

基于 ZigBee 精简协议的无线数据采集系统*

蔡文晶, 秦会斌

(杭州电子科技大学 新型电子器件研究所, 浙江 杭州 310018)

摘要:针对传统采用人工采集或预先布线有线方式采集数据的局限性,设计了一种基于 ZigBee 的无线数据采集系统,并对系统的硬件和软件进行了详细的分析和设计。无线传输节点主要采用了 TI 公司 CC2430 芯片和温度、光照传感器模块,移植了 ZigBee 精简协议栈代码,并编写了应用层代码和相关驱动程序。研究表明,该系统的实施减少了人员工作量,且无需布线,保证了数据实时传输的有效性,可以在高温、高压、高空、高危险等某些特定环境中进行环境监测工作。

关键词: ZigBee; CC2430; ZigBee 精简协议栈

中图分类号: TP274; TN92; TN402

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2011)02-0224-03

Design of a wireless data acquisition system based on the simplify ZigBee protocol stack

CAI Wen-jing, QIN Hui-bin

(School of Electronics & Information, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In accordance with traditional artificial data acquisition or advance wiring cable way limitations, a new wireless data acquisition system was designed. The hardware and software of system was analyzed and designed in detail. The wireless node used TI's cc2430 and temperature, light sensor module. The simplify ZigBee protocol stack was modified and planted, and the applications and related drivers were grammed. The results indicate that the workload of workers was reduced, and without wiring, to ensure the effectiveness of real-time data, the system can work in high temperature and high pressure and high risk specific environment environmental monitoring.

Key words: ZigBee; CC2430; the simplify ZigBee protocol stack

0 引言

ZigBee 技术是一种近距离、低功耗、低数据速率、低成本、工作在 2.4 GHz 和 868/915 MHz 的无线网络技术。综合了信息处理技术、微电子技术、嵌入式技术、现代网络与无线通信技术等多领域技术^[1-3]。它依据 IEEE 802.15.4 标准,在数千个微小的传感器之间相互协调实现通信。

基于 ZigBee 精简协议的数据采集系统可对目标区域温度、光照数据进行实时地采集,并把自身的电压值和 RSSI(Received Signal Strength Indication)接收信

号强度通过网络最终发送给协调器节点,PC 系统将节点采集的数据进行综合分析处理及控制。该系统开发成本低廉,性价比较高,并且安装维护比较简单,只需一次安装就可长期使用,布线灵活,施工成本低,适用于复杂环境下的环境监控。

本研究设计一种基于 ZigBee 的无线数据采集系统。

1 无线传感器数据采集系统体系结构

1.1 ZigBee 精简协议栈

ZigBee 精简协议栈是由美国密西西比大学 Rober-

收稿日期: 2010-09-01

基金项目: 浙江省研究生创新科研项目(YK2008060)

作者简介: 蔡文晶(1985-),女,吉林长春人,主要从事电路与系统方面的研究。E-mail: caiwenjing11@163.com

通信联系人: 秦会斌,男,教授。E-mail: qinhuibin@sina.com

tReese 教授研发的,实现了 ZigBee 的主要功能,代码全部开放,具有较高的研究价值和应用价值^[4]。协议栈每层都有 FSM (Finite State Machine) 追踪进行的操作。顶层的状态机函数为 apsFSM(), 等同于标准协议栈中 APLTask() 函数。apsFSM() 函数返回时不一定协议栈服务结束,通过重复调用 apsBusy() 函数可以判断协议栈忙着是否处理上一个服务。协议栈一次只能执行一个服务。ZigBee 精简协议栈可以组成星状、簇状网络,协调器节点静态分配信道,节点可以动态加入网络,由协调器分配 16 位短地址,便于节点间数据通信。用户通过改写 APL(协议栈应用层)来完成项目的开发。

1.2 总体设计框图

本系统所用的开发环境是 IAR7. 2, 采用 ZigBee 精简协议栈, 无线传输节点采用 CC2430 芯片作为信息处理核心, 结合温度、光照模块, 构成传感器节点, 可对现场环境实时监测。通过传感器节点数据上传, 由路由节点与协调器进行信息通讯, 协调器通过串口 MAX232 和上位机相连, 通过人机交互的方式可以对局部检测区域的传感器进行数据采集。

本系统采用簇状网络, 如图 1 所示, 由若干个小星型网络构成。每个小星型网络以路由节点为中心传感器节点为子节点。路由节点负责中继, 将子节点的数据上传, 不能向传感器节点发送指令。采用簇状拓扑结构, 协调器可以控制超出它的能量覆盖范围的传感器节点。

