

基于 ZigBee 技术的无线智能灌溉系统的研制

方旭杰¹, 周益明¹, 程文亮², 丁潮洪², 杨祥龙¹

(1. 浙江大学 农业生物环境工程研究所, 杭州 310029; 2. 丽水市农业科学研究所, 浙江 丽水 323000)

摘要: 近年来,如何节水省工成为灌溉技术的研究重点之一。针对丽水黑木耳的种植,研究设计了一套基于 ZigBee 技术的无线智能灌溉系统。相对于传统的灌溉方式,该系统实现了灌溉的智能化和无线化,通过在灌溉现场的长时间运行,充分证明了系统的可行性和可靠性。为此,主要介绍了 ZigBee 网络中的传感器节点和控制器节点的硬件设计以及整个智能灌溉系统的软件设计。作为无线传感器网络技术在智能灌溉领域的探索性研究,可为以后建立大型的远程智能灌溉系统奠定基础。

关键词: 灌溉; 智能化; ZigBee 技术; 无线网络

中图分类号: S126; S625.5

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2009)01-0114-05

0 引言

水是生命之源,对于任何一种土壤种植作物来说,灌溉都是必不可少的,适时适量的灌溉不但能给作物提供合理有效的水分补给,而且也符合国家提倡节水灌溉的大趋势。作物的灌溉一方面要求提高供水质量的精确性,灌水均匀度要高;另一方面要求保证供水的可靠性和连续性。在实际应用中要实现这两点要求,单靠手工操作是不可能满足的,因此灌溉系统的智能控制应运而生^[1]。

在当今信息时代的大背景下,越来越多的新技术被应用到农业中,基于 ZigBee 的无线传感器网络技术就是其中的一种,它具有数据传输安全可靠、组网简单易灵活、设备成本低、电池寿命长等独特的优势,而基于 ZigBee 技术的无线智能灌溉系统具有低成本、可靠性好、可维护性高、适用性好等特点^[2-3],能够满足我国智能节水灌溉发展的迫切需要。

本文针对浙江省丽水的黑木耳种植特点设计了无线智能灌溉系统,网络中的传感器节点负责环境参数(包括空气温度、空气湿度和光照度等)的数据采集,并定时向协调器节点发送传感器所测得的数据,协调器节点收到这些测得的环境参数后,再根据合适的控制策略向控制器节点发送相应的灌溉命令,从而实现合理有效的灌溉,以保证黑木耳生长的最优水

分条件。

1 系统方案设计

无线智能灌溉系统的网络结构,如图 1 所示。所有节点按照在网络中的功能不同分为协调器节点、传感器节点和控制器节点。单个网络中只有一个协调器节点,它作为整个网络的中心,存放所有的控制策略,它能接收传感器节点向其发送的数据,通过智能判断后,再把灌溉命令发送给控制器节点;传感器节点分布于灌区的各个地方,配有各种传感器,如测量温度、空气湿度、光照度等的传感器,负责采集灌区的环境参数,并按一定的时间间隔发送给协调器节点;每个控制器节点负责一个分灌区的灌溉作业,它直接与灌溉的执行器(如阀门、水泵等)相连,当接收到协调器节点发送的灌溉命令后,则执行相应的操作。

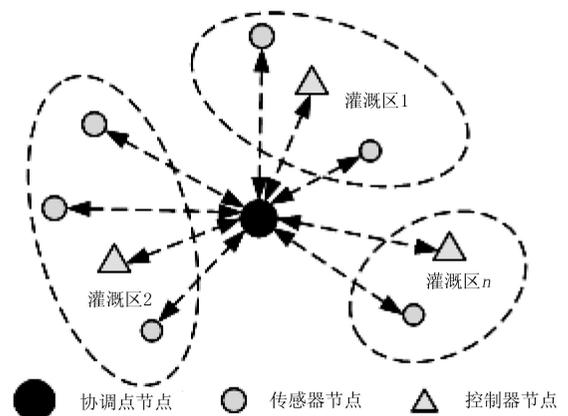


图 1 无线智能灌溉网络示意图

2 硬件设计

除了协调器节点之外,其它两种节点虽然执行的

收稿日期: 2008-05-08

基金项目: 浙江省科技计划项目(2005C22060)

