

博物馆温湿度监测系统设计

朱雨生¹, 秦廷辉², 王 震³

(1. 重庆邮电大学 光电工程学院, 重庆 400065; 2. 中国电子科技集团公司第二十六研究所, 重庆 400060;

3. 陆航驻成都军事代表室, 四川 成都 610036)

摘 要:该文设计了一种基于 433 MHz 频段无线传感器网络(WSN)的馆藏文物温湿度监测系统。系统以 SI4432 无线射频收发器和 STM8L 微处理器为核心, 采用 SHT15 采集温湿度信息。通过设计的组网通信协议使系统具有自组网、路由自动查找及低功耗等特点。实验表明, 系统能准确地监测当前环境温湿度并将采集数据发送给监控主机, 且误码率及丢包率较低, 通过监控机可实现对温湿度、网络状态等信息的采集、管理和分析。

关键词:无线传感器网络(WSN); 博物馆环境; 温湿度监测; SI4432; 自组网; 自动路由

中图分类号: TN915; TP27

文献标识码: A

Design of Temperature and Humidity Monitoring System for Museum Environment

ZHU Yusheng¹, QIN Tinhui², WANG Zhen³

(1. College of Optoelectronic Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China;

2. 26th Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Chongqing 400060, China;

3. Aviation, Chengdu Military Representative Office, Chengdu 610036, China)

Abstract: A temperature and humidity monitoring system for museum collections based on WSN operating at 433 MHz has been designed in this work. The system uses SI4432 wireless transceiver and STM8L microprocessor as the core, and the temperature and humidity informations were collected by SHT15. The designed communication protocol enables the system to have the characteristics of Ad hoc network, automatic routing and low-power. The experimental results show that the proposed system can monitor the temperature and humidity conditions, and automatically send the collected data to the monitoring host. The system has the features of low bit error rate and packet loss rate. The acquisition, management and analysis of the temperature and humidity data, network status can be realized through the monitor.

Key words: wireless sensor network (WSN); museum environment; temperature and humidity monitoring; SI4432; Ad hoc; automatic routing

0 引言

随着环境污染情况加剧, 大量文物受到不同程度损伤, 人们逐渐意识到保护具有历史性、艺术性、科学价值性的文物是非常必要的。由于不同文物对存放环境及保护要求不同, 所以, 要针对不同文物实时监测调控环境参数, 以确保文物的长期保存。随着越来越多的珍贵文物出土及人们对文物保护意识的加强, 采用人工对文物环境监测的传统方法已难

满足实时地、精确地采集信息的要求。目前, 随着无线通信技术、传感器技术的快速发展, 无线传感器网络技术成为研究焦点, 已应用于不同环境下的监控系统^[1-4]。系统采用基于无线传感器网络技术实现对博物馆监测范围内温湿度数据的采集, 通过放置于储藏柜、展柜的传感器节点传输数据, 可实时地、精确地监控管理文物存储环境, 以保证文物的最佳存储环境。

收稿日期: 2015-06-15

作者简介: 朱雨生(1991-), 男, 贵州遵义人, 硕士生, 主要从事无线传感器网络、电路与系统方面的研究。E-mail: 1165778388@qq.com。

通信作者: 秦廷辉(1968-), 男, 重庆奉节人, 研究员级高工, 副教授, 主要从事科研生产管理和声波表面波技术的研究。E-mail: qinzh@sipat.com。

1 系统体系结构

针对博物馆环境监测系统设计整体方案,主要包括建立无线自组网络模型、硬件设计、软件设计及性能测试。如图1所示,系统由数据采集终端、中继、网关3部分组成。数据采集终端主要负责对监测区域数据的采集与发送;中继器主要负责对底层数据的处理与转发、上层命令的处理执行;网关主要完成来自中继数据的收集、处理,整个网络节点的控制、状态查询、修改,最终通过WiFi或以太网络接入到服务器,完成对整个网络通信、监测和控制的功能。最后通过监控主机就可对监测的环境温湿度分析、管理。

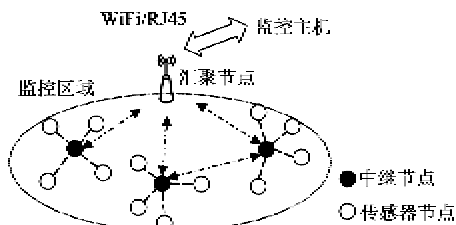


图1 系统结构模型

2 系统硬件设计

由于博物馆处于一个复杂的网络环境中,所以无线网络必须具有传输距离远、抗干扰性及穿透性强的特点^[5]。由Silicon Labs公司推出的SI4432是一款高性能、高集成度的无线收发芯片,它可在433 MHz免费ISM频段工作。芯片最高20 dBm的发射功率及-118 dBm的灵敏度保证了在博物馆障碍物多、干扰强的复杂环境下有较强抗干扰能力和穿透能力。芯片提供的多种工作模式优化了设备电量消耗,根据通信协议实现最佳的无线电能耗。

