

何 谐,井新宇. 基于 WSN 的互联型农业大棚智能测控系统[J]. 江苏农业科学,2016,44(12):364-367.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.12.113

基于 WSN 的互联型农业大棚智能测控系统

何 谐,井新宇

(江阴职业技术学院,江苏江阴 214400)

摘要:针对当前农业大棚的智能化、信息化、网络化需求,构建了一种互联型的农业大棚智能测控系统。系统前端由 WSN 负责大棚环境参数的采集和控制,利用 Zigbee 技术进行组网。网关产生本地控制策略以及与管理平台服务器进行信息交互,重点阐述了传感器节点和网关的设计。通过实地应用测得,该系统的 WSN 网络通信稳定,传感各节点参数采集精确,满足工程设计需求。

关键词: WSN; Zigbee; 网关; 互联型; CC2530

中图分类号: TP393; S126 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)12-0364-04

随着农业设施规模的逐渐扩大、自动化程度不断提高,国内外兴起了对农业大棚环境自动控制和智能化方面的研究。目前,我国大部分智能大棚仍采用有线方式进行测控,这种方式不利于扩展,且大棚空间有限,难以布局。因此,可利用无线传感网络(wireless sensor network, WSN)对农业大棚采用无线方式进行环境参数的检测与控制^[1]。目前,已建的一些智能大棚仅关注本地大棚的系统构建。2015 年政府工作报告提出“互联网+”行动计划,要求更多的农田信息进行融合,为摆脱这种单体模式,必须设计一种互联型农业大棚智能测控系统。

农业大棚植物生长环境的主要影响参数为空气温度、空

气湿度、土壤水分、土壤温度、光照等自然因素,可利用 WSN 中的传感节点,对大棚环境中的上述环境变量进行多区域采集,利用 WSN 中的执行节点,对当前环境参数进行调节,执行机构主要有排风扇、灌溉泵、补光灯、卷帘电机等。由于大棚环境复杂,这些自然因素和执行机构之间相互存在着非线性影响关系,很难进行单独调节。因此,互联型农业大棚智能测控系统还需将各种环境参数进行采集与对比、历史数据分析、在线建立模型;另外,对执行机构的控制效果也必须进行分析,建立专家决策库,根据效果对参数进行优化。

1 系统工作原理与整体架构

互联型农业大棚智能测控系统前端是 WSN,其组建采用近几年逐步新兴的 Zigbee 传输协议技术,它基于“IEEE 802.15.4”无线标准研究开发,是一种低功耗、低传输速率、高可靠性的无线网络技术^[2]。该技术组网灵活、成本低,非常适合农业种植环境下的参数采集,可进行长时间采集,无需人工干预且采集点可任意分散部署。WSN 主要由终端节点、路由节点和协调器组成,连接嵌入式网关和管理平台服务器,接入

收稿日期:2015-11-12

基金项目:国家自然科学基金(编号:61503161);江苏省信息融合软件工程技术研究开发中心开放基金(编号:SR201302);江苏省高等职业学校提升专业服务产业发展能力项目(编号:JYZY2012010413)。

作者简介:何 谐(1982—),女,江苏江阴人,硕士,讲师,研究方向为物联网技术、智能控制。E-mail:hexiel126@163.com。

[3] Kantar WorldpanelComTech. Smartphone OS market share [EB/OL]. [2015-04-03]. <http://www.kantarworldpanel.com/smartphone-os-market-share/>.

[4] 郭银巧,郭新宇,李存东,等. 基于知识模型的玉米栽培管理决策支持系统[J]. 农业工程学报,2006,22(10):163-166.

[5] 高 辉,仲晓春,王 云,等. 基于 PDA 的县域水稻精确施肥决策支持系统研究与开发[J]. 中国农学通报,2008,24(8):458-461.

