

基于无线传感器网络的楼宇环境监测系统设计

在充分研究现有楼宇环境监测系统的基础上,将ZigBee无线传感器网络技术应用于楼宇环境监测领域,给出了楼宇环境监测系统的组网方案,重点设计了基于无线数据传输芯片JN5139的传感器节点硬件结构和软件流程。系统可以对目标监测区内的温度、湿度等环境信息进行快速、可靠地远程采集和传输,解决了传统楼宇环境监测信息存储的有限性和移动测量的不便性等问题,为楼宇环境监测提供了一种有效的解决方案。实验结果表明,基于ZigBee协议的无线监测网络,实现了节点组网功能,验证了系统设计方案的可行性和有效性。

董 璞/中国政法大学

0 引言

无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)是一门获取和处理信息的新兴技术,它能够通过各类集成化的微型传感器协作实时监测和感知网络分布区域内的各种环境信息^[1],是目前用于检测的一项重要手段。它具有监测准确度高、低功耗、低成本、实时性好、高容量和覆盖区域大等显著优点,非常适合监控系统的实现^[2]。

智能楼宇是建筑技术与信息技术相结合的产物,它可分为楼宇自动化系统(Building Automation System, BAS)、办公自动化系统和通信自动化系统3个部分,BAS是最重要的部分。传统的楼宇监控利用总线控制,有布线复杂等弊端。在楼宇监控中引入WSN技术,既可有效地减少布线成本,使布置传感器更加方便,又通过WSN的信息综合处理功能,可以得到更加综合而有效的信息^[3]。

本文在智能楼宇和无线传感器网络等技术背景下,设计了一种基于ZigBee技术的无线传感器网络控制节点,其可实时监测目标区域内的温度、湿度等参数信息,并进行快速、可靠地远程采集和传输,使管理者可以在控制室随时了解现场的参数信息。

1 系统监测网络结构

无线传感器监测网络由分布在环境中多个智能传感器节点组成^[4],实时采集环境温湿度参数,系统每个工作区域设置1个路由节点,负责处理与转发来自终端设备的数据信息,多个工作区域共用1个协调器节点,将来自路由器的各个监测区域的数据发往监控终端,负责数据的接收、存储和分析,监测网络结构如图1所示。

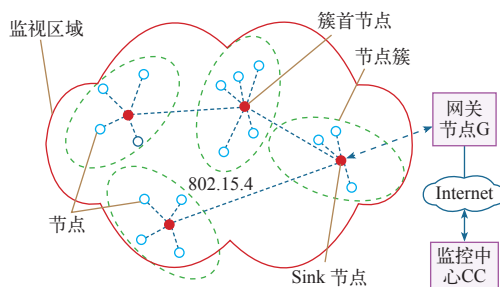


图1 监测网络结构图

2 系统硬件节点设计

2.1 节点体系结构

无线传感器节点主要由数据采集模块(即传感器模块)、数据处理模块、无线通信模块和能源模块4部分组成,基



董 璞/工程师

关键词/Keywords

无线传感器网络 ·
ZigBee ·
楼宇 ·
环境监测系统 ·

于JN5139的节点体系结构如图2所示。无线传感器节点的基本功能是准确地采集环境参数值，并进行初步的处理，接收监控中心的数据请求命令，将采集的数据发往监控中心等。

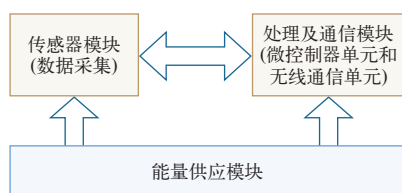


图2 节点体系结构

2.2 传感器模块

本系统中需要监测的环境参量主要是温度和湿度，传感器的模块选用高度集成的数字式温湿度传感器SHT11芯片。它采用LCC封装，提供全量程标定，二线数字输出；温度测量范围为 $-40\sim 123.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，测量准确度为 $\pm 0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿度测量范围为 $0\sim 100\%\text{ RH}$ ，测量准确度为 $\pm 3.0\%\text{ RH}$ ，响应时间小于 4 s ；低功耗（ 30 mW ）、性能稳定，温湿度数据均采用电压输出，并可与单片机的I/O口直接连接，且线性度较高。

2.3 处理及通信模块

处理及通信模块由微控制器单元和无线通信单元组成。为了使节点拥有较高的处理性能和较低的功耗，微控制器单元选用了英国Jennic公司的32bit RISC处理器JN5139。其突出的特点是具有高性能、高集成度以及片外丰富资源。处理器JN5139配置128位AES安全协处理器，192 KB的

ROM，8~96 KB的可选RAM，21个通用I/O口，4路12位的ADC，2路11位的DAC，2个比较器，1个二线串行接口，2个UART端口，1个SPI接口带5个片选线，3个系统Timer和2个用户Timer，为无线传感器网络应用提供了多种解决方案。同时，高度集成化设计简化了总的系统结构，该芯片内部结构如图3所示。

