

# 物联网技术在精准农业环境监测系统中的应用研究

张军国, 赖小龙, 杨睿茜, 吕静霞

(北京林业大学工学院, 北京 100083)

**摘 要:** 精准农业是现代农业的发展趋势。物联网技术是一种新兴的信息处理和获取方式, 在环境监测领域应用前景广阔。为实现精准农业对环境监测的要求, 基于物联网技术, 结合无线传感技术, 建立了精准农业环境监测系统, 重点讨论了该系统的体系结构, 分别基于 CC2430 和 S3C2410 对传感节点以及网关节点进行硬件设计, 并且对网关节点和传感节点的软件流程进行了开发。该系统的研制为实现准确、远程、自动、实时监测农业环境信息提供了保障。

**关键词:** 物联网; 精准农业; 环境监测; 传感节点; 网关

中图分类号: F320

文献标识码: A

文章编号: 1006-060X(2011) 15-0173-04

## Application of Internet of Things Technology in environmental Monitoring System for Precise Agriculture

ZHANG Jun-guo, LAI Xiao-long, YANG Rui-xi, LV Jing-xia

(School of Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, PRC)

**Abstract:** Precise agriculture is the development trend of modern agriculture. The internet of things technology is a new information processing and accessing method, and it has a bright applying future in the field of environmental monitoring. To achieve the requirements of precise agriculture to environmental monitoring, an environmental monitoring system for precise agriculture was built based on the internet of things technology and combining with the wireless sensor technology, and emphatically discussed on the architecture of the system that to design the system hardware according to the sensor nodes based on CC2430 and the gateway node based on S3C2410, and to develop the software process for the sensor nodes and the gateway node. The design of the system provided a guarantee to achieve accurate, remote, automatic and real-time monitoring agricultural environmental information.

**Key words:** the internet of things; precise agriculture; environmental monitoring; sensor node; gateway

精准农业是当今世界农业发展的趋势, 中国作为一个农业大国, 对于精准农业的需求更为迫切, 怎样合理经济地以少投入获得多回报, 这不仅是可持续发展的要求, 更是社会进步的体现。农田的环境监测是支撑精准农业技术的关键, 实时、方便、有效地采集农业环境参数是实现精准农业的重要基础<sup>[1]</sup>。

传统的农田环境监测系统多采用有线组网的方式或者直接采用人工实地检测获得环境数据, 这两者都具有局限性。有线组网方式缺乏灵活性, 受地理环境的限制, 线路资源损耗较大, 难以实现远距离监测; 人工实地检测更耗费人力、物力, 且获取的数据量有限, 此外受主观因素限制, 测量结果难免出现误差。新兴的物联网技术为农田信息获取提供了一个崭新的思路。本文基于物联网技术构建了精准农业环境监测系统, 研究人员在总控制室就能对农田进行远程实时监控, 根据空气温湿度、光照强度、土壤湿度和土壤 pH 值等农情信息做出正确决策, 满足精准农业自动化、经济化、准确化的要求。

收稿日期: 2011-04-16

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助(YX2011-8); 教育部博士点新教师项目(20100014120013); 北京林业大学大学生创新计划项目

作者简介: 张军国(1978-), 男, 河北衡水市人, 副教授, 博士, 主要从事物联网相关技术的研究工作。

nications, Networking and Mobile Computing ,September 24-26, 2009, Beijing,China.

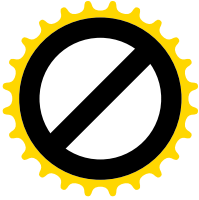
[4] 匡秋明, 赵燕东, 白陈祥. 节水灌溉自动控制系统的研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(6): 136-139.

[5] 邹 升, 毛罕平, 左志宇. 基于 VB 的灌溉施肥机上位机软件系统设计[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(7): 1494-1497.

[6] 戚艳艳, 肖新棉. 基于 labview 的温室灌溉自动控制系统的研究[J]. 湖南农业科学, 2010, (11): 153-155.