[6] 涂运华,王东辉,赵春江. 基于 Windows CE 的 HPC/PDA 农业专家系统开发平台的研究与开发[J]. 高技术通讯,2000,10(10):28-31.

[7] 方 慧,何 勇. 基于 Windows CE 的农田信息快速采集技术[J]. 农业机械学报,2005,36(1):92-96.

[8] 欧阳建权,钱跃良,褚诚缘,等. 基于 PDA 的农业专家系统的设计和实现[J]. 计算机工程与应用,2002,38(2):30-31,114.

[9] 张荣安,胡建东,高知林,等. 基于 Palm OS 平台的农业施肥通 PDA 的研制[J]. 河南农业大学学报,2004,38(1):23-27.

[10] 杨林楠,郜鲁涛,林尔升,等. 基于 Android 系统手机的甜玉米病

虫害智能诊断系统[J]. 农业工程学报,2012,28(18):163-168.

[11] 吴沧海,熊焕亮,何火娇. 基于 Android 智能手机油菜病害识别系统设计[J]. 中国农机化学报,2013,34(4):257-260.

[12] 王安伟. 基于 Android 的手机农业专家系统的设计与实现[D]. 济南:山东大学,2011.

[13] 张 思. 基于 Android 的农业信息技术交流平台的构建[J]. 信息与电脑:理论版,2013(6):147-148.

[14] 张淑苗,张 伟,李 丽. 基于 Android 平台的农业新品种推广信息采集系统[J]. 农业信息网络,2012(3):17-19.

[15] Google Inc. DEPI Crop Disease [EB/OL]. (2013-09-09) [2015-04-03]. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.outware.cropdiseases&hl=en>.

[16] Google Inc. A&L Plant Disease Diagnosis [EB/OL]. (2014-01-24) [2015-04-03]. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.anyweb.plant&hl=en>.

[17] SQLite.org. Limits In SQLite [EB/OL]. [2015-04-03]. <http://www.sqlite.org/limits.html>.

