

# 基于 ZigBee 技术的绿地智能喷灌系统设计\*

杜帅 秦伟 张柯 朱雷  
(陕西理工学院物理与电信工程学院 汉中 723000)

**摘要:**针对传统绿地手动喷灌方式,存在水资源利用效率低,不能按需对绿地实施精准喷灌,控制方式落后等缺点,设计了基于 ZigBee 技术的智能化喷灌系统。系统以 CC2530 为 ZigBee 节点硬件平台,利用土壤温湿度传感器 SHT10 和光照度传感器 BH1750FVI 对节点处草坪生长环境参数进行采集,并根据草坪生长需要决策对绿地实施精准按需智能喷灌。实验结果表明,系统性能稳定,安装布置简单,能有效提高水资源利用率,促进草坪的良性生长,对城市绿地实施智能喷灌有一定的应用价值。

**关键词:** ZigBee; 绿地灌溉; 无线传感器网络; SHT10; BH1750FVI

**中图分类号:** TP2    **文献标识码:** A    **国家标准学科分类代码:** 510.5015

## Design of intelligent greenland irrigation system based on ZigBee technology

Du Shuai Qin Wei Zhang Ke Zhu Lei

(School of Physics and Telecommunication Engineering, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723000, China)

**Abstract:** There are many problems in the traditional manual sprinkler of green field, such as low water utilization efficiency, and cannot impose precision irrigation on demand, and the control methods is outdated. In view of the problems existing in the traditional landscape irrigation, an Intelligent green field irrigation system based on ZigBee technology has been developed. The system adopt CC2530 as ZigBee network nodes, use soil humidity SHT10 and illumination sensor BH1750FVI to measuring environment parameters of green field, and according to the need of grass growth to carry out the accurate decision-making of green land intelligent on-demand irrigation. The results show that the system performance is very steady and it is easily to installed. The implement of intelligent green land irrigation can improve water utilization efficiency, promote the green grow well, so it has certain application value.

**Keywords:** ZigBee; green land irrigation; wireless sensor network; SHT10; BH1750FVI

### 1 引言

目前,国外的自动灌溉趋于系统化和工程化,大多采用中心支轴式喷灌机和人工操作式管喷灌,国内绿地灌溉大都是人工灌溉,灌溉方式采用大水漫灌和人工喷洒,对水资源浪费极大。我国是一个干旱缺水严重的国家,合理的灌溉对我国紧缺的水资源是一种极大的保护。因而,建立节水型灌溉体系,开发适合于我国国情的智能灌溉设备迫在眉睫。近年来,我国研制的 2000 型自动温室灌溉施肥系统,采用多种方式对灌溉行为进行控制,但只适用于温室,微灌自动监控系统 and 自动化灌溉系统均以单片机为核心,实现对土壤的

数据采集与控制,但均有一定的局限性,本设计采用适用性更强的 ZigBee 技术,构建基于 ZigBee 的网络拓扑型绿地智能喷灌系统,通过灵活的组网技术实现更加智能化的节水喷灌。

### 2 系统设计方案

本系统由底层的数据采集层,中间的网络传输层,以及顶层的用户控制层组成,系统结构如图 1 所示<sup>[1]</sup>。数据采集层主要由 ZigBee 数据采集子节点、各类传感器和电磁阀组成,通过各子节点下层传感器实时采集土壤的温湿度等环境信息,并根据上层协调器下行的命令控制电磁阀进行灌溉与否。网络传输层是整个系统的核心部分,主要

收稿日期:2015-10

\* 基金项目:陕西理工学院科研基金(SLGKY15-46)项目、2015 年地方高校国家级大学生创新创业训练计划(201510720563)项目、陕西省教育厅科研(14JK1135)项目资助

由 ZigBee 协调器网络和 GPRS 网关组成,负责信息的传递,即要通过 ZigBee 网关协议与下行的 ZigBee 网络进行信息交互,又要通过 GPRS 网关与上层用户进行信息交互。用户控制层主要由上位机负责用户与系统之间的信息交互,授权用户可通过 PC 或者手机接入网络对绿地的实时信息进行监控。

