

Design of Wireless Soil Moisture Detection System

Yu Wang^{1,2}, Minsheng Yang¹, Xiaoqing Ou¹, Yongzhi Xiang¹, Zhigang Zhou¹

¹College of Computer and Electrical Engineering, Hunan University of Arts & Science, Changde Hunan

²College of Information Science and Engineering, Hunan Normal University, Changsha Hunan

Email: yms1234@163.com

Received: Nov. 8th, 2019; accepted: Nov. 26th, 2019; published: Dec. 3rd, 2019

Abstract

In order to realize the reliable transmission of soil moisture data in a large area, a wireless soil moisture detection system is designed. The foreground part is composed of soil moisture sensor and ZigBee node, which realizes the function of data collection and short distance wireless data transmission. The background part is composed of WIFI wireless module and APP, which can realize the function of data forwarding. The mobile phone APP, as the remote monitoring center, is responsible for data reception and analysis, realizing the system's wireless reception, data display, alarm and other functions. At the same time, the mobile APP can choose whether or not to detect the soil moisture value at any time. Through testing experiments, the accuracy of data transmission can be guaranteed, and the long-distance data transmission can be realized.

Keywords

Soil Moisture Detector, ZigBee, Wireless Sensor Network, WIFI, Mobile APP

土壤湿度无线检测系统的设计

王宇^{1,2}, 杨民生¹, 欧晓晴¹, 向拥志¹, 周志刚¹

¹湖南文理学院计算机与电气工程学院, 湖南 常德

²湖南师范大学信息科学与工程学院, 湖南 长沙

Email: yms1234@163.com

收稿日期: 2019年11月8日; 录用日期: 2019年11月26日; 发布日期: 2019年12月3日

摘要

为了实现大区域内的土壤湿度数据可靠传输, 设计了一个土壤湿度无线检测系统, 系统分为前台部分和后台部分。其中前台部分由土壤湿度传感器和ZigBee节点两大部分组成, 实现数据采集和数据短距离无

线发送的功能；而后台部分则由WIFI无线模块和APP组成，WIFI实现数据转发的功能，手机APP作为远程监控中心负责数据的接收和分析，实现系统的无线接收、数据显示、报警等功能。同时，手机APP随时可以选择是否检测土壤湿度值。通过测试证明系统可以保证传输数据的准确性，同时可以实现远距离的数据传输。

关键词

土壤湿度检测器, ZigBee, 无线传感器网络, WIFI, 手机APP

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着社会的进步、科技的迅猛发展，人们的生活水平显著提高，而我国是人口大国，也是农业大国，因此对产品的质量和数量要求越来越高，为此希望能够通过改善农作物的生长环境这一关键因素来提高产品的质量和数量。而传统农业模式已经难以满足作物生长环境的严格要求，传统农业对大棚内环境的调控主要通过人们手工现场采集、手动控制相关设备等方法[1]，这种管理系统精确度较差，且存在很大的滞后性。近年来诸多发达国家在智能农业设施、环境的综合调控及农业机械化、智能化等方面都有着较高的发展水平，诸如美国、荷兰等，而我国在这方面相较逊色。我国在一些沿海城市开发运营了一些智能大棚系统，但是这些系统大都用以花卉观赏为主[1]。我国地域辽阔并且各地区环境变化各异，因而我国智能农业系统的发展及应用应该符合我国实际情况和需求，采用多种技术相结合，设计开发出适用于我国的、可靠实用的智能系统[2]。本文通过引入 ZigBee 和互联网相关技术，解决我国目前农业生产中对湿度数据信息采集的远程性、实时性不足的问题，提高对湿度数据的可检测性和可调控性，同时实现方便快捷的管控功能。

2. 系统方案

土壤湿度检测系统分为前台部分和后台部分两大部分。前台部分由土壤湿度传感器和 ZigBee 节点组成。后台部分由 WIFI 无线模块和手机 APP 组成[3]。采用 YL-69 土壤湿度传感器来进行湿度检测[4]，利用 ZigBee 节点进行短距离无线传输，将采集到的土壤湿度数据上传[5]。在远程无线数据传输方面，利用 ZigBee 与 WIFI 连接实现基于无线传感器网络的远距离传输。方案框图如图 1 所示。

