

# 无线传感网络技术在文化遗产保护领域的应用

邓 宏

(西安元智系统技术有限责任公司 陕西西安 710077)

摘要: 作为物联网技术的核心技术之一,无线传感网络技术是近几年发展起来的新一代信息技术,它为文化遗产保护监测工作提供了一种网络化、实时化、智能化的新方法。对无线传感网络技术的架构和技术特点作了介绍,并对在文化遗产保护各个方面的应用案例做了简述。

关键词: 无线传感器网络; 文物保护; 环境监测

中图分类号: K875/879 文献标识码: A

## 0 引言

我国历史悠久,文化遗产丰富,文物保护工作艰巨而复杂。随着文化遗产保护理念从被动的“抢救性保护”向着主动的“预防性保护”的转变,对文化遗产的系统性监测就显得越来越重要。同时,文物管理部门出于精细化管理的需要,也要求对文化遗产进行长期的监测,并为逐步建立文化遗产风险预警机制夯实基础。但过去,我国文化遗产保护领域由于资金、技术等方面因素的影响,文保工作者几乎无法对文化遗产进行不间断的、持续的全方位监测。近年来,随着经济的发展,综合国力的不断提升,党和政府大大提高了对文化遗产保护的投入,而科学技术的全面发展,又使文化遗产监测工作有了低成本、行之有效的技术手段。

作为物联网技术的核心技术之一,无线传感网络技术是近几年发展起来的新一代信息技术,它综合了微传感器技术、嵌入式计算技术、无线通信技术、分布式信息处理技术等,主要解决了物联网感知层最前端的信息感知、采集和短距离(数百米)传输问题。

## 1 国内外技术背景及发展历程

无线传感网络技术最早起源于美国军方,在 20 世纪 90 年代已在战场上得到应用。2003 年,美国《商业周刊》在“未来技术专版”中指出,无线传感网络技术是全球未来的四大高技术产业,它将掀起新的产业浪潮。

2004 年底,美国无线电工程师协会(IEEE)推出无线传感网络技术国际标准(IEEE802.15.4)后,无线传感网络技术在民用领域有了长足的发展。例如,利用无线传感网络可以在长期无人值守状态下工作的特点,在工农业、城市管理、生物医疗、环境监测、抢险救灾、反恐反恐、危险区域远程控制等许多领域都已经形成了许多成功的应用。

2006 年,我国在《信息产业科技发展“十一五”计划和 2020 年中长期规划(纲要)》中也将无线射频识别(RFID)和传感网络等技术列入到亟待实现突破的重点技术领域,并希望“形成一批具有自主知识产权的核心技术和创新产品,基本满足国内应用对技术与产品需求,形成较为完整的产业链。”通过无线射频识别(RFID)、传感器网络技术在全社会的推广应用,“形成一大批有示范效应的应用范例,为无处不在、人与物共享的网络应用奠定基础”,并“通过自主创新,显著提升信息产业科技的整体水平,初步建立科技引领的产业发展模式,掌握关键技术,形成重点技术领域的突破,力争在国际竞争中掌握更多的主动权。”

2009 年 5 月,温家宝总理批示“下一代互联网是我国推进信息技术发展的两个重点领域之一”。同年 8 月 7 日,温家宝总理在江苏考察时明确指示:“物联网是继计算机、互联网与移动通信网之后的又一次信息产业革命”,“以物联网技术为核心,在激烈的竞争中迅速建立‘感知中国’中心”。同年 11 月 3 日,温家宝总理发表的《让科技引领中国可持续发展》讲话中指出“要着力突破传感网、物联网

收稿日期: 2011-05-25; 修回日期: 2011-06-21

作者简介: 邓宏(1968—),男,硕士(加拿大康克迪亚大学),主要研究领域为计算机工程,无线传感网络技术,文化遗产保护, (deng@microwise-system.com)。

