

基于无线传感器网络的温室大棚环境监测系统设计

牛青松, 胡永强, 邓西金, 李积云 (青海省科学技术信息研究所, 青海西宁 810008)

摘要 针对目前温室大棚环境监测系统存在布线困难、灵活性低和成本高等问题, 构建了基于无线传感器网络(WSN)的温室大棚环境监测系统, 并重点对传感节点和网关节点进行了设计。该系统的传感器节点负责对环境参数进行采集, 并通过无线传感器网络将数据发送到网关节点, 网关节点再向远程监测平台传输数据。节点硬件的微处理器模块采用 MSP430F149 单片机进行数据处理和控制; 无线通信模块由 nRF905 射频芯片及其外围电路组成, 负责对数据进行传输和接收; 传感器模块采用 AM2301 传感器进行数据测量; 电源模块以 LT1129-3.3、LT1129-5 和 Max660 组成的电路提供 3.3 和 ± 5.0 V 电源。节点的无线路由协议和时间同步算法均采用 C 语言开发, 实现节点数据采集与处理、规则转发和远程传输等功能。远程监测软件采用 NET、ASP、HTML 和 C# 开发, 为用户提供形象直观的 Web 模式远程数据管理平台。该系统在青海省西宁市温室大棚进行了组网测试, 结果表明系统运行稳定可靠, 网络平均丢包率为 2.4%, 有效解决了温室环境监测系统中存在的问题, 满足温室大棚栽培环境监测的应用要求。

关键词 无线传感器网络; 温室环境; 无线监测系统; 网络性能

中图分类号 S126 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)24-235-03

Design of Greenhouse Environment Monitoring System based on Wireless Sensor Network

NIU Qing-song, HU Yong-qiang, DENG Xi-jin et al (Institute of Qinghai Science and Technology Information, Xining, Qinghai 810008)

Abstract According to the problems of difficult wiring, low flexibility and high cost in greenhouse environment monitoring system at present, we constructed the greenhouse environment monitoring system based on wireless sensor network (WSN). The sensing node and gateway node were designed. The sensor node in this system is used to collect environmental parameter. Data were sent to gateway node through wireless sensor network. The gateway node transmit data to remote monitoring platform. The microprocessor modules of node hardware used MSP430F149 Single Chip Microcomputer to process and control data. Wireless communication module is composed by nRF905 radio frequency chip and its peripheral circuit, which were used to transmit and receive the data. Sensor module used AM2301 sensor to measure data. Circuit of power module was composed of LT1129-3.3, LT1129-5 and Max660, so as to provide 3.3 and ± 5 V power supply. Wireless routing protocol in the node was developed by C language, and realized the node data acquisition and treatment, rules retransmission and Tele transmission and so on. Remote monitoring software used NET, ASP, HTML and C# for development, which provided visual and intuitionistic WEB mode remote data management platform. Networking testing of this system was carried out in greenhouse in Xining City of Qinghai Province. Results showed that the system was stable and reliable. The average packet loss rate was 2.4%, which effectively solve the problems in greenhouse environment monitoring system, and met the requirements for application of greenhouse cultivation environment monitoring.

Key words Wireless sensor network; Greenhouse environment; Wireless monitoring system; Network performance

无线传感器网络技术已经融入人们的生活和生产的各个领域, 它被列为 21 世纪最有影响力的技术之一。最近, 无线传感器网络的应用已涉及各个领域, 而在农业领域更是得到了广泛应用^[1-5]。美国英特尔公司在俄勒冈州建立了一个葡萄园无线传感器网络^[6], 并分析了网络的性能。Aline Baggio^[7] 建立了一个基于 T-MAC 协议的 WSN 系统用于监控土豆的温度、湿度和叶表面温度。在牧场布置的无线传感器网络系统被设计用于收集农业信息如土壤含水量、空气温湿度、土壤盐度等^[8-11]。在农田部署的节点主要收集温度、湿度、土壤含水量、阳光强度和二氧化碳浓度^[12-15]。大规模种植面积和高要求环境被认为是温室栽培的重要特性。尽管保持合适的温度和湿度是作物生长的关键, 但目前温室环境的测量仍然依赖人工。笔者基于无线传感器网络硬件平台, 设计了一个温室种植的无线传感器监控系统。

