

# 基于 STM32 与 SN260 的物联网数据采集与控制系统<sup>①</sup>

张美平

(福建师范大学 福建省网络安全与密码技术重点实验室, 福州 350007)

**摘要:** 介绍了一种基于 ZigBee 技术的物联网系统数据采集与控制系统. 利用 STM32 单片机作为主控制器结合 SN260 无线射频 ZigBee 网络处理器设计物联网系统的硬件节点, 实现远程环境数据的采集与控制功能; 并详细描述了该物联网系统的工作原理和系统设计.

**关键词:** Zigbee; STM32; 物联网; 数据采集与控制

## IOT Data Acquisition and Control System Based on STM32 and SN260

ZHANG Mei-Ping

(Fujian Normal University, Fujian Key Laboratory of Network Security and Cryptography, Fuzhou 350007, China)

**Abstract:** In this paper, an IOT data acquisition and control system based on ZigBee was introduced. The IOT system hardware node is configured which uses STM32 as microcontroller and SN260 as ZigBee network processor to collect the remote environment data acquisition and to realize control functions. And describes in detail the working principle and system design of the Internet of things system.

**Key words:** ZigBee; STM32; Internet of things; data acquisition and control

物联网是实现物物信息交换和通信的新一代信息技术, 英文名称为“The Internet of Things”; 物联网通过射频识别、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备, 按约定的协议, 把任何物品与互联网连接起来, 进行信息交换和通讯, 以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络; 物联网是在互联网基础上的延伸和扩展的网络. 通过物联网使用户端延伸和扩展到了任何物体与物体之间, 实现物物信息交换和通信<sup>[1]</sup>. ZigBee 作为当今最热门的无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)技术之一, 以其低功耗、低成本、组网自适应、网络容量大等特点, 已经被广泛应用于自动控制 and 监控领域<sup>[2,3]</sup>. 作为物联网应用的一个例子, 远程环境参数的采集与控制在物联网、传感网中有着重要的应用. 如何构建 ZigBee 网络系统来高效地进行远程环境参数采集与控制是本文要解决的问题.

## 1 物联网节点设计方案

基于 ZigBee 技术的物联网节点的硬件设计通常有如下三种设计方法: 一种是 SOC(System on Chip)模型, 使用带无线 ZigBee 射频功能的核心处理器的单芯片设计硬件, 这种方式设计的物联网节点硬件电路较简单, 通常采用 TI 公司的 CC2430、CC2530 的无线 ZigBee 单片机作为节点的核心处理器来设计物联网应用系统的节点; 另外一种方式称之为 MCU+NCP (Network Coprocessor)模型, 其核心处理器与 ZigBee 网络处理器分开, 这种方式设计的节点的外部控制功能更丰富, 适合于各种控制方面物联网应用场合; 通常的方案是采用 MSP430 微控制器配合 CC2420 无线射频芯片; 第三种为透明传输模式, 使用 ZigBee 串口透明传输模块, 接在已有的需要传输数据的终端节点进行 ZigBee 组网与数据传输, 较适合于对现有的硬件增加无线传输功能.

<sup>①</sup> 基金项目:福建省教育厅科技项目(JB10031,JK2011010)

收稿时间:2013-04-18;收到修改稿时间:2013-05-29

## 2 系统硬件设计

### 2.1 物联网环境参数采集与控制系统总体框架

该系统由 ZigBee 协调器、环境数据采集与控制节点、及 PC 端服务器控制软件组成，设计系统组成的框图如图 1 所示。采用 ZigBee Pro 无线通讯技术，其中一个节点作为 ZigBee 协调器，其他节点为 ZigBee 路由节点或终端节点，组成 ZigBee 无线通讯网络，PC 端通过 USB 线和 ZigBee 协调器连接，并运行对应的数据采集与管理软件。各个节点采集相应的环境参数通过 ZigBee 网络发送到协调器，协调器把数据通过 USB 虚拟串口发送到 PC 端的数据采集与管理软件，控制软件根据所采集的环境参数，并对特定的节点发出对应控制指令。

