

# 基于 WSN 的博物馆环境监测系统\*

宦若虹, 汤仲喆, 王 凯, 胡康宁, 陈庆章\*

(浙江工业大学 计算机科学与技术学院, 浙江 杭州 310023)

**摘要:** 由于温、湿度等环境因素对文物的保存有着至关重要的作用, 为了能够完好地保存博物馆中的文物, 必须对其环境因素进行监测, 而传统的手工监测方法存在着许多不足之处。为解决以上问题, 提出了一种基于无线传感器网络(WSN)的博物馆环境监测系统, 通过部署在博物馆藏馆内的传感器节点来实时地采集温、湿度等环境信息, 并将数据传输至汇聚节点继而传送给后台处理程序, 利用程序对各个藏馆的环境数据进行监测和处理。研究结果表明, 该系统可以有效、稳定地对博物馆环境因素进行监测及处理, 以保证文物良好的储存环境。

**关键词:** 无线传感器网络; 博物馆; 环境监测

中图分类号: TH81; TP277

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2011)09-1033-03

## Environmental monitoring system for museum based on wireless sensor networks

HUAN Ruo-hong, TANG Zhong-zhe, WANG Kai, HU kang-ning, CHEN Qing-zhang

(College of Computer Science and Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

**Abstract:** The environmental factors such as temperature and humidity have important effect on the storage of cultural relic. In order to keep cultural relic in the best condition, the environmental factors should be monitored to see if they were suitable. However, the traditional method for monitoring handled by labor has many disadvantages. To solve this problem, a monitoring system based on wireless sensor networks (WSN) was put forward, which can collect real-time environmental factors such as temperature and humidity in every room of the museum by sensor nodes deployed in. Then, the sensor nodes transmit the data to the sink node. Finally, the data will be transmitted to the processing program on PC via the sink node, which can be made use of to monitor and process the change of environmental factors in the museum. Research results show that the system proposed can monitor and handle the environmental factors effectively and reliably, which would ensure the better condition for the storage of cultural relic.

**Key words:** wireless sensor networks (WSN); museum; environmental monitoring

## 0 引 言

目前国内学术界对博物馆文物保存环境研究较多, 但是采集的数据来源多使用采样法获得, 例如在文献[1]中, 研究者所得到的数据就是在几个具有代表性的位置上放置相应的传感器, 每隔一段时间用人工的方式摘抄传感器数据。这样采集数据不仅费时费力, 同时也不利于对文物的保护。因此本研究主要针对这一问题进行创新, 利用无线传感器网络技术使得

采集数据的途径更加便捷和高效。

国内同类研究工作还有浙江大学的敦煌莫高窟洞窟环境监测系统<sup>[2]</sup>。浙大的敦煌莫高窟环境监测系统的主要功能是用于各洞窟对游人开放与否进行调控, 它主要是对洞窟里的湿度和二氧化碳浓度进行监测, 当浓度超过一定阈值的时候, 该洞窟就不适宜对游人开放。

其他科研单位和高校也纷纷展开无线传感器网络在环境监测方面的应用研究, 包括清华大学、武汉大

基金项目: 2011-03-21

作者简介: 国家自然科学基金资助项目(61001126); 浙江省自然科学基金资助项目(Y1110649, 20100223)

作者简介: 宦若虹(1979-), 女, 浙江杭州人, 博士, 主要从事无线传感器网络方面的研究. E-mail: huanrh@zjut.edu.cn

通信联系人: 陈庆章, 男, 教授, 博士生导师. E-mail: qzchen@zjut.edu.cn

学、中国科学院计算所等<sup>[3]</sup>,如文献[4]提出了利用无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)的电力线张力监测系统。这些研究足以说明利用无线传感器网络实现博物馆环境监测智能化是一种可靠且高效的手段。

无线传感器网络是多跳网络,具有无主站、自组织、自治、自适应、体积小、价格便宜等优点,而且网络通信工作在完全免费的 2.4 GHz 频段上<sup>[5]</sup>,这对降低系统的运行成本与普及有很大的意义。