作者简介: 方旭杰(1984-),男,浙江金华人,硕士研究生,(E-mail) kobefang318@163.com。

通讯作者: 杨祥龙(1952-),男,浙江海宁人,教授,(E-mail) xyang@cbeis.zju.edu.cn。

功能各不相同,但它们的硬件结构有很多相似的地方,所以可以设计一块核心板,包含两者所有相同的硬件结构,再配上各种传感器接口和控制板接口,那么这块板子就有一定的通用性,配上传感器就是传感器节点,配上控制板就是控制器节点。在实际应用

中,将这两种节点都配上传感器,这样可以测得灌区内多个点的环境参数,能够提高灌溉策略的准确性。

2.1 核心板设计

核心板主要由处理器、电源、串口通信和传感器等 4 个模块构成,其硬件结构如图 2 所示。

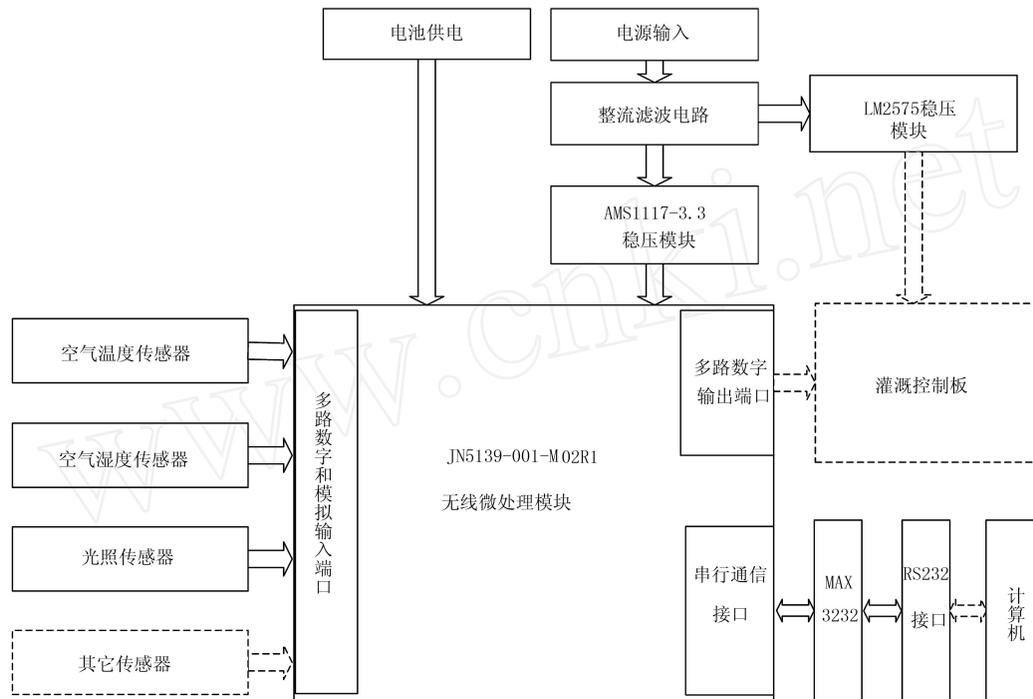


图 2 核心板硬件结构示意图

2.1.1 处理器模块

核心板所采用的处理器是 Jennic 公司生产的 JN5139-001-M02R1 模块,它裁减了通用 RF 模块中用于扩展和测试的部分电路,因此可以使用户以最少的时间和成本来实现基于 IEEE802.15.4/ZigBee 协议的无线方案。该系列模块的核心芯片是 JN5139 无线微处理器,它是一款 32 位的单片机,采用了 RISC 精简指令,并包含了射频模块,工作在 2.4GHz 频段,兼容于 IEEE802.15.4/ZigBee 协议。JN5139 还自带了 192k 的 ROM 和 96k 的 RAM,ROM 存储集成了点对点通讯与网状网通讯的完整协议栈,RAM 存储可以支持网络路由和控制器功能而不需要外部扩展任何的存储空间,另外还有足够的模拟和数字外围接口。模块带有 SMA 连接端子或陶瓷天线,传输距离大于 100m,接收灵敏度 -90dBm;工作电压 2.7~3.6V,功耗小于 7 μ A,可用两节 7 号电池供电;JN5139 还支持晶振休眠和系统节能功能,休眠电流小于 7 μ A (休眠定时器处于活动状态)。另外,它还同时提供了对大量的模拟和数字外设的互操作支持,显著地减小开发的工作量,缩短产品的开发时间。