2.1 传感器节点

传感器节点的主要功能是对所监测的区域温湿度信息的采集及数据的传输,为减小系统能耗,节点通常处于休眠状态,当数据采集定时器到时,节点采集数据并将数据发送给中继节点。图2为传感器节点结构框图。

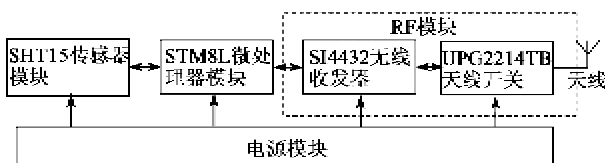


图2 传感器节点结构框图

传感器模块采用由瑞士Sensirion公司^[6]研制

的SHT15高精度温湿度数字传感器芯片。该芯片具有接口简单,响应迅速,抗干扰能力强,性价比高等优点,微处理器通过该芯片SCK与DATA引脚连接完成芯片控制及数据采集。

微处理器模块使用了意法半导体公司研制的STM8L151微处理器。它是一款超低功耗8位微控制器,具有32 kByte内Flash、RTC、E2PROM等丰富资源,且具有5种低功耗模式使模块能耗更低。

RF模块采用SI4432无线收发芯片^[7],其工作电压为1.8~3.6 V,最大传输速率为128 kpb,微处理器通过SPI接口即可与射频模块通信。为避免多径传播频率选择性衰减问题,SI4432收发器使用了天线分集方案,通过天线开关可实现分集式天线发送和接收通道的自动切换,完成单天线的数据收发。

2.2 中继器节点

中继器节点作为传感器节点数据的中转站,主要工作是接收传感器节点的数据后转发给下一级中继或网关,同时也可将网关发送来的配置命令发送给传感器节点。系统通过中继节点完成系统组网的大部分工作,传感器节点不用周期性唤醒侦听与转发相邻节点数据,减轻了传感器节点的负担。该节点采用传感器节点中设计的RF模块,并为提高系统数据处理、收发能力使用了两块RF模块分别处理接收与发送,通过STM32高性能微处理器完成系统组网、节点控制、信息转发工作。

3 系统软件设计

3.1 传感器节点软件设计

传感器节点程序可分为温湿度采集处理及组网数据收发两部分。图3为传感器节点程序流程图。

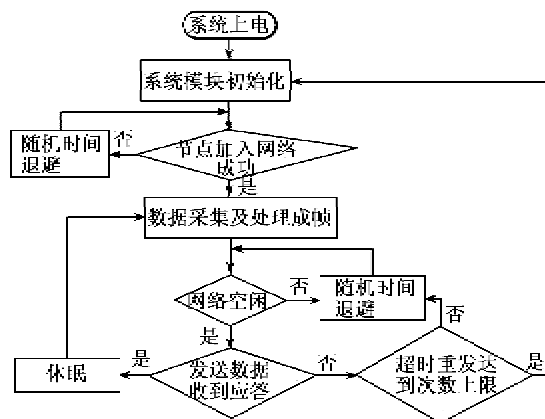


图3 传感器节点工作流程

由图3可知,节点上电后首先进行STM8L、

SHT15 和 Si4432 初始化,然后进行信道的搜索并根据 RSSI 值判断信道是否空闲,若空闲则将含有自己 ID 号的组网请求数据帧广播给范围内的中继节点,在收到中继对请求的应答后,从应答帧中获得的中继 ID 并记录为传感器节点数据帧的目的地址,完成终端组网。当到达采集温湿度的时间后,处理器获得传感器中采集到的数据并对数据处理得到温湿度,由协议根据定义的帧格式组成发送帧,根据 RSSI 值判断在网络空闲时将数据发送给中继节点。此时节点进入侦听状态,当收到中继的应答后进入睡眠状态,否则超时后重新发送此信号帧以防止数据的丢失。若重发次数到达设定最大次数,则判定为断网,节点复位后重新进行节点的初始化、组网、发送工作。