互联网,其系统架构设计如图 1 所示。

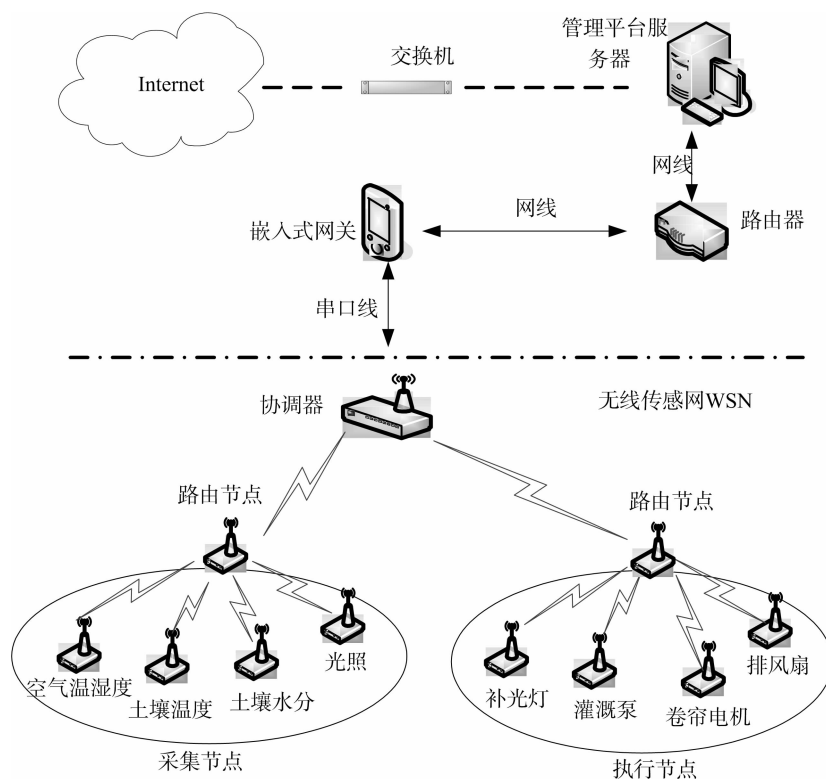


图1 互联型农业大棚智能测控系统架构

终端节点分为采集和执行 2 种功能,采集节点配置传感器电路部署在各个监测区域,采集环境参数信息,执行节点与执行机构相连。协调器是整个传感网络的核心,它负责传感网络的建立、连接、退出以及节点地址的分配,路由节点作为中间节点具有网络接力、扩大信号传输范围的作用。协调器将节点信息传输至嵌入式网关。嵌入式网关是 WSN 与 Internet 相连的一个信息交换中心,而管理平台服务器完成历史数据分析,优化专家决策库,同时以 Web 服务的方式为 Internet 上的其他用户提供农业大棚信息的浏览和监控并连接远程信息网络。

2 系统硬件设计

2.1 核心芯片 CC2530

WSN 各节点的核心处理器采用 TI 公司的新一代 SoC 芯片 CC2530,CC2530 内部集成 RF 收发器和 8051 微处理器,具有 2 个串口和 8 路 12 位的 ADC^[3],支持 Zigbee 网络协议栈 Z-Stack™。

2.2 终端节点

终端节点采用统一的底板,设计有电源、按键和显示电路,传感器电路或继电器电路、无线通信电路这 2 个部分采用接插的方式安装在底板上。采集节点接插传感器电路,执行节点则接插继电器电路。无线通信电路仅包含 CC2530 芯片,CC2530 的 RF_N 和 RF_P 引脚和发射天线相连发射和接收 Zigbee 无线信号。

2.2.1 空气温湿度传感器 空气温湿度测量采用瑞士 Sensirio 公司的 SHT11 高精度传感芯片,如图 2 所示,该传感

器可同时测量温度和湿度,采用二线制与 CC2530 通讯,直接输出数字量。SHT11 的 SCK 口和 DATA 口与 CC2530 的 GPIO 口相连,由 CC2530 控制定时获取空气温湿度数据。

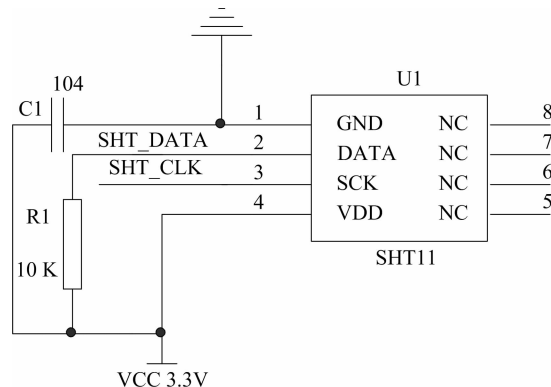


图2 温湿度传感器

2.2.2 光照度传感器 光照度的国际单位是勒克斯(lx),一般晴天正午的自然光照度在 50 000 lx,而阴天的自然光照度只有 500 ~ 1 000 lx,为适应特定作物的生长,可通过控制补光灯和卷帘保持农业大棚光照度在合适的范围内变化以达到最佳的作物生长效果。光照度的测量采用数字化的光照传感器 BH1750 芯片构成如图 3 所示的光照传感电路^[4]。可测量光照度范围为 0 ~ 65 535 lx,图中数据接口为 SCL 和 SDA,测得的光照度由 CC2530 控制器按 I²C 总线协议从 BH1750 芯片存储器中取得。