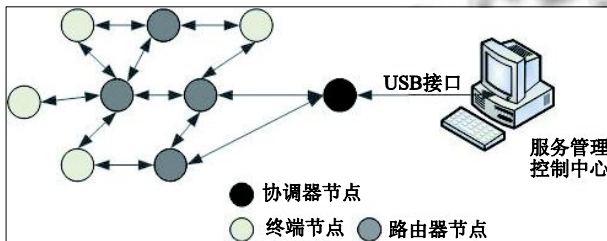


图 1 系统总体框架图

### 2.2 ZigBee 节点硬件系统结构

本系统采用 MCU+NCP 模式来设计物联网节点，节点硬件结构如图 2 所示，主控制器采用 32 位 ARM Cortex-M3 内核微控制器 STM32F103 和高性能 SPZB260 网络通讯模块作为 ZigBee 网络处理模块。ZigBee 网络通讯模块中的高效 ZigBee 网络协议栈 EmberzNet 完成了对所有 ZigBee 网络功能的封装，微控制器与通讯模块之间采用 SPI 接口通讯，仅需要在微控制器上调用 EmberZnet EZSP 串行协议即可实现无线 ZigBee 通讯。同时节点板上提供了 LED、按键、蜂鸣器、传感器接口、usb 接口使节点具有丰富的交互功能与外部 GPIO。利用该硬件可以轻松实现 ZigBee 无线网络功能的物联网控制设备。

SPZB260 是一个低功耗 ZigBee 模块，该模块基于 SN260 ZigBee 网络处理器。SN260 集成了 2.4GHz、IEEE 802.15.4 兼容的收发器，包括 IEEE802.15.4 PHY 和 MAC。它具有 24 MHz 高稳定晶振，能够满足 ZigBee 规范的定时需求。该模块通过标准串行接口 (SPI) 控制，它可以连接到多种微控制器。具有支持完

整 ZigBee 2007 pro 协议栈，使用方便的 EmberZnet EZSP 串行协议实现网络控制和通讯等特点。

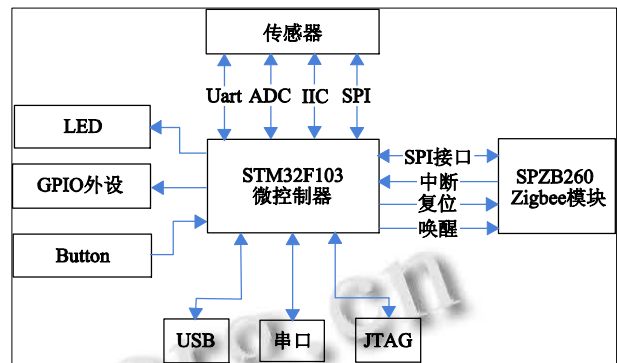


图 2 物联网硬件系统设计框图

## 3 系统软件设计

### 3.1 ZigBee 组网过程与地址分配

ZigBee 协议在无线传感网络的整个协议栈中起网络层的作用，其功能类似 Internet 中的 TCP/IP 协议栈的作用。ZigBee 网络的建立过程：协调器先于其他节点启动，根据预先定义的网络参数先建立 ZigBee 网络，组网成功后协调器分配编号为 0 的 16 位 ZigBee 地址；路由节点与终端设备启动后，自动寻找网络并加入到现有组建好的 ZigBee 网络，加入成功后节点获得由协调器动态分配 16 位的 ZigBee 地址，网络组建成功，其流程如图 3 所示。

