

基于 ZigBee 网络的民族特需品保存展示环境监控系统

孙炎辉¹, 徐国凯¹, 张俊星², 宋鹏¹

1. 大连民族学院机电信息工程学院, 辽宁大连 116600
2. 大连民族学院信息与通信工程学院, 辽宁大连 116600

摘要 设计了一种基于 ZigBee 网络的民族特需品保存展示环境监控系统。该系统以 ZigBee 无线网络为基础, 对采集到的特需品所在环境信息进行实时传输和监控, 当数据超标时, 监控中心发出指令开启终端节点的风机, 进行反向控制, 并使用 GSM 发送报警短信。用户也可通过 PC 机、嵌入式手持终端及手机短信查看并控制整个网络里任意节点的状态。该系统具有稳定性高、成本低、应用范围广、可移植性强等特点, 具有较强的推广意义。

关键词 ZigBee; 民族特需品; 环境监控; 嵌入式系统

中图分类号 TP393.04

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.24.012

A ZigBee-based Reservation and Exhibition Environment Monitoring System for Special Necessities of Ethnic Minorities

SUN Yanhui¹, XU Guokai¹, ZHANG Junxing², SONG Peng¹

1. College of Electromechanical & Information Engineering, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, Liaoning Province, China
2. College of Information & Communication Engineering, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, Liaoning Province, China

Abstract A reservation and exhibition environment monitoring system for special necessities of ethnic minorities based on the ZigBee net is developed. The system is designed to collect and transmit the environment information in real time; and, whenever an index above the standard line, the monitor center will send a demand to switch on a fan on the terminal node to realize the reversion control, and send warning messages by GSM. Users can check and control the state of any node in the net by PCs, embedded handsets or mobiles. The system is stable, low-cost, and with a wide adaption possibility and good portability.

Keywords ZigBee; special necessities for ethnic minorities; environment monitoring; embedded system

0 引言

中国是一个多民族国家, 由于历史、文化、宗教、传统习俗、生活环境等方面的不同, 每个民族都有自己独特的用品和独有的食品, 这些少数民族的特殊食品和用品, 代表着每个民族独特的生活习惯和历史文化内涵, 是民族传统文化的重要载体之一^[1]。民族特需品的储存、展示环境通常有比较特殊的要求, 如温度、湿度及 CO₂ 等惰性气体浓度的控制等, 但

在实际保存、展示过程中, 这些数据的监测很难达到实时性, 并且超标后也很难在第一时间发出警告信息, 导致一些民族特需品, 尤其是珍贵特需品出现了很多影响自身价值的问题, 因此如何对民族特需品的保存、展示环境进行实时的监控, 成为了中国民族工作中十分重要和敏感的问题。

本文提出了一种基于 ZigBee 网络的民族特需品保存环境监控系统, 它能够有效地监控特需品的存储、展示环境信

收稿日期: 2012-03-28; 修回日期: 2012-07-16

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2009BAH41B05)

作者简介: 孙炎辉, 工程师, 研究方向为无线传感网络, 电子信箱: syh@dlnu.edu.cn; 徐国凯 (通信作者), 教授, 研究方向为民族遗产数字化保护, 电子信箱: xgk@dlnu.edu.cn

息,并且能够及时准确地发出超标警报并确定超标位置,方便大量特需品的集中保管和展示。

1 系统总体方案

整套系统由4部分构成,结构如图1所示。

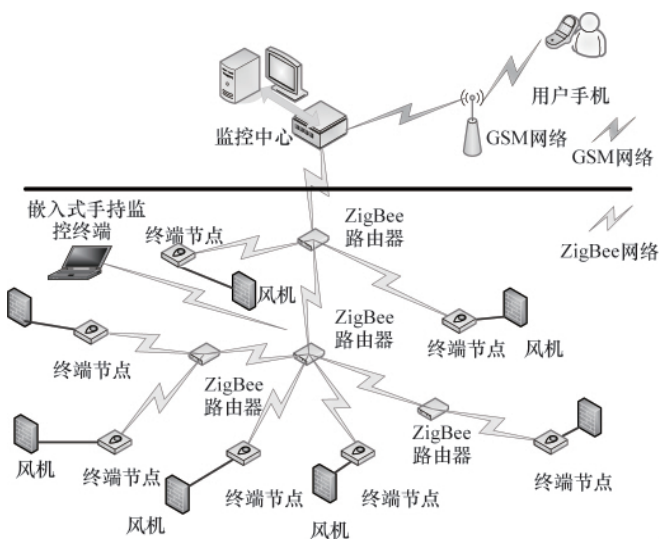


图1 系统构成

Fig. 1 Diagram of system structure

(1) 终端节点。分布于特需品储存和展示的空间,该节点由 ZigBee 网络中的终端节点和传感器、控制器构成,负责实时采集并发送当前环境信息,当从 ZigBee 网络中收到控制中心的超标信息后,启动风机进行环境的调整。

