARM 的温室环境控制系统研究[J]. 林业机械与木工设备, 2008, 36(4): 19-21.
- [8] 唐 娟,王文娣,吕长飞. 基于新型 AVR 单片机的温室测控系统[J]. 微计算机信息, 2007(26): 138-139, 184.

络)节点上集成了空气温湿度、照度及 CO_2 浓度传感器,测到的数据经 ZigBee 网络上传给协调器节点,协调器节点对接收到的数据进行初步处理并存储,发送给 GPRS 模块,经由移动 GPRS 网络及 Internet 网络,最终传给指定 IP 地址的终端服务器[4]。服务器将接收的数据存入数据库,客户端通过智能手机或连接网络的电脑从数据库获取数据,以曲线和读数 2 种方式进行显示[5]。若采集的环境数据超出预先设定的参数范围,系统会发送警告信息提醒管理者注意并按相应的逻辑控制关系自动发出控制指令,经由互联网、移动 GPRS 网络和 ZigBee 网络,反向发送到 WSN 执行节点,以控制相应设备的启停,达到控制环境参数的目的。系统总体框见图 1。

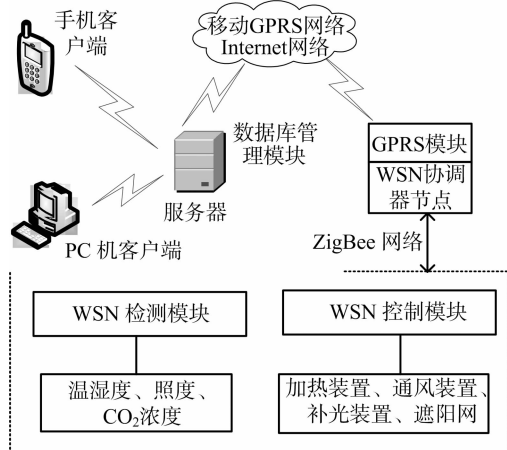


图1 农业温室控制系统总体框架

2 系统硬件设计

2.1 传感器节点硬件设计

传感器节点是农业温室控制系统最基本的元素,主要负责采集温度、湿度、照度、 CO_2 浓度等环境参数。传感器节点主要由传感器模块、CC2530 模块和电源模块 3 部分组成,硬件框见图 2。系统所使用的数字温湿度传感器 AM2301/DHT21 是一款含有已校准数字信号输出的温湿度复合传感器。照度传感器采用 ROHM 原装 BH1750FVI 芯片,直接数字输出,模块内部包含通信电平转换,标准 NXP IIC 通信协议,

测量精度高,工作温度在 $-40 \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内,能适应条件恶劣的环境。 CO_2 浓度检测方面采用“快乐海岸”MG811 高性价比 CO_2 浓度传感器,受温湿度的变化影响较小,具有良好的稳定性和再现性。测量范围 $350 \sim 20\,000\text{ mg/L}$,输出 $4 \sim 20\text{ mA}$ 的线性信号,可满足农业温室的要求。

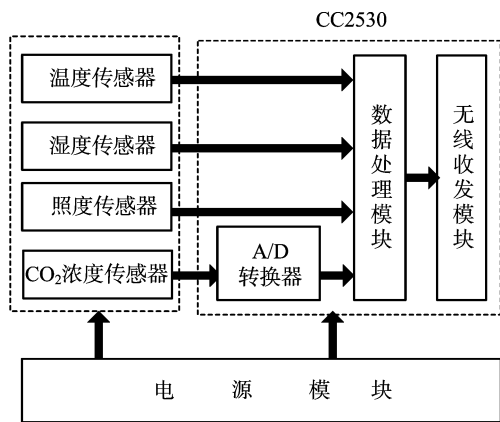


图2 传感器节点硬件框架

2.2 执行节点硬件设计

执行节点由 CC2530、继电器、温室设备和电源 4 部分组成。执行节点是实现整个系统功能的重要环节,在温室控制系统中起着控制温室设备以调节环境参数的功能。

CC2530 集成了业界领先的 RF 收发器,增强工业标准的 8051MCU、8 kB 的 RAM、ADC、USART、DMA 等功能部件,因此主模块只需很少的外围元件,就可构成满足节点功能的主控模块,实现系统所需功能。CC2530 外围电路见图 3,主时钟晶振采用 32 MHz 无源晶振和 32.768 kHz 时钟晶振,无线 RF 模块外围电路采用阻抗匹配网络,且模块内部都选用质量较好的电感器、电容器等元件,天线使用 $50\text{ }\Omega$ 鞭状负极性天线。在温室传感器节点和执行节点设计方面,CC2530 需要的功能和外围模块主要有 3 个部分:通过 A/D 口控制传感器模块进行数据采集;通过 I/O 口相应主机控制;控制无线 RF 模块完成数据的收发[3]。