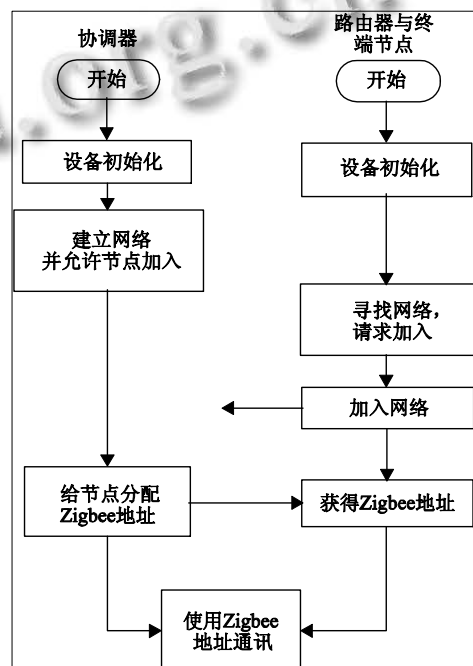


图 3 ZigBee 网络组网过程

### 3.2 物联网节点编号与 ZigBee 地址的映射

ZigBee 节点间的通信需要使用目标节点的 16 位 ZigBee 地址作为其数据发送 API 的目标数据通信地址。在与目标节点通信时, 需要知道对方的 ZigBee 地址, 然后调用协议栈的数据发送 API 函数, 才能实现数据的收发。特别需要注意的是每次 ZigBee 网络重新启动后或节点重新加入网络后, 可能分配到与前次入网不一样的 ZigBee 地址。因此每个节点在不同的时间启动可能会有不同的 ZigBee 地址, ZigBee 节点在上报环境数据与在 PC 服务器控制软件发出控制指令到 ZigBee 节点时就不宜采用其动态分配的 ZigBee 作为节点的唯一识别标示, 需要使用一种与节点硬件相对固定的节点编号, 来解决每个节点的 ZigBee 地址可能变化的问题。

本系统采用如下的方案来解决 ZigBee 地址与节点编号的映射问题:

1) 每个物联网节点的单片机软件代码中预先固定一个 16 位的节点地址 endpnum, 这个地址每次启动是不会变化的, 在物联网 PC 服务器控制软件中也一一对应地预先设置好这些控制节点的相关数据库记录, 使每个记录与每个硬件节点对应起来。

2) 在协调器的软件代码中预先设置好一块内存区域, 以结构链表的形式记录每个 ZigBee 节点所对应的节点地址 endpnum、ZigBee 地址、ZigBee 无线模块的 64 位 mac 地址, 这三个地址可以理解为应用层地址、网络层地址、Mac 层地址。

3) 路由器与终端节点每次成功加入 ZigBee 网络后, 就把自己的 3 个地址“节点编号 endpnum、ZigBee 地址、ZigBee 无线模块的 64 位 EUI64 地址”通过发送一个 clusterId 为“register”的 APSframe 应用层数据包给协调器, 协调器接收到该注册数据包后, 更新注册地址链表记录。

在协调器的系统代码中编写相应的节点注册更新函数、节点地址与 ZigBee 地址映射查询函数, 在物联网节点入网后, 调用注册函数根据注册数据包提供的相关地址信息更新地址链表, 当协调器接收到 PC 服务器控制软件发送给指定节点的控制指令时, 提取其数据包中的目标节点地址 endpnum, 调用节点地址与 ZigBee 地址映射查询函数从地址链表中找出对应的 ZigBee 地址。

### 3.3 系统数据通信流程

ZigBee 节点成功加入到网络后, 整个物联网环境

参数采集与控制系统的通信流程如图 4 所示, 其具体的过程如下:

1) ZigBee 节点按照一定的时间间隔读取传感器所采集的数据, 把所采集的环境数据与物联网节点编号打包成“目标 ZigBee 地址为 0 且 clusterId 为 Sensor\_report”的 APSframe 应用层数据包, 通过 ZigBee 网络发送给 ZigBee 协调器;

2) 协调器接收到 clusterId 为 Sensor\_report 的数据包后, 通过 USB 虚拟串口转发给 PC 服务器;

