

# 一种农田环境远程监测系统设计与实现方法

蔡绍堂<sup>1</sup>, 麻硕琪<sup>2</sup>, 乐英高<sup>1,3</sup>, 任小洪<sup>1</sup>, 曹莉<sup>1</sup>

(1. 人工智能四川省重点实验室, 四川 自贡 643000; 2. 四川理工学院机械工程学院, 四川 自贡 643000; 3. 材料腐蚀与防护四川省重点实验室, 四川 自贡 643000)

**摘要:**针对传统农业监测系统存在通信成本高、验证水资源消耗能力弱、难推广等问题,结合农业灌区环境智能监控系统的优化,构建了一套基于无线传感网络的新型农田灌区远程智能监测系统。整个网络系统将源节点(环境感知节点)和目的节点与单片机 STM32 和 CC2530 片上系统相结合,整套系统对灌区环境用水品质、用水量、环境温湿度、土壤含水量等环境数据进行实时采集、传输、监测。与此同时,移动用户可使用互联网对终端数据中心进行远程访问和监测。在试验农田灌溉区搭建了整套物联网测试系统,对所述系统进行了功能检测。检测结果表明该套系统对试验农田灌溉区环境信息进行了实时准确地监测,对反馈数据建立了方便调用的数据库,为提高农业生产效率和质量做出了根本指导。

**关键词:**农田环境;STM32;CC2530;无线传感器网络;数据采集

**中图分类号:**TP273

**文献标志码:**A

## 引言

在农业生产中温湿度、土壤酸碱度、水含量、无机盐等诸多环境因素都至关重要,它们都直接影响到农产品生长质量<sup>[1]</sup>。在对农业生产环境信息采集过程中常伴随着信息类型复杂、实时变化、采集面广泛、空间结构复杂等障碍因素,当物联网技术被广泛的运用于现代化农业生产中后,事实证明物联网技术很好地克服了环境信息采集障碍,对提升农产品质量、节省劳动力、改善农业生态环境都存在重要意义<sup>[2]</sup>。

农业物联网是指通过部署在农产品生长环境中的各类型传感器检测环境信息,对信息按特定网络协议传

输,并对所采集的相关信息作出智能分析,进而调控决策,再通过智能调控系统进行优化生产<sup>[3-4]</sup>。农业物联网将农业系统中动植物、环境要素、生产工具等生物生命体和机械部件与互联网连接,实现信息交换与通信,以实现对农业生产过程中智能化识别、定位、跟踪、监测和管理的一种新型网络<sup>[5-6]</sup>。目前国内外许多学者都对农业物联网做了大量的研究。李兴霞<sup>[7]</sup>通过 GPRS 网络技术对农业环境进行远程监控,并建立数据分析处理服务中心,平台基于 B/S 模式与 Arc - GIS 图像处理服务,对该系统进行维护与优化。朱绍明等人<sup>[8]</sup>设计了基于 ARM9 嵌入式的数据采集装置,装置由 CPU 芯片 S3C2440、GPRS 模块、传感器模块、电源模块等组成;并

收稿日期:2017-09-25

基金项目:国家自然科学基金(11705122);人工智能四川省重点实验室开放基金(2017RYJ01);材料腐蚀与防护四川省重点实验室开放基金资助(2017CL09);四川理工学院人才引进项目(2017RCL10);四川理工学院研究生创新基金(y2017036)

作者简介:蔡绍堂(1992-),男,四川遂宁人,硕士生,主要从事智能控制、智能信息处理、物联网、传感网络方面研究,(E-mail)18855214@qq.com

通信作者:乐英高(1985-),男,湖北咸宁人,讲师,博士,主要从事智能信息处理、物联网、传感网络方面的研究,(E-mail)yueyinggao2006@163.com

通过 GPRS 模块与移动设备进行无线通信,实现了远程监测的功能。蒋圆圆等人<sup>[9]</sup>讨论了通过 ZigBee 技术对农田环境数据采集终端进行数据传输,通过 Internet 与 GPRS 实现控制中心与监测现场通信。刘刚等人<sup>[10]</sup>提出了基于 WIA-PA 无线传感网络标准,并结合 STM32 开发出一套应对干扰和障碍物能力较强的农业环境监测系统。