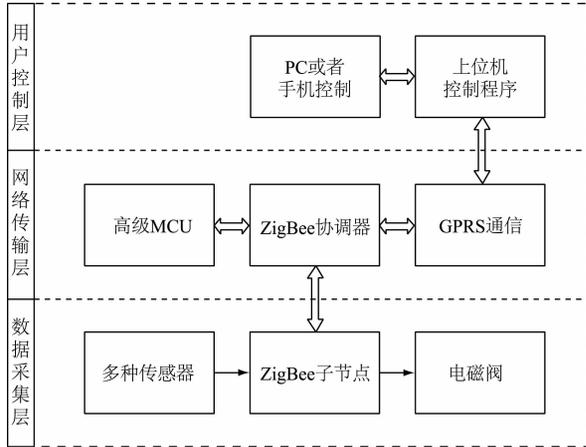


图1 系统结构

2.1 数据采集部分

数据采集部分的功能是收集各个传感器采集到的数据发送给 ZigBee 协调器,接收协调器传来的控制信号打开或关闭电磁阀。系统采用 CC2530 为 Zigbee 节点硬件平台,建立强大的网络节点。该部分主要包含土壤温湿度信息采集、光照强度信息采集、电磁阀打开/关闭 3 个部分。

2.1.1 土壤温湿度采集

土壤温湿度探头采用原装进口温湿度传感器 SHT10<sup>[2-3]</sup>,测湿精度 ± 4.5% RH,测温精度 ± 0.5℃ (25℃)。温湿度输出值均为 14 位有效数字,传感器供电电压为 2.4~5.5 V,工作电流不超过 15 mA。定时采集,进一步降低功耗。采集电路如图 2 所示。

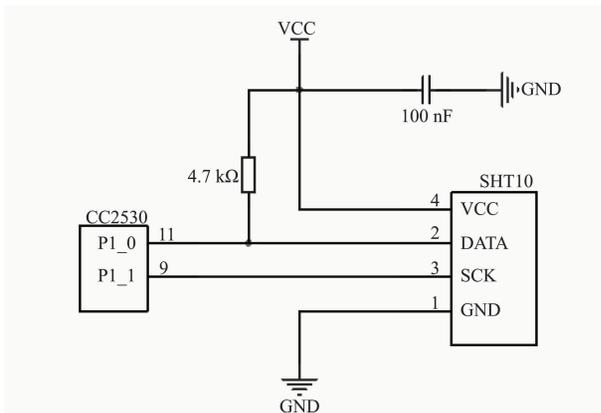


图2 温湿度传感器模块电路

在数据传输期间,当 SCK 为高电平时,DATA 数据线

上必须保持稳定状态。为避免数据发生冲突,CC2530 驱动 DATA 使其处于低电平状态,而外部接一个上拉电阻将信号拉至高电平。VCC 与 GND 之间 100 nF 电容用于去耦滤波。

实际中还需要注意以下几点:

1) CRC-8 校验。整个数据的传输过程都由 8 位校验保证,确保任何错误的都能够被检测到并删除。

2) 为保持自身发热温升小于 0.1℃,SHT10 的激活时间不超过 10%。如 12 位精度测量,每秒最多测量 2 次。

3) 转换为物理量输出。相对湿度输出转换公式为:

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2$$

式中:  $RH_{linear}$  为 25℃ 时相对湿度的线性值,  $SO_{RH}$  为传感器输出的相对湿度的数值,  $c_1, c_2, c_3$  为系数。

当测量温度与 25℃ 相差较大时,则需要考虑传感器的温度系数:

$$RH_{true} = (\theta_c - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{linear}$$