3.2 中继器软件设计

中继器主要工作是数据转发及网关命令处理。而中继器使用比 STM8L 性能强的 STM32 微处理器,且采用市电供电并配备了可充电电池,在停电时可保证系统的正常工作。由于中继节点供电及处理器均比传感器节点有优势,所以,让中继器完成组网的主要工作是合适的。如图 4 所示,中继器完成初始化后首先尝试与网关建立连接,若成功则设置自己为一级中继、记录网关 ID。若失败则尝试搜索一级中继,成功则设定为二级中继。若与一级中继建立连接失败,则尝试与二级中继连接,若连接建立成功则设定为三级中继,否则从最初步骤开始重新建立连接。中继各节点完成组网后对收到的数据解

析,判断是网关发送的命令还是传感器节点发送的采集数据。若是命令,在中继对传感器节点应答时将命令作为应答帧数据内容发送给传感器节点,否则向上级中继或网关发送采集数据,直到数据到达网关。

3.3 无线通信协议

无线通信协议是通信双方为实现信息交换而制定的规则,通信协议设计是软件设计的重要组成部分,也是通信可靠性的保证^[8]。由于在监测环境中存在各种各样的无线干扰,使通信在发射端或接收端因受到外界的干扰而使传输的数据发生错误,这时就需可靠的通信协议来保证能接收正确的数据。由于 433 MHz 无线通讯技术并无像 ZigBee、蓝牙等无线数据传输技术制定国际标准,所以,433 MHz 无线通信协议在设计时可参考现有协议标准中帧格式、MAC 协议、路由协议,设计灵活、简单的协议^[9]。根据设计需求,参考现有标准协议,设计的帧格式如表 1 所示。前导码由连续的 10 数字序列组成,表示数据帧的开始。

表 1 数据帧格式

前导码/Byte	帧长/Byte	序号/Byte	目的/Byte
2	1	1	2
CRC/Byte	源/Byte	荷载/Byte	
2	<i>n</i>	2	

系统使用了 CSMA/CA 机制来减少数据碰撞,但仍有可能由于隐藏终端的问题^[10]导致数据碰撞,故采用 CTS/RTS 握手机制来解决隐藏终端问题、减少丢包率。CSMA/CA 的实现方法是当各节点进行组网时,根据 RSSI 值判断当前是否有其他节点占用信道,若信道被占用,节点则进入睡眠状态,随机等待一段时间后唤醒检测信道状况。若信道空闲,传感器节点则发送 RTS 帧,当接收者回复 CTS 帧后传感器节点发送入网请求帧。若因隐藏终端问题出现节点发现信道空闲,但收到了 CTS 帧,则它会随机休眠等待一段时间后重新唤醒发送,这样避免了冲突导致的能量浪费。在节点收到数据帧时同样要使用握手机制向发送端回复应答信号,若发送端在超时时间到达时还未收到应答信号,则发送端会再次发送数据。

4 系统测试

首先针对该监控系统的通讯模块能进行了性能测试,在 3.3 V 电压下 RF 模块发射功率可达

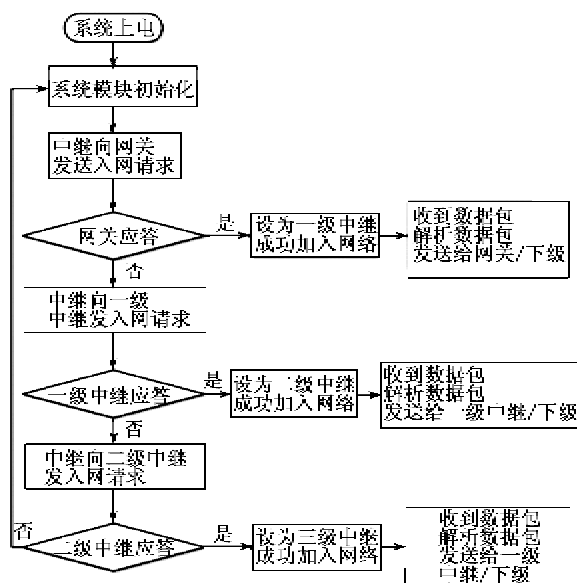


图 4 中继节点工作流程

18 dBm,发射时工作电流小于 100 mA,待机状态下,待机电流小于 3 μ A,空旷通讯距离 400 m。模块在 9 600 bps 波特率丢包率小于 0.2%,误码率小于 0.1%。然后针对监控系统组网功能进行测试,各传感器节点、中继器上电后能进行网络自组织,传感器节点可动态加入与删除。上位机可以获得整个网络的信息,以及实时采集监测的数据信息。