JN5139芯片集成有无线收发器，它的高集成度符合片上系统（SoC）特点，支持IEEE 802.15.4和ZigBee协议。本文设计的节点无线通信协议采用工作频带在2.4 GHz的ZigBee技术。

2.4 能量供应模块

电源是系统的关键部分，节点的电能一旦耗尽，即宣布其寿命到期并退出网络，由剩下的节点再重新组网。因此，电源模块的能量管理很重要。为了实现在深度休眠的节点功耗更低，采用模块化能源管理，用CPU的通用I/O口控制开关管的通断，从而控制传感器的工作。当节点进入深度休眠时，切断开关管，使整个传感器模块处于几乎不耗电的状态。

能量供应模块由电源、电源检测电路和充电接口电路3部分组成。电源使用充电锂电池，被电源检测电路测到的电量值，通过CPU的模数转换通道后，经无线方式发送到监测中心进行实时显示，当电池电量不足时，通过充电接口电路进行部分锂电池充电。在监测位置上布置节点，其实物如图4所示。

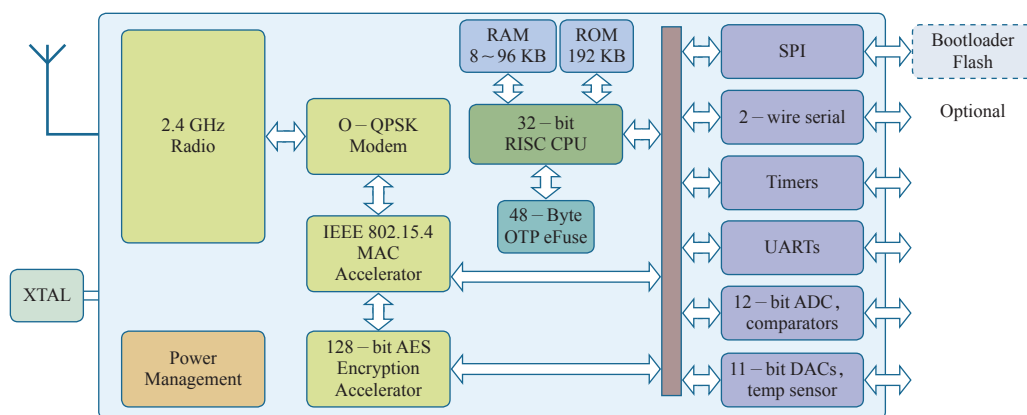


图3 JN5139芯片内部结构

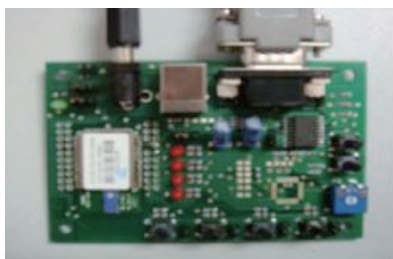


图4 监测网络节点实物图

3 系统的软件设计

系统的软件部分主要包括节点数据实时采集、无线收发及节点与计算机之间的通信等。JN5139的SDK使用开源的C/C++开发工具——Jennic提供的Code::Blocks代码编辑和编译环境，它可通过连接gcc编译器来实现编译。SDK提供了完整的网络协议框架和向导生成程序框架，可参照其实现网络通信。本系统设计的重点是控制JN5139的程序设计，首先是对JN5139进行初始配置，配置完成后按需要编写用户数据的发送和接收程序。节点间数据传输过程如图5所示。

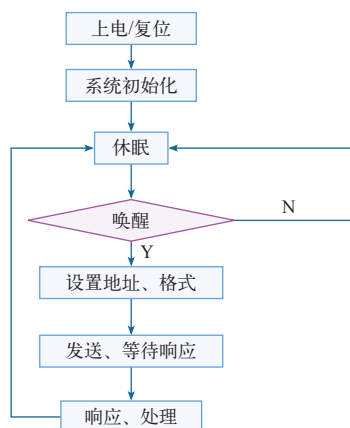


图5 节点间数据传输过程

ZigBee节点的初始化，任何类型的节点开始工作都需要调用AppColdStart函数，并且所有类型的节点都是用这个相同的函数来初始化ZigBee设备^[5-6]。

```

PUBLIC void AppColdStart (void)
{
    HAL_GDB_INIT ();
    HAL_BREAKPOINT ();
    /*设置网络参数信息*/

```

```

    JZS_sConfig.u32Channel = WSN_
CHANNEL;
    JZS_sConfig.u16PanId = WSN_PAN_ID;
    vInit (); // 初始化出口调试
}