关于数据处理模块，在现有的一些系统中大多用直接单片机对传感器的数据进行处理，而本系统利用 ZigBee 节点进行数据处理，可以减少数据中加入干扰的可能性，并且可以在一定程度上增加无线传输的距离。关于传输系统，现有的系统中有的采用蓝牙模块实现远距离传输，有的利用 STM32 根据数据做出相应处理之后，将数据发送到云平台，再利用 WIFI 实现远距离传输。但是为了能够达到远距离传输的要求，这类型的蓝牙产品在成本较高并且其功耗方面较大，而直接采用带 MCU 的 WIFI 模块代替 STM32 和普通 WIFI，同样也可以改良系统的结构和性能。

3. 系统前台部分的设计

3.1. 土壤湿度检测传感器的设计

在选择土壤湿度传感器时需要满足以下几个条件：测量精度高、可靠性高、稳定性高；密封性好，

抗腐蚀能力强；受土质的影响较小，且响应的速度快；安装、操作简单。本设计中选择 YL-69 土壤湿度传感器来检测湿度。YL-69 是一个简化的土壤湿度传感器，工作原理：将两个插片插进土壤里面，然后在 AC 口处采集电压值。当检测到土壤湿度较小时，两个插片之间的电阻趋向于无穷大，此时 AC 值近似等于 VCC 值。当检测到土壤湿度较大时，两个插片之间的电阻会减小，根据土壤湿度的不同，电阻值会减小到几千甚至几百欧，此时 AC 值会产生相应的变化。其中 LM393 是一个双电压比较器集成电路，通过电阻 R1 设置一个标准值。当检测到湿度较大时，AC 值较小，OUT 为低电平；当检测到湿度较小时，AC 值较大，OUT 为高电平。可以直接用 OUT 输出的高低电平信号来估算湿度的大小，但是为了获得更准确的湿度值，要将 AC 的值进行模数转换，将其转换成数字量后再读取。从模块原理图可知，当电路接通时 V1 亮，否则 V1 灭。当湿度小时 AC 值大，此时 V2 灭；当湿度大时 AC 值小，此时 V2 亮。土壤湿度传感器模块原理图如图 2 所示。