1 无线监控系统的设计

无线监测系统由传感器节点、网关节点和远程管理平台组成。传感器节点用于收集温室环境的数据, 网关节点通过 GPRS 网络将网络数据传输到远程管理平台, 无线传感器网络是以 Ad hoc 网络的形式进行数据多跳或单跳传输。系统

结构如图 1 所示。

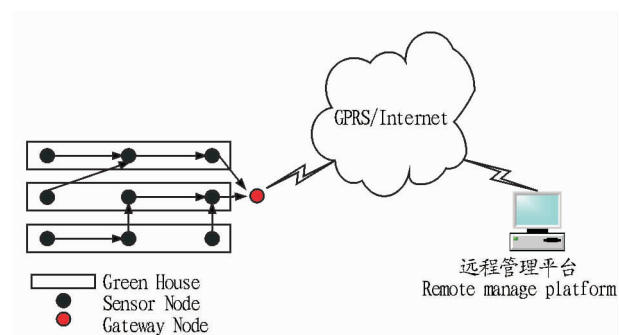


图 1 无线监控系统结构

Fig.1 System structure of wireless monitoring

1.1 系统硬件平台

1.1.1 传感器节点。传感器节点硬件平台是由微处理器模块、无线通信模块、传感器模块、串口通信模块和电源模块组成, 传感器节点实物如图 2 所示。

(1) 微处理器模块是核心组件。该系统选定 AVR 系列单片机 MSP430F149 为主控制芯片。微处理器模块可实现设备管理、任务调度、数据集成和通信协议等功能。

(2) 无线传感器网络的工作特征有着低功耗的需求, 因此无线通信模块是关键的部分。无线通信模块必须满足低功耗设计, 可以根据不同的需求而改变其发射功率。无线通信模块采用 nRF905 射频模块, 工作电压为 1.9~3.6 V, 工作

于 433/868/915MHz 3 个 ISM 频段,具有抗干扰能力强、低功耗和传输距离远等特点。

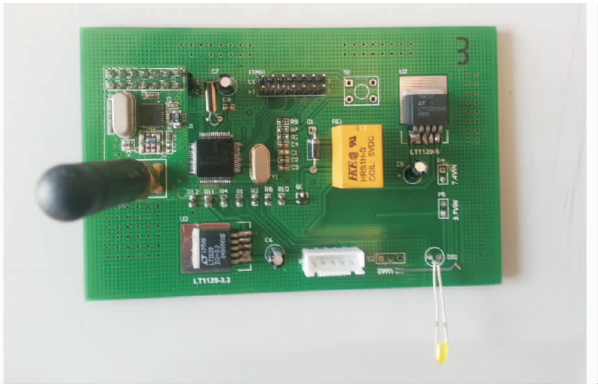


图2 传感器节点实物
Fig.2 Sensor nodes

(3)传感器模块负责完成对感兴趣的物理参数的收集。AM2301 传感器主要收集的是环境温度和湿度。

(4)JTAG 下载模块是嵌入式系统和计算机之间的程序下载接口。

1.1.2 网关节点。网关节点硬件平台是由微处理器模块、无线通信模块、GPRS 模块、数据存储模块、串口通信模块和电源模块组成,网关节点实物如图 3 所示。

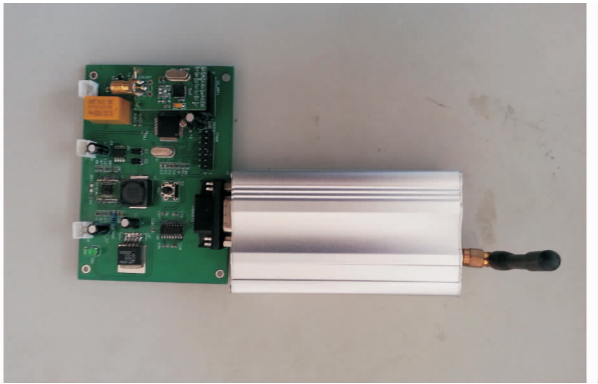


图3 网关节点实物
Fig.3 Gateway node

(1)网关节点与传感器节点相同的采用 MSP430F149 和 nRF905 分别作为主要控制芯片和射频芯片。

(2)GPRS 模块主要是负责网关节点和外部网络之间的数据传输和发送警告信息。网关节点使用 MC55 作为 GPRS 模块的主控芯片,并通过串口与控制器模块通信。