2.1.2 电源模块

电源模块又可分为两个部分:电池供电部分和电网供电部分,两者通过一个跳线帽来切换,不能同时使用。电池供电部分的硬件结构比较简单,只要采用两节 7 号电池串联供电,输出电压为 3V 左右,可以满足核心板上所有元器件和芯片的工作电压范围。电网供电部分采用 9~12V 直流输入电源适配器供电,电源输入后,经过桥整、电容滤波后,分为两路,经过 AMS1117 和 LM2575 后分别为板子提供 OUTPOWER (3.3V) 和 5V-POWER (5V) 两种电平输入。其中,OUTPOWER 跟电池输出的作用一样,都是为板上的元器件和芯片提供合适的工作电源;而 5V-POWER 则是用来给控制板上的元器件和芯片供电;另外,它也可以为以 5V 为工作电压的传感器供电(核心板上留有土壤湿度传感器的接口,可用于扩展),具体电路图如图 3 所示。

2.1.3 串口通讯模块

串口通讯模块是用来实现 JN5139 与计算机的双向通信的。其中,最主要的应用就是将计算机中已写好的应用程序下载到 JN5139 中。本设计中采用的是

RS232接口通信方式,该接口是单端收发模式,传输速率不高(20kb/s),传输距离短(15~20m);但由于其结构简单,可靠性好,成本低廉,现已成为微机串行通信最常用的接口之一。由于在实际应用中,下载

程序并没有很高的实时性要求,数据量小,传输距离短,因此采用RS232接口完全符合要求,另外还可以节约成本,简化硬件结构。

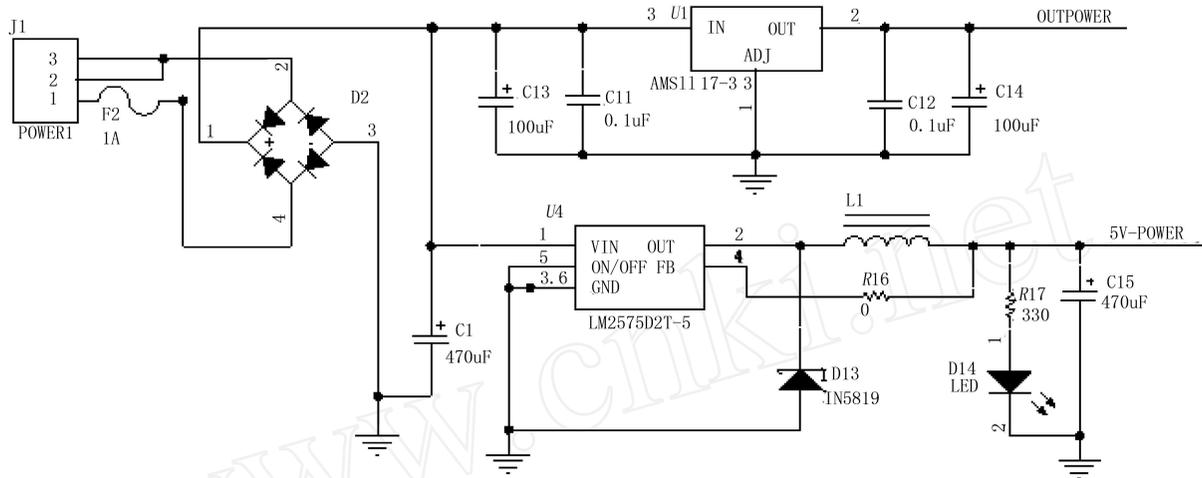


图 3 电源模块部分结构示意图

2.1.4 传感器选用

在本设计中,针对黑木耳的生长要求,对空气温度、空气湿度和光照 3 个环境参数进行实时监测。为了配合 JN5139 模块低功耗的特点,选用了两种低功耗的数字传感器: SHT11 (空气温度和湿度传感器) 和 TSL2550D (光照传感器),两者都是表面贴装的元件,而且都有 4 个有用的引脚,分别为电源、地、数据和时序控制引脚,如图 4 和图 5 所示。