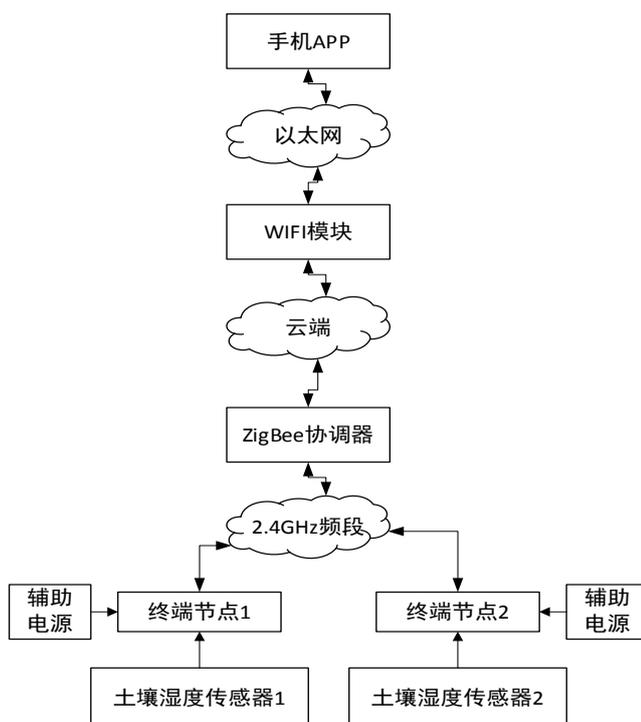


Figure 1. Scheme block diagram
图 1. 方案框图

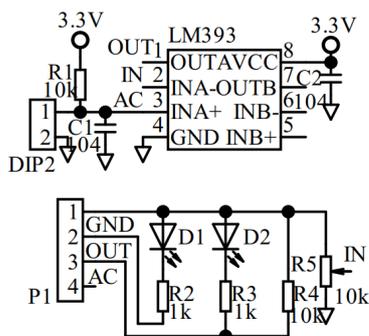


Figure 2. Schematic diagram of soil moisture module
图 2. 土壤湿度模块原理图

3.2. ZigBee 节点的设计

ZigBee 网络制定了三种包括星型、网状型和树状型。因为本设计中节点较少并且测试地点较为集中，由多个终端设备和一个协调器组成，所以本系统采用星型网络拓扑结构更为合适。在实际环境中在一定区域采用五点取样法进行数据采集，各节点分布图见图 3。

ZigBee 的软件开发环境用到的是 IAR 软件。通过 IAR 软件可以在电脑上编写和调试程序，然后将所写的程序下载到 ZigBee 硬件就可以实现相应的功能应用；由于 ZigBee 协议栈已经实现了 ZigBee 协议，所以可以直接调用协议栈提供的应用程序接口进行程序开发；利用 ZigBee 实现数据通信时，需要进行如下步骤：建立网络。由于协议栈里面包含了组网函数、节点加入函数，所以只需要调用即可实现无线网络的组建；同时，数据发送、数据接收也可以通过调用协议栈的数据发送和接收函数实现。

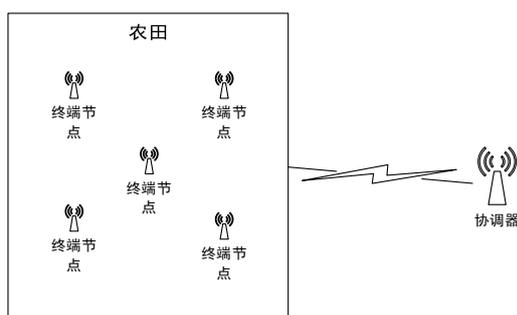


Figure 3. Distribution diagram of each node
图 3. 各节点分布图

3.2.1. 协调器节点的设计

在 ZigBee 网络中，只有协调器和还没有参与网络的全功能设备可以在信道上建立自己的 ZigBee 网络，协调器通过发送不同的原语来实现建立新 ZigBee 网络的过程。

下面对协调器的软件流程做出说明：在启动协调器节点之后，首先对协议进行初始化，然后开始建立网络[6]。若网络被成功建立，就等待终端节点加入该网络。若网络建立失败则重新建立网络。网络一旦建立成功，协调器就会给第一次加入新建的网络的终端节点分配 16 位的短地址，即网络地址[7]。随后协调器节点开始等待终端节点上报数据，一旦有数据上报，协调器收到数据之后，将收到的数据信息送给 WIFI 模块。到此 ZigBee 协调器一次完整的数据传输工作执行完毕，其后便是按此过程中终端节点上报数据，协调器接收并转发过程不断的循环[8]。协调器执行的流程图如图 4 所示。在 IAR 软件中编程实现协调器功能。

3.2.2. 终端节点的设计

在 ZigBee 网络中，通过选择 EndDeviceED 选项卡来指定终端节点的功能。终端节点可以在信道中选择相对于最佳的网络加入进去。终端节点不允许其他节点加入网络，所以终端节点不能作为父节点并且不具有数据转换的功能。

下面对终端节点的软件流程做出说明：在启动终端节点后，首先进行初始化，随之它开始尝试加入由协调器建立的网络，一旦终端节点成功加入网络，就开始每隔 1 s 发送一个任务消息，此消息的操作为：土壤湿度传感器进行数据采集，然后，通过调用 Get_ADC0_Value()函数用软件进行 AD 转换，最后，将带有网络地址的数据包发送给相应的协调器。发送数据的格式设置为：{“sdx”：xxx}。详细的 AD 转换代码见 Get_ADC0_Value()函数。到此 ZigBee 终端节点一次完整的数据采集和传输工作执行完毕，其后便按此过程不断进行循环。图 5 给出了终端节点执行的流程图[9]。