[7] 邵维忠, 刘 昕. 可视化编程环境下人机界面的面向对象设计[J]. 软件学报, 2002, 13(8): 4237-4240.

(责任编辑: 李 睿)



## 1 物联网概述

物联网(The Internet of Things)是通过无线射频识别(RFID, Radio Frequency Identification)、传感器、全球定位系统(GPS, Global Position in System)等各种设备,利用无线网络进行信息交换和通信,实现智能化识别、定位、监控和管理的巨大网络<sup>[2]</sup>。它是一种综合性的动态全球网络,通过基础配置和可互操作的协议,使用智能接口和无缝集成进入信息网络<sup>[3]</sup>。

物联网在实物联网体系结构中包括三个层次——感知层、网络层、应用层。其中感知层的主要功能是全面感知,信息感知可以通过 RFID 射频标签技术或者传感网技术实现;网络层的主要功能是实现感知数据和控制信息的双向传递,通过各种电信网络与互联网的融合,将物体的信息实时准确地传递出去;应用层主要是利用经过分析处理的感知数据,为用户提供丰富的特定服务<sup>[4]</sup>。

## 2 基于物联网技术的精准农业环境监测系统

### 2.1 精准农业内涵

随着近年来无线网络传感器技术的发展,精准农业(precision agriculture)已成为农业科学工作者关注的热点。精准农业是指根据作物生长的土壤性状来调节对作物的投入,以最少的或最节省的投入达到同等收入或更高的收入并改善环境。结合无线传感器网络技术,将传统农业模式转变为以信息网络为中心的精准农业模式,农田的耕种可以实现自动化、网络化、智能化<sup>[5]</sup>。从而有效地降低成本并提高产量,具有实际应用价值。

环境监测作为精准农业中的基础环节,能直接获得作物生长的土壤性状相关参数,为精准农业的执行过程提供最直观的依据,是精准农业实现过程中不可或缺的组成部分。而作物生长的土壤性状相关参数通常包括空气温湿度、光照强度、土壤湿度和土壤 PH 值等<sup>[6-8]</sup>。

### 2.2 基于物联网技术的精准农业环境监测系统体系结构

物联网技术是一种全新的信息处理和获取方式,目前基于物联网构建环境监测系统的研究成为热点,本文基于物联网技术构建的精准农业环境监测系统的体系结构如图 1 所示。

传感层采用无线传感网络的方式,由大量部署

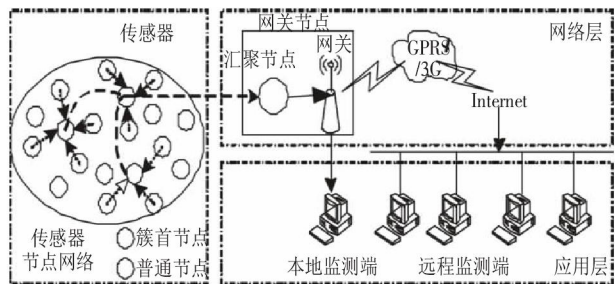


图 1 系统体系结构图

在农田信息采集区域的自组织传感节点(包含普通节点和传感节点)组成。普通传感节点进行环境参数的采集后通过 Zigbee 无线传输至簇首节点,簇首节点进行简单的数据融合,打包,通过 Zigbee 无线传输将农情信息传送到汇聚节点。

网络层由网关节点、GPRS/3G 网和 Internet 组成,将环境参数传送至监测端。网关节点包含汇聚节点和网关部分,汇聚节点部分接收传感层发送的信息,将其进行数据融合等处理后传送至网关部分,由网关部分通过 GPRS/3G 模块将信息传至 Internet,然后远程监测端就可以通过 Internet 读取农田环境信息了。此外,网关部分也可以通过各种通信方式直接和本地监测端通信。

应用层由远程监测端组成,当监测端设备接入 Internet 时,生产者和技术人员就可以在任何时候、任何地点监测所采集的农情信息,对作物生长情况进行实时跟踪和分析,以及根据环境变化采取相应措施,实现精准农业的要求<sup>[9-11]</sup>。