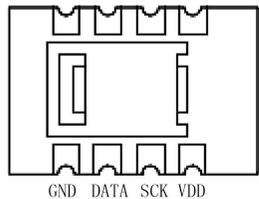


图 4 SHT11 封装示意图

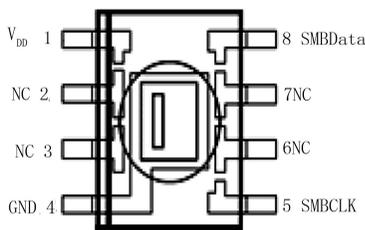


图 5 TSL2550D 封装示意图

SHT11 和 TSL2550D 内部都集成了模数转换单元,可以直接将检测的结果转换成串行数字信号输出,简化了外围硬件的设计^[4-5]。

SHT11 和 TSL2550D 工作电压分别为 2.4~5.5V 和 2.7~5.5V,与核心板的供电电压相符;工作温度分别为 -40~+123.8 和 -40~+85,也能适应野外的工作环境。TSL2550D 和普通的光照传感器不同,它包含了两个光电传感器。其中一个传感器检测可见光及红外光,另一个传感器只检测红外光,只要将这两个读数相减,并将结果数字化,就能得到近似人眼的响应,从而评估可见光光强度,作为灌溉控制策略的参考。SHT11 是 CMOS 芯片技术与传感器技术的结合,将温湿度传感器、信号放大调理、A/D 转换、I2C 总线接口全部集成于一个芯片,其性能参数如表 1 所示。

2.2 控制板设计

控制板只用于控制器节点上,即核心板(配有传感器)与控制板相连即可构成控制器节点,控制板由核心板来提供 5V 的直流电压输入,再通过一个 DC/DC 电源隔离模块(输出电压仍为 5V),使其后面的控制电路与核心板模块在电源上隔离,从而可以避免强电对核心板的干扰。控制板的硬件框图如图 6 所示。

表 1 SHT11 的性能参数

	测量范围	测量精度	响应时间	复现性	分辨率
空气温度 /	-40 ~ +123.8	±0.4	20s	±0.1	0.01
空气湿度 /% RH	0 ~ 100	±2	3s	±0.1	0.03