关键技术 ,及早期部署后 IP 时代相关技术研究 ,使信息网络产业成为推动产业升级、迈向信息社会的‘发动机’。”应该说 随着我国政府对物联网技术的大力支持 物联网技术在中国的推广及应用才刚刚拉开序幕。

## 2 无线传感网络技术简介

### 2.1 技术概念

无线传感网络以其小型化或微型化、集成化、多

功能化、系统化、网络化、智能化等优势 ,不但能取代传统的传感设备 ,还能完成许多传统设备所不完成的监测任务。它以应用为驱动 ,集成了各种低能耗、低存储容量、小体积的微型智能传感设备。这些微小的设备由数字化的硬件及软件组成 ,具备高度的无线互联与协同处理能力。

如图 1 所示 ,一个典型的无线传感网络的体系结构 ,主要包括分布式传感节点、中继节点、网关节点和数据库及应用服务器。

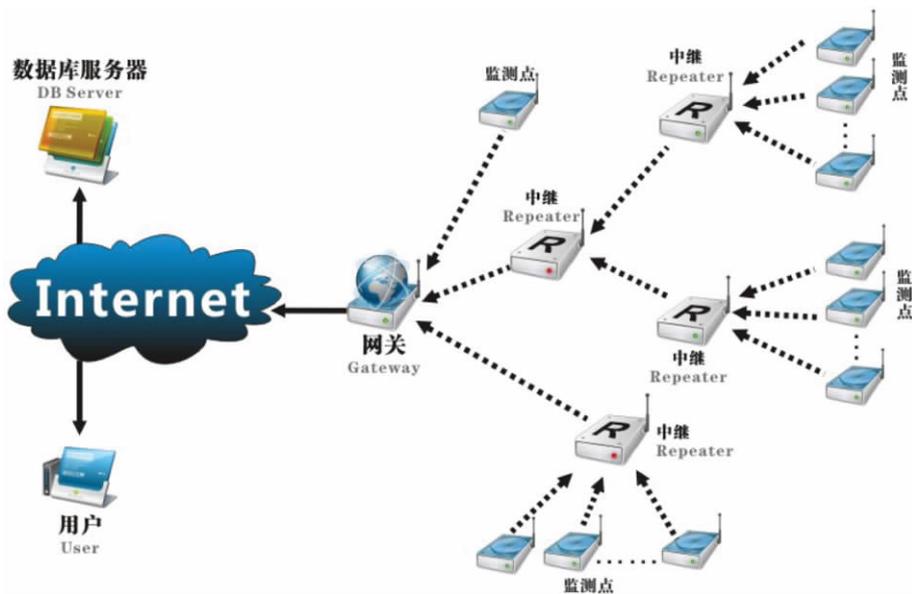


图 1 一个典型的无线传感网络体系结构

Fig.1 A typical architecture of WSN

1) 监测点(传感节点)。监测点(传感节点)是传感网络的基本单元。众多的传感节点被分布在一个应用区域内 ,并互相通讯、自主地组成网络。其基本功能包括:感知数据、计算处理、以及无线传输。这些传感节点的一个重要特征是具有路由计算功能。任何被感知的数据将通过一个接着一个的中继节点 ,最终被传输到网关节点。数据的路由路径是由针对具体应用而优化的算法所确定 ,以达到高效且节能的目的。

2) 中继节点。中继节点主要用于数据的转发 ,使远端的传感节点数据可顺利传输 ,起着接力传输的作用。

3) 网关节点。网关节点是传感网络中感知数据的终点 ,也是传感网络的“代理”。其功能主要有两个:

第一 ,网关节点可以作为传感网络的监控点 ,存储、显示传感网络的数据 ,并可对网络实施直接控制。

第二 ,网关节点可以作为网关 ,成为传感数据流向其他网络的代理。最常用的是作为 Internet 和传感网络的中继点。

4) 远端数据库/应用服务器(终端客户)。远端数据库/应用服务器可通过网关节点对传感网络实施控制。比如通过网关节点的代理功能 ,对传感网络进行检测和管理 ,或是将传感数据收集入数据库做应用处理。其功能还包括运用闭环控制触发器 ,调整传感节点的布置、工作状态及工作内容。