3) PC 服务器端接收到该数据包后, 解析出对应的环境参数数据与发送数据源物联网节点编号, 根据设置的条件向对应的节点返回含有控制命令与目标节点号的控制指令, 通过 usb 虚拟串口发送给 ZigBee 协调器;

4) ZigBee 协调器接收到该控制指令数据包后, 查询该目标节点号对应的 ZigBee 地址, 并封装成 clusterId 为 Sensor\_control 的 APSframe 应用层数据包, 并将该数据包通过 ZigBee 网络给对应的 ZigBee 节点;

5) 节点接收到该控制指令数据包后执行相应的控制指令。

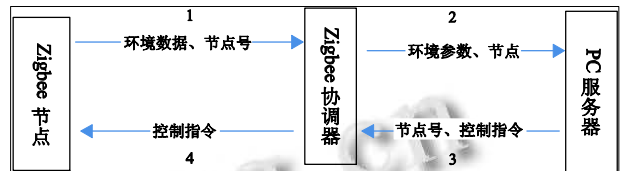


图 4 ZigBee 数据传输顺序

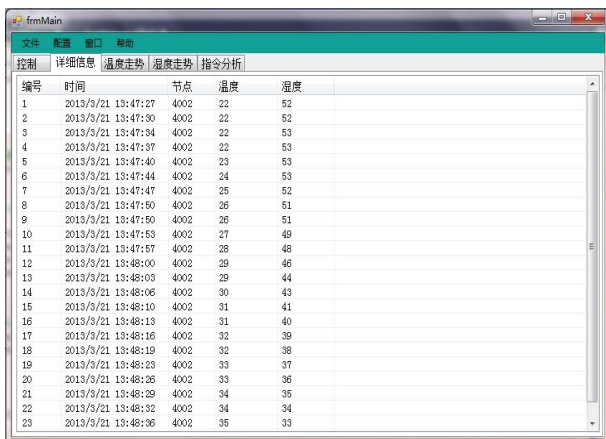
## 4 系统测试与总结

物联网节点硬件与 PC 主机的连接如图 5 所示, 其中一个节点使用 J-link 下载器烧入协调器代码并通过 usb 线连接到 PC 服务器, 其他几个节点当作普通的路由与终端节点, 分别接上温湿度传感器采集环境数据, 并在各个节点代码中设置好不同的节点编号。



图 5 物联网节点实物图

编写对应的 PC 端服务器数据采集与控制程序,其运行效果如图 6 所示,测试表明各个节点的数据能及时地发送到 pc 服务器,同时 pc 端也可以把相关的控制指令发送到对应的节点.实际测试结果表明,节点间的通信距离达到 60 米左右,还可以多跳 mesh 组网使得网络的覆盖范围进一步扩大.



| 编号 | 时间                 | 节点   | 温度 | 湿度 |
|----|--------------------|------|----|----|
| 1  | 2013/3/21 13:47:27 | 4002 | 22 | 52 |
| 2  | 2013/3/21 13:47:30 | 4002 | 22 | 52 |
| 3  | 2013/3/21 13:47:34 | 4002 | 22 | 53 |
| 4  | 2013/3/21 13:47:37 | 4002 | 22 | 53 |
| 5  | 2013/3/21 13:47:40 | 4002 | 23 | 53 |
| 6  | 2013/3/21 13:47:44 | 4002 | 24 | 53 |
| 7  | 2013/3/21 13:47:47 | 4002 | 25 | 52 |
| 8  | 2013/3/21 13:47:50 | 4002 | 26 | 51 |
| 9  | 2013/3/21 13:47:50 | 4002 | 26 | 51 |
| 10 | 2013/3/21 13:47:53 | 4002 | 27 | 49 |
| 11 | 2013/3/21 13:47:57 | 4002 | 28 | 48 |
| 12 | 2013/3/21 13:48:00 | 4002 | 29 | 46 |
| 13 | 2013/3/21 13:48:03 | 4002 | 29 | 44 |
| 14 | 2013/3/21 13:48:06 | 4002 | 30 | 43 |
| 15 | 2013/3/21 13:48:10 | 4002 | 31 | 41 |
| 16 | 2013/3/21 13:48:13 | 4002 | 31 | 40 |
| 17 | 2013/3/21 13:48:16 | 4002 | 32 | 39 |
| 18 | 2013/3/21 13:48:19 | 4002 | 32 | 38 |
| 19 | 2013/3/21 13:48:23 | 4002 | 33 | 37 |
| 20 | 2013/3/21 13:48:26 | 4002 | 33 | 36 |
| 21 | 2013/3/21 13:48:29 | 4002 | 34 | 35 |
| 22 | 2013/3/21 13:48:32 | 4002 | 34 | 34 |
| 23 | 2013/3/21 13:48:36 | 4002 | 35 | 33 |