式中:  $RH_{true}$  为温度不等于 25℃ 时相对湿度的实际值,  $\theta_c$  为当前温度,  $t_1, t_2$  是系数。

温度输出转换公式为:

$$\theta = \theta_1 + \theta_2 \cdot SO_{\theta}$$

式中:  $\theta$  为实际温度,  $SO_{\theta}$  为传感器输出的温度数值,  $\theta_1, \theta_2$  为系数。

2.1.2 光照强度采集

光照度传感器采用两线式串行总线接口的数字型光强度传感器集成电路 BH1750FVI,具有良好的稳定性,且体积小、灵敏度高、功耗低、光源依赖性弱,传感器内置 16 位 AD 转换器直接数字输出。采集电路如图 3 所示<sup>[4]</sup>。

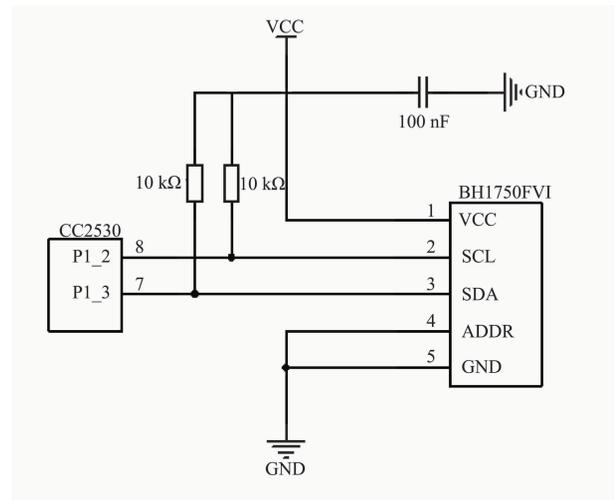


图3 光照度传感器模块电路

传感器内置光敏二极管,有光线照射时,二极管将产生相应的饱和反向漏电流,形成光电流,电流的大小随光强度的变化而变化,集成运算放大器将电流转换为电压,送入 ADC 转换器,并取得 16 位的数字数据,经过 I<sup>2</sup>C 接

口传输到数据处理单元。VCC 与控制信号 10 kΩ 上拉电阻,提供驱动能力;VCC 与 GND 之间 100 nF 电容用于去耦滤波。

### 2.1.3 ZigBee 数据采集子节点

ZigBee 数据采集子节点采用 TI 公司的 CC2530F256 芯片作为核心器件,CC2530 是一个用于 IEEE802.15.4、ZigBee 和 RF4CE 应用的片上系统 (SoC) 解决方案。CC2530 集成了 2.4 GHz IEEE 802.15.4 兼容 RF 收发器,高性能、低功耗的具有代码预取功能的 8051 微控制内核,在系统可编程 Flash 存储器,8 KBRAM,而其丰富的外围设备包括 5 通道 DMA 功能,IEEE802.15.4 MAC 定时器,3 个通用定时器(1 个 16 位,2 个 8 位),2 个支持多种串行通信协议的 USART21 个通用 I/O 引脚等。低功耗是 CC2530 非常重要的特点,它的发射电流为 29 mA,在低功耗休眠模式下,只消耗不到 1 μA 的电流。CC2530F256 具有优良的 RF 收发器性能,内核采用增强型 8051CPU,载有 8KB RAM、A/D 转换,能够以极低的成本建立强大的网络节点,实现了低功耗的要求<sup>[5]</sup>。

### 2.1.4 电磁阀控制部分

电磁阀采用直动式电磁阀,通电时,电磁线圈产生电磁力把关闭件从阀座上提起,阀门打开;断电时,电磁力消失,弹簧把关闭件压在阀座上,阀门关。为避免数模地之间的干扰,电磁阀驱动电路较之经典电磁阀驱动电路增加了光耦隔离模块。对输入和输出端实现了电气隔离,使信号单向传输,增强了抗干扰能力,使之工作稳定,传输效率高。