在无线传感网络中 ,传感节点被大量部署在感知对象内部或者附近。这些节点通过自组织方式构成无线网络 ,以协作的方式感知、采集和处理网络覆盖区域中特定的信息 ,从而实现对任意地点信息在任意时间的采集、处理和分析。这种以自组织形式构成的网络 ,通过多跳中继方式将数据传回网关节点 ,最后通过网关链路将整个区域内的数据传送到数据库应用服务器(终端客

户) 进行集中处理。

## 2.2 技术特点

通过各类集成化的微型传感器,无线传感网络节点协作地实时监测、感知和采集各种环境或监测对象的信息,再通过嵌入式系统对信息进行处理,最后通过随机自组织的无线通信网络,以多跳中继方式将所感知信息传送到用户终端。无线传感网络技术的主要特点如下:

1) 低功耗。利用实际应用领域的实际工作周期短、收发信息功耗低等特点,无线传感节点设备在技术上采用了合理休眠模式,确保能在低功耗(两节 AA 电池)支持下持续工作约 2~3 年左右。同时,整体结构的低功耗设计既保证了设备的有效运转,又减少了应用实施的复杂性和成本。

2) 自组网络。无线传感节点可以自动形成有组织、有结构、自形成、自恢复的网络。由于使用了 Ad Hoc 的自动组网技术,无线传感网络的组建免除了传统网络的烦琐的配置过程。任何新加入网络中的节点设备只要处于无线通讯范围内,可自动加入已有网络,并自动形成信息路由路径,将信息传到有效接收者。同时在节点设备硬件成本足够低的情况下,这些节点可组建成一个高冗余的网络,从而保证网络强大的出错自恢复的能力。

3) 数字无线网络为传输介质。由于采用无线的传输介质,无线传感网络克服了许多传统有线网络传输信息的弊病。一方面,在一些物理障碍和特殊环境下,有线网络是不可能实现的。另一方面,与传统的模拟无线通讯相比,数字无线通讯已通过历史证明其所具有的巨大优势。

4) 设备体积小。传感网络的基本单元是硬币大小的智能计算传感设备。现代集成电路技术的集成度和产品性能每 18 个月增加一倍。这使得无线传感设备的体积在不断地缩小,而功能却越来越强大。微小的体积不但使得在特殊环境下的应用成为可能,也大大降低了安装和维护的要求与成本。

5) 网络容量大。一个传感网络可以容纳成千上万的传感节点和大量的网关节点。大容量保证了网络强大的数据采集能力。同时,网络的高冗余性保证了整个网络在个别节点停止工作的情况下仍然可以正常运转。

6) 传输可靠。无线传感网络的精确性、可靠性、稳定性是单一传感器的百倍以上。且无线传感网络还具有网络自唤醒、自容错、自愈合等功能。

7) 建网及维护成本低。综合以上传感器网络的特性,可以看出,建网所需要的人工费用是很低

的。任何一个经过授权的传感设备只要放在网络的无线信号覆盖范围内,就可自动加入网络工作,无须任何安装配置。高度智能化最大程度上降低了网络维护所需的人力和时间,加上网络节点本身价格低廉,使得无线传感网络的维护成本极低。

## 2.3 无线传感网络技术在文化遗产保护领域的应用现状

2006 年,美国的一些博物馆、美术馆及私人收藏家等已经采用了无线传感网络技术对藏品的保存环境进行监测,实现了对藏品的科学化、智能化的保护和保存环境超标的及时预警,而欧洲一些国家的博物馆,如法国的罗浮宫博物馆(Louvre)、小皇宫博物馆(Petit Palais)也将该技术运用在博物馆的日常管理中。