(3)数据存储模块用于存储网络数据,确保数据完整性。数据被存储在 SD 卡之前,数据将被传输到远程管理平台,管理者可以获得整个网络数据并分析温室环境的变化规律。

(4)电源模块采用 2 节锂电池为网关每个模块供电,2 节锂电池串联后通过 LT1129-5、LT1129-3.3 组成的电路转换为 3.3 V,为处理器模块和无线通信模块供电;通过 LT1129-5、Max660 组成的电路转换为 ± 5.0 V,为传感器模块供电,并利用太阳能给电池充电,实现能源自给自足,有效延长网关节点的使用寿命。

1.2 节点软件平台 节点软件平台的设计会直接影响节点

网络的性能和稳定性。为了使系统节点有效地完成网络任务,减少丢包率和保证网络的同步,系统软件的设计包括传感器节点应用程序和网关节点应用程序。

(1)传感器节点的应用程序实现底层驱动程序的调用、数据收集和传播。设计思路如下:传感器节点收集温室环境数据并在到达所设定时间向网络广播;然后,传感器节点进入接收模式接收其他节点的数据包,并判断是否需要转发或丢弃。当接收到网关节点发来的同步数据包后,传感器节点设置当地时间并转发同步数据包到网络,然后进入睡眠模式等待下一个循环周期。传感器节点程序流程见图 4。

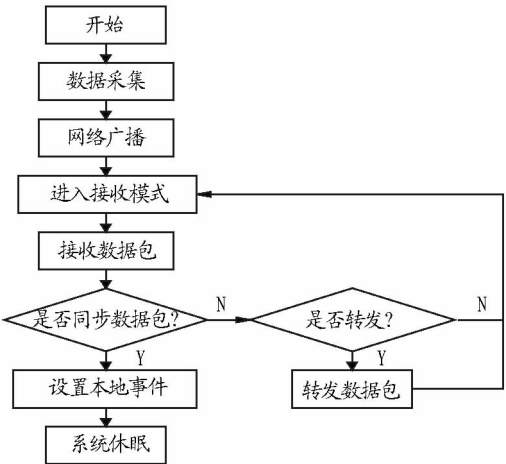


图4 传感器节点程序流程
Fig.4 Flow chart of sensor node software

(2)网关节点的应用程序实现了数据远程传输和备份,并当数据异常时发送警告信息。设计思路如下:在系统启动后,网关节点首先发送同步数据包到网络,使整个网络进入休眠。设定时间到达时,网关节点进入接收模式,从网络接收数据包并将数据备份到 SD 卡。然后,发送同步数据包使网络进入休眠状态,并且通过 GPRS 网络和互联网将数据传输到远程管理平台。网关节点程序流程见图 5。

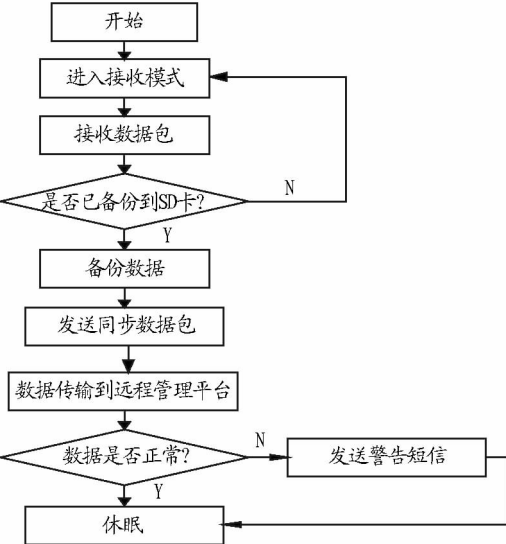


图5 网关节点程序流程
Fig.5 Flow chart of gateway node software

1.3 远程管理平台的设计 为了方便数据管理和咨询,基于 .NET 开发平台、SQL Server 2000 和 C# 设计了远程管理平台。用户可以通过计算机和手机连接到互联网或 WAP 网络对数据进行远程管理和咨询。