### 2.2 ZigBee 协调器及 ZigBee 子节点软件设计

设计中无线控制子系统采用基于 ZigBee 的无线传感器网络协议<sup>[6]</sup>。ZigBee 是一种近距离、低功耗、低成本的无线通信技术。传输速率为 20~250 kb/s,传输距离为 10~75 m。设计采用了星型的网络拓扑结构,可以使得组网更加灵活。系统中,协调器主要任务是组建网络、接入节点、接收节点数据、向控制器发送命令等任务<sup>[7-8]</sup>;无线传感器节点主要任务是采集环境信息(温湿度,光照度等),并且将采集到的数据发送给协调器,用于显示环境参数信息并做出相对的控制决策;控制器节点接收中央控制器下行的命令,控制开关电磁阀,完成灌溉任务。

无线采集传输流程如图 4 所示。

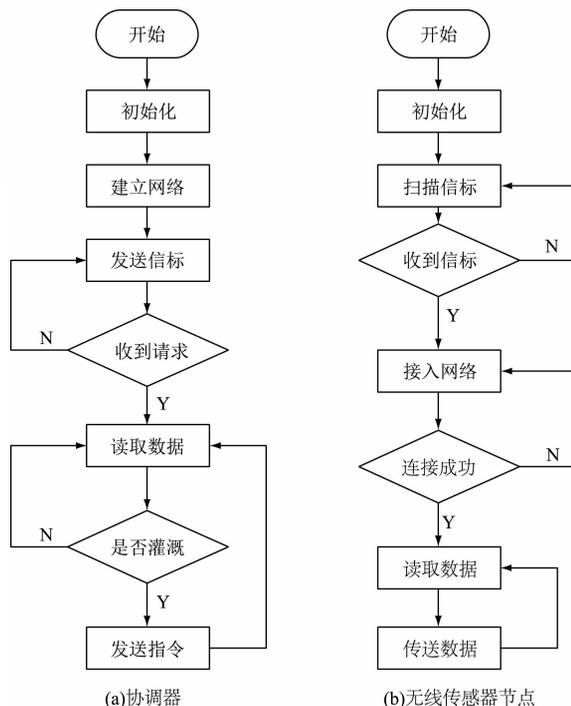


图 4 无线采集传输流程

协调器工作流程如图 4(a)所示,协调器工作主要分为 3 部分:

- 1) 将自己定义为 ZigBee 网络的协调器节点并建立网络,发送信标等待节点的加入;
- 2) 在与子节点组网后进入主循环,接收无线传感器节点发送来的数据,同时根据所得数据决策是否灌溉,并向控制器节点下行控制命令;
- 3) 当产生各种硬件或软件中断时则跳到相应的中断服务程序,等执行完该服务后,又将回到主程序继续循环。

无线传感器节点属于星型拓扑结构中的“终端节点”,其任务主要是加入协调器所建立的网络,并将传感器采集的环境参数信息周期性地发送给协调器。首先传感器节点上电后,先进行软件初始化,随后进入循环扫描信标,若发现有 ZigBee 网络,节点则会根据组建的 ZigBee 网络的 PanID 号向 ZigBee 协调器发送入网请求,通过请求后加入网络成为此 ZigBee 网络的子节点。传感器节点连接成功后,跳入数据采集传输循环,通过传感器进行数据采集,并将采集的数据周期性的按照指定的数据通信格式打包后发送给协调器。传感器节点设计流程如图 4(b)所示<sup>[9]</sup>。

2.3 电源模块

电源模块采用微型太阳能电池供电。主要由太阳能光伏板、蓄电池和输出调整电路组成。光线充足时,光伏板将光能转化成电能存储在蓄电池并供电,光线弱时,储能的蓄电池供电。输出调整电路用于为节点转换合适的电压输入。经过电压转换后,输出 3.3 V 的电压,为无线传感器节点提供稳定的工作电压,保证了无线传感器节点的数据采集和传输,便于上层了解环境状况并作出正确的决策。使用微型太阳能电池供电,清洁环保,实现了太阳能资源的有效利用。

