

基于无线传感器网络的生物实验室设计方案

甄志军, 鲁士文

(中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 将无线传感器网络应用于生物实验室, 对传统的生物实验方式和实验室管理进行改进, 提出了一种基于无线传感器网络的生物实验室设计方案。

关键词: 无线传感器网络; 生物实验室; 温室; 视频监控

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)15-0086-04

Design of biology lab based on wireless sensor networks

ZHEN Zhi Jun, LU Shi Wen

(Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: This paper applies WSN to biology labs, improves the tradition lab management, and presents a design of lab information management system based on WSN.

Key words: WSN; biology lab; greenhouse; video monitor

随着国家对科研的重视和支持, 中国的科研条件已经有了很大的改善, 生物实验室的现代化水平也在不断提高, 拥有很多昂贵、精密的仪器设备, 因此对实验室的火、电等安全性能要求很高。另一方面, 很多生物样品和数据具有收集周期长、样品来源稀缺、不易重复等特点, 对于样品的保存和安全稳定问题也有很高的要求。但目前对于生物实验室的设计多关注其中化学药品等的安全性, 对于仪器使用和样品保存等方面的安全性关注较少, 现代化程度不高。因此, 研究如何应用现代网络和电子产品对生物实验室的安全性控制进行改进具有重要的现实意义。

无线传感器网络作为一种新兴的应用型网络, 由部署在监测区内的大量传感器节点组成, 以自组织的方式形成一个多跳的网络系统, 其目的是采集和处理网络覆盖区域内监测对象的信息, 并发送给管理者。无线传感器把逻辑上的信息世界与客观上的物理世界融合在一起, 改变人类与自然界的交互方式。目前传感器网络的应用包括环境监测、医疗诊断、智能家居、军事应用等多个方面^[1-3]。

本文将无线传感器网络应用于生物实验室, 对传统的生物实验方式和实验室管理进行了改进, 提出了一种基于无线传感器网络的生物实验室设计方案。该方案将

生物实验室根据功能划分为办公区、实验区和温室三个区域。针对各区域的不同特点, 通过传感器节点、汇聚节点和服务器的有机结合, 构建一个新型、安全和智能的生物实验室。该方案与传统生物实验室工作模式相比, 具有工作效率更高、实验数据采集更准确、安全性更高的优点; 并且网络构建成本较低, 易与现有网络互联, 可操作性更强。目前, 针对实验室环境尤其是生物实验室方面的无线传感器网络的应用研究较少, 因而本文具有一定的新颖性和探索性, 并且该方案比较容易推广至其他类型的实验室等应用环境。

1 系统结构、通信协议和拓扑结构

1.1 系统结构

如图 1 所示, 生物实验室的无线传感器网络系统由三个区域中的传感器节点、汇聚节点、视频监控终端、服务器和管理终端组成。传感器节点分布在各监测区域内, 采集各种相关数据信息, 包括电压传感器、气体传感器、光照传感器等各种类型。各传感器节点通过 ZigBee 协议, 将数据传送给汇聚节点。汇聚节点是连接无线传感器网络与外部网络的接口, 能实现两种不同协议栈间通信协议的转换, 还能对传送的数据进行汇总、数据冗余等处理, 也能对传感器节点发布监测任务等。汇聚节点既可以是功能强大的传感器节点, 也可以是仅有无线

通信功能的特殊网关设备^[3]。在本系统中,汇聚节点选用网关设备。汇聚节点接收到来自各传感器节点的数据进行相应处理后,将其通过 Internet 传送至服务器。服务器对采集的数据进行相应处理,并将处理结果发送至管理终端界面,以供管理人员进行管理。