(2) ZigBee 路由器。零散分布于储存、展示空间,起到信息的路由和中继作用。

(3) 监控中心。放置于监控室内,由 ZigBee 协调器、ARM 控制器、GSM 模块和 PC 机组成,主要用来接收终端节点的实时信息,并将信息交付 ARM 控制器进行预处理,最终存入 PC 机,并可通过 PC 机进行监控,当采集的温度、湿度等超过设定的阈值时,GSM 模块进行报警,同时由 ARM 处理器通知 ZigBee 协调器在网络中寻找超标点并通过控制与终端节点相连的继电器达到控制风机开启与关闭的目的。用户还可通过短信的形式反向提取任意监控点的实时信息。

(4) 嵌入式手持监控终端。该终端是为了方便移动监控而设计的,由友善之臂公司的 mini2440 嵌入式开发系统和 ZigBee 路由器组成,可方便查看网络内的实时信息。

2 系统硬件设计

系统选用 TI- Chipcon 公司的 CC2430F128 作为 ZigBee 网络的处理器,考虑到特需品储存和展示环境监测站点多、覆盖范围广,同时可能会要求很高的墙壁穿透能力等特点,系统中所有的 ZigBee 模块均要使用功率放大芯片 CC2591 与 CC2430 相连,以增加节点的通信距离^[2]。按照理论通信距离计

算,对于工作频率范围在 300MHz—3GHz 之间的无线通信设备,在视距范围内,路径损耗为

$$P_L = 20 \lg f + 20 \lg d - 28 \quad (1)$$

其中, d 为距离, m ; f 为频率,MHz,ZigBee 的频率范围为 2.40—2.45GHz。

无线传输系统的链路预算公式为

$$L_b = P_T - R_S \quad (2)$$

其中, P_T 为发射功率, R_S 为接收机灵敏度,而 CC2591 的最大发射功率为 22dBm,接收灵敏度为 -90dBm,预留 10dBm 的左右边限。根据式(2),链路预算为 $22 - (-90) - 10 = 102$ dBm,代入式(1),可得出空旷环境下,网络中点对点传输半径为 1200m,完全能够满足特需品存储、展示环境的要求^[3]。

2.1 监控中心设计

监控中心主要完成无线网络的形成和无线传感网络数据的集中,采集数据的预处理以及与 PC 机的通信和 GSM 控制功能,其硬件结构如图 2 所示。由于 GSM 模块、ZigBee 模块以及 PC 机与 ARM 核心处理器的通信均采用串口通信的方式,并且数据量大,操作繁琐,故选择 S3C2440 作为 ARM 处理器,利用其串口 0 与 ZigBee 通信,串行 1、2 分别用来实现与 PC 机进行数据交换,实现与 GSM 模块的数据命令传输。接收到的各传感节点数据首先通过 ARM 处理器与预先设置的阈值进行初步比较,如果超标则可控制相应的节点进行环境的调整。此外,各传感节点的数据同时也通过串口上传至 PC 机,由上位机软件根据历史数据做出预警。