图 6 PC 服务端数据采集程序运行效果图

与其他的物联网系统的硬件节点设计方案相比较,该系统提出的物联网硬件设计方案具有微处理器性能高、IO 外设接口丰富,较适合于控制性物联网的应用系统.同时针对物联网节点的 ZigBee 组网地址每次入网都会随机分配并不断变化、而不适合于在服务器上

的控制软件给特定的物联网节点发送控制指令的问题;本系统提出了给每个节点的设置一个固定的硬件节点编号,并在协调器中设计了存储空间把硬件编号与 ZigBee 节点地址相互映射,并设计了节点地址注册、查询等功能模块,使得服务器端的控制软件能准确地把控制指令发送到特定的物联网节点.

本文设计了一种采用 STM32F103 微控制器的结合 SPZB260 ZigBee 网络通讯模块的物联网环境数据采集与控制系统,并对该物联网数据采集与控制系统的系统构架、软硬件设计和程序流程做了详细介绍.该系统提出的方案也可以用于多种需要无线数据采集与控制的物联网应用场合,具有一定的实际应用意义与推广价值.

### 参考文献

- 1 刘云浩.物联网导论.北京:科学出版社,2010:1-30.
- 2 ZigBee Alliance. Network specification(draft version 1.0). <http://www.zigbee.org/>.
- 3 孙利民,李建中,陈渝.无线传感器网络.北京:清华大学出版社,2005:1-26.
- 4 沈建华,郝立平.STM32w 无线射频 ZigBee 单片机原理与应用.北京:北京航空航天大学出版社,2010.9.
- 5 何赛,陈小平.ZigBee 技术在城市照明监控系统中的应用.北京:计算机系统应用,2011,20(8):135-138.

(上接第 98 页)

加科学规范,具有良好的市场前景.另外,由于积累大量的故障数据,为日后进一步开发智能故障预警分析系统奠定了基础.

### 参考文献

- 1 孙其博,刘杰,黎彝,范春晓,孙娟娟.物联网:概念、架构与关键技术研究综述.北京邮电大学学报,2010,33(3):1-9.
- 2 苏涛,李文强,孙聪.物联网关键技术研究.中国管理信息化,2012,15(18):90-92.
- 3 张绍钧,叶志申,黄仁泰.物联网关键技术及其应用.信息化研究,2011,37(4):8-11.
- 4 胡迪,钱松荣.基于 RFID 的食盐跟踪追溯系统设计与实现.计算机工程,2012,38(17):9-11.
- 5 陶巍伟,陈占省,姚明海,李梦园.基于 RFID 的服装防伪系统的设计与实现.机电工程,2012,29(10):1235-1238.
- 6 倪霖,钟辉,段超.汽车制造生产线上 RFID 应用模式研究.计算机工程,2012,38(4):224-226.
- 7 马学霞,王瑞峰,王彦快.基于 RFID 的铁路信号设备巡检系统的设计.计算机测量与控制,2012,20(12):3151-3153.
- 8 孙伟,董耀华.基于 RFID 技术的剧毒危化品物流服务平台研究.中国安全科学学报,2011,21(2):147-151.