

基于 ZigBee 协议的工业无线网关的设计

Design of the Industrial Wireless Gateway Based on ZigBee Protocol

赵淳臣 王亚刚 王 凯

(上海理工大学光电信息与计算机工程学院,上海 200093)

摘要: 针对无线网关易组网、低功耗、低成本的要求,提出了一种基于 ZigBee 无线协议的无线网关的设计方法。给出了无线网关的软硬件设计,并通过原型机的可靠运行测试,验证了该方法的可行性。测试结果表明,相比于传统网关功能单一、智能化程度低以及通用性差等缺点,该无线网关使数据包的稳定性更好、功耗更低;同时,Mesh 网络的支持使网关的智能性大大增强。

关键词: 无线网关 通信协议 Mesh 网络 ZigBee Modbus 低功耗

中图分类号: TP274+.5 **文献标志码:** A

Abstract: Due to the requirements to the wireless gateway, such as easy networking, low power consumption and low cost, the design method of the wireless gateway based on ZigBee wireless protocol is proposed. The software and hardware design for wireless gateway is given, and through the reliable operation test of prototype, the feasibility of this method is verified. The test result shows that comparing with the traditional gateway that features sole function, low intelligence, and poor commonality, etc., the wireless gateway offers better stability for the data packet and lower power consumption; meanwhile, the support of Mesh network enhances the intelligence of the gateway greatly.

Keywords: Wireless gateway Communication protocol Mesh network ZigBee Modbus Low power consumption

0 引言

某项目对一种新型的无线网关提出了如下要求:易组网、低功耗、低成本等。所以该项目最终采用 ZigBee 作为该传感系统的无线通信协议。主控制器运用了 Freescale S08,体积小、性能稳定。无线网关和上位机的通信则采用了 Modbus 协议。该协议简单、运用广、通信稳定,可以快捷地连接上层监控软件或者 PLC,大大提高了系统的工作效率。

文中给出了无线网关系统的硬件、软件结构设计,并最后通过原型机的可靠运行测试,达到了预先要求的各项指标^[1]。

1 设计综述

系统设计整体上由四部分组成:上位机(PLC)、无线网关、无线传感器和空调系统,如图 1 所示。要实现可靠的数据传输,首先要解决的问题是网络的建立。MCU 通过对 EM250(协议栈封装芯片)的控制来建立传感网络。此外,由于 ZigBee 协议支持 Mesh 网络,因此该网关系统在网关组网和节点入网时均具有一定的

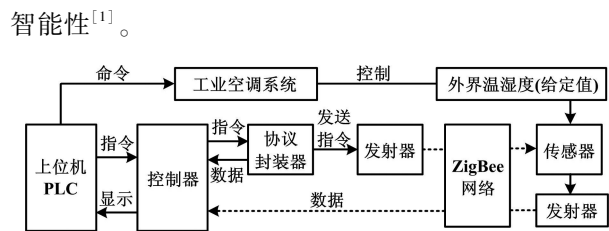


图 1 室内温湿度闭环控制系统

Fig. 1 The closed-loop control system for indoor temperature and humidity

无线网关接收到数据后,有两种处理方式:一是通过 MCU 内部程序规定,对传感器做一些参数设定或者网络设置;二是将数据包封装成 Modbus 包,并传送给上位机或者 PLC。

上位机采用组态王编写的人机界面读取参数,而 PLC 可以直接控制如空调、智能门窗等大型设备,实现对室内温湿度或者灯光的调控。

2 硬件设计

网关硬件设计架构如图 2 所示。从图 2 可以看出,MCU 采用的是 Freescale S08 系列单片机。该单片机具有出色的低功耗性能和完备的休眠功能,足以应付产品对数据处理的要求。EM250 是一款用来封装 ZigBee 协议的芯片,由 MCU 对其进行数据读写和命令控制。SKY65336_11 是一款 2.5 GHz 无线功率放大

国家自然科学基金资助项目(编号:61074087);

上海市教育委员会科研创新基金资助项目(编号:12ZZ144)。

修改稿收到日期:2012-09-06。

第一作者赵淳臣(1988-),男,上海理工大学控制理论与控制工程专业在读硕士研究生;主要从事嵌入式智能仪表的研究。

器,用于无线传感器发送和接收无线数据。无线网关需要连接上位机或者 PLC。Freescale 公司专门为无线低功耗设备设计了一款单片机 MC9S08QE32RM,其具备完备的休眠功能和极低的功耗。考虑到本项目的实际应用,本文选用了 8 位单片机,降低了产品成本。