3 实际测试与分析

本文选取了我校草坪的沿阶草做了系统测试(采集时间:2015年8月20号。采集地点:陕西理工学院人工湖草坪)。沿阶草属草本,要求通风良好的半阴环境,经常保持土壤湿润,北方旱季应经常喷水,叶片才能油绿发亮,如果空气过于干燥,叶片常常会出现干尖现象。它不耐干旱,较耐水湿。结合本地气温条件和植物自身属性,温度为 25~35℃,湿度在 55%~65%之间沿阶草叶片叶绿素含量高、根系活力强、MDA 含量低、地上部和根系生长良好,温度过高或过低均会对生长产生抑制效应。ZigBee 的子节点实物如图 5 所示。



图 5 子节点实物

数据采集测试采用实地长时间对比采集,选取有设施和无设施的同等草地进行从 6:00 点到 22:00 的数据实时采集,进而对比分析数据,得到可靠的结果分析,由于数据采集时间处于夏季,午后温度的调控难于实现,根据光照传感器传回的数据判定调控标准为夏季模式,保持植物的湿度在 60%~70%,根据湿度传感器传回的数据判定是否对植物进行灌溉。实测得到的具体数据如图 6 所示。

系统温度采集精度±0.1℃,湿度采集精度为±0.1%,数据的实际传输准确率为 99.8%,由图 6 测试数据可见在

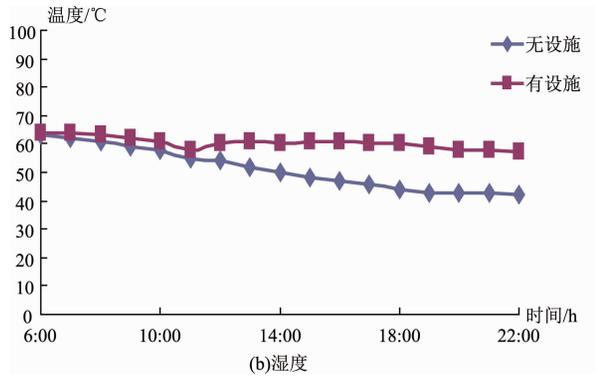
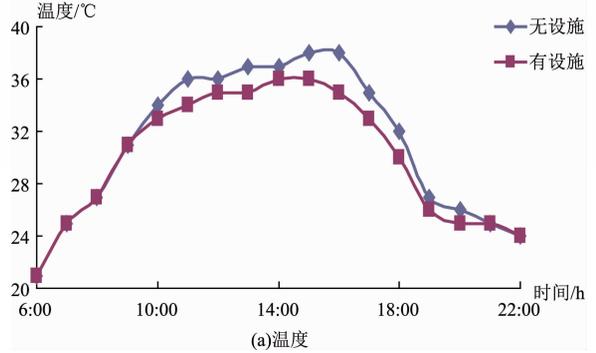


图 6 测试结果折线

外界温度超过植物适合生长的 35℃时,系统对植物开始进行灌溉,将温度保持在适宜生长的 35℃以内,数据的分析结果及判断准确有效,能在相对较短的反应时间内控制系统实现自动化灌溉,改善植被的实时温度条件,保证植物处于一个适合生长的外界环境下,在环境温度较高时,自动实现对湿度的有效控制,保证了植物生长的相对湿度环境(60%~70%),使植物仍可以继续生长,对于植被的生长条件起到积极改善作用,相对于目前已有的设备节点组网更加便捷、数据采集更加准确。

4 结论

文中构建了基于 ZigBee 与 3G 技术的绿地智能化灌溉系统的软硬件平台。核心通过 ZigBee 节点之间灵活的网络构建,解决了各节点与协调器间自动组网,底层传感器的数据传输,实现了人工模式或自动模式有效的调节温湿度来保证植被的良好生长。相对已有的同类设备系统体积小,适用性强且易于搭建,方便维护,节省水资源;通过微型太阳能电池板供电,环保节能。通过实际的测试和应用整个系统运行可靠,环境温度、土壤湿度数据的采集准确、传输可靠,实用性较好。实现了绿地智能灌溉。

(下转第 79 页)