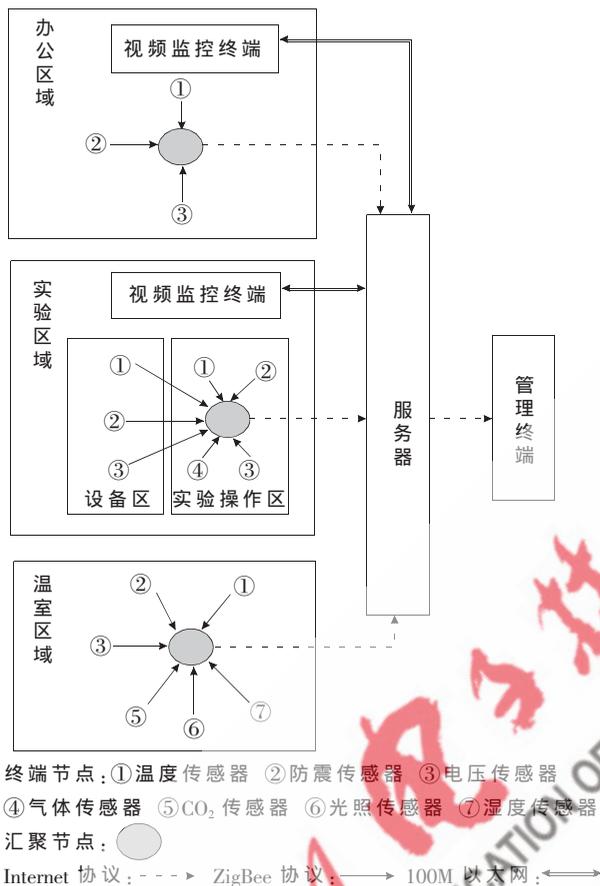


图1 系统结构图

1.2 系统的拓扑结构和协议

本系统的无线传感器网络采用星型拓扑结构,系统终端的传感器节点间采用 ZigBee 协议。ZigBee 协议是基于 IEEE802.15.4 无线标准研制开发的组网、安全和应用软件等方面的技术标准,非常适合低功耗、低成本、低速率的应用环境。该网络采用的星型拓扑结构支持点对点、点对多点的通信,中心节点为汇聚节点,所有数据通过汇聚节点;星型拓扑结构适合圆形分散、距离较近的无线传感器联网。

2 系统功能设计和节点选择

2.1 办公区的功能设计和节点选择

实验室的办公区是工作人员和学生办公和学习的地方,因此本区域的防火、防盗、防震是监控的重点。当有断电、火灾、地震等意外情况发生时,各传感器节点如电压传感器、温度传感器、防震传感器等将采集的数据传送到汇聚节点,汇聚节点对数据进行相关处理后将其传送到服务器;服务器的报警模块对该数据进行相应处

理。另一方面,为了使办公室更安全,办公区的电灯、冰箱、微波炉等家用电器也分别安装上电压传感器等自动装置。为了进一步保证办公室安全,需要对办公区进行实时视频监控,因而该区域还安装有视频监控系统。如图 2 所示,摄像头对监控区域的实时图像进行采集,并将采集的图像数据传送至 PNX1500 处理器内核,处理器通过 100 M 以太网连接至服务器,服务器可对处理器传送过来的实时图像进行监视、存储、回放和编辑等处理。

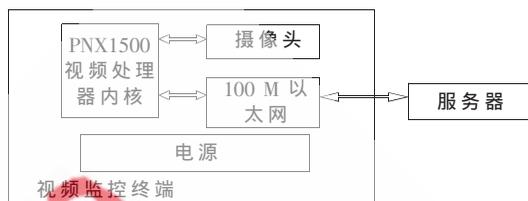


图2 视频监控系统

根据办公区的防火特点,本区域内的温度传感器可采用 AD 公司生产的数字温度传感器芯片 ADT7301。本芯片采用+2.7 V~+5.5 V 电源供电,工作温度范围为: -40℃~+150℃,采用节省空间的 SOT-23 和 MSOP 两种封装模式,具有温度转换精度高、功耗低、串行接口灵活方便等特点。

地震传感器采用成都美幻科技有限公司的德祥 1 系列产品,该产品可检测 P 波和 S 波,具备预警和报警功能、“救命”呼喊和无线 SOS 求救功能,报警灵敏度高,误报警次数少,内置电池容量大,可以在外接电源断电后持续工作 72 小时,内置了免维护的可充电电池,可设定报警烈度,耗电量低。