## 3 基于物联网技术的精准农业环境监测系统的硬件设计

节点是组成基于物联网技术的精准农业环境监测系统的基本单位,包括传感节点和网关节点。传感节点是监测系统传感层的基本组成单元,网关节点则是网络层的硬件基础,它们的硬件设计对整个系统的功能、性能都至关重要。本文分别对传感节点和网关节点进行了硬件设计。

### 3.1 传感节点设计

传感节点通过传感器部分采集农情信息,经由处理单元进行简单转换、处理,由无线收发模块传给上级节点。结合其功能特点,传感节点的结构框如图 2 示。

传感节点的微处理器单元和无线传输单元采用 CHIPCON 公司的 CC2430 芯片,它是一款基于 ZigBee 协议,集成了 80C51 内核处理器的芯片和 ZigBee 无线收发模块,是一种比较成熟的无线传感



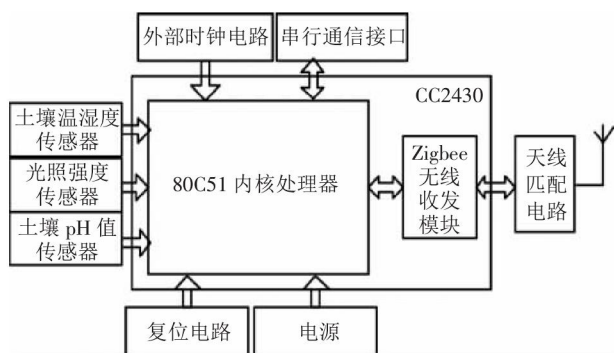
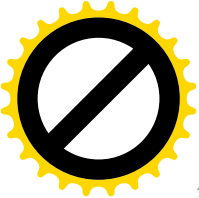


图 2 传感节点结构示意图

器节点解决方案。

本系统中湿度、温度测量采用锦州阳光科技有限公司的 TDR-3A 型土壤温湿度传感器,该传感器集温度和湿度测量于一体,具有密封、防水、精度高的特征,是测量土壤温湿度的理想仪器。光强测量采用 TAOS 公司推出的第二代光强数字转换芯片 TSL2561,它可直接通过 I2C 总线协议由微控制器访问,微控制器则通过对其内部的 16 个寄存器的读写来实现对 TSL2561 的控制。光纤 pH 值传感器用于测量土壤 pH 值,基于 pH 值的变化将导致光纤传感探头中光频谱特性变化这一原理,经放大电路和 A/D 转换器能得到数字输出,然而这种方法的缺点是在土壤干燥时误差较大。

此外,外部时钟电路用于控制整个系统的运行频率;串行通信接口作为程序调试和下载接口;复位电路用来恢复系统死机或程序跑飞等意外情况;电源模块负责整个节点的能量供应。

### 3.2 网关节点设计

网关节点兼具汇聚节点和网关的功能,一方面收集无线传感器网络发来的农情信息,另一方面将这些信息经过初步的处理,通过无线收发模块(如 GPRS 模块、3G 模块等)以及 3G 网和 GPRS 网与互联网进行数据的交换,通过互联网,网关可以发送农情信息到远程监测中心并且接收远程监测中心发来的命令。具体结构框如图 3 所示。