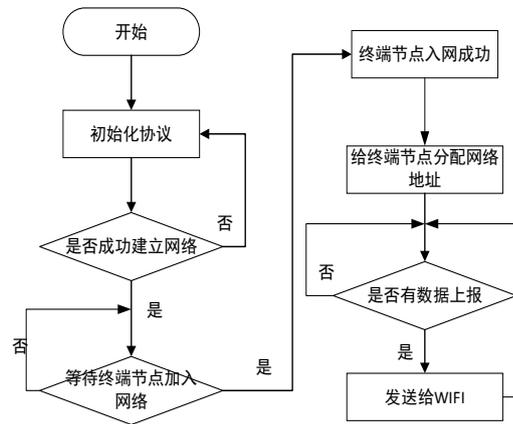


Figure 4. Coordinator execution flowchart
图 4. 协调器执行流程图

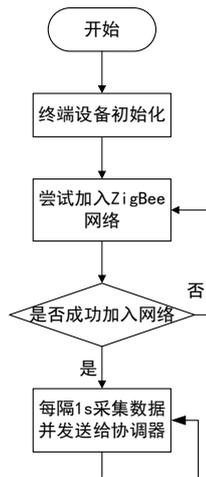


Figure 5. Terminal node execution flow chart
图 5. 终端节点执行流程图

4. 系统后台部分的设计

4.1. WIFI 模块

WIFI 模块在物联网中属于传输层，是一个智能硬件开发组合能够提供云端设计。WIFI 模块可以实现用户串口、无线网(WIFI)、以太网它们之间任意的透明转换，正是因为拥有这个功能它就可以让传统的串口设备更加快捷的加入到无线网络之中。并且通过 WIFI 模块，在不改变任何之前的配置的情况下，传统的串口设备就可以直接通过 Internet 网络对自己的数据进行传输。

本设计中 WIFI 模块采用的是 ESP8266，只要客户端连接到 WIFI 就可以实现相应的数据传输。该模块采用串口(LVTTL)与 MCU(或其他串口设备)通信方式，内置 TCP/IP 协议栈，能够实现串口与 WIFI 之间的转换[10]。在性能方面，ESP8266 具有低功耗，作用面积广，传输数据稳定的优点。所以在性能方面也可以达到本系统设计的要求。WIFI 模块电路图如图 6 所示。

该 WIFI 模块支持标准的 IEEE802.11b.g.n 协议和完整的 TCP/IP 协议栈，用户可以根据相应的规则自己设计使用该模块。通过对整体的硬件分析，可以更加确定整个硬件更加有利于整个土壤湿度无线检测系统的设计和实现。WIFI 模块工作流程图如图 7 所示。