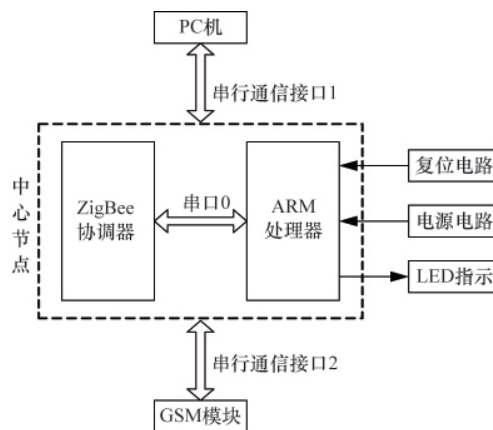


图2 监控中心硬件结构

Fig. 2 Hardware structure of monitoring center

2.2 终端节点设计

终端节点负责采集监测点数据和开启风机,由于 CC2430 内部有 8 个独立通道的 ADC,因此系统直接选用 AIN0(P0.0) 与 CO₂ 气体传感器相连,并留出 AIN1(P0.1)作为其他气体传感器的备用接口,湿度传感器采用 DHT21 数字型传感器,与 CC2430 中的 P1.4 相连,利用单线串行的方式进行数据传输。P1.0 通过放大电路与继电器相连,控制风机的开启与关闭。终端节点结构如图 3 所示。

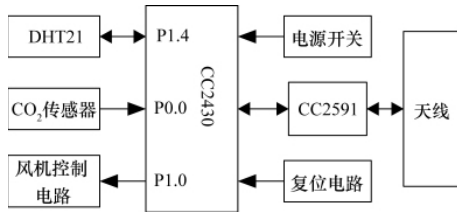


图3 终端节点硬件结构

Fig. 3 Hardware structure of terminal node

3 软件系统设计

软件系统设计总体分为 ZigBee 网络软件设计和 ARM 处理器软件设计两部分。本系统采用 TI 提供的 ZigBee2006 协议栈 ZStack-1.4.3-1.2.1, 按照不同的网络功能分别对协调器、路由节点、终端节点进行程序设计。

3.1 监控中心软件设计

本系统的核心是监控中心, 其中的 ZigBee 被初始化为协调器。它主要负责网络的建立、节点成员的加入、网络地址分配、网络链接表的更新等, 其中无线网络结构的选择直接影响网络的基本特性, 本系统选择网状网络作为其网络结构, 一来有效增加了 ZigBee 网络的覆盖范围, 二者减小了消息的延时, 增强了可靠性^[4]。

监控中心的程序流程如图 4 所示。

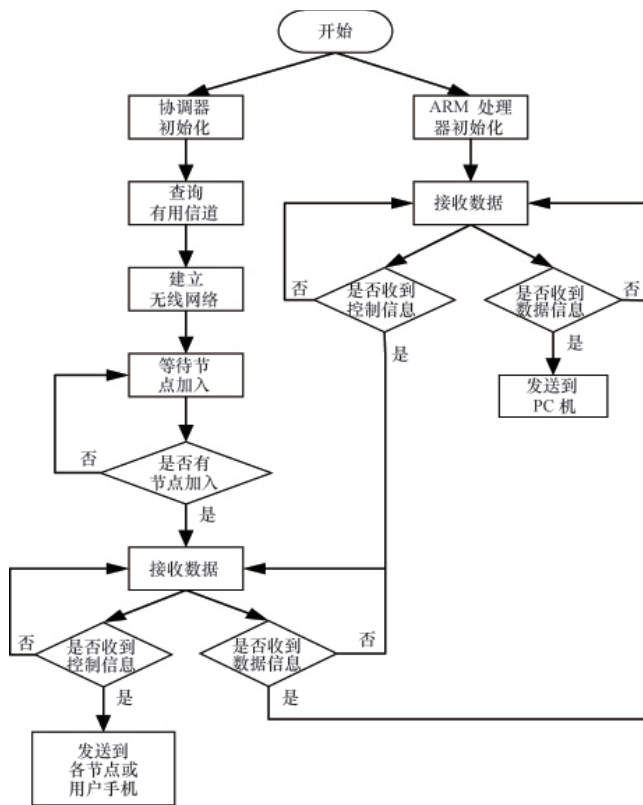


图4 监控中心程序流程

Fig. 4 Program flowchart of the monitoring center

系统中 ARM 处理器通过串口接收协调器的数据信息, 同时与 PC 机进行通信, 并同时控制 GSM 模块。当 ARM 处理

器经过预处理发现监测点有数据超标时, 产生一个串口中断事件, 采用广播的形式在整个 ZigBee 网络中发出带有超标点地址的风机控制信号。具体定义是: #define UART_RX_CB_EVT 0x0002。无线数据发送函 SampleApp_SPI_SendData (databuf, rxlen) 最终通过调用协议栈内部的发送函数 AF_DataRequest() 将数据信息打包后通过无线方式发送到网络中, 关键函数代码如下:

```

if( events & UART_RX_CB_EVT) //串口中断事件
{
    #if defined( ZDO_COORDINATOR )
        SampleApp_SPI_SendData(databuf, rxlen);
        return (events ^ UART_RX_CB_EVT);
    #endif
}
    
```