2005 年无线传感网络在国内一些领域的应用研究工作也已开展起来。2006 年国家文物局、科技部启动了科技支撑计划课题“文物出土现场保护移动实验室研发”,其中就引入了无线传感网络技术并把它应用在考古挖掘现场的环境监测中。

2007 年陕西省文物局在陕西历史博物馆启动了专门针对博物馆应用环境的“智能文物微环境实时监测系统”科研课题,首次在陕西这个文物大省展开了无线传感网络技术在文保领域的应用推广,该课题于 2008 年完成研发任务。

2010 年上海世博会上,上海博物馆在其中两个展馆布置了无线传感网络设备来监测文物的保存环境;同时在中国馆的秦始皇陵博物院“铜车马”展厅,还采用了无线传感网络技术与现代移动通信技术(GPRS),实现了展厅环境远程实时的监测,使远在陕西的文保工作者可以随时随地跟踪到中国馆“铜车马”展厅的环境变化。

2010 年底,国家文物局又启动了指南针计划“物联网技术在文化遗产管理中的应用”,其中在秦始皇帝陵示范应用中采用无线传感网络技术、射频标签技术(RFID)、图像处理技术等现代信息技术。

与发达国家相比,我国文化遗产保护领域在无线传感网络、射频标签(RFID)等物联网技术的应用方面并没有落后,在某些方面还处在前列,这与文物部门的大力支持是分不开的。

## 3 应用案例简述

### 3.1 文化遗产领域监测的特殊应用环境

文化遗产领域监测的应用环境比较特殊,总结起来有以下几点:

1) 应用现场环境复杂多样。如博物馆展厅/展柜/库房、遗址区、考古挖掘现场等等,应用环境复杂。

2) 运行条件受限。如展柜、野外现场,无法给设备提供市电供电等。

3) 监测数据要求连续性好。文化遗产监测工作是一项长期、持续性的工作,要求监测数据无中断、持续工作、信号传输稳定。

4) 维护工作较难开展。如野外遗址区环境、展柜环境,施工限制条件多,加大了日后维护的难度。

因此一般监测手段,如传统有线方式已无法满足需求,而无线传感网络为这一切提供了可能。

### 3.2 应用案例

无线传感网络技术是一种面向应用的技术,它的推广应用一定要考虑到应用领域的特殊性,针对文化遗产保护领域不同的应用场景也需要特殊的解决方案。目前无线传感网络技术已经在多种文物保存环境监测、遗址区文物本体监测等方面形成典型应用,下面就对不同的应用场景分别介绍。

1) 应用案例1: 博物馆。研究表明,迄今为止自然蜕变依然是文物基体遭受损坏的主要原因,这种损坏与文物所处的环境有着最密切的关系。开展

预防性保护研究,监测、控制文物保存与陈列的环境,控制或减缓文物因自然蜕变引起的损坏,将是今后文物保护发展的主要方向。针对当前馆藏文物保护缺乏环境监测手段、不能及时了解和掌握馆藏文物保存环境质量的问题,采用先进的环境实时监测技术和信息技术成为必然选择。

目前无线传感网络技术在博物馆领域的应用还主要集中在对馆藏文物保存环境的监测上。例如陕西历史博物馆正在建设的“文物陈列环境文保监测系统”将对室外环境、所有的展厅环境、展柜微环境、库房环境等的监测实现全覆盖,其中包括对室内温湿度、室内二氧化碳、室内光照及紫外线、室外小气象环境参数等的实时在线监测,系统还预留了控制接口,为未来环境控制设备的接入做好了准备。

在新疆文物考古研究所库房、实验室布设的环境监测系统也采用了类似技术。该系统还能够对监测参数进行数据融合及挖掘以建立“环境参数历史数据库”,为馆藏文物预防性保护提供技术手段,并为保护措施的制定提供科学依据。