本研究设计了基于无线传感器网络的博物馆环境参数监测系统,在对几类主要文物的最佳保存环境进行调研的基础上,重点说明了节点板载温、湿度传感器的结构与 设计,以及后台监控系统的设计。

### 1 文物存储环境分析

在文物的存储环境中,引起文物品质退化的因素很多,有温度、湿度、气态污染物、颗粒污染物等。其中,温、湿度是最基本的,也是非常重要的因素。对于不同类型的文物而言,它们的存储温、湿度环境是不一样的。一般情况下,各国推荐的文物保存环境的温度基本标准为 19 ℃ ~ 24 ℃,日波动小于 1 ℃。而对于相对湿度,其数值应根据文物质地和文物长期所处环境的相对湿度综合确定。一般要求金属温度小于 50%,其他文物为 (55 ± 5)%,相对湿度最高不超过 65%,当然,若文物长期保存在相对湿度较低的环境下,应该保持这一湿度环境<sup>[6]</sup>。

在一定的密封环境内,环境的温度和相对湿度有一定的关系。若温度升高,空气中所含有的水分会增加,但是在这个密封环境中的湿度并未随之增加,因而造成相对湿度的降低;反之,相对温度则升高。所以,在考虑文物保存环境的温、湿度时,要将两者加以综合考虑。

### 2 基于无线传感器网络的环境监测系统组成

基于 WSN 的博物馆环境参数监测实验系统主要由无限传感器节点网络和后台监控系统两部分组成。整个系统的示意图如图 1 所示。其中,环境参数监测终端与数据监控终端通过 WSN 进行数据传输。环境参数监测终端由安装在博物馆文物存储柜(库)中装载了温湿度传感器的无线传感器网络节点组成。在项目中,无线传感器节点选用工作在 2.4 GHz 免费频段的 JN5139 型无线传感器节点,该节点通信距离长、功耗低,通过其板载的温度传感器和湿度传感器,可对文

物存储环境及其周围的温度和湿度参数进行监测。JN5139 的 CPU 为 32 位处理器,数据采集的过程中由 CPU 控制节点射频模块发送数据<sup>[7]</sup>。整个受力监测终端在文物展出时段由光伏电池吸收展柜照明灯光供电<sup>[8]</sup>,在非展出时段或环境光较暗时由板载电池供电,这样的供电设计无需从展柜外引入电源线,使得文物所在环境完全与外界环境隔离开来,可有效保护所在环境参数的稳定与可控。节点定期从传感器获取环境参数,接着将数据以一定格式的数据包经过无线传感器网络发送到汇聚(sink)节点,然后汇聚节点将数据传输到后台监控系统,后台监控系统发现异常情况时监控软件会自动报警,同时将异常信息通过短信猫发送到用户指定的手机上。

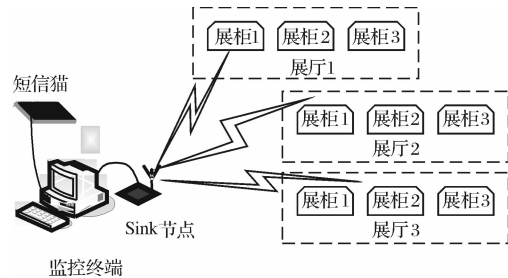


图 1 博物馆环境监测系统示意图

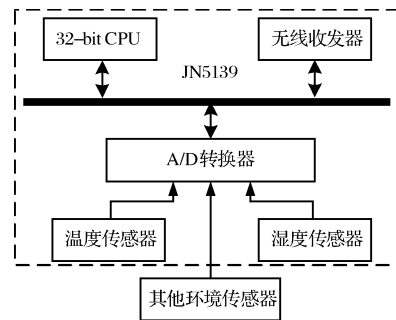


图 2 环境监测终端结构示意图

环境监测终端结构如图 2 所示。由图 2 可知, JN5139 节点通过 CPU 控制 A/D 转换器周期性地采集温度和湿度数据,通过自身带有的 12 位高精度的 A/D 转换器将各个传感器传来的信号转换为数字信号, CPU 将各种传感器采集到的数据按一定格式通过无线收发器发送给靠近汇聚节点的 JN5139 节点,节点在收到数据包之后即将数据包发送给离其最近且靠近汇聚节点的节点。JN5139 节点采用定期休眠和唤醒机制,这样可以节省能量,使整个无线传感器网络可以在没有光照的情况下持续运行更长的时间。