3.2 终端节点软件设计

终端节点主要负责数据采集与发送, 以及对风机的控制。节点外接需要的传感器, CO₂ 气体传感器由于输出信号为电压值, 故接入 CC2430 内部的 AD 端口 P0.0, 程序调用协议栈里的 A/D 转换函数 uint16 HalAdcRead (uint8 channel, uint8 resolution) 即可实现 A/D 转换。而温、湿度传感器由于直接输出数字量, 所以连接至 P1.0 端口, 采用模拟串行信号的方式对传感器进行控制, 同时注意满足其时序要求, 具体信号提取流程如图 5 所示^[5]。当该节点从网络中接收到广播信号后, 首先通过协议栈内部函数 NLME_GetExtAddr() 获取自己的物理地址, 然后处理信息, 提取出信息中的物理地址, 并将其与自己的物理地址对比, 判断命令是否是协调器需要控制它, 若是则对命令进行处理判断, 然后执行相应的命令^[6], 如果不是则结束此次判断并继续进行网络数据监听。网络控制信号

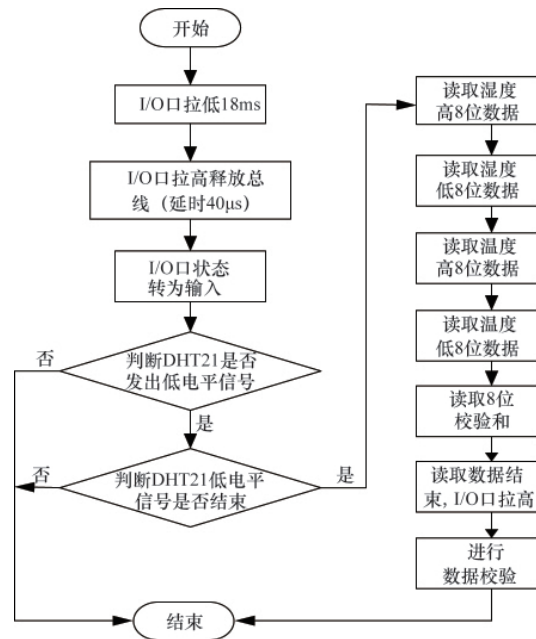


图5 DHT21 信号提取流程

Fig. 5 DHT21 signal extraction flowchart

提取流程如图 6 所示。

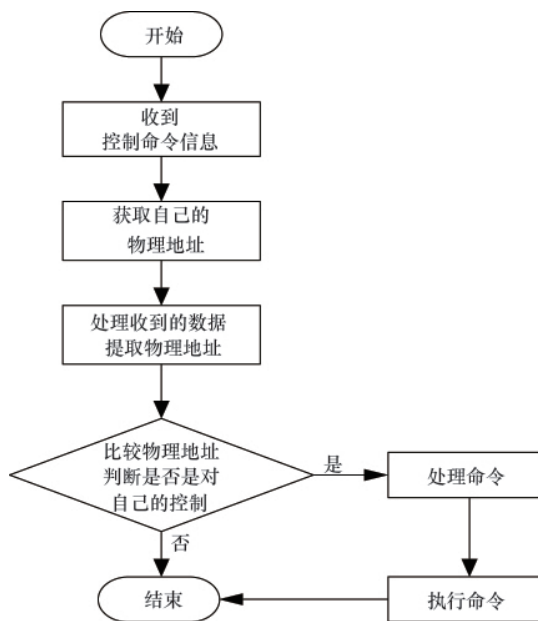


图 6 网络控制信号提取流程

Fig. 6 Network control signal extraction flowchart

4 系统测试

由于是实验室测试,考虑到场地以及实验条件,故系统选用 1 个监控中心、1 个路由节点、2 个终端节点作为测试系统,该系统已经基本能够反映出网络的结构特点,覆盖了全部节点类型,并考虑到了双向传输等方面特点,具有一定的典型性。系统天线采用 9dB 天线,网络测试界面如图 7 所示。分别在空旷环境和障碍物环境中进行测试,空旷环境分别选择 200,400,800,1000,1200m 进行测试,终端节点连续发送十进制数“5”,接收端进行接收。测试结果表明 1000m 内丢包率为 0。障碍物环境中,考虑到实际监控环境下的特点,故将传感节点放置于框架结构的屋子内,选择点对点穿透 1 层、2 层、3 层、4 层普通框架结构楼房进行测试,2 层楼房内丢包率为 0,3 层丢包率 13%,如果加入一个路由器进行接力传