如图2所示,典型的基于无线传感网络技术的馆藏文物保存环境监测系统包括软、硬件两大部分,并预留了控制接口,模块化的设计使监测系统具有很好的扩展性和兼容性。

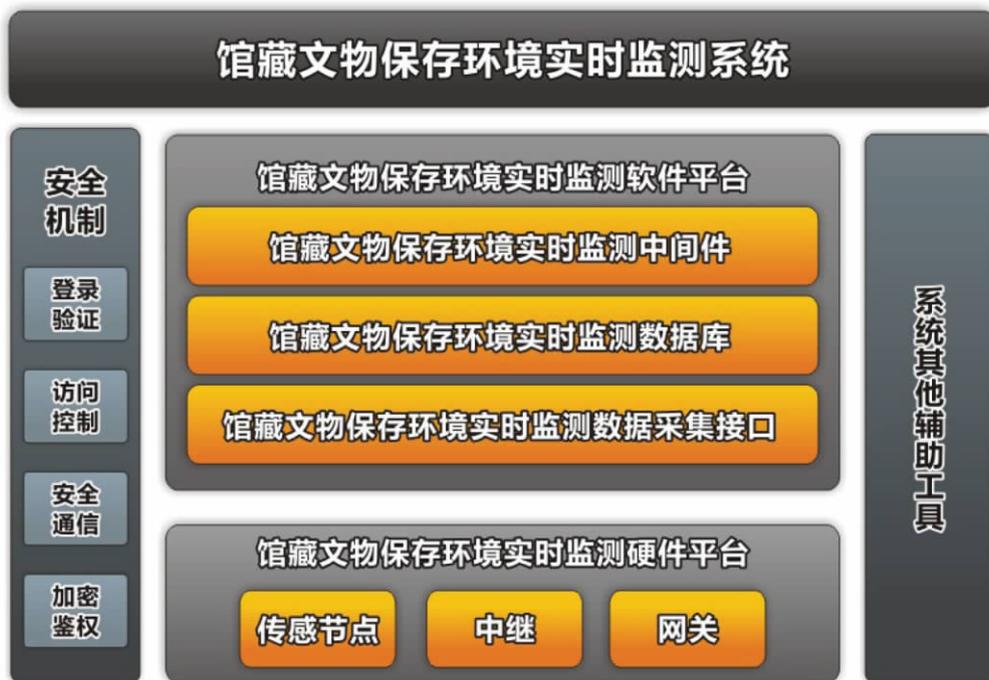


图2 馆藏文物保存环境监测系统功能模块

Fig. 2 The system architecture and modules of museum environmental monitoring

2) 应用案例2: 遗址区及遗址博物馆。针对遗址区及遗址博物馆占地面积较大,位置比较偏远,应

用环境恶劣等特点,首先需要对无线传感网络设备的硬件封装进行特殊处理,如在汉阳陵博物馆藏坑

内的监测点 就要求防潮处理。再者对长期工作在野外的监测点 由于无法给监测设备市电供电 还需要提供类似太阳能的其他供电方式。如西安文保修复中心在“唐顺陵陵区环境及文物本体监测系统”中就采用了太阳能供电模式。