本设计中采用了 JN5139 的 6 个通用 I/O 口作为控制信号,可直接控制 6 路设备(水泵或阀门)的开关,

根据具体应用的要求,还可以扩展 I/O 接口电路,从而控制更多的设备。单路的控制输出电路如图 7 所示。

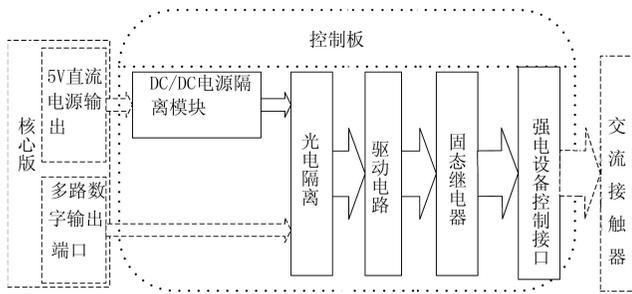


图 6 控制板硬件结构示意图

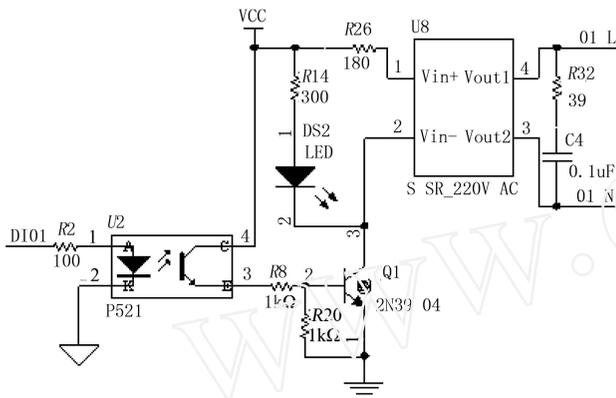


图 7 单路控制输出电路原理图

当控制器节点接收到灌溉命令时,假设是打开第一路的水泵, JN5139将 D D1引脚置高,则光敏三极管 P521导通,从而使三极管 2N3904导通,固态继电器 SSR得电,将 01L和 01N端子连通,则接在这两个端子上的交流接触器吸合,水泵得电运行。当三极管 2N3904导通时,点亮 LED (DS2),表示该路控制的强电设备开始工作。其中,光耦 P521使核心板和控制板的驱动部分在电气上完全隔离,避免了强电干扰或毁坏芯片。

3 软件设计

软件的设计主要分为 3 个部分:协调器节点程序、传感器节点程序和控制节点程序的设计。

3.1 协调器节点程序

协调器节点的软件流程图,如图 8 所示。该程序主要作用是建立无线网络,并且给加入网络的无线节点(包括传感器节点和控制节点)分配网络地址,然后读取每个节点传送过来的环境参数值,再根据设定好的控制策略(不同的应用可以设定不同的策略),决定是否向控制器节点发送灌溉指令。

3.2 传感器节点程序

传感器节点的软件流程图如图 9 所示。该程序的主要作用就是将传感器节点连入协调器所建立的无线网络,实时地读取传感器所测得的环境参数,并周期性地将这些参数发送给协调器节点,以供灌溉决

策之用。

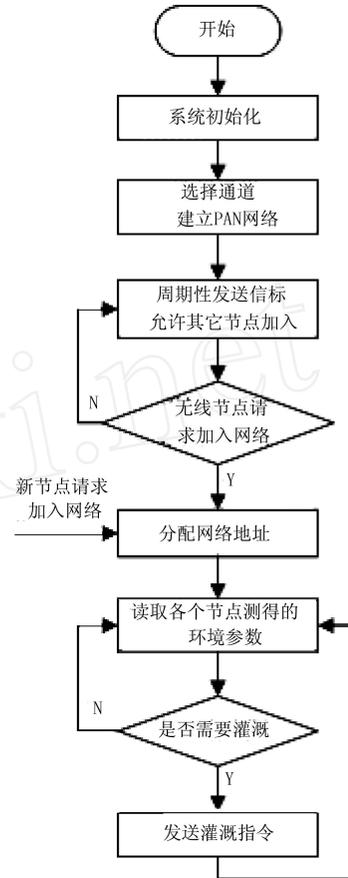


图 8 协调器节点软件流程图

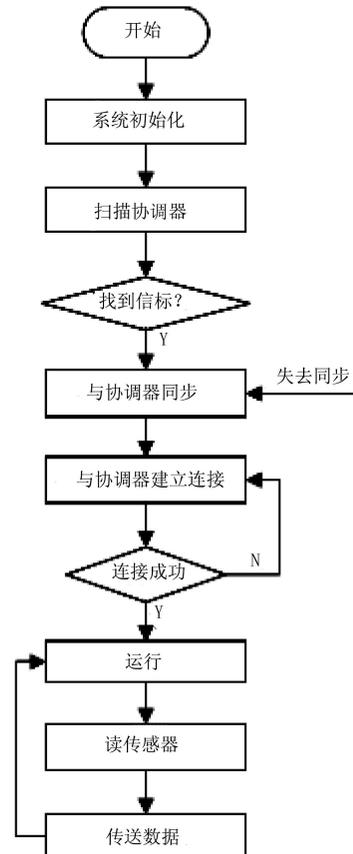


图 9 传感器节点软件流程图

3.3 控制器节点程序

在硬件设计中已经提过,控制器节点在硬件上相当于在传感器节点的基础上再加上一块控制板,除了有控制灌溉设备的功能外,还具有传感器节点的功能。因此,在软件设计上,如果没有收到协调器节点发送的灌溉命令,则执行和传感器节点一样的程序流程,即读传感器和发送数据作为主循环,一旦收到命令则转入命令中断服务程序,其流程图如图 10所示。