为了进一步提高农业灌区智能化水平,建立更适合农作物生产的稳定环境,实现精准灌溉,降低生产成本,本文将无线传感网络(Wireless Sensor Networks)与智能农业灌区相结合,设计了一套能实时采集、传输、监控灌区农作物生长环境数据的农业灌区智能监测系统。该系统具体对农业灌区的水质、土壤酸碱度、空气温湿度、土壤湿度、灌溉用水量等与农业生产相关的信息做了监测,利用 ZigBee 无线通信协议和上位机进行通信、数据传输,为智能农业灌区环境监测提供了新的监测方法。

### 1 农田环境总体系统设计

实现灌区信息准确化、精细化、智能化是农业灌区环境监测系统设计根本,通过收集农业灌区环境参数(温湿度、pH 值、光照强度等),并且将实时数据反馈至数据处理中心或者远程监控用户,网络通过数据进行自分析、自决策以给予执行机构,为农作物生长提供最优化生长环境<sup>[11-12]</sup>。智能农田灌溉物联网系统结构如图 1 所示,前端信息的采集与传输是面向农田环境的传感器网络监测系统中最重要的一环<sup>[13]</sup>,这是整个系统设计的根本,根据国内外研究经验,找到一个合适的网络部署方法和节点低功耗方法,监测系统由无线传感器监测网络和远程数据中心两部分组成。

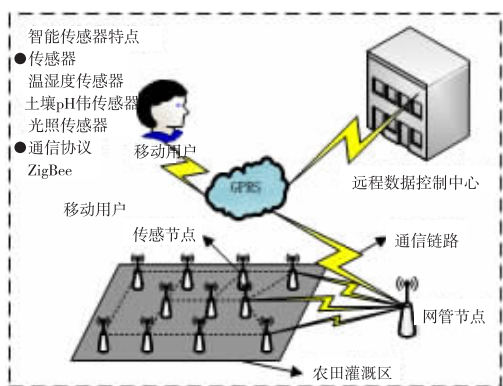


图 1 智能农田灌区系统结构示意图

无线传感器监测网络由分布在农田中的多个智能传感器节点组成。首先,主控中心接收灌区的相关信息,并通过显示屏直观地显示出来;然后,数据库储存所有采集信息,系统分析得出综合环境参数,移动用户可以用移动设备对农田灌区信息进行实时监控。传感节点硬件设计架构图如图 2 所示。其中包括温度传感器 DS18B20、温湿度传感器 SHT11、光照传感器 HA2003 等。传感节点硬件设计主要包括各传感器模块与接口设计和通信模块与接口设计等,例如土壤温湿度模块、环境温湿度传感器模块、环境光照强度模块、系统无线通信模块、摄像头接口、显示屏和电源设计等。

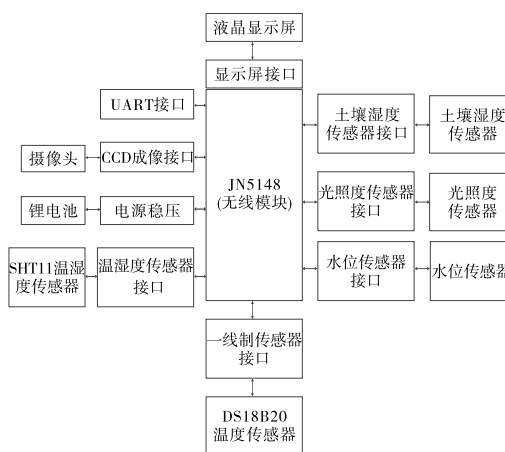


图 2 传感节点硬件设计架构图

### 2 农田环境传感网络硬件设计

农田环境无线远程监控系统硬件设计主要包括网关节点设计和普通传感节点设计两个部分组成。

#### 2.1 网关节点设计

网关节点的硬件架构如图 3 所示。主控芯片为 STM32F103ZET6,其主要作为微控制器对网关节点系统各部份进行协调控制,稳压接口一端连接稳压模块,主要是将系统电压维持在 3.3 V,以保障电路安全。上位机接口连接操控液晶显示屏供显示操控。锂电池模块向整个网管系统中的各节点与硬件操控系统提供稳定能源。USB 转串口与 J-LINK 模块方便与上位机进行通讯,方便控制软件调试。利用无线通信模块基于 ZigBee 网络协议结合 CC2530 片上系统联系整个网络中的网关节点。整个网关节点系统硬件设计实现了农田灌区环境信息的采集和上传,并且实时储存上传信息,同