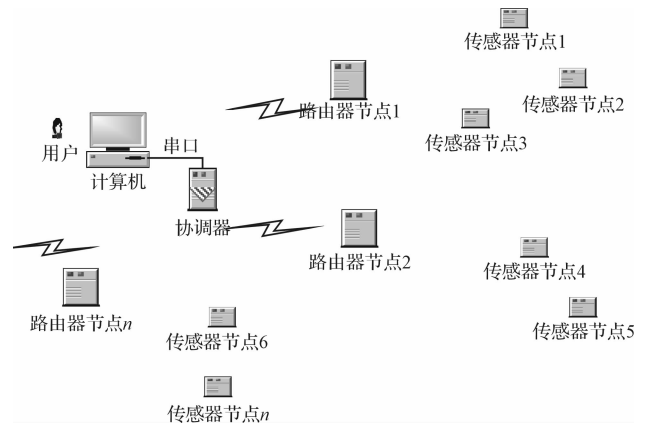


图 1 系统整体设计框图

2 节点硬件设计

2.1 传感器节点功能模块

无线传感器节点由数据采集模块、CC2430 数据处理传输模块和电源模块、外部数据存储等功能模块组

成(如图 2 所示)。数据采集模块负责采集监视区域的温度、光照强度信息并完成数据转换;CC2430 数据处理传输模块负责与路由节点进行无线数据交互、传输采集数据,接收控制信息。外部数据存储模块用来保存传感器节点采集的数据。电源管理模块采用两节 5 号电池。LED 指示灯显示加入或退出网络的状态。

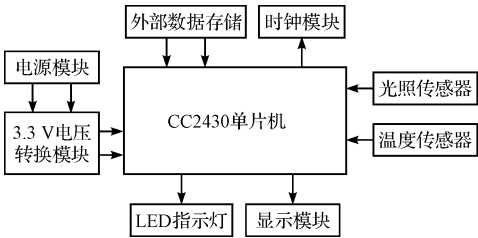


图 2 传感器节点功能模块

2.2 协调器、路由器节点功能模块

协调器、路由节点主要由串口模块、时钟模块、显示模块、电源模块。电压转换模块、LED 指示灯、按键模块组成。连接框图如图 3 所示。采用 MAX232 芯片作为执行电平转换的芯片,完成 CC2430 与 PC 间的数据通讯。由于 CC2430 的工作电压为 3.3 V, 所以要用电压转换模块把 5 V 降到 3.3 V。显示模块用来显示节点加入和退出网络的信息, 提供了用户和传感器网络的交互界面。用户操控协调器按键发送节点控制命令。LED 指示灯显示网络连接状态。

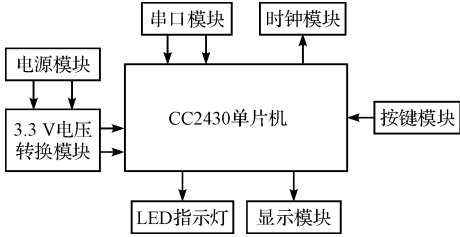


图 3 协调器、路由器节点功能模块

2.3 主要芯片介绍

为了满足 ZigBee 为基础的 2.4 GHz 波段应用, 对低成本、低功耗的要求, 该系统采用 CC2430 作为无线通讯芯片^[5-7]。CC2430 是 Chipcon 公司推出的真正意义上的 SoC(系统芯片)ZigBee 产品。它具有极高的接收灵敏度和抗干扰性能, 并支持 2.4 GHz IEEE 802.15.4/ZigBee 协议。集成了 CC2420RF 收发器, 高性能、低功耗的 8051 微控制器内核, 8 路 8~14 位 ADC、128 KB 闪存、强大的 DMA 功能、高级加密标准(AES)协处理器、看门狗定时器等高性能功能模块。CC2430 无线芯片的功耗非常低, 在休眠模式时仅 0.9 μA, 待机模式下小于 0.6 μA 电流消耗, 外部中断能唤醒系统。在 32 kHz 晶体时钟下运行, 在接收和发射模式下

电流损耗分别低于 27 mA 和 25 mA。

传感器节点采用 TC77 数字温度传感器,低功耗设计,连续转换模式中仅为 250 μ A,特别适合低成本、小尺寸应用。温度数据由内部温度敏感元件转换得到,转化成 13 位二进制数字补码,CC2430 可以通过 SPI 接口和 TC77 通信。在 +25 $^{\circ}$ C ~ +65 $^{\circ}$ C 温度范围内,TC77 可以精确到 ± 1.0 $^{\circ}$ C (最大值)。TC77 由于使用方便,成本低,在环境监测领域中得到了广泛的应用。