参 考 文 献

- [1] XING F. Editorial: Special issue on smart optical instruments and systems for space applications[J]. Instrumentation, 2015, 2(1):1-2.
- [2] 郑茹, 张国玉, 张健, 等. 基于月球真实辐射亮度的月球模拟器光学系统设计[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(9): 2116-2122.
- [3] 袁艳, 孙成明, 张修宝. 空间目标表面材料光谱双向反射分布函数测量与建模[J]. 物理学报, 2010, 59(3): 2097-2103.
- [4] 王付刚, 张伟, 汪洪源, 等. 运动状态对卫星多谱段光学特性的影响分析. [J]. 光学学报, 2012, 32(10): 21-28.
- [5] COWARDIN H, SEITZER P, ABERCROMBY K, et al. Characterization of orbital debris photometric properties derived from laboratory-based measurements[C]. 2010 AMOS Technical Conference, 2010:14-17.
- [6] 李雅男, 孙晓兵, 乔延利, 等. 空间目标光学特性模拟实验研究[J]. 应用光学, 2009, 30(6): 895-900.
- [7] 汪龙祺, 匡海鹏, 曹小涛. 紫外-真空紫外光谱反射率

测试系统[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(9): 17-21.

- [8] 魏祥泉, 黄建明, 颜根廷, 等. 空间目标可见光散射动态特性测试校验系统[J]. 指挥与控制学报, 2015, 1(1): 81-85.
- [9] 袁艳, 孙成明, 张修宝. 姿态变化对空间目标可见光特性的影响分析[J]. 物理学报, 2010, 59(3): 2097-2103.
- [10] 佟刚, 宋立维, 曹永刚, 等. 车载光测设备测角误差影响因素的分析[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(9): 974-979.

作 者 简 介

李鹏(通讯作者), 1990 年月出生, 工学硕士, 主要研究方向为空间目标光谱散射特性的测量与建模等。

E-mail: 693078757@qq.com

李智, 1973 年出生, 博士, 教授, 主要研究方向为空间安全等。

E-mail: lizhizys@263.com

(上接第 74 页)

参 考 文 献

- [1] 王小强, 欧阳骏, 黄宁淋. ZigBee 无线传感器网络设计与实现[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- [2] 吴国宏. 新型温湿度传感器 SHT10 的原理及应用[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2009, 9(4): 52-54.
- [3] 赵嘉庆, 季福坤. 基于 STC12C5620AD 单片机温湿度控制系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(12): 31-33.
- [4] 严冬, 李瑛, 李景林. 基于 STM32 的无线光照传感器节点的设计[J]. 物联网技术, 2014, 4(2): 16-18.
- [5] 龚文超, 吴猛猛, 刘双双. 基于 CC2530 的无线监控系统设计与实现[J]. 电子测量技术, 2012, 35(6): 33-36.
- [6] 赵莉, 邓跃. 基于 ZigBee 的无线传感网络农业监测系统[J]. 硅谷, 2012, 5(21): 1-2.
- [7] 鲍贤亮, 陈年海, 徐一凡, 等. 基于 ZigBee 技术的无线脉搏传感网[J]. 电子测量技术, 2015, 38(2): 105-108.
- [8] 李娟娟, 雷斌. 基于 WSN 野外冻土地温自动监测系统

的设计[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(11): 86-90.

- [9] 章伟聪, 俞新武, 李忠成. 基于 CC2530 及 ZigBee 协议栈设计无线网络传感器节点[J]. 计算机系统应用, 2011, 20(7): 184-187.
- [10] 潘雪涛. 传感器原理与检测技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011.

作 者 简 介

杜帅, 1994 年出生, 男, 陕西兴平人, 陕西理工学院物理与电信工程学院在校学生, 主要研究方向为电子信息无线电。

秦伟(通讯作者), 1982 年出生, 男, 陕西汉中, 陕西理工学院物理与电信工程学院, 主要研究方向为嵌入式与检测技术。

E-mail: rain301@126.com