时各个网关节点可通过手机移动用户或者利用操控液晶屏进行调控。

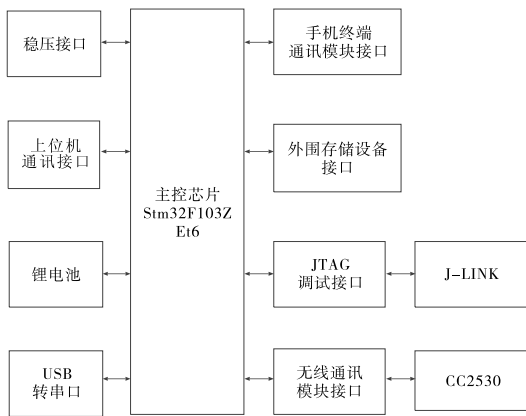


图 3 网关节点硬件设计架构图

### 2.2 传感器节点硬件设计

普通传感节点硬件结构包括传感模块、通信模块、数据存储模块、数据传输模块、电源模块和接口模块等组成<sup>[14-16]</sup>无线传感网络中通用传感器节点硬件结构。传感节点也称为源节点,本设计中,源节点传感器主要包括温度传感器 DS18B20、温湿度传感器 SHT11、光照传感器 HA2003、CCD 成像装置等。通信单元主要通过无线通信片上系统 CC2530 实现,数据传输至网关节点主要是根据 ZigBee 无线通信协议实现,数据储存单元连接 STM32 外接数据储存设备。各功能模块协同工作实现源节点正常工作,源节点处于无线传感网络构架的最底层,在接受由网关节点或者移动用户传来的命令后对农田灌区的环境信息做指向性实时采集,即需要什么信息则及时采集所需相关信息。基于智能农业灌溉系统的实际需求,设计的传感节点至少需要实现以下功能:

(1) 实时采集农业灌溉区域各项环境信息,包括土壤温湿度信息、空间环境温湿度信息、农业灌区光照强度信息、灌区灌渠水流量、土壤酸碱度信息、农产品生长图像。同时为保证网络故障发生率低,需要实时监测各节点能源信息,防止因能源不足造成节点失效。

(2) 通过液晶屏实时监测传感器节点信息。传统无线传感系统采取的工作模式一般是由源节点采集信息传输至网关节点,网关节点进行数据汇总传输至监控中心上位机,本设计考虑其灌区所采集信息空间结构复杂,且传感器节点受各种干扰因素较大,因此在传感节点设计了带液晶显示屏的嵌入式装置,更直观地反映各

传感节点的工作状态、信息采集效果,简化了监控操作难度,可以做到快速地现场局部调整。

(3) 多路径无线传输传感节点收集数据。无线传感网络数据传输的特点之一是可以实现多路由传输,以至于如果一个节点失效也不妨碍其他节点进行实时传输数据。农业灌区环境信息经由设计的多路由传输方式,各个传感节点之间建立网络,实现农业灌区环境信息多路由传输至网关节点,保障了农业灌区网络系统的鲁棒性与可靠性。

## 3 灌区传感网络软件设计

### 3.1 系统软件需求分析及分层设计

整个基于物联网感知层的农业灌区环境监测系统对于各个模块的功能实现都有明确要求。对于源节点要实现农田环境信息采集传输、构成的传感网络实现协同信息处理;对于网关节点要求其数据进行实时备份,实现监控功能,实现远程数据接收和传输,为移动用户直接提供相关信息数据。对于应用层,移动用户需要制作人机交互界面,监控中心上位机需要制作相关数据库,实现对数据的实时储存和实时调用。为方便设计与实现,对整个网络系统进行分层设计,根据实际需要,整个灌区监测系统层次划分如图 4 所示。