2.2.3 土壤水分传感器 土壤水分的测量是指土壤的相对含水率,也就是单位土壤总容积中水分所占百分数^[5]。FDR

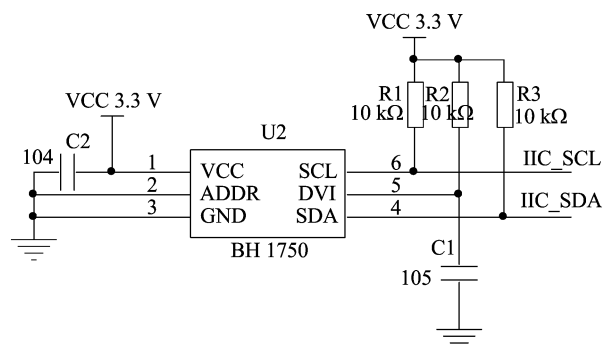


图3 光照度传感器

型土壤水分传感器的原理是利用电磁波传播频率测定土壤的介电常数,从而反映出土壤的水分含量,该传感器在使用时只

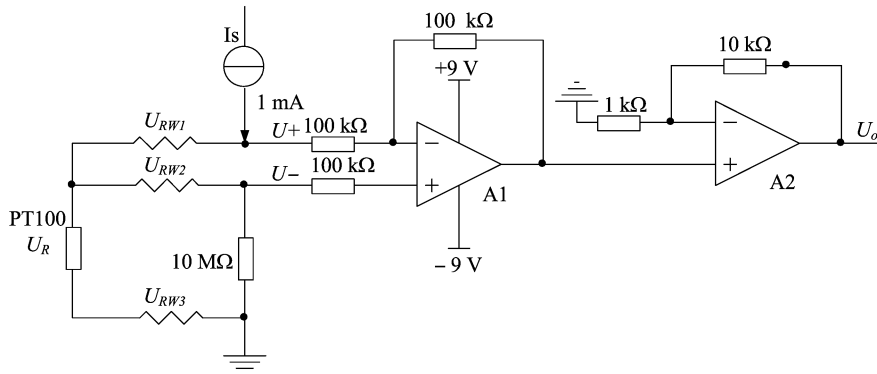


图4 土壤温度传感器

图4中 U_{RW1} 、 U_{RW2} 、 U_{RW3} 为铂电阻探头的3个线阻电压,由于探头等长,电压值相等,经过计算可得: $U_o = 10 \times U_R$,将 U_o 进行模数转换为 AD_value_2 ,由公式(2)可计算出当前铂电阻阻值,单位 Ω 。

$$R = \frac{AD_value_2}{65535} \times 3.3 \times 100. \quad (2)$$

铂电阻阻值 $R(\Omega)$ 与温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 存在对应关系,查询对照表可精确计算出当前土壤温度。

2.3 协调器和嵌入式网关

协调器电路由无线通信、电源、按键以及 SP3232 芯片组成的串口电平转换电路组成,通过 DB9 串口线与网关相连。嵌入式网关的核心是基于 Cortex - A8 内核的 CPU OMAP3530,集成2个串行接口,1个以太网接口,7寸触摸屏。嵌入式网关的串行口连接协调器,网关的以太网接口则用于 TCP/IP 的实时通信。

3 系统软件设计

3.1 Zigbee 组网设计

系统中,WSN 所有节点的软件设计都基于 TI 提供的协议栈 Z-stack 2.3.1 - 1.4.0,编程工具是 IAR Embedded Workbench。组网采用树形拓扑结构,增加了网络的覆盖范围,可容纳更多的终端节点,每个 CC2530 芯片具有全球唯一的 8 字节 MAC 地址。

Z-Stack 的数据传输经由 4 层,从上到下依次为应用层 (APP)、网络层 (NWK)、介质接入控制层 (MAC) 和物理层 (PHY)。处于最上层的应用层为所有传感器对象提供服务,

需将探针插入土壤,输出电压信号 $0 \sim 2 \text{ V}$,对应土壤含水率在 $0 \sim 100\%$ 之间变化。

土壤水分传感器电路的电压信号与 CC2530 的 AD 输入口相连,得到数字量 AD_value_1 ,可利用公式(1)计算出土壤含水率 P ,式中 3.3 为基准电压值,52.1% 为多次测量后的标定参数。

$$P = \frac{AD_value_1}{65535} \times 3.3 \times 52.1\%。 \quad (1)$$

2.2.4 土壤温度传感器 土壤温度的测定所采用的传感器探头是传统的铂电阻,铂电阻探头的阻值变化与温度有关。系统采用三线制的铂电阻探头,利用图4所示的运放电路来消除线阻值的影响。