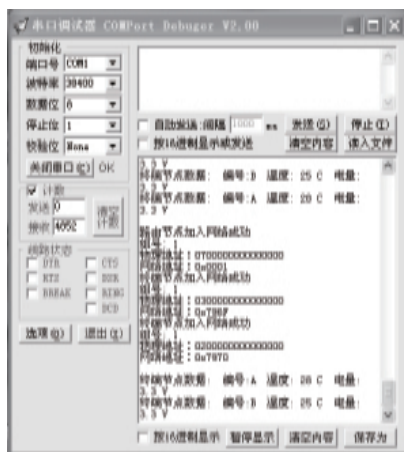


图 7 网络建立成功测试

Fig. 7 Success test for network formation

送,4 层楼内无丢包现象,详细测试数据见表 1、表 2。从测试结果可以看出,该网络足以满足民族特需品储存、展示环境的监测功能。

表 1 无障碍环境传输测试数据

Table 1 Transfer test data in barrier-free environment

通信距离/m	200	400	600	800	1000	1200
丢包率/%	0	0	0	0	0	7.3

表 2 有障碍环境传输测试数据

Table 2 Transfer test data in obstructed environment

测试数据	通信距离/层			
	1	2	3	4
点对点丢包率/%	0	0	13	47
加路由后丢包率/%	0	0	0	0

5 结论

基于 ZigBee 网络的民族特需品保存环境监控系统综合利用了当今较为前沿的无线传感网络和嵌入式技术,其目的是实现民族特需品尤其是珍贵特需品的安全存储。该系统中 ZigBee 技术的应用可以改变长期以来存储空间有线监控方式,使系统的灵活性和可靠性得到提升,对解决长期以来中国民族特需品保存、展示环境难以监控的问题,具有深远的意义。目前,该系统仅处于实验室验证阶段,实验的重点仅在无线传感网络的建立及数据的双向传输与控制上,在历史数据的存储、管理及危险环境的预警上存在一定不足,下一步研究重点为设计上位机以及手持终端中数据管理系统软件,并进一步验证复杂网络结构下数据传输的可靠性和实时性。

参考文献(References)

- [1] 朱玉福. 论市场经济视阈下的民族特需品 [J]. 黑龙江民族丛刊, 2007(3): 54-59.
Zhu Yufu. *Heilongjiang National Series*, 2007(3): 54-59.
- [2] 黄玉立, 童玲, 田雨. 基于 CC2531+CC2591 的 WSN 节点通信模块设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2011(1): 71-73.
Huang Yuli, Tong Ling, Tian Yu. *Microcontrollers & Embedded Systems*, 2011(1): 71-73.
- [3] 杨巨辉, 许东来, 王晓亮. 基于 ZigBee 校园动力设备监测系统的研究与应用[J]. 自动化与仪表, 2011(12): 29-32.
Yang Juhui, Xu Donglai, Wang Xiaoliang. *Automation & Instrumentation*, 2011(12): 29-32.
- [4] 高守玮, 吴灿阳. ZigBee 技术实践教程-基于 CC2430/31 的无线传感器网络解决方案[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2009: 13-18.
Gao Shouwei, Wu Canyang. *ZigBee technology practice tutorial- wireless sensor network solutions based on CC2430/31* [M]. Beijing: Beihang University Press, 2009: 13-18.
- [5] 门少杰, 王宝珠. 基于 nRF905 的温室环境无线测控系统研究[J]. 电子质量, 2010(8): 1-3.
Men Shaojie, Wang Baozhu. *Electronics Quality*, 2010(8): 1-3.
- [6] 孙庆元, 孔令成, 张志华, 等. 基于 ZigBee 的无线传感器网络监控系统的建立[J]. 仪表技术, 2011(6): 7-9.
Sun Qingyuan, Kong Lingcheng, Zhang Zhihua, et al. *Instrumentation Technology*, 2011(6): 7-9.

(责任编辑 马宇红,代丽)