电压传感器选择 LEM 公司的 Eta 电流传感器, Eta 技术涵盖了开环和闭环两种原理,集它们的优点于一身,可测量交流电和直流电,测量范围是 200 A,且测量范围可扩展;单端 5 V 供电,带宽范围大,低功率损耗。

2.2 实验区的功能设计和节点选择

实验区根据功能可划分为实验操作区和设备区。实验操作区通常存放有危险、有毒甚至剧毒的化学药品,生物实验过程中也会产生有害气体,因此实验操作区的监控重点是防毒、防火。设备区放置有各种类型的大型实验仪器设备,需安装电压传感器来对仪器设备的电压进行实时检测,以保证实验仪器设备及实验样品的安全性。如果实际电压值超出预定门限值时,切断市电输入,同时启动 UPS。所以,整个实验区设置有气体传感器、温度传感器、防震传感器和电压传感器。为了进一步保证实验区的安全,该区域还安装有视频监控终端。

气体传感器布置在实验台、通风橱、超净台、药品柜等存放危险化学品和易产生有毒气体设施的位置,形成星型拓扑结构。该传感器选用瑞士 Membrapor 公司的电化学式传感器,电化学式传感器利用氧化还原反应,通过不同的电解质可检测几十种有毒气体,包括 CO、

SO₂、NO、NH₃、CL₂、HCL 等,测量范围为 0~1 000 ppm,分辨率为 0.1~4 ppm。

温度传感器布置在实验区内角落位置、电源插口处、易发生火灾的地方,形成星型拓扑结构,同样可采用 AD 公司生产的数字温度传感器芯片 ADT7301。

设备区中通常有许多大型的仪器设备,价格昂贵。非正常情况下的断电,对大型仪器设备的损坏性非常大,有些损失甚至是不可弥补的。如实验室内的超低温冰箱,可能保存着不可再次获得的实验样品,因此保证大型仪器的正常运行是非常重要的。根据此特点,需要安装电压传感器,以保证大型仪器的正常运转和使用。电压传感器设置有一个门限值,当电压出现异常或不稳定时,通过门限值的限定,报警模块及时报警,以保证大型仪器的安全。

根据设备区仪器设备的具体情况,可选择 LEM 公司隔离放大传感器的电压传感器,该系列传感器可直接测量电压,其原边线圈连接内部电阻网络,信号传送到隔离放大器。

2.3 温室的功能设计和节点选择

实验室的第三部分是温室区域。该区域包括灌溉系统,还对土壤 CO₂ 的浓度、土壤的温度、湿度及光照强度等进行监测。植物的生长发育对土壤的湿度、温度较为敏感,土壤中放置相应的传感器节点,将其土壤的湿度、温度等数据传送到汇聚节点,汇聚节点将数据传送到服务器,然后服务器对这些数据进行处理分析^[9]。研究人员可以依据这些数据,发现植物生长规律、特点,以及物理环境对农作物的影响等,以进行相关的科学研究工作。

温度传感器选择德国 ZMD 公司的 Tsic 系列,其采用 ZAC 通信协议,电流低,功耗小,测量范围为 -50℃~+150℃,精度为 ±0.1℃,采用单总线输出方式,接口简单。

光照传感器采用芬兰进口的芯片 HS2303,光照强度范围:0~200 000 lx,分辨率 0.1%,响应时间 1 s,并可与无线数据收发电路或 RS485 网络通讯接口电路相连。

土壤 CO₂ 传感器选用固态电解质 CO₂ 传感器 MS4100(低成本、固态电解质技术),其对 CO₂ 反应非常灵敏,受温度和湿度影响小,适合农业应用;其量程为 0~30 000 ppm,跨度为 60~72 mV(0~2 000 ppm),工作电压为 5 VDC±0.5%,响应时间为 5 s。

3 服务器的软件设计

服务器放置在服务器机房,其对采集到数据进行相应的处理,并将处理结果发送至管理终端界面以供管理人员进行管理。服务器主控软件分为用户界面模块、报警模块、实验数据处理模块、视频监控模块、数据库管理模块、节点管理模块和数据输入/输出模块。如图 3 所示,数据输入/输出模块接收来自各汇聚节点的数据以及来自视频监控终端的图像数据。节点管理模块主要对节点的初始化、节点的加入和退出等进行管理。报警模