为了增大网关和节点之间的通信距离,在发射端又加入了一片功率放大芯片 SKY65336_11。经测试,该功率放大芯片的放大功率效果明显,最大通信距离可达到 1 500 m^[2]。此外,需要将 MCU 通过 RS-232/485 串口与上位机进行通信。

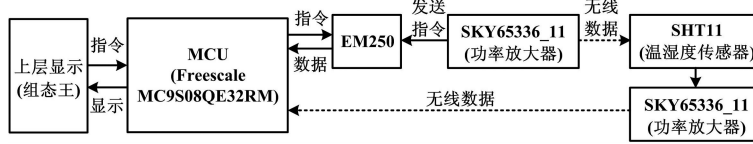


图 2 网关硬件设计架构

Fig. 2 Design architecture of gateway hardware

3 软件设计

项目软件部分主要由数据采集处理、Mesh 网络组网、上位机读取三部分组成。网关软件有五种工作模式,即发送模式、睡眠模式、接收模式、命令模式和空模式。总体分两大模式,即第一部分是工作模式,采取时钟扫描的方式向上位机传递数据,采用中断的方法接收无线终端发过来的数据;第二部分是休眠模式,采用内部休眠机制,以减少系统的整体功耗^[3]。无线网关软件设计框图如图 3 所示。

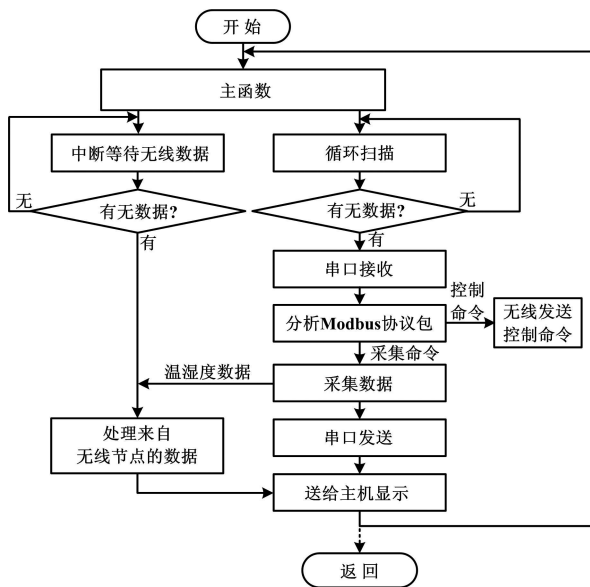


图 3 无线网关软件设计框图

Fig. 3 Software design of the wireless gateway

3.1 Freescale S08 部分

网关软件程序由主控器运行。程序分为两部分:中断程序和扫描程序。中断程序用来接收节点发送的数据,而扫描程序则接收组态软件或者 PLC 发来的命令。

在扫描程序中,系统收到的命令分两种:一种是采

集数据命令,即系统采集无线发送过来的数据,打包成 Modbus 进行发送,并在上位机上显示;另一种是设置命令,即用 X-CTU (ZigBee 协议软件)对 MCU 进行基本的设计,如禁止节点加入、传输波特率等^[4]。

3.2 Mesh 网络

ZigBee 是基于 IEEE 802.15.4 标准的低功耗局域网无线协议。该技术广泛应用于工业检测以及民用无线领域,智能家居系统就是 ZigBee 的一个典型应用^[5]。

本项目中,厂商对这套系统的网络形成提出了如下要求:网络稳定、组网速度快、节点可随意加入或离开。这几个特点决定该系统必须采用 Mesh 网络,且须采用 ZigBee 协议,以很好地支持 Mesh 网络。Mesh 网络形成原理图如图 4 所示。



图 4 Mesh 网络形成原理图

Fig. 4 Forming principle of the Mesh network

协调器(网关)进行信道能量检测及扫描,选择合适的信道;节点上电后通知协调器,并发出入网申请;协调器收到申请后为其分配 PANId 号以及网络地址。这样一个节点就成功加入到了该协调器组成的网络中。在大规模组网时,涉及到路由的选择,ZigBee 协议最多可支持 7 跳网络^[6]。

3.3 Modbus 协议部分

Modbus 是可编程控制器之间运用最为广泛的通信协议之一,它也可与网络上的其他设备进行通信,支撑的网络有 Modicon 的 Modbus 和 Modbus+工业网络。该协议定义了控制器能识别和使用的信息结构。当在

Modbus 网络上进行通信时,协议能使每一台控制器知道它本身的地址、识别对它寻址的数据、决定应起作用的类型,并取出包含在信息中的数据和资料。控制器也可以组织回答信息,并使用 Modbus 协议将此消息传出去。Modbus 协议的工作原理如图 5 所示。