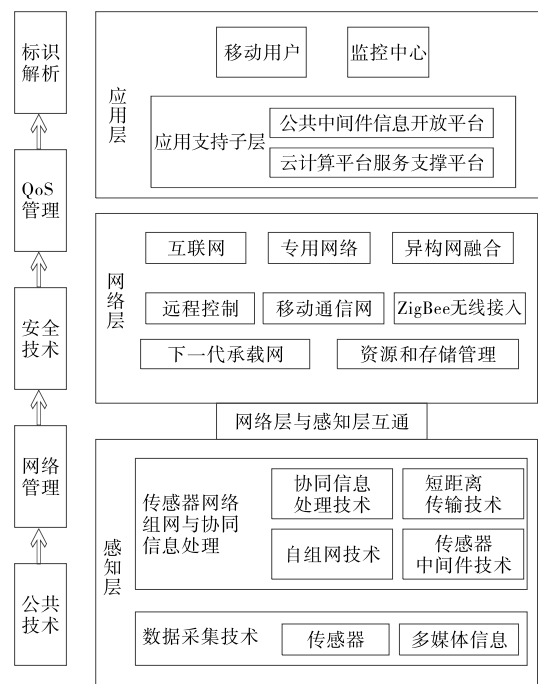


图 4 监测系统的体系结构

系统设计遵循了无线传感网络程序设计规范,应用

层的移动用户或监控中心通过网络层网络协议向网关节点发送相关采集指令,网关节点接收并传输命令至下一感知层传感节点,命令传输自上应用层传输至底层感知层。相反,在数据采集实现实时监控和数据储存上则是由感知层各传感器节点收集数据传输至网关节点,通过网络层网络协议传输至应用层供监控中心或者移动用户监控,并且在应用层做到历史数据调用。

### 3.2 传感网络通信协议设计

系统通信协议的设计是网络实现功能的重要过程之一,本设计选用 CC2530 片上系统建立了农田灌区无线网络节点传输机构,利用 ZigBee 低功耗局域网协议诸多特点,建立了基于紫峰协议为通信协议,CC2530 为片上系统的农田灌区环境网络监测系统。以下为网络通信协议具体要求:

(1) 网关节点与监控中心和移动用户网络通信协议

监控中心或者移动用户向网关节点发送针对农田灌溉区环境监测的命令,通过调试,主要对堆栈层和 MAC 层进行设置,保障应用层用户与网关节点的网络安全性<sup>[17-18]</sup>,建立二者之间可靠的链接。

(2) 网关节点与传感节点通信协议

传感节点和网关节点通过构建指令传输、确认传输和数据传输建立联系。指令传输主要目的是把网关节点接收到的命令指向性传输到各传感节点;确认传输主要是在网关节点和传感节点之间建立起安全可靠的传输路径;数据传输是指农田中的各传感器将收集到的环境信息数据传输至网关节点。本设计以 MSG 格式类型文件,组建了三种类型相关程序包。网关节点主程序设计如图 5 所示。

### 4 系统试验与结果分析

为了检测智能农业灌区传感网络系统能将农业灌区温湿度、储水设备水位、环境光照强度、土壤湿度、农作物图像等信息有效的传输至移动用户或者监控中心,本次检测对一块大小为 25 m × 10 m,灌区内作物为小麦的试验田进行了系统测试。试验田中安装了各类型传感器对所需数据进行采集,四个普通类型传感器节点通过无线网络传输至网关节点,本次测试中还安置了一个

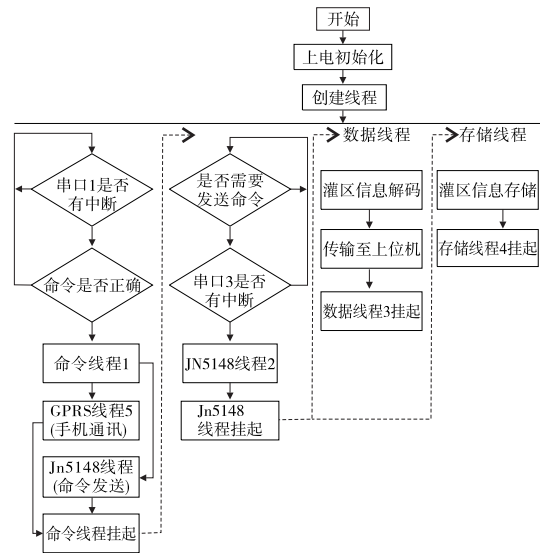


图5 主控系统软件设计流程图

CCD 节点和源节点电压节点,收集农作物生产图像信息,检测各源节点能源消耗。各种采集信息通过在源节点和目的节点之间建立的多路由传输协议和最优路径传输协议进行数据传输。