块对来自传感器节点的检测数据进行分类、识别和分析,将报警信息输入用户界面进行显示等报警处理。实验数据处理模块对传感器节点传送来的实验数据进行分类、汇总和分析,并可以应用专业生物分析软件进行科学研究。视频监控模块对办公区和实验区进行视频监控处理,如实时监控,视频图像质量控制和图像备份等。数据库管理模块对相关的实验数据和图像数据等进行存储、分析和查询等管理。用户界面模块则给管理人员提供友好的用户界面。



图 3 服务器主控软件架构

图 3 中,报警模块可对电警、火警、毒警等进行报警处理,对于实验室的安全保障至关重要。报警模块对报警信息的处理流程如图 4 所示:当有警情发生时,传感器节点将所监测的数据传送到管理终端,管理人员通过电话、现场派人侦查等手段来核实该警情为实警还是虚警,实警是火警、毒气泄漏警情、电压不稳或超负荷等报警,虚警则是人为等原因造成报警系统误报警。如果是实警,则采取如下措施:(1)启动声光报警系统,通知现场人员迅速离开警情现场或做好防护措施。(2)打开门禁系统,使现场人员逃生;如发现警情严重扩大,可在人

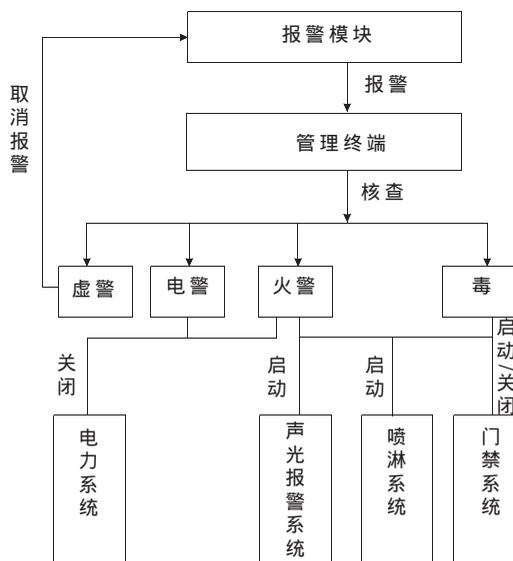


图 4 报警信息处理流程

员全部逃出后,关闭门禁系统,防止灾情扩大。(3)打开喷淋系统,灭火或降低毒气浓度,防止火灾蔓延和毒气浓度过高而引起的爆炸。(4)如为火警或实际电压超过系统设置的电压门限值,则需关闭电力系统。如果是虚警,则取消报警^[4]。

传感器网络作为一种新兴的应用型网络,在生物实验室有着广泛的应用前景。采用基于无线传感器网络的设计不仅有效改善了传统生物实验室的安全管理模式,还能高效地为研究人员提供准确科研数据信息,并能与现有网络有机地结合。本文针对一个具体的实验室环境,提出了一种基于无线传感器网络的生物实验室设计方案,用以构建一个新型、安全和智能的生物实验室,并可以推广至其他类型的实验室应用环境。

参考文献

[1] AKYILDIZ I F, SU W, Sankarasubramaniam Y, et al.

Wireless sensor networks:a survey. Computer Network, 2004,38:393-422.

[2] David Culler, Deborah Estrin, Mani Strivastava. Overview of Sensor Networks. IEEE Computer Society, 2004:41-49.

[3] 孙利民,李建中,陈渝,等.无线传感器网络[M].北京:清华大学出版社,2005.

[4] 郑君刚.基于无线传感器网络技术智能家居报警系统设计.沈阳建筑大学学报(自然科学版),2008,24(2):35-38.

[5] 李栋,张林,徐保国.无线温室信息监测系统设计.微计算机信息(嵌入式与SOC),2009,25(3-2):38-39,63.

(收稿日期:2010-0-0)

作者简介:

甄志军,女,1978年生,助理工程师,主要研究方向:无线传感器网络。

电子技术应用
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE
www.chinaAET.com