也是对开发者透明的一层,本系统应用层规定各节点传感器和执行命令数据按表1所示的协议格式进行封装。

表1 数据传输协议格式

| 帧头 | 长度 | 目的地址 | 父节点 | 类型 | 数值 | 校验和 | 8 字节 MAC 地址 |
|----|----|------|-----|----|----|-----|-------------|
|----|----|------|-----|----|----|-----|-------------|

协议格式中,类型用以区分终端节点的具体功能,数值部分为具体的采集值,而 MAC 地址用以定位到具体某个节点,协调器获取的数据及命令按上述格式由串口输出输入。

3.2 基于 TCP/IP 协议的网关应用程序

嵌入式网关的功能不仅能实时管理 WSN 中的各个节点,还具有本地决策和接收远程决策信息的双重能力。嵌入式网关的应用程序是在 Linux 操作系统的基础上,用 QT 工具进行编写。网关工作流程如图5所示。

上电初始化后,网关就开始监听串口或 TCP/IP 的 Socket 事件,如果收到的是协调器发来的信息,则采集数据、显示并作相应的处理,如果收到以太网数据则处理管理平台服务器发送的指令,同时还判断触摸屏有无发送本地控制指令。

网关内带决策系统,当判断到采集的传感器数据超出合理的范围,立刻查询本机决策系统,控制灌溉泵、电磁阀、排风扇、卷帘电机、补光灯等相关执行器工作,执行器工作参数可以在网关界面上进行设置,也可由管理平台服务器远程设置。

3.3 管理平台服务器设计

管理平台服务器功能结构与网关基本相同,采用微软 VS 集成开发环境和 SQL 数据库管理软件编写,一方面以 C/S 体系结构与网关交换数据,集成了数据采集、节点状态管理、历史报表、曲线显示、阈值报警、决策优化管理等功能;另一方面采用 B/S 结构,以 Web 服务的方式为 Internet 上的其他客户