PCD8544 是一块低功耗的 CMOS LCD 控制驱动器,与微控制器的接口使用串行总线,驱动 48 行 84 列的图形显示。所有需要的显示功能集成在一块芯片上,包括 LCD 电压及偏置电压发生器,只需很少外部元件。采用 2.7 V ~ 3.3 V 电压供电,因低功耗特别适合电池供电,可以工作在 -25 $^{\circ}$ C ~ 70 $^{\circ}$ C 的环境中。

3 软件设计

TI 公司推出的精简协议栈是开源的 C 语言协议栈,具有很好的可移植性和很好的程序可读性。在硬件移植了在协议栈的基础上,修改了应用层代码,编写传感器 ADC 采集和协调器接收节点信息代码^[8]。采用事件轮询机制,当各层初始化之后,系统进入低功耗模式,当事件发生时,唤醒系统,开始进入中断处理事件,结束后继续进入低功耗模式。这种软件构架可以极大地降级系统的功耗。

协调器节点是数据传输的中心,属于全功能设备,负责建立和管理网络^[9]。协调器组建网络成功后,传感器节点、路由器节点加入网络。多个传感器节点位于监测区域,每个传感器节点把数据传给路由器。路由器完成数据的转发,发送给协调器,然后通过串口传给上位机做进一步的处理并显示给用户。协调器和传感器节点流程图如图 4 所示^[4]。

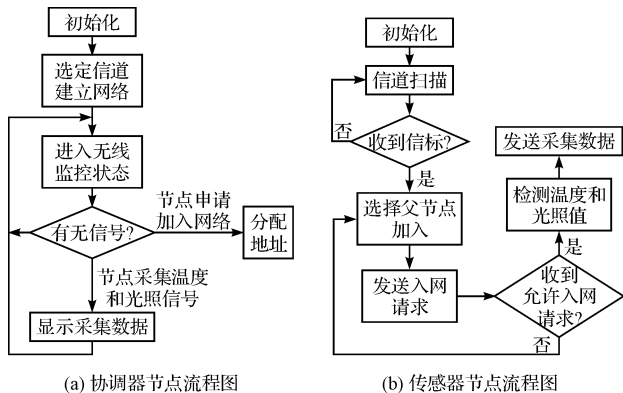


图 4 协调器节点与传感器节点流程图

4 实验结果

用 IAR7.2 打开精简版 ZigBee 协议栈,把工程编译成 COORD(协调器),RFD(终端节点)或 ROUTER(路由器)程序,相应地下载到协调器、路由器和传感器模块中。通过串口接入电脑,对串口设置后可看到如图 5 所示的采集数据信息。协调器 0x0000000000000000 0011 成功建立网络后,路由节点 0x00000000000000101 加入网络,转发传感器节点采集温度,光照等数据。协调器节点分配短地址 0x059A,0x059B 给新加入的两个传感器节点。

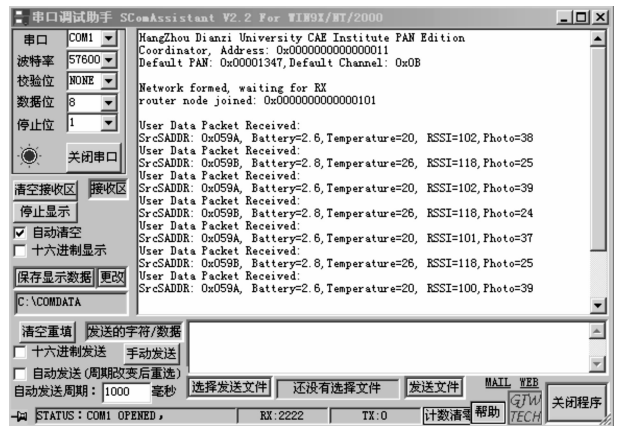


图 5 传感器节点采集数据显示

5 结束语

无线传感器网络有广阔的应用前景,由 ZigBee 协议可以方便地组建各种网络。本研究将 ZigBee 技术应用于无线数据采集系统中,介绍了采集系统的软、硬件设计与实现过程,并构建了簇状无线网络,实现了数据采集和无线传输。如果更换传感器节点的传感器,无线监测网络可以应用于不同的场合。系统测试的结果基本达到了预期的“传感器进行实时数据采集,PC 机显示采集信息”的要求,具有一定的实用价值。

参考文献(References):

- [1] 余向阳. 无线传感器网络研究综述[J]. 单片机和嵌入式系统应用, 2008(8): 8-12.
- [2] 董亚超. 基于 ZigBee 技术的无线环境监测网络的开发[D]. 大连: 大连理工大学化工学院, 2008.
- [3] 谭 龙. 基于无线传感器网络的环境监测系统的设计[J]. 黑龙江环境通报, 2005, 29(2): 31-32.
- [4] 张 宁, 王 越, 王 东. 基于精简协议栈的 ZigBee 网络节点研究[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2009(2): 76-78.