执行节点设计部分 CC2530 通过继电器来控制各温室设备的启停,根据实际需要,本系统所设计的是一款带光耦隔离

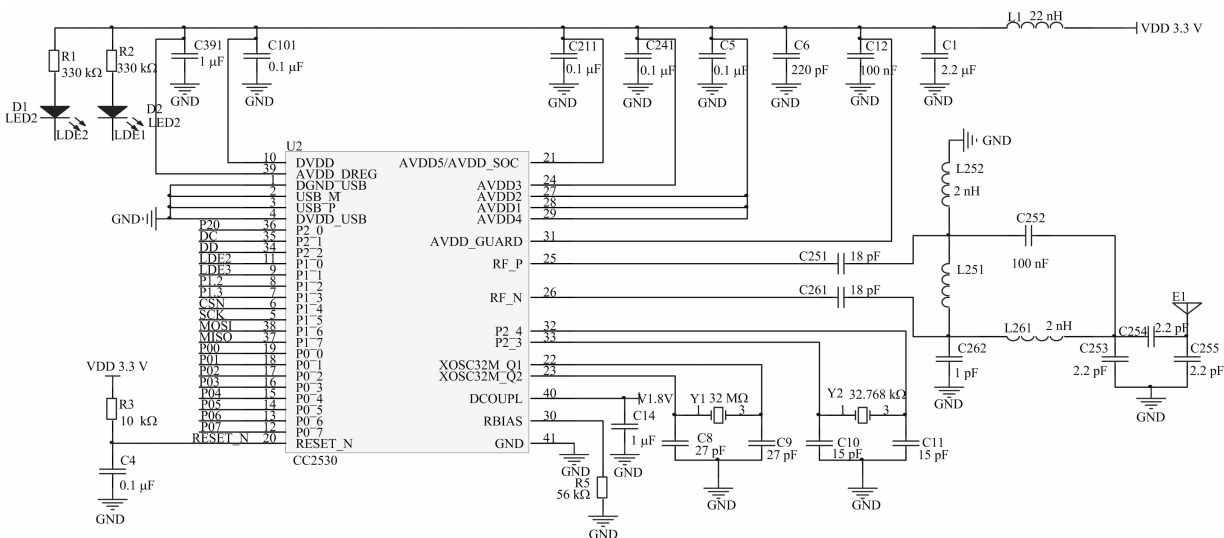


图3 CC2530外围电路

的八路继电器模块,性能稳定、抗干扰能力强,采用大电流继电器(AC250 V 10 A DC30 V 10 A),可以控制各种温室设备及大电流负载。具体的继电器控制原理见图4。八路继电器总共有10个接口:1个接地,1个接电源端,其余8个接口分别连接CC2530的P0_0至P0_7接口。具体工作原理如下:执行节点根据终端服务器发送的控制命令决定各输入口置高电平或低电平,置低电平信号时,电源端通过发光二极管回到输入端形成通路,发光二极管被点亮,光敏管受光照射产生光电流^[6],使输出端产生相应的电信号,该电信号使得三极管导通,经三极管放大后连通电磁铁,从而衔铁被电磁铁吸下来,进而打开相应的温室设备进行加温,通风等操作,控制温室内的环境因子。当输入端置高电平时,关闭相应的温室设备。各具体的温室设备限于篇幅本研究不作讨论。