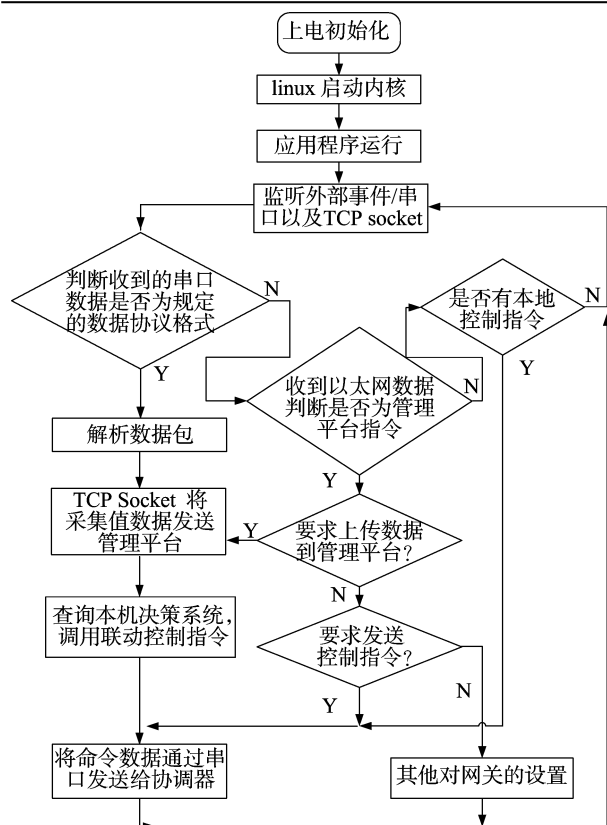


图5 网关工作流程

提供网页浏览和管理控制^[6]。

4 系统性能测试

系统在江苏江阴阳光生态园玻璃大棚实地测试,测试大棚面积为 200 m²,按每 5 m² 分布 1 个土壤水分测试点和 1 个土壤温度测试点,每 10 m² 分布 1 个空气温湿度测试点,10 个光照度测试点分散挂载在大棚顶端,按区域分布 4 个路由节点,安装时各节点满足天线与地面垂直^[2]。Zigbee 发射信道统一选择信道 11, PANID 为 0xa1b2。

随机抽取不同距离的节点对协调器发送数据,对数据丢包率进行测试,测试时间为 1 h,设置节点为定时 5 s 发送,测试结果如表 2 所示。

由表 2 可知,在 10 m 以内的较近传输距离下,传输丢包率为 0,较远距离节点的丢包率基本在 4% 以内。控制丢包率的主要措施是增加各节点的发射功率以及增加节点与协调器之间路由节点的数量。

对传感节点采集的数据进行采集误差的测试,每种传感器随机测试 20 次,间隔 1 h。传感节点采集结果与高精度测

表 2 节点距离与数据丢包率关系

| 节点距离 (m) | 节点发送数据次数 | 协调器实收数据次数 | 丢包率 (%) |
|-------------|----------|-----------|------------|
| 5 | 720 | 720 | 0 |
| 10 | 720 | 720 | 0 |
| 20 | 720 | 719 | 0.14 |
| 40 | 720 | 711 | 1.25 |
| 60 | 720 | 704 | 2.22 |
| 80 | 720 | 692 | 3.89 |

试仪器同时同地测得的结果进行比对,如表 3 所示:采集结果的平均误差都在允许的范围之内,系统所使用的传感器节点的采集精度满足设计要求。

表 3 传感节点测量范围与采集误差

| 传感器节点类型 | 测量范围 | 测量平均误差 |
|----------|------------|--------|
| 空气温度(℃) | 0 ~ 50 | ±0.56 |
| 空气湿度(RH) | 0 ~ 99% | ±2.4% |
| 土壤温度(℃) | -50 ~ 100 | ±0.34 |
| 土壤含水率 | 0 ~ 99% | ±1.8% |
| 光照度(lx) | 0 ~ 60 000 | ±43.4 |

5 结论

设计了一种互联型农业大棚智能测控系统,能对农业大棚内温湿度、土壤温度、土壤含水率、光照度进行采集与控制,实时监测大棚作物生长环境,在线决策与优化控制系统。该系统运行效果表明,数据采集精确度高,WSN 工作传输性可靠。管理平台服务器为远程监控和用户浏览提供了便捷。从长远来看,系统必须进一步加强与农田信息网络的深度融合。

参考文献:

- [1] 蔡文科,俞阿龙,李 将,等. 基于 WSN 的大区域农田土壤远程监测系统[J]. 农机化研究,2015,9(9):77-82.
- [2] 李正民,张兴伟,柳宏川. 基于 CC2530 的温湿度监测系统的设计与实现[J]. 测控技术,2013,32(5):25-28,39.
- [3] 包长春,石瑞珍,马玉泉,等. 基于 ZigBee 技术的农业设施测控系统的设计[J]. 农业工程学报,2007,23(8):160-164.
- [4] 杜尚丰. 智能光照传感器的研制[J]. 仪器仪表学报,2003,24(增刊2):298-299.
- [5] 高峰,俞 立,张文安,等. 基于无线传感器网络的作物水分状况监测系统研究与设计[J]. 农业工程学报,2009,25(2):107-112.
- [6] 张 猛,房俊龙,韩 雨. 基于 ZigBee 和 Internet 的温室群环境远程监控系统设计[J]. 农业工程学报,2013,29(增刊1):171-176.