远程管理平台主要包括数据实时显示、数据统计分析、实时预警系统、历史数据查询等功能。

2 节点性能的组网试验和分析

该研究设计的系统布置在青海省西宁市汇丰蔬菜种植基地进行试验,对 5 个温室环境进行了环境温度和湿度的在线监测。每个温室放置 1 个传感器节点并配置 3 个传感器测量温室环境数据指标。传感器节点部署现场如图 6 所示。



图 6 环境监测传感器节点安装部署

Fig. 6 Node installation of environmental monitoring sensor nodes

该系统将通过网络丢包率 (PLR) 测试来评估整个网络的可靠性。数据采集周期设置为 30 min,设置 PLR 测试时间为 168 h。PLR 测试结果如表 1 所示,表中 Local Pakts 表示每个节点发出的本地数据包的数量,Forwarding Pakts 表示节点转发数据包的数量,Rec pakts 表示 PC 接收的数据包的数量,Lost 表示每个节点的数据包丢失数量。下式是系统网络丢包率的计算,测试结果表明该系统通信稳定可靠,整个网络的平均丢包率为 2.4%。

$$PLR = \frac{\sum Lost}{\sum Local_pakts + \sum Forwarding_Pakts} (\%)$$

表 1 网络丢包率测试统计

Table 1 Test statistics of network packet loss rate

ID	Local Pakts	Forwarding Pakts	Rec Pakts	Lost
node 1	336	15	345	6
node 2	336	12	339	9
node 3	336	7	337	6
node 4	336	5	329	12
node 5	336	1	328	9
Total	1 680	40	1 678	42

通过 AM2301 传感器对温室环境温度和湿度进行测量,平均数据由节点 1、2、3、4 和 5 采集并由网关节点远程传输至服务器,其中 8 月 19 日的温度、湿度监测数据分别见图 7、8。

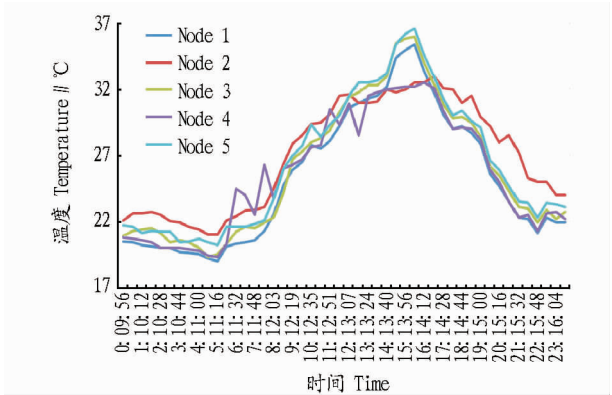


图 7 温室温度 8 月 19 日数据

Fig. 7 Temperature in greenhouses on August 19th

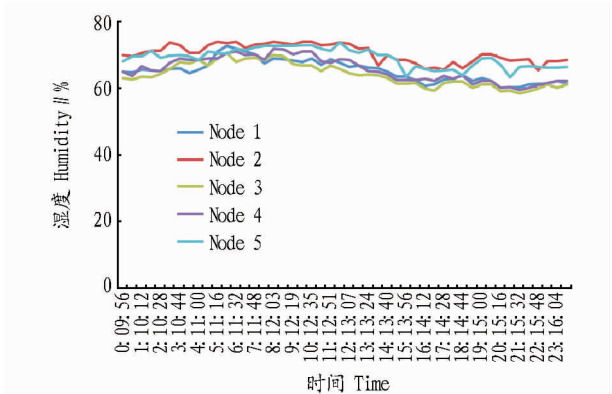


图 8 温室湿度 8 月 19 日数据

Fig. 8 Humidity in greenhouses on August 19th

3 结论

无线传感器网络是一种测量环境参数的有效工具。该研究设计的传感器节点低功率,稳定可靠,能精确测量温室环境温湿度。分析测试结果表明,该无线传感器网络在试验应用中能稳定运行,准确传输测量数据到远程管理平台,并且网络丢包率低,满足实际运行的需要。

参考文献

[1] BECKWITH R,TEIBEL C, BOWEN P. Report from the field:Results from an agricultural wireless sensor network[C]//Proc. 29th Annual IEEE Intl. Conf. Piscataway, N. J. :IEEE,2004:241 – 249.