如图 5 所示,通过监测主机软件实现了对传感器采集温度信息的解析、统计和查看。图中显示了部署在房间不同位置的传感器节点采集的温度变化曲线,10 条曲线分别显示了 10 个传感器当前所处环境的温度。根据每条曲线指示的节点 ID 号,可以观察不同传感器节点在不同位置处采集到的温度信息。根据信息绘制出直观的温度、湿度变化曲线图,表明系统已实现温湿度监测功能。

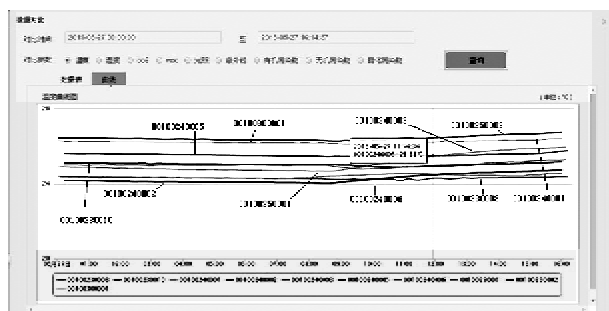


图 5 温度监测曲线

5 结束语

通过分析博物馆环境监测应用的特点与要求,提出了一种采用 433 MHz 短距离无线组网技术的低成本、低功耗博物馆环境监测系统解决方案,通过中继节点的设计减轻传感器节点负担,增强网络性能。从系统的测试结果来看,系统可监测环境温湿度,且设计的协议可使系统自组网并将采集数据发送给监控主机。文物保护领域将会是无线传感器网络应用广泛的领域,所以,对博物馆环境监测系统的研究将推进文物保护事业和无线传感器网络应用。

参考文献:

- [1] WANG C H, HUANG Y K, ZHENG X Y, et al. A self sustainable air quality monitoring system using WSN[C]//Taipei: Service-Oriented Computing and Applications (SOCA), 2012 5th IEEE International Conference on, IEEE, 2012;1-6.
- [2] 杨薇薇,陈昌元,孙顺远,等.无线传感器网络供暖监测系统的设计[J].仪表技术与传感器,2014(4):1002-1841.
- [3] 李军,曾志平,张雯,等.基于 LabVIEW 的婴儿培养箱温湿度检测系统[J].重庆理工大学学报(自然科学版),2014(10):86-89.
- [4] 李金凤,刘沁,张治国,等.基于无线传感器网络的矿井瓦斯监测系统[J].仪表技术与传感器,2013(9):73-76.
- [5] ZHANG K, WANG W. The research of environmental monitor system in brewage house of alcohol factory based on WSN[C]//Beijing: Intelligent Control and Automation (WCICA), 2012 10th World Congress on, IEEE, 2012;4401-4404.
- [6] 郑欣,门顶治,秦宁宁,等.基于物联网技术的花卉大棚温湿度监测系统[J].自动化与仪表,2014,29(8):22-25.
- [7] 章力,徐保国.基于 WSN 的白酒发酵温度监测系统的设计[J].自动化与仪表,2014,29(3):23-26.
- [8] 张晋平.博物馆环境监测控制技术[M].北京:中国环境出版社,2013;142-154.
- [9] 刘媛媛,朱路,潘泽中,等.无线环境监测系统及应用层通信协议[J].仪表技术与传感器,2013(9):92-95.
- [10] MAHASUKHON P, SHARIF H, HEMPEL M, et al. Multi-tier multi-hop routing in large-scale wireless sensor networks for real-time monitoring[C]//Kona, HI: Sensors, 2010 IEEE, 2010;678-681.
- YANG Weiwei, CHEN Changyuan, SUN Shunyu, et al. Design of temperature monitoring system based on WSN[J]. Instrument Technique and Sensor, 2014(4): 1002-1841.
- LI Jun, ZENG Zhiping, ZHANG Wen, et al. Infant Incubator temperature and humidity detection system based on LabVIEW[J]. Journal of Chongqing University of Technology(Natural Science), 2014(10):86-89.
- LI Jinfeng, LIU Qin, ZHANG Zhiguo, et al. Methane gas monitoring system in mine based on wireless sensor networks[J]. Instrument Technique and Sensor, 2013(9):73-76.
- ZHENG Xin, MEN Shunzhi, QIN Ningning, et al. Temperature and humidity system for flower greenhouse based on IOT technology[J]. Automation & Instrumentation, 2014, 29(6):22-25.
- ZHANG Li, XU Baoguo. Fermentation temperature monitoring system in pits based on the WSN[J]. Automation & Instrumentation, 2014, 29(3):23-26.
- LIU Yuanyuan, ZHU Lu, PAN Zezhong, et al. Wireless environment monitoring system and application layer communication protocol[J]. Instrument Technique and Sensor, 2013(9):92-95.