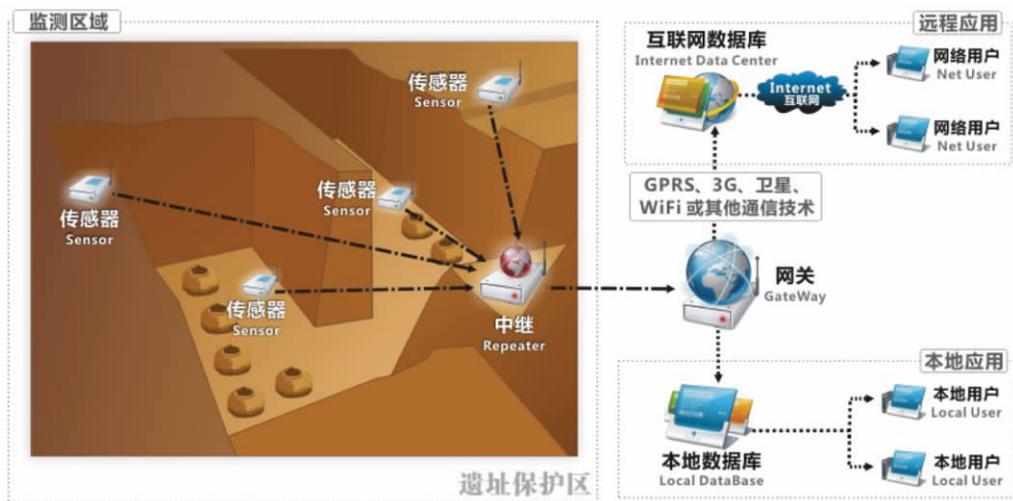


图 3 遗址区监测系统网络建构图

Fig. 3 The networking structure for historic sites monitoring

在秦始皇陵博物院的“物联网技术在文化遗产保护与利用中的应用”项目中,就将结合无线局域网技术实现对陵区和博物馆的监测覆盖,而汉阳陵博物馆、三星堆博物馆、唐顺陵陵区、汉长乐宫遗址、敦煌研究院(“南京大报恩寺遗址环境监测系统”)、中国文化遗产研究院(“渤海国墓葬壁画原址保护项目”)及新疆龟兹研究院(“克孜尔石窟内综合监测系统”)等监测系统则分别结合了移动通信技术(GPRS)和ADSL技术实现了远程的监测及数据库的异地容灾备份。

3) 应用案例3:考古发掘现场。考古发掘现场的环境监测,是发掘出土文物的第一步,是影响整个文物保护质量的关键一步。为了防止和减少文物在发掘现场因环境突变而受到破坏,要设法监测发掘现场环境参数,并控制其突变,才能确保文物在发掘现场不遭受破坏。

国家文物局、科技部启动了科技支撑计划课题“文物出土现场保护移动实验室研发”课题正是基于此理念。其中就引入了无线传感网络技术并把它应用在考古发掘现场的环境监测中,利用该技术监测发掘现场环境的变化,同时通过对数据的分析、挖掘,揭示环境变化的规律,以便于在现场及时采取措施应对环境变化,并为后期文物保存环境的控制,创造最佳的文物保存环境提供科学依据,同时也为文

其次由于遗址区往往远离城区,单独使用无线传感网络技术无法实现监测数据的较远距离传输,因此需要结合其他现有传输技术(图3),如局域网技术、移动通信网络技术、卫星通信技术,甚至有有线通信技术(如光纤通信技术)等以实现远程监测的目的。

物保护管理部门提供了现代化的管理手段。

正在发掘的汉凤栖原张安世家族墓地现场也布设了“考古挖掘现场环境监测系统”,作为陕西省文物局“物联网应用示范项目”,目前已实现了包括出土现场环境参数,如大气温度、大气相对湿度、土壤温度、土壤水分含量、文物表面温度、文物表面湿度、大气二氧化碳浓度、有机挥发物总量等,以及发掘现场小气象环境等参数的远程实时监测。

### 3.3 技术应用原则

无线传感网络技术在文化遗产保护领域的应用和实施应坚持以下原则:

1) 坚持产学研相结合的模式。以文保应用单位为主体、以科研院所与大专院校为依托、以需求为导向选择设备合作伙伴,坚持产学研相结合的技术创新模式。

2) 以应用需求为主线,讲求实效。采取由易到难,由简单到复杂,由点到面的策略,逐步实现和完善项目的各个功能和技术特点,不断扩大应用领域。

3) 总体规划,分阶段实施。由于信息技术的迅速发展,监测系统的设计应做到总体规划,并考虑到未来需求的变化,系统应具有兼容性和可扩展性。

4) 系统示范,应用推广。选择典型应用环境开展示范应用,以此带动其它相关领域的智能化、信

息化工作,逐步开展示范成果的推广应用。

#### 4 小 结

无线传感网络技术使信息的感知更加方便,可以很好地满足文化遗产领域监测工作的一些特殊要求,为文化遗产领域监测工作提供了一套智能化、网络化的实时监测手段。监测系统能够实现快速、灵活的部署,便于在各种特殊应用环境下使用,是文保工作的可靠技术支撑,并为逐步建立文化遗产风险预警机制夯实基础。

#### 参考文献:

- [1] 黄克忠. 浅议文化遗产地的监测工作 [N]. 中国文物报, 2011-02-25(6版)  
HUANG Ke-zhong, Some discussions on monitoring work of cultural heritage [N]. China Cultural Relics News, 2011-02-25(6).
- [2] 吴来明, 周浩, 蔡兰坤. 基于“洁净”概念的馆藏文物保存环境研究 [J]. 文物保护与考古科学 2008, 20(增刊): 136-140.  
WU Lai-ming, ZHOU Hao, CAI Lan-kun. Research on museum environment based on the concept of “Clean” condition [J]. Science of conservation and archaeology, 2008, 20 (suppl): 136-140.
- [3] 马涛, 马宏林. 陕西遗址、陵墓博物馆文物保存环境研究 [J]. 陕西环境 2003 (5): 50-56.  
MA Tao, MA Hong-lin. Research on relic conservation environment for historic sites and mausoleums museums in Shaanxi [J]. Shaanxi Envir, 2003 (5): 50-56.
- [4] 郭宏编著. 文物保存环境概论 [M]. 北京: 科学出版社 2001.  
GUO Hong. Introduction to cultural relic conservation environment [M]. Beijing: Science Press, 2001.
- [5] 赵从仓主编. 科技考古学概论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.  
ZHAO Cong-cang. Introduction to archaeological science and technology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [6] 东方言. 文物保护单位论纲 [N]. 中国文物报, 2002-03-25 (4版)  
DONG Fang-yan, The compendium of cultural relic conservation environments [N]. China Cultural Relics News, 2002-03-25(4).
- [7] 孟中元. 计算机技术在考古发掘资料管理中的作用 [EB/OL]. (2008-11-12) [2009-06].  
http://blog.myspace.cn/e/402779664.htm.  
MENG Zhong-yuan. The affects of Computer technology in the management of archaeological data [EB/OL]. [2009-06].  
http://blog.myspace.cn/e/402779664.htm.
- [8] 孟苑. 秦兵马俑考古发掘信息的数字化工作 [EB/OL]. [2011-04-10].  
http://www.uushare.com/user/mengzhongyuan1/file/2553098.  
MENG Yuan. The digital works in the Archaeological excavations of Qin Terra Cotta Warriors [EB/OL]. [2011-04-10].  
http://www.uushare.com/user/mengzhongyuan1/file/2553098.
- [9] 孙利民, 李建中. 无线传感器网络 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.  
SUN Li-min, LI Jian-zhong. Wireless sensor networks [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.
- [10] ZigBee Alliance documents [EB/OL]. [2010-05]. www.zigbee.org.

## The applications of WSN technology in heritage conservation

DENG Hong

(MicroWise System Co. Ltd, Xian Shaanxi 710077, China)

**Abstract:** As the core technology of Internet of Things (IOT), Wireless Sensor Network (WSN) has become a new generation of information technology in recent years. It provides a networking, real-time and intelligent new method in the monitoring of heritage conservation. In this paper, the structures and characteristics of WSN is described. And some cases were also studied in the field of heritage conservation which this technology is applied.

**Key words:** WSN; Heritage conservation; Environmental monitoring