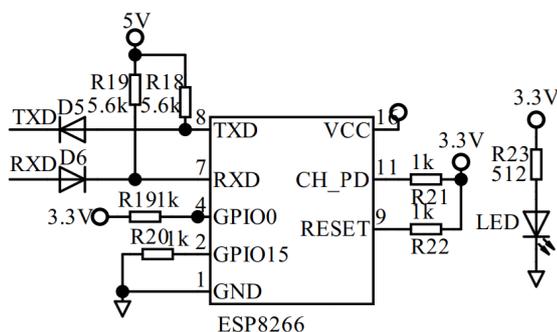


Figure 6. WIFI module circuit diagram

图 6. WIFI 模块电路图

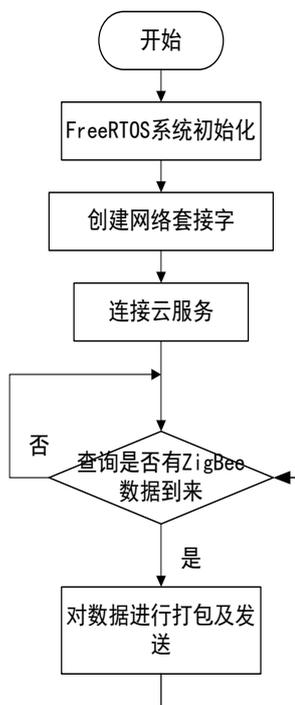


Figure 7. WIFI module work flow chart

图 7. WIFI 模块工作流程图

4.2. 手机 APP 的设计

本系统利用 Android Studio 编程来实现手机客户端的开发设计。Android Studio 是 Google 推出的一个 Android 集成开发工具，可用于开发和调试。该开发环境具有运行速度快且稳定、强大的 UI 编辑器等优点[11] [12]。

手机应用程序主要为了实现对土壤湿度传感器采集到的数据进行显示、报警提醒及文字提示的功能。结合本系统的设计要求，进行需求分析后确定 APP 需要实现的功能有：用户可以注册并登录系统；能够接收 WIFI 模块发送出来的数据并显示当前湿度值；可以设置正常湿度范围的上下限，当超出或者低于预设范围时发出声音报警，并且有文字显示过高和过低，当湿度检测值在预设范围内时，不启动声音报警，文字显示正常；支持手动选择开始检测显示和结束检测显示。设计该 APP 具体执行流程图如图 8 所示[13]。

关于手机 APP 客户端，本系统设计了一个登录界面和一个检测控制台界面。用户打开本 Android 客户端后，首先是进入登录界面如图 9 所示，第一次使用该软件的用户注册后才可登录，之后可直接输入正确的账号以及密码进入监测控制台如图 10 所示的检测控制台界面。需要监测时，点击开始检测在节点一、二湿度处即可看到当前的检测区域的湿度状况。可以调节湿度上下限来满足不同作物对湿度的要求。

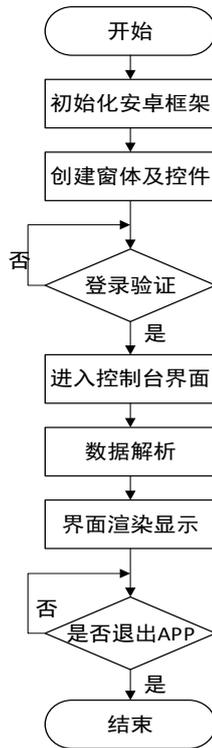


Figure 8. APP execution flow chart
图 8. APP 执行流程图

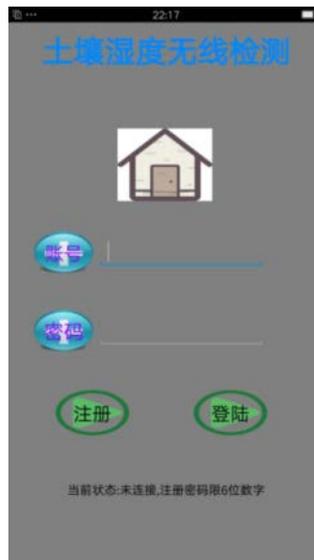


Figure 9. Login interface
图 9. 登录界面

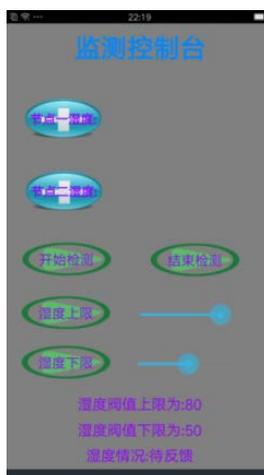


Figure 10. Monitoring console interface
图 10. 监测控制台界面

5. 实物实现

5.1. 搭建实验平台

首先搭建好软件实验平台，通过仿真器将 IAR 中的程序下载到协调器和两个终端节点中。组网成功之后，连接有土壤湿度传感器的终端节点将采集到的数据传送给协调器汇总，然后由协调器传送给 WIFI 模块。手机 APP 通过连接 WIFI 模块，接收数据并进行显示，本土壤湿度无线检测系统的实物连接如图 11 所示。