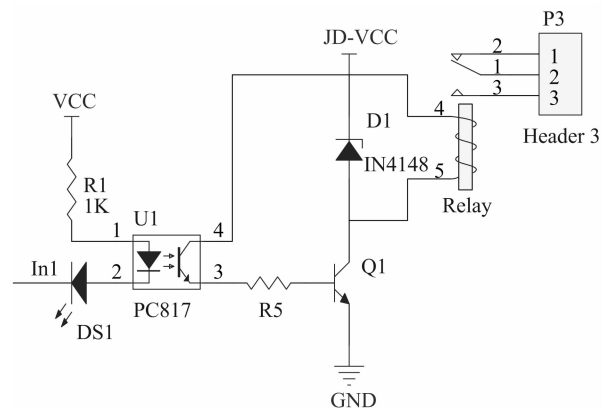


图4 继电器控制原理

2.3 GPRS 模块硬件设计

本系统根据厦门才茂提供的 GPRS DTU 设计了 GPRS 无线通信模块。该模块有标准的硬件连接电路,为了减少使用难度,内置了 TCP/IP 协议,它可看作是嵌入式微处理器与 GPRS MODEM 的结合,它具备 GPRS 拨号上网以及 TCP/IP 数据通信的功能,方便完成点对点、点对多点等复杂连接;提供串口数据双向转换功能,可以将串口上的原始数据转换成 TCP/IP 数据包进行发送,而不须要改变原有的数据通信内容^[7]。实现 IP 方式或动态 IP + 动态域名解析方式的模式。内部硬件连接示意图 5。

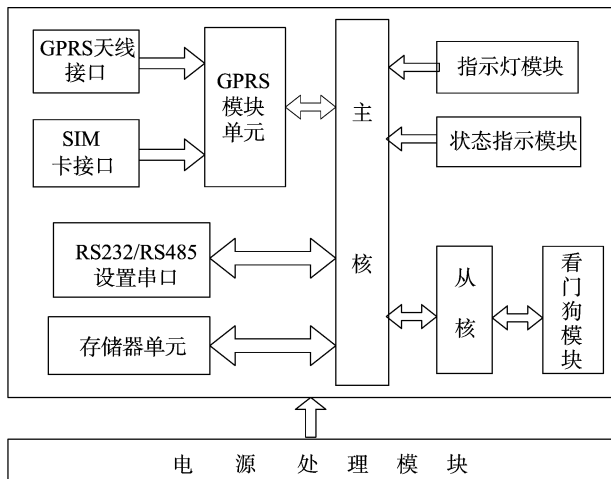


图5 GPRS DTU 内部硬件连接

3 系统软件设计

3.1 协调器软件设计

协调器流程见图 6。ZigBee 协调器主要负责组织整个网络,是整个系统信息传送的中枢环节。协调器处理各终端节点加入 ZigBee 网络的请求,节点成功加入网络后向协调器节点发送采集到的环境信息。同时协调器节点与 GPRS 模块组成嵌入式网关,负责与远程服务器进行通信,实现了数据和指令的远程无线传输。

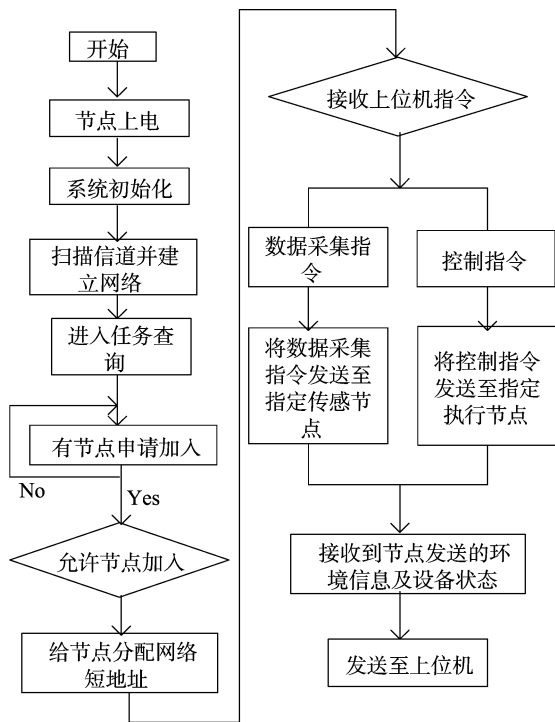


图6 协调器流程

3.2 服务器终端控制软件设计

系统采用 B/S 模式构建,客户端有着强大的自主功能,用户只需通过浏览器就可以实时监测温室的环境数据,根据与预先设定的参数进行比较,通过终端服务器控制软件或通过手机即可实现对远程温室现场发送相应的控制指令,以调节温室环境。服务器端控制软件采用基于 .net framework 3.0 的 C# 语言进行编写。运用多线程处理技术,让单个处理器都能使用线程级并行计算,提高 CPU 运行效率,进而提高程序处理与温室设备控制的效率,保证温室设备控制的时效性^[8]。服务器端与 GPRS 模块采用 TCP/IP 协议进行远程通信,主要完成了对温室内部的温度、湿度、照度、CO₂ 浓度的信息采集与管理,根据采集的数据信息,发送终端设备控制指令,实现对温室设备的远程控制。整个服务器软件部分包括 4 部分:负责与终端通信及链路检测软件、WEB 服务及访问控制软件、数据库管理软件以及环境参数设置及相应指令发送控制软件。服务器软件结构见图 7。