[2] LI Z,WANG N,FRANZEN A,et al. Development of a wireless sensor network for field soil moisture monitoring[M]. St. Joseph. Mich. :ASABE, 2008:135 – 141.

[3] ANDRADE-SANCHEZ P,PIERCE F J,ELLIOT T V. Performance assessment of wireless sensor networks in agricultural setting[C]//2007 ASABE annual international meeting. Minneapolis,USA,2007:311 – 319.

[4] JIANG S,WANG W X,SUN D Z,et al. Design of energy self-sufficient wireless sensor network node for orchardinformation acquisition[J]. Transactions of the Chinese society of agricultural engineering (Transactions of the CSAE),2012,28(9):153 – 158.

[5] WANG W X,LUO X W,SUN D Z,et al. Design of wireless sensor network node for data transmission in tea plantations [J]. Transactions of the CSAE,2011,27(5):169 – 173.

[6] HUANG J Q,WANG W X,JIANG S,et al. Development and test of aquacultural water quality monitoring system based on wireless sensor network [J]. Transactions of the Chinese society of agricultural engineering,2013, 29(4):183 – 190.

堂讲授知识、提高基本技能和获取科学研究资料的重要途径,也是提高综合素质的教育环节之一。“蓟县梨木台自然风景区”为天津理工大学建立的教学实习基地之一,为了见识更多的地质现象、岩石种类及形成原因、土壤质地结构、植被种类及生物多样性,根据教学需要又增加“蓟县九龙山国家森林公园”为环境科学教学实习基地。

学生经过教学实习,虽然对于实践学科的目的意义已经有了较为专业的认识,但是教学实习和认识实习的实习项目及要求不同。前者以课程为依托,针对特定课程确定实习项目,后者的目的是使学生了解和掌握基本生产知识,印证、巩固和丰富已学过的专业课程内容,提高其在生产实际中调查研究、观察问题、分析问题以及解决问题的能力。由此,培养方案中设立认识实习,以期通过认识实习使学生学到、接触到更多知识,加深对环境科学专业诸多问题的感性认识,为今后的工作和学习打好基础,积累经验。针对环境科学的专业特点,在前一年度实习内容的基础上都会做出相应调整,增加相应实习项目,确定更为专业的实习内容。学院已与天津创业环保东郊污水处理厂、天津泰达威立雅水务有限公司建立了长期有效的联系,但主要侧重于水处理方向。为了增加专业实习面,在已有的实习基地的基础上,广泛建立联系,与相关专业部门和单位讨论,筛选并确定长期合作单位,定期向这些单位输送专业学生,增加学生的实践及就业机会,实现“双赢”。目前,该专业已与天津市环境保护局、天津市环境保护科学研究院、天津市环境监测中心、农业部环境保护科研监测所、交通运输部天津水运工程科学研究所等环保部门建立了长期的实习关系,定期为这些单位输送学生进行专业技术实习,使学生获得一定的专业技能,得到了锻炼,为进入专业工作岗位奠定了一定的理论和技术基础。

4.4 建立实践性教学环节教学质量的管理与监督机制 实践教学是本科教学中很重要的一个教学环节,是培养学生创新精神、创新能力和实践能力的一个重要阶段,实践教学质量直接影响专业人才培养质量及学生的从业能力。为深化教育教学改革,提高实践教学质量,结合学校、学院考核机