### 3 无线传感器节点网络设计

考虑到博物馆展厅的设计结构及所需检测的内

容,本研究采用星形传感器节点网络<sup>[9]</sup>,如图 3 所示。

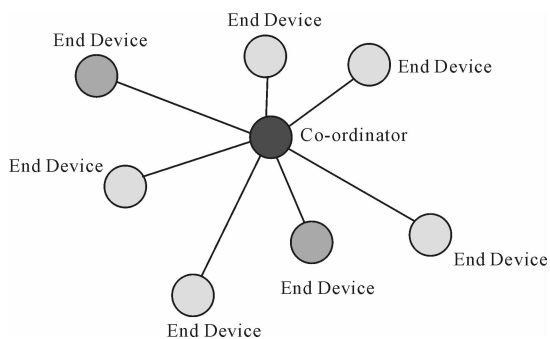


图 3 传感器节点网络的拓扑结构

由图 3 所示,可以将网络中的传感器节点分为两类。其中端节点(End Device)布置在各个展厅中,用于周期性的检测环境的温、湿度,并且将数据发送给网络协调器(Co-ordinator)<sup>[10]</sup>;而网络协调器则与 PC 相连,用于接收各个检测节点传来的数据,并将数据通过串口发送给 PC 以用来后期处理。

由于端节点中含有温、湿度传感器,它们可以直接检测环境的温、湿度。同时,它们也可以利用节点自身含有的 A/D 转换器来获取节点的剩余电压,和温、湿度一同传输给协调器并在 PC 上显示出来,以便在节点电压不足时能够及时地更换电池,保持该系统的稳定性。

根据第 1 节所述,博物馆的环境必须维持在一定的范围之内,因此在检测环境温、湿度的同时,必须设定一定的报警机制,以便当环境因素发生不正常的变化时,能够及时地告知在场的管理员。端节点上的 LED 灯被用来实现报警。

整个系统的工作过程如下:当端节点检测到数据后,一方面将数据通过无线收发器发送出去,另一方面对数据进行判断,若数据在阈值范围内,则不做任何处理,准备下一次的采样;若数据超过阈值,则意味着该节点所处的展厅环境不符合要求,这时节点上的 LED 灯将会点亮,用于报警。同时,网络协调器会收到各检测节点发来的数据,并将它们发送给 PC。

由于各个展厅里放的文物类型的不同以及不同类型文物所存放的环境条件不一样,各检测节点所设定的环境参数阈值也不同。

### 4 后台监控

后台监控系统组成如图 4 所示。汇聚节点接收到博物馆环境监测终端发来的数据包后,通过串口线传输到后台监控系统,后台监控系统则将数据包中的节点编号、温度、湿度和电量等数据分离,然后将数据通过 ADO 的方式存入数据库,同时对这些数据进行分