5.2. 实物效果

为了客观的看到终端节点和协调器的组网是否成功，终端节点请求加入协调器组建的网络后，当协调器底板上的数码管显示 C，终端节点底板上的数码管显示 E 代表组网成功，若没有相应的数码管显示代表组网还没有成功。组网成功实物效果如图 12 所示。当检测湿度超出预设值手机 APP 显示如图 13 所示，当湿度低于预设值时手机 APP 显示如图 14 所示。

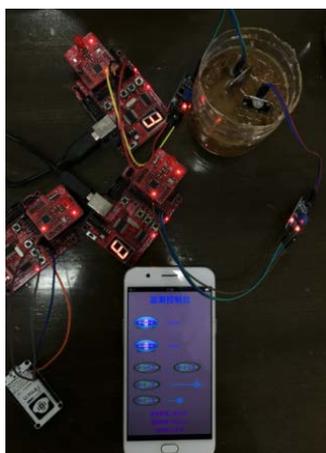


Figure 11. Physical connection diagram of the wireless soil moisture detection system
图 11. 土壤湿度无线检测系统的实物连接图



Figure 12. Real effect diagram of networking success
图 12. 组网成功实物效果图



Figure 13. Humidity exceeds the preset value
图 13. 湿度超出预设值



Figure 14. Humidity is lower than the preset value
图 14. 湿度低于预设值

6. 总结

本系统实现了湿度信息的远距离检测。将无线传感器网络与 WIFI 相结合，用于土壤湿度信息采集的

系统, 实现远距离准确传输, 可用于大田及其他大区域中。通过分析检测到的土壤湿度的数据, 可以及时对农作物进行浇水灌溉或者放风、松土等措施提高或者降低土壤湿度, 以达到适合农作物生长的土壤湿度环境。同时, 有利于农业管理, 在减少传统的测试方法由于人为等因素造成数据不准确以及降低相关人员工作量等方面有一定的帮助。

项目基金

论文受到湖南省教育厅科学研究项目支持(编号: 10C1005)和国家大学生研究性学习计划项目支持(基于土壤湿度检测的智能灌溉系统设计)。

参考文献

- [1] 陈韵秋. 智能农业检测系统的研究与设计[D]: [硕士学位论文]. 淮北: 淮北师范大学, 2019.
- [2] 豁保强. 智能大棚监测与控制关键技术的研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津科技大学, 2014.
- [3] 纪琳. 基于物联网的土壤湿度检测系统[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 青岛大学, 2012.
- [4] 蔡可为. 土壤湿度的无线监测系统设计[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2015.
- [5] 刘颖. 基于 Zigbee 与 MSP430 单片机的温室智能灌溉系统设计[J]. 微型电脑应用, 2017, 33(5): 56-58.
- [6] 张睿, 王建中. 基于 CC2530 的无线温度传感网络的设计[J]. 杭州电子科技大学学报, 2014, 34(3): 87-90.
- [7] 黄伟. 基于无线传感器网络的远程数据获取平台设计及相关问题研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 中国科学技术大学, 2009.
- [8] 谢忠兵. 基于 ZigBee 技术的土壤温度和湿度无线检测系统研究[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2012.
- [9] 安康, 张慧熙, 王李冬, 吕明琪. 基于 ZigBee 技术的多节点设备无线物联自组网设计[J]. 微型机与应用, 2014, 33(8): 51-54.
- [10] 汪腾. 基于 STM32 的扫地机器人控制系统设计[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2019.
- [11] 毕小明. 精通 Android Studio[M]. 北京: 清华大学出版社, 2017.
- [12] Horstmann, C.S., Cornell, G. Java 核心技术卷 1 基础知识原书第 9 版[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
- [13] 陈婷. 基于 Android 的移动学习系统研发[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2015.