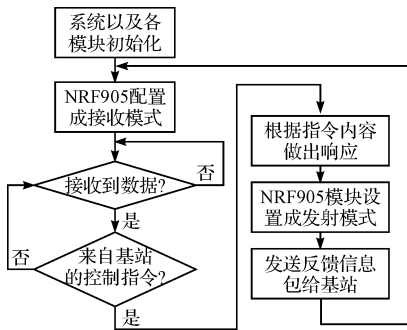


图 11 节点程序流程图

4 系统实物效果

如图 12 所示,基站实物图分成两块,左边硬件包括 TC35i 模块,单片机 STC89LE516RD 芯片,电源,指示灯(从左到右),右边硬件是 NRF905 模块,两硬件通过导线连接。当前基站正处于等待控制手机短信状态,如有短信接收,最下的指示灯暗,读取短信内容。成功读取信息后,指示灯变亮,短信控制命令通过右边的 NRF905 发送到节点。如图 13 所示,节点实物图包括蓄电池、电源、串口、单片机 STC89LE52、NRF905 模块(从左到右)。当前节点正处于响应命令状态,指示灯变亮,并反馈 ACK 命令给基站。基站在接收到 ACK 命令,把当前配置状态通过短信反馈到用户。

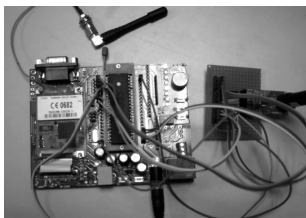


图 12 基站实物图



图 13 节点实物图

5 结束语

本研究设计了基于 GSM 短信和射频模块的远程

二级控制系统的硬件和软件。实验表明:用户通过手机发送短信指令给基站后,基站能够及时将短信读取并识别内容,再通过无线射频模块控制节点。节点在收到基站的控制指令后能作出相应的响应。最终基站将控制状态以短信的方式反馈到用户手机中,从而实现了通过 GSM 短信和无线射频控制多个分离节点的功能。

本系统在实际应用中具有一定的可行性,可以应用到智能家居、门禁系统、农业灌溉控制等很多领域,具有一定的应用价值。

参考文献(References):

- [1] 余红珍,何顶新. 基于 GSM 短信的家电远程控制系统[J]. 自动化与信息工程,2006,26(2):24-25.
- [2] TSENG C L, JIANG J A, LEE R G, et al. Feasibility study on application of GSM - SMS technology to field data acquisition[J]. **Computers and Electronics in Agriculture**, 2006,53(1):45-59.
- [3] 吴志慧,陈隆道,叶强. 基于 GR47 通信模块的短信远程家电控制系统[J]. 机电工程,2008,25(8):25-29.
- [4] 宏晶科技. STC89 系列单片机器件手册[M]. 宏晶科技,2009.
- [5] Nordic VLSI ASA. Single chip 433/868/915 MHz transceiver nRF905[M]. Nordic VLSI ASA,2004.
- [6] 程全,李向东. 基于 GSM 模块与 AT89C51 的接口设计及应用[J]. 3G 与 GSM GPRS CDMA,2006,26(102):293-295.
- [7] Siemens Company. TC35i hardware interface description[S]. Product Specification, 2003.01, Version00.03.
- [8] 戴一平,张耀,朱玉堂. 基于 GSM 无线网络的变频恒压供水控制系统[J]. 机电工程,2008,25(10):55-58.
- [9] 李鸿. 用单片机控制手机收发短信息[J]. 电子技术应用,2003,1(7):24-26.
- [10] Siemens Company. TC35i AT command set[M]. Ver 3.01. Siemens Company,2003.

[编辑:李辉]

(上接第 226 页)

- [5] Texas Instruments. Chipcon products from Texas Instruments CC2430 datasheet[M]. Texas Instruments,2006.
- [6] IEEE Std. 802. 15. 4-2003, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks. Part 15. 4, "Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)"[S]. IEEE Press,2003.
- [7] RAN Peng, SUN Mao-heng, ZOU You-min. ZigBee Routing

Selection Strategy based on Data Services and Energy-balanced Zigbee Routing[C]//Proceedings of the 2006 IEEE Asia-Pacific Conference on Services Computing(APSCC'06). Guangzhou: [s. n.],2006:[s. n.].

- [8] 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.
- [9] 瞿雷,刘盛德,胡咸斌. ZigBee 技术及应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007. [编辑:李辉]