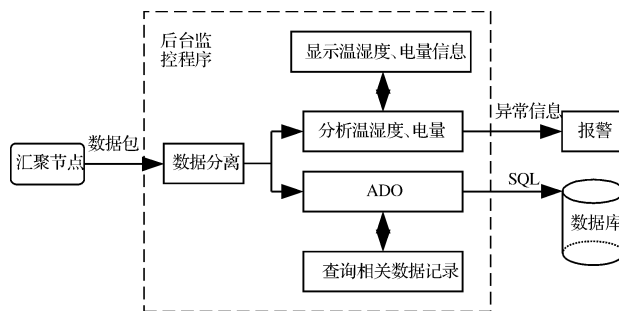


图 4 后台监控系统组成示意图

析,节点的编号则是用于定位该数据信息是属于哪一个展厅哪一个展柜的;如果温湿度异常,超出了设定的正常的温、湿度范围值的话,说明在这样的环境下对博物馆的珍藏品的保存已经非常不利了,此时监控系统会发出警报,提醒工作人员需要采取一定的措施;而电量信息的作用则是提醒在电量低于一定的值后需要更换节点的电池。接收到的温度、湿度和电量信息会以不同颜色的柱形图的形式非常直观地显示出来,而且当有警报发生时,其对应的柱形颜色会变为红色(注:图中为灰色),同时伴随着闪烁,如图 5 所示。

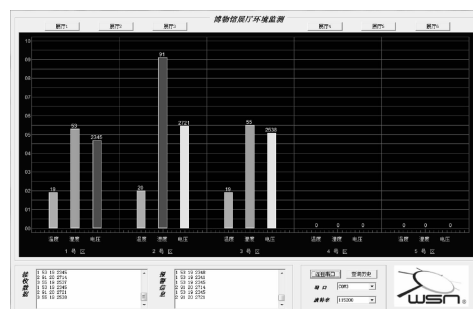


图 5 后台监控系统主界面

查询条件				
温度	从	2010/4/20	至	2011/4/19
湿度	湿度或电量范围:	>= 29	且 <=	30
查 询      重 置      [OK] 选择 [X]				
查询结果				
节点号	温度	湿度	电量	时间
1	74	29	2651	2010/10/31 15:05:51
1	75	29	2651	2010/10/31 15:05:51
1	76	29	2650	2010/10/31 15:05:52
1	76	29	2651	2010/10/31 15:05:52
1	77	29	2650	2010/10/31 15:05:53
1	78	29	2651	2010/10/31 15:05:54
1	78	29	2649	2010/10/31 15:05:54
1	78	29	2650	2010/10/31 15:05:55
1	79	29	2651	2010/10/31 15:05:55
1	80	29	2650	2010/10/31 15:05:57
1	80	29	2650	2010/10/31 15:05:58
1	80	29	2651	2010/10/31 15:05:58
1	81	29	2651	2010/10/31 15:06:00
1	82	29	2651	2010/10/31 15:06:01
2	99	29	2840	2010/11/2 15:54:23
2	100	29	2840	2010/11/2 15:54:24
2	102	29	2839	2010/11/2 15:54:24
2	105	29	2837	2010/11/2 15:54:25

图 6 后台监控系统查询界面

用户可以选择日期、温度、湿度和电量等作为查询参数,设置在其范围内查询整个博物馆环境监测系统的历史数据,这样可以帮助分析博物馆环境对展品的持续性影响情况。后台监控系统的查询界面如图 6 所示。

(下转第 1044 页)

的电机扭矩求出。通过下颚可以实现嘴部说话的动作,也可以实现微笑等表情,并能配合语音系统实现语言功能。

### 3 结束语

本研究通过在 Pro/E 中对仿人头部机器人进行三维建模,得出了整个头部框架的尺寸和各个模块机构的具体尺寸,对于今后制作实体机器人奠定了基础。对各个模块运动学的仿真分析,得出了各个模块的位置、速度和加速度曲线,这些曲线为今后电机的选型提供了依据。研究表明,该研究为制作仿人头部机器人提供了一定的帮助,在实际项目的应用上也具有一定的指导价值。

#### 参考文献 (References) :

[1] HASHIMOTO T, HITPRAMTSU S, TSUJI T, et al. Development of the Face Robot SAYA for Rish Facial Expressions [C]//SICE-ICASE International Joint Conference, 2006: 5423-5428.

[2] HASHIMOTO T, HITPRAMTSU S, KOBAYASHI H. Development of Face Robot for Emotional Communication between Human and Robot [C]//Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation June, Luoyang, China, 2006: 25-30.