```

各个节点初始化后就启动网络，网络启动时每个coordinator有唯一固定的64位IEEE MAC地址，但是组网的时候作为网络标识，同时为了使网络的通信更加高效，它还需分给自己一个16位的网络地址，通常叫作短地址，作为簇首，并给其他加入网络的节点分配16位短地址。

```

JZA_vStackEvent (teJZS_Event Identifier eEvent Id,
                  tuJZS_StackEvent *puStackEvent)
{
    if (eEvent Id = JZS_EVENT_NWK_STARTED)
    {
        uint8 u8InputClusterCnt = 3;
        uint8au8InputClusterList[] = {WSN_CID_SENSOR
_READING};
        uint8 u8OutputClusterCnt = 3;
        uint8au8OutputClusterList[] = {WSN_CID_SENSOR
_READING};
        (void) afmeAddSimpleDesc (WSN_DATA_
SINK_ENDPOINT, // 端口号
WSN_PROFILE_ID, // 网络标识
0x0000, // 短地址
0x00,
0x00,
u8InputClusterCnt, // 网络接收数据入口数
au8InputClusterList,
u8OutputClusterCnt, // 网络接收数据出口数
au8OutputClusterList);
        bNwkStarted = TRUE;
    }
}

```

接下来就是对传感器所采集温湿度数据的处理以及数据传输的部分程序。

```

PRIVATE void vInitSensors (void) // 初始化传感器
PRIVATE void vAPPTick (void *pvMsg, uint8

```

```
u8Param) // 读取传感器数据
PRIVATE void vReadTemp Humidity (void)
{
    // 读取温湿度信息
    PRIVATE void vSendData (void) // 构建相应的数据包, 将传感器数据发送到协调器。
```

4 组网与实验

一般ZigBee网络支持3种类型拓扑结构, 包括星形网络、簇状网络和网状网络。应用于固定位置节点的温湿度监测, 没有出现节点移动的情况, 因此这里使用簇状网络。其拓扑结构如图6所示。

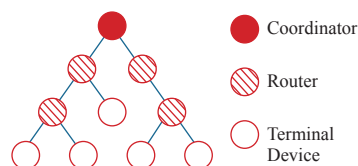


图6 簇状网络的拓扑结构

在JN5139工作过程中, 协调器 (Coordinator) 节点是网络中必须的, 且一个ZigBee网络中仅只能产生一个Coordinator节点, 它作为该工作网络的父节点, 其他路由器 (Router) 和终端设备 (End device) 作为子节点加入网络。

在本文构建的基于JN5139的温湿度监测系统中, 将Coordinator节点连接到监控计算机的串口端, 打开超级终端, 就可以读取到由Coordinator节点汇集的来自路由器和终端设备的温湿度数据, 温湿度数据信息如下表所示。

表 温湿度监测系统测量值

地址	实际温度 /℃	测量温度 /℃	误差 /℃	实际湿度 (RH)(%)	测量湿度 (RH)(%)	误差 (RH)(%)
0X1	30.2	29.9	0.3	65	66	-1
0X2	29.5	29.7	-0.2	59	61	-2
0X3	28.6	28.4	0.2	67	65	2
0X4	31.2	30.8	0.4	68	67	1
0X5	27.8	27.9	-0.1	64	66	-2
0X6	29.4	29.2	0.2	62	64	-2
0X7	31.1	31.0	0.1	58	61	-3
0X8	28.7	28.8	-0.1	59	56	3
0X9	29.3	29.0	0.3	66	65	1

它给出了某一时刻系统中10个ZigBee模块, 包括1个Coordinator节点和9个路由及终端节点, 以及温湿度测量值。结果表明: 可以得到温度误差不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 湿度误差不超过 $\pm 2\%$ RH的测量值, 系统线性度较高, 能够满足测量准确度的要求。

5 结束语

本文提出基于无线传感网络ZigBee技术的温湿度监测系统, 采用覆盖度大的簇状网络组网。通过实验对系统的设计方案进行了有效性验证。结果表明, 该系统具有结构简单、应用方便、功耗低、监测准确度较高和工作稳定等特点, 同时又具有扩展功能, 易适合多点、多参量的无线远程数据采集。该系统解决了实际应用中有线网络布线复杂、成本过高, 以及环境恶劣地区环境温湿度监测的问题, 对实现环境温湿度监控的信息化、自动化具有较高的应用价值。

参考文献

- [1] 姚向华, 杨新宇, 易劲刚. 无线传感器网络原理与应用 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2012: 8-10.
- [2] 司海飞, 杨忠, 王珺. 自组织、无线传感器网络研究现状与应用 [J]. 机电工程, 2011, 28 (1): 16-20.
- [3] 王星石, 戚亦平, 陈曦, 等. 基于无线传感器网络的智能建筑中目标分布问题研究 [J]. 计算机应用, 2010, 30 (1): 253-254.
- [4] 余根坚. 新颖的无线传感器网络组网算法 [J]. 计算机系统应用, 2014, 23 (2): 146-149.
- [5] 王小强, 欧阳骏, 黄宁淋, 等. ZigBee无线传感器网络设计与实现 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2012: 23-25.
- [6] 黄海平, 沙超, 蒋凌云, 等. 无线传感器网络技术及其应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2011: 13-15.

(收稿日期: 2017-05-03) EA