制,从专业建设实际出发,细化评价办法和细则,完善实践教学环节质量考核体系,在对实验教学、毕业论文的教学管理上,借鉴一些新的经验制定实践教学、实验教学和毕业论文(设计)教学质量管理办法,使实践教学质量和水平得到提高;建立实习基地评估体系,补充实习基地文件,确定实习基地评估体系的内容和指标,并对专业实习基地进行有效评估。

5 结语

专业导师计划首先在环境科学与安全工程学院 2013 级环境科学专业进行实践,取得了良好的效果。近几年实习基地建设和实践教学项目都在尝试阶段,并根据经验和成果逐步推进和完善。实践改革贯穿整个环境科学专业,从 2013 或 2014 级学生开始全面实施,涉及实验、实习及毕业论文等各个实践教学环节,注重扩大学生的知识面和专业技能,使学生对与专业相关的学科、高新技术的发展及应用前景有所了解,具有一定的科学研究和技术开发能力。在实施过程中,广泛听取专业教师、学生工作教师及学生的意见,在总结成绩的基础上克服困难,解决问题。

实践教学考核机制的建立目前还处于摸索阶段,初步建立并实行了管理办法,今后应进一步完善考核机制,实践教学考核与理论教学考核并行,点面结合,建立长效健全的考核体系。

参考文献

- [1] 栗银,彭清静,刘春琼,等.环境科学专业教学改革探讨[J].教育管理研究,2011(3):25-26.
- [2] 卢一卉.“化学实验教学研究”课程改革初探[J].西南师范大学学报(自然科学版),2009,34(2):197-200.
- [3] 王瑞杰,陈绍甫,翟兆斌.加强实践性教学环节努力提高教学质量[J].西南农业大学学报(自然科学版),2000(S1):8-9,16.
- [4] 莫德清,莫建萍.强化环境工程专业学生实践能力培养的探讨[J].桂林电子科技大学学报,2008,28(4):373-375.
- [5] 张承中,彭党职.高等学校环境类专业实践环节教学现状调查及教学改革思考[J].西南科技大学学报(哲学社会科学版),2004,24(4):6-9.
- [6] 朱启红,夏红霞,宋仲容,等.环境科学专业创新性人才培养实践教学模式初探[J].重庆文理学院学报(自然科学版),2009,28(4):82-84,88.
- [7] BAGGIO A. Wireless sensor networks in precision agriculture[C]//Proc. workshop on real-world wireless sensor networks. Stockholm, Sweden, 2007.
- [8] ZHANG B H, LI S N, TENG W X, et al. Development and design of greenhouse testing and control system based on wireless sensor networks[J]. Microelectronics & computer, 2008, 25(5): 154-157.
- [9] CHEN X, XUE M S, WANG J, et al. Wireless measurement and control system for greenhouse environment based on ZigBee protocol[J]. Automation & instrumentation, 2007(3): 39-41, 50.
- [10] ZHANG Y W, YANG Z Y, SHEN C, et al. Design and implementation of the WSN-based gateway in a greenhouse intelligent measuring and controlling system[J]. Computer engineering and science, 2008, 30(6): 98-100, 105.
- [11] BU T R, LV L X, WANG W. Design of agriculture environment monitoring system based on TinyOS wireless sensor network[J]. Agriculture network information, 2009(2): 25-27.
- [12] LI L W, YEO T S, KOOI P S, et al. Radio wave propagation along mixed paths through a four-layered model of rain forest: An analytic approach[J]. IEEE Transactions on Antennas and propagation, 1998, 46(7): 1098-1111.
- [13] AYDAY C, SAFAK S. Application of wireless sensor networks with GIS on the soil moisture distribution mapping[C]//Proceedings of 16th International Symposium GIS Ostrava 2009-Seamless Geoinformation Technologies, Ostrava, Czech Republic, 2009: 123-132.
- [14] AKYILDIZ I F, SU W, SANKARASUBRAMANIAM Y, et al. Wireless sensor networks: A survey[J]. Computer networks, 2002, 38(4): 393-422.
- [15] CAMILLI A, CUGNASCA C E, SARAIVA A M, et al. From wireless sensor to field mapping: Anatomy of an application for precision agriculture[J]. Comput Electron Agric, 2007, 58: 25-36.

(上接第 237 页)