[3] MIWA H, OKUCHI T, TAKANOBU H, et al. Development of a New human-like Head Robot WE-4 [C]//Proceedings of the 2002 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems EPFL, Lausanne, Switzerland, Oct. 2002: 2443-2448.

[4] MIWA H, UMETSU T, TAKANISHI A, et al. Human-like that has Olfactory Sensation and Facial Color Expression [C]// Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation Seoul, Korea, 2001: 459-464.

[5] 孟庆梅, 吴伟国, 王 瑜. 机构及面部柔性体混合模型下的仿人头机器人行为仿真[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(6): 1466-1468.

[6] 鹿 麟, 吴伟国, 孟庆梅. 具有视觉及面部表情的仿人头像机器人系统设计与研制[J]. 机械设计, 2007, 24(7): 20-24.

[7] 李 娜, 陈 工, 王志良. 表情机器人设计与实现[J]. 微计算机信息, 2007, 23(12-2): 232-234.

[8] 李素平, 陈振华, 陈 军, 等. 一款迎宾机器人的头部结构设计[J]. 机械设计, 2010, 27(7): 20-24.

[9] 于 爽, 张永得. 一种仿人机器人面部的结构设计[J]. 机械科学与技术, 2004, 23(2): 196-203.

[10] 国家质量技术监督局. GB/T2428-1998 成年人头面部尺寸[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.

[11] 柏 垠, 柯显信, 唐文彬. 基于舵机驱动的一种仿人面部表情机器人的结构设计[J]. 机电一体化, 2009, 15(9): 55-58. [编辑: 罗向阳]

(上接第 1035 页)

### 5 结束语

本研究针对博物馆文物存储环境参数监测时遇到的问题而提出了一种基于无线传感器网络的系统解决办法,介绍了基于无线传感器网络的博物馆环境参数监测系统。该系统可以很好地解决博物馆文物存储环境的监测问题,免去人工监测和记录的繁琐过程和对文物保存产生的影响,既降低了成本,同时又提高了监测的可靠性。该系统若能广泛应用到我国各地的博物馆中,将对我国的文物保护与博物馆环境监控与管理发挥一定的作用。

本研究在整个系统的设计和实验过程中发现,传感器节点成本较高、无线系统稳定性问题以及能耗问题,是制约该系统大范围推广使用的 3 个关键问题,也是下一步要研究和解决的主要问题。随着成本的降低和技术的进一步成熟,该系统将具有很好的应用前景和经济效益。

#### 参考文献 (References) :

[1] 徐方圆, 吴来明, 解玉林. 武汉博物馆文物保存环境研究

[J]. 文物保护与考古科学, 2007, 19(1): 8-17.

[2] 夏 明, 董亚波, 鲁东明, 等. RelicNet: 面向野外文化遗址微气象环境监测的高可靠无线传感系统[J]. 通信学报, 2008, 11(29): 173-185.

[3] 孙立明. 无线传感器网络[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.

[4] 贾继宣, 程荣, 唐晓梅, 等. 基于 WSN 的电力线受力监测系统的设计[J]. 机电工程, 2011, 28(1): 71-74.

[5] AKYILDIZ I F, SU W. Wireless sensor networks: a survey [J]. **Computer Networks**, 2002, 38(4): 393-422.

[6] 徐方圆, 解玉林, 吴来明. 文物保存环境中温湿度研究[J]. 文物保护与考古科学, 2009, 21(Z1): 69-75.

[7] 徐勇军, 刘 峰. 低速无线个域网实验教程[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2008.

[8] 孙务本, 曾奕, 江秀臣, 等. 户外在线监测装置电源系统的设计与实现[J]. 高电压技术, 2007, 33(8): 178-182.

[9] CARLOS F G H, PABLO H I G. Wireless sensor networks and applications: a survey [J]. **International Journal of Computer Science and Network Security**, 2007, 7(3): 264-273.

[10] ZigBee Alliance. ZigBee-Specification [M]. ZigBee Alliance, 2006. [编辑: 罗向阳]