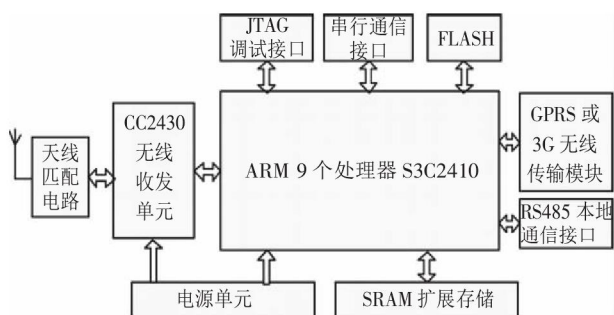


图 3 网关节点结构示意图

因网关节点的数据处理工作任务繁重,对资源需求较高,而且要求成熟的网络协议支持,故采用三星公司的 ARM9 处理器 S3C2410。该处理器采用 0.18  $\mu\text{m}$  制造工艺的 32 位微控制器,拥有独立的 16 KB 指令 Cache 和 16 KB 数据 Cache,MMU,支持 TFT 的 LCD 控制器,NAND 闪存控制器,3 路 UART,4 路 DMA,4 路带 PWM 的 Timer,I/O 口,RTC,8 路 10 位 ADC,Touch Screen 接口,IIC-BUS 接口,IIS-BUS 接口,2 个 USB 主机,1 个 USB 设备,SD 主机和 MMC 接口,2 路 SPI,最高可运行在 203 MHz。

网关节点通过 CC2430 接收传感节点采集到的农情信息,并发送控制信息。通过 GPRS 网络并入互联网,实现与远程监测中心的通信。本系统中 GPRS 模块采用 SIM5218,它支持下行速率达 7.2 Mbps 和上行速率为 5.76 Mbps 的数据传输服务,同时还具有丰富的接口包括 UART、USB2.0、GPIO、I2C、GPIO、GPS、摄像头传感器和内嵌 SIM 卡等。如需传输图像,音频等信息,则采用 3G 模块传输,选用芯讯通无线科技(上海)有限公司研发的 3G 无线传输芯片:TD-SCDMA Module 系列中的 SIM4200。

此外,RS485 总线接口用于必要时与本地监测端的通信。JTAG 调试接口和串行调试接口主要负责程序的烧写、调试,FLASH 用于掉电下的程序数据存储,SRAM 主要用于在线的仿真,电源单元负责整个过程的能量供应。

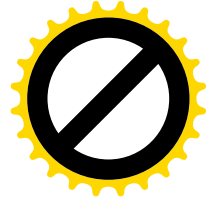
## 4 基于物联网技术的精准农业环境监测系统的软件设计

系统的软件设计内容主要包含:ZigBee 协议栈,GPRS/3G 协议栈的程序编写以及传感节点和网关节点的软件设计。基于 ZigBee 技术 GPRS/3G 技术已较为成熟,本系统采用现成的协议栈程序,而主要工作重心放在传感节点和网关节点的软件设计上。又由于传感节点和网关节点的功能特点,工作任务有所差异,因此分开讨论。

### 4.1 传感节点的主程序设计

传感节点相当于网关节点的子节点,自组织式联网,是物联网传感层中的基层环节,直接与物联网的目标测量相关联,将农情信息转换为有效的开关量进行传递,主要工作有:等待网关节点唤醒、采集农情信息、发送数据、进入休眠等,具体工作流程如图 4 所示。

传感节点通常情况下处于休眠模式,当接收到



上级节点的命令被唤醒后,便马上发送请求加入网络,等待网关节点的应答成功加入网络后,开始进行农情信息如土壤温湿度、光强、pH 值等的采集并传输给命令发送端节点,上级节点发送应答位,确定接收成功后,传感节点又转入休眠状态,这样循环往复。

#### 4.2 网关节点的主程序设计

网关节点主要负责建立并管理网络,允许或拒绝任何一个传感节点入网,并将各传感节点的数据收集发送至互联网,监控端通过互联网进行数据的读取、记录。网关节点一直在工作状态,不会休眠。它的工作过程一般分为:等待监测命令,建立网络,加入节点,等待数据信息,发送数据。网关节点的具体工作流程如图 5 所示。