3.3 GPRS 模块软件设计

重点要解决信息的无线远程传输,因为这是远程控制功能实现的前提条件。本系统采用基于 GPRS DTU 所组成的 GPRS 模块与远程服务器端进行通信。GPRS 的通信具有速

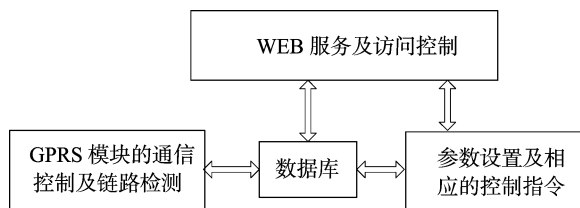


图7 服务器软件结构

度快、通信费用低、组网灵活等优点^[9],可适用于所有带串口

的终端设备,通过 GPRS 网络平台实现数据信息的无线和透明传输,服务器端软件将接收的数据包整理成 Modbus - RTU 协议的格式,通过电脑上的串口(或虚拟串口)发给服务器端控制软件使用。GPRS DTU 在使用前须要进行一定的配置,DTU 通电后,用 RS - 232 信号传输线(只用到 DB - 9 的 2、3、5 引脚,其他引脚必须悬空)连接到 PC 机的串口。在 PC 机上运行 DTU 配置软件。配置部分主要包括网络参数、DTU 工作参数、激活参数、短信中心号码以及协议参数的设定^[10]。具体的配置界面见图 8。



图8 DTU配置界面

4 系统性能测试与总结

系统分手动和自动控制 2 种方式,所谓的手动是指通过人工判断和数据分析后,管理人员通过联网电脑或移动手机通过 WEB 技术实现远程发送控制指令,以增强管理人员的能动性和干预能力^[5],提高系统的稳定性。

以江苏淮安地区黄秋葵的种植对环境参数要求为例对系统性能进行测试。测试结果表明,当环境参数超出设定参数时,管理人员会收到警告信息且服务器端会自动远程发送相应的控制指令,及时调节环境参数,使温室环境始终保持在最适合植物生长的状态,系统智能化程度高,可满足现代温室的要求。

系统的终端采集网络和远程数据的传送都采用了无线的方式,这使得整个系统更加灵活、成本更低,同时方便了系统后期的扩展;管理人员采用 Web 浏览的方式灵活、方便地访问终端环境数据采集,根据环境要求能及时、准确地发送相应的控制指令;采用 GPRS DTU 进行 GPRS 模块的设计,使得系统的集成度更高,性能更稳定。尽管本系统设计的初衷是应用于农业温室种植方面,但系统所采用的技术与原理具有很强的通用性,所以可以应用到其他领域的监测与控制过程中,因此本系统具有广阔的应用空间。

参考文献:

- [1] 梁学德. 基于 ZigBee 无线网络的智能温室环境监控系统设计[D]. 青岛:中国海洋大学,2012.
- [2] 过彩虹. 基于 ZigBee 无线传感器网络的温室大棚监控系统[D]. 南京:南京理工大学,2013.
- [3] 季 鹏,俞阿龙,贾芳芳. 基于 ZigBee 的混凝土施工信息无线监控系统设计[J]. 传感器与微系统,2013,32(11):83-85,88.
- [4] 孙丽婷. 基于无线传感器网络的农业大棚监控系统设计[D]. 大连:大连理工大学,2013.
- [5] 赵 伟,孙忠富,杜克明,等. 基于 GPRS 和 WEB 的温室远程自动控制系统设计与实现[J]. 微计算机信息,2010,26(31):20-22,11.
- [6] 宋吉江,牛轶霞,于春战. 光电隔离器的工作原理和应用[J]. 微电子技术,2001,29(5):55-57.
- [7] 宋 恺. 基于无线传感器网络的温室环境监控系统设计[J]. 电子世界,2013(17):141-142.
- [8] 刘翔宇,杨仁刚. 基于 GPRS 的负控终端远程 Web 监控系统[J]. 电网技术,2006,30(3):76-79.
- [9] 王永涛,吴艳英,李家春,等. 基于 GPRS DTU 的农业灌溉施肥智能化控制系统的应用研究[J]. 中国农村水利水电,2013(12):93-97.
- [10] 李笑涛,李 智. 基于 GPRS 和 Web 远程管理系统的设备监控终端设计[J]. 计算机与数字工程,2012,40(8):136-138.