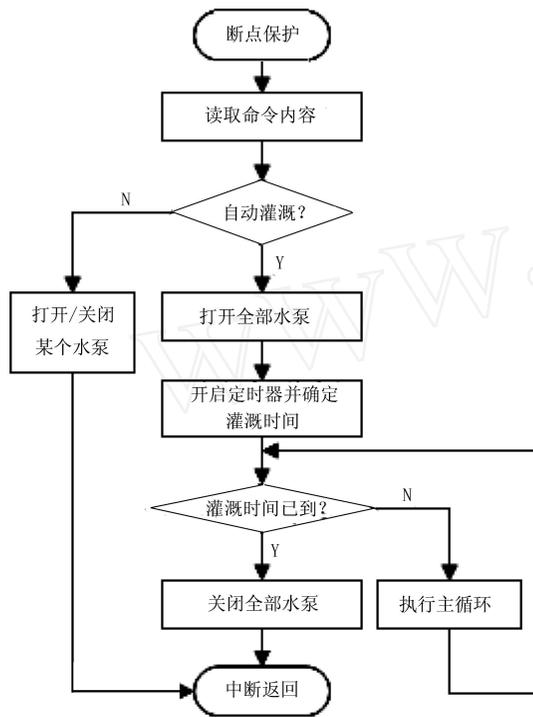


图 10 控制命令中断服务程序流程图

4 结果与讨论

本文所设计的这种基于 ZigBee 技术的无线智能灌溉系统,符合设施农业朝智能化、网络化发展的趋势,具有一定的推广价值和应用前景。目前,专门针对黑木耳培育的一套无线智能灌溉系统已经在丽水的几个黑木耳基地使用,运行状况良好,控制准确性高、可靠性好。虽然现在还是小面积的点对点的无线智能控制,却为无线传感器网络应用于设施农业做出了探索性的研究,以后可以朝大型化发展。如能针对不同的作物生长需求优化控制策略,就更能体现出该系统的优势。

参考文献:

- [1] 夏春华,方部玲,金永奎. 节水灌溉系统自动控制的研究应用 [J]. 农业网络信息, 2004(12): 18 - 20.
- [2] 杨荣,杨涛. 基于 ZigBee 的无线传感器网络及其在智能大厦中的应用 [J]. 中国农机化, 2005(2): 76 - 79.
- [3] 孙利民,李健中,陈渝. 无线传感器网络 [M]. 北京:清华大学出版社, 2003.
- [4] 谢敏,徐会冬. 智能传感器 SHT11 在单片机嵌入式系统中的应用 [J]. 现代电子技术, 2005(14): 89 - 92.
- [5] 刘晓琳,姜淑琴,刘雪莲. 基于光照传感器 TSL2550 的 LCD 亮度自动调节系统设计 [J]. 中国仪器仪表, 2005(6): 44 - 47.

The Design of Wireless Intelligent Irrigation System Based on ZigBee Technology

Fang Xujie¹, Zhou Yiming¹, Cheng Wenliang², Ding Chaohong², Yang Xianglong¹

(1. Research Institute of Agricultural Biology Environment Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; 2. Lishui Agricultural Scientific Research Institute, Lishui 323000, China)

Abstract: At present, water-saving and labor-saving irrigation is a key in irrigation development. A wireless solution for intelligent irrigation system dedicated for Jew's-ear planting in Lishui based on ZigBee technology was proposed in this paper. Instead of traditionally wired connection, the wireless design made irrigation intelligent and convenient, and the long-time smooth and correct running in the field proved its accessibilities and reliabilities. The hardware design of sensor node and controller node in the ZigBee network was introduced, and the software design of irrigation system was also presented. As an explorative research of wireless sensor network in knowledgeable field irrigation, the system gave referenced method to establish large-scale remote intelligent irrigation system.

Key words: irrigation; intelligent; ZigBee technology; wireless network