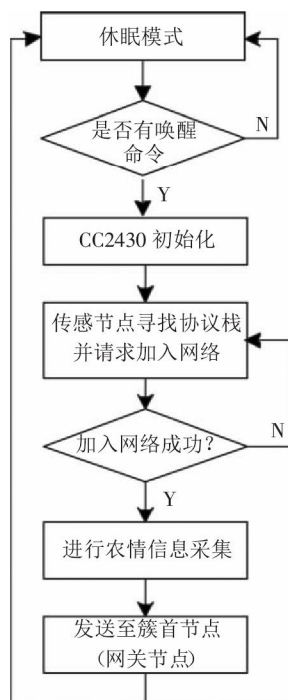


图 4 传感节点工作流程

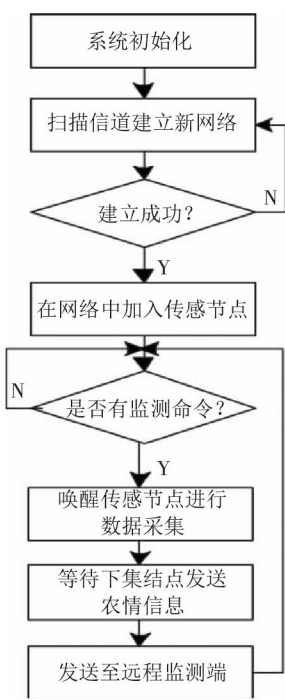


图 5 网关节点工作流程

在建立网络时,网关节点会不断地搜索空的信道,如果搜索到某一信道,被另一网关节点占用,则重新搜索,直到搜到空信道,其立即做相应标识,准备建立自己的网络。当一个传感节点要求加入网络时,它会发送请求,网关节点根据自己的资源需求决定是否加入传感节点,如果选择加入此节点,则给它分配一个网络地址,构成新网络。同时传达监

测命令给下级节点,等待接收数据,接收成功后发送至远程检测端和本地监测站。

#### 5 结束语

精准农业是当今世界农业发展的潮流,环境监测是支撑精准农业技术的关键,相比于传统的农田环境监测方式的局限性,基于物联网技术的环境监测则满足了精准农业快速、精确、连续测量的要求。本文基于物联网技术,提出了精准农业的环境监测系统,简述了该系统的体系结构,研究了系统传感层的基本单元——基于 CC2430 的传感节点,和系统网络层的基础——基于 S3C2410 的网关节点,对它们的硬件设计及软件设计进行了详细阐述。然而,物联网技术在精准农业中的应用还存在很多有待解决的问题。比如:数据传输实时性、数据传输安全性等问题还有待进一步的优化。

#### 参考文献:

- [1] 石复习,邹志勇. 农业环境参数检测 WSN 网关设计[J]. 安徽农业科学, 2010, 38 (23): 12923-12924.
- [2] 赵 静,王 岩,杨 森,等. 物联网在农业病虫害中的应用[J]. 通信技术, 2010, 11 (43): 49-51.
- [3] Ovidiu Vermesan, Harald Vogt, Maurizio Tomasella, Internet of Things - Strategic Research Roadmap[R]. 2009, 9.
- [4] 李 航,陈后金. 物联网的关键技术及其应用前景[J]. 中国科技论坛, 2010, (1): 81-85.
- [5] 丁海峡,贾宝磊,倪远平. 基于 GPRS 和 ZigBee 的精准农业模式研究[J]. 自动化仪表, 2009, 4 (30): 17-23.
- [6] 马斌强,刘美琪,季宝杰,等. ZigBee 技术在精准农业中的应用[J]. 江西农业学报, 2008, 20 (10): 121-123.
- [7] 洪 霞,江 洪,余树全. 高光谱遥感在精准农业生产中的应用[J]. 安徽农业科学, 2010, (1): 529-531, 540.
- [8] 于合龙,陈桂芬,焦鸿斌. 精准农业智能决策技术体系探讨[J]. 安徽农业科学, 2010, (2): 918-921, 923.
- [9] 张军国,李文彬,韩 宁. 基于 ZigBee 无线传感器网络的森林火灾监测系统研究[J]. 北京林业大学学报, 2007, 29 (4): 41-45.
- [10] 张 霞,李文彬,崔东旭. 面向森林环境信息监测的无线传感器网络节点的研制[J]. 湖南农业科学, 2010, (2): 125-128.
- [11] 周文罕,汪小易,丁为民. 基于 ZigBee 的奶牛个体信息识别及定位系统设计[J]. 江西农业学报, 2010, 22 (1): 116-118, 121.

(责任编辑:李 睿)