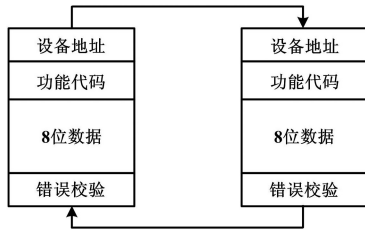


图 5 Modbus 协议工作原理图

Fig. 5 Working principle of Modbus protocol

在本项目中,Modbus 运用在无线网关和上位机以及 PLC 之间的通信上。由于运用的广泛性和数据传递的可靠性,在产品测试过程中,Modbus 协议在上位机显示或者 PLC 数据读取方面,均取得了满意的结果^[7]。

3.4 组态王部分

系统采用组态王作为上层数据监控软件。作为监控软件,组态王操作简单、功能强大,同时可以对硬件进行控制。组态王可以实现软件模拟硬件设备的工作情况。在该项目中,将采集到的 4 个无线温湿度传感节点的数据显示在上位机上,同时用曲线记录下每个节点的温度变化,并对特殊事件(报警)进行文档记录。同时,它可以很容易地将几大功能模块做成一张拓扑图,动态显示其网路连接情况、数据发送情况以及对底层硬件的简单控制。组态王功能完善、实用性强,在很多大型公司都有使用。

4 低功耗技术

由于项目强调系统的低功耗性能,即在两节干电池供电的情况下,要保证节点工作 10 个月、网关工作 5 个月,因此,系统采用软件实现系统的低功耗^[8]。

从图 3 所示的软件流程可以发现,系统大部分时间都工作在等待状态。因此,考虑使系统在等待状态下停止工作进入休眠,实现系统低功耗要求。系统利用单片机的休眠模式,使所有 MCU 的时钟包括振荡器本身都停止工作,时钟模块、电压调节器和 ADC 处于待命状态;所有内部寄存器和逻辑,包括 RAM 的内容都被保持,电流维持在非常低的水平,实现了系统低功耗要求。低功耗控制程序框图如图 6 所示。

从图 6 可以看出,在等待中断时,系统已进入休眠状态,工作电流降到 250 μ A。当有数据出现时,程序

会以中断的形式通知 CPU,使唤醒系统进行数据传递。由于整个数据处理过程非常快,只需要 250 ms 左右,因此,整个系统的节能性好。经试验检测表明,在网关缺少 24 V 供电的情况下,仅凭 2 节干电池可以工作 5 个月,而节电模式下可以工作一年甚至更多^[9]。

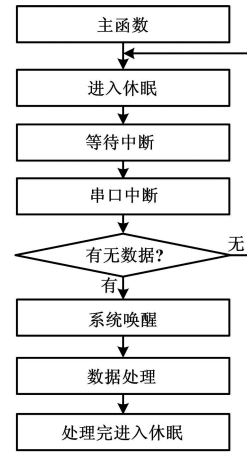


图 6 低功耗控制程序框图

Fig. 6 Block diagram of low power consumption control program

5 结束语

整套测试系统由 1 个网关(银白色铁盒)、4 个节点(白色塑料)组成;网关由 24 V 电源供电,节点由两节干电池供电。经实验室多次测试,系统组网快捷方便、运行期间网络稳定、数据传送可靠,节点工作时间长达一年,完全符合厂商提出的要求。

参考文献

- [1] 周怡颀,凌志浩,吴勤勤. ZigBee 无线通信技术及其应用探讨[J]. 自动化仪表,2005,26(6):5-9.
- [2] 李文仲,段朝玉. ZigBee 无线网络技术入门与实战[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007:4-14.
- [3] 杨乐平. LabVIEW 程序设计与应用[M]. 2 版. 北京:电子工业出版社,2001:381-408.
- [4] 王征. RS-232/Profibus-DP 从站接口设计与实现[D]. 北京:清华大学,2004.
- [5] 孙利民,李建中,陈渝,等. 无线传感器网络[M]. 北京:清华大学出版社,2005.
- [6] Masood N, Naqvi S S. Implementation of MPEG-4 decoding on FPGA[C]//Microelectronics, the 17th International Conference, 2005:245-246.
- [7] Hoske T. More users consider multifunctional transmitters[J]. Control Engineering,1997,30(12):45-49.
- [8] Digi International Inc. XBee[®]/XBee-PRO[®] ZB RF Modules[EB/OL]. [2012-09-25][2012-10-30]. <http://www.docin.com/p-563822962.html>.
- [9] Akyildiz I F, Su W, Sankarasubramaniam Y, et al. A survey on sensor networks[J]. IEEE Communications Magazine,2002,40(8):102-114.