创建智能农业灌区环境监测网络时,安装好设备后,打开各节点能源开关,上电后根据设定网络协议,各源节点之间自动与网关节点之间建立链接,构成无线传感网络,待网络层与应用层实现通信后,打开系统上位机监控软件,如图 6 所示,通过可见的上位机控制界面对各传感器进行控制和监测。



图6 上位机控制界面

图 6 中上位机控制界面将农田环境采集到的数据实时上传到上位机,用户可以通过上位机控制界面实时了解每个传感节点上感知的温度、湿度、光照等信息。

为了方便用户查看农田环境参数,通过点击上位机

控制界面图中的“历史数据曲线”进入到图 7 所示界面。

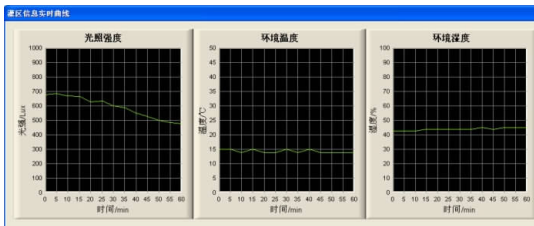


图 7 1 小时内历史曲线图

图 7 是基于物联网的农田环境监测 1 个小时连续的环境感知参数,可以实时查询光照强度、农田环境温度和湿度三个参数,将这些实时采集到的数据通过无线的方式发送给上位机,之后上传到服务器的数据库,进行进一步的分析处理。同时还可以利用 WEB 远程服务程序软件对本地农田环境健康系统的数据库进行远程访问,如图 8 所示,远程移动用户可使用 Internet 对数据库移动界面进行访问。

智能灌区信息监控				
	传感节点1	传感节点2	传感节点3	传感节点4
记录号	8803	8804	8805	8806
日期	2015-04-20	2015-04-20	2015-04-20	2015-04-20
时间	15:15:21	15:15:21	15:15:21	15:20:21
温度传感点1(°C)	14	14	14	14
温度传感点2(°C)	14	15	14	14
温度传感点3(°C)	14	14	14	14
温度传感点4(°C)	14	14	14	15
光照强度(lux)	661	657	659	630
环境湿度(°C)	44	43	43	44
环境温度(%)	14	14	14	14
节点电压(mV)	3368	3358	3378	3374
灌区水位(cm)	34	0	0	0
灌区土壤湿度(%)	0	0	0	46

图 8 农田环境远程监控信息

在农田环境信息监控页面中可以看到灌区内最新的各环境信息数据,智能灌区信息监控界面可根据用户需要设定时间进行数据更新;对于各项历史数据也能够能够在历史数据库中查询;可调用图像处理相关数据。

### 5 结束语

农田环境的远程监测是一项重要的研究课题,本文结合无线传感器网络自身的“自感知、自分析、自决策、自调控”的特点,提出了一种基于物联网的农业监测系统,实现了农田环境的远程监测的信息化、自动化和智能化。本设计主要结合 CC2530 片上系统降低节点传输能耗,在建立监控中心的同时也实现了移动用户对农业

灌区环境的实时监控,在此网络发展下,农业生产中水资源的利用率得到了提高,监控实时性得到保障,劳动力也得到了很大程度的解放。

### 参考文献:

- [1] 张瑞瑞,陈立平.基于传感器网络的田间信息获取系统[J].计算机科学,2009,36(4A):78-79,103.
- [2] 张杰,臧贺藏,杨春英,等.基于物联网的农业环境远程监测系统研究[J].河南农业科学,2015,44(12):144-147.
- [3] 何鹏,焦瑛璞,李静辉,等.农业物联网海量多媒体信息结构化描述软件设计[J].中国农机化学报,2016,37(10):200-204.
- [4] 查学东,李霞,贾蔚.淮南市农业物联网智能管理平台建设探讨[J].农业网络信息,2016(7):33-35.
- [5] 李瑾,郭美荣,冯献.农业物联网发展评价指标体系设计:研究综述和构想[J].农业现代化研究,2016,37(3):423-429.
- [6] 闫重强,楚燕,樊振兴.我国农业在物联网模式下发展探索[J].创新科技,2016(10):81-84.
- [7] 李兴霞.农田环境数据采集系统的研究与设计[J].黑龙江八一农垦大学学报,2010,22(6):72-74.
- [8] 朱绍朋,邓铭辉,冯江.基于移动互联网技术的农田生态环境远程监测系统研究[J].农机化研究,2016(11):224-228.
- [9] 蒋园园,宋良图.农田远程数据采集系统的设计与实现[J].自动化与仪器仪表,2007(6):18-20.
- [10] 刘刚,郭课.基于 WIA-PA 的农田环境监测系统设计[J].浙江农业学报,2013,25(4):858-861.
- [11] 任小洪,乐英高,徐卫东,等.无线传感 ZigBee 技术在物联网中的应用[J].电子技术应用,2011,37(6):81-83.
- [12] 朱丽,吴华瑞,李辉等.基于 ZigBee 技术的农用无线传感器网络体系架构研究[J].高技术通讯,2011,21(6):581-586.
- [13] 余攀,邹承俊,张玲,等.基于无线传感网络的农田远程监测系统研究[J].中国农机化学报,2016,37(5):223-226.

- [14] ACHARYA S, TRIPATHY C R. A fuzzy knowledge based sensor node appraisal technique for fault tolerant data aggregation in wireless sensor networks[J]. Computational Intelligence in Data Mining, 2016(2):59-64.
- [15] PRIJIC A, VRACAR L, VUCKOVIC D, et al. Thermal energy harvesting wireless sensor node in aluminum core PCB technology[J]. Sensors Journal IEEE, 2015, 15(1):337-345.
- [16] SOLARES J, SBOUI L, REZKI Z, et al. Power minimization of a wireless sensor node under different rate constraints[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2016, 64(13):3458-3469.
- [17] 吴清秀. 基于 ZigBee 协议栈的网络管理研究[J]. 物联网技术, 2016, 6(7):66-67.
- [18] 杜岩. 基于 ZigBee 协议的无线传感器网络技术分析[J]. 信息通信, 2015(4):82-83.

## Design and Realization of Remote Monitoring System for Farmland Environment

CAI Shaotang<sup>1</sup>, MA Shuoqi<sup>2</sup>, YUE Yinggao<sup>1,3</sup>, REN Xiaohong<sup>1</sup>, CAO Li<sup>1</sup>

(1. Artificial Intelligence Key Laboratory of Sichuan Province, Zigong 643000, China;

2. School of Mechanical Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China;

3. Material Corrosion and Protection Key Laboratory of Sichuan Province, Zigong 643000, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of high communication cost, high water consumption and difficulty in hardening, it is difficult to promote the traditional agricultural monitoring system. At the same time, combined with the optimization of environmental intelligent monitoring system in agricultural irrigation area, in this paper, a new intelligent remote monitoring based on wireless sensor network system is constructed. The whole network system (source node and destination node environment sensing node) and the chip STM32 and CC2530 chip system combined with the whole system of irrigation water quality, water environment, environmental temperature and humidity, soil moisture and other environmental data acquisition, transmission, monitoring. At the same time, mobile users can use the Internet to remotely access and monitor the terminal data center. In this paper, a whole set of Internet of things testing system is set up in the experimental irrigation area, and the function of the system is tested. The test results show that the system of real-time monitoring of the irrigation area of farmland environmental information test, feedback data to establish a database to facilitate the call, to make a fundamental direction for improving the efficiency of agricultural production and quality.

**Key words:** farmland environment; STM32; CC2530; wireless sensor network; data acquisition