

基于 CC2530 的 ZigBee 数据采集系统设计

蔡利婷¹, 陈平华¹, 罗彬², 魏炎新²

(1. 广东工业大学 计算机学院, 广东 广州 510006;

2. 东莞理工学院 电子信息工程系, 广东 东莞 523808)

摘要:为了使工业生产中的技术人员不用亲自去现场或者恶劣的环境就可以实时采集现场设备的数据信息及状态参数,结合 ZigBee 技术适用于数据采集系统的特点,首先在 ZigBee 技术的理论上介绍了数据采集系统采集数据的原理,然后详细讨论了基于 CC2530 芯片的数据采集节点的硬件设计方法及组网设计中的协调器建立网络、节点加入和脱离网络的软件设计方法,最后给出了该设计方案在 LED 路灯电压数据采集实验中的应用实例。实验结果表明这种设计方案不仅能有效地采集设备的各项数据,而且使系统的扩展、维护变得更加方便。

关键词:无线传感器网络; ZigBee; 数据采集; CC2530

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2012)11-0197-04

Design of Data Acquisition System for ZigBee Based on Chip CC2530

CAI Li-ting¹, CHEN Ping-hua¹, LUO Bin², WEI Yan-xin²

(1. College of Computer, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China;

2. Dept. of Electronic Information Engineering, Dongguan University of Technology, Dongguan 523808, China)

Abstract: Combining with the features of ZigBee technology acquiring data, technical personnel need not go to the scene or bad environment in person to collect data and various state parameters of the equipment. In this paper, it introduces the ZigBee technology and gives the design principle of the data acquisition system based on ZigBee. The hardware design of the CC2530-based data acquisition nodes is specifically discussed. Also, the software design of network forming using coordinator and the network node-joining or node-disjoining is investigated. It is ended with a design case of the LED lights for voltage acquisition which demonstrates effective result for acquiring data and convenient way to expand and maintain the system.

Key words: wireless sensor network; ZigBee; data acquisition; CC2530

0 引言

无线传感器网络是目前研究的热门领域,它集成了多门学科的知识,应用领域广泛,因此深受国际社会的关注^[1]。在 21 世纪里,无线传感器网络技术是具有较大影响力技术中的一个热门技术,也是无线通信技术中的一个新领域,它结合了多种技术的特点,如分布式信息处理技术、嵌入式计算机技术以及无线网络通信技术^[2]。鉴于传感器网络技术的研究及应用价值,许多部门、机构、学校等对其开始了基础理论和关

键技术的研究,而通过无线方式对环境现场的数据进行实时采集、传输和后台监控是大量挑战性的研究课题之一。

无线数据采集是利用无线数据采集模块或设备,将工业现场的传感器输出的电压、电流等物理量进行实时采集和处理。传统的数据采集系统一般采用事先布线以及人工的方式采集设备的各项数据,而随着生产力技术的发展,工业生产中的生产设备分布越来越分散,分布的地域也越来越广,对处于高温和高压等恶劣环境下的设备进行现场数据采集和维护是比较困难和危险的,需要投入大量的人力成本和财力资源,这些状况在很大程度上制约着企业的发展和生产效益的提高。对于最新的无线传感器网络技术 ZigBee 而言,它采用了无线传输方式来构建相应的无线传感器网络,能够较好地解决人工及有线方式存在的问题,因此文中给出了基于 CC2530 射频芯片的 ZigBee 无线数据采

收稿日期: 2012-03-18; 修回日期: 2012-06-23

基金项目: 教育部产学研结合项目(2011B090400243); 广东省中国科学院全面战略合作专项资金资助项目(2011B090300041)

作者简介: 蔡利婷(1985-),女,湖北黄冈人,硕士研究生,研究方向为计算机网络与分布式信息处理; 陈平华,硕士生导师,教授,研究方向为计算机组成与体系结构、嵌入式系统、基于 Web 的分布式信息处理系统。

集系统设计方案。

1 ZigBee 技术概述

ZigBee 技术是近年来发展起来的一种近距离无线通信技术,它的功耗低、成本低、容易应用,以 2.4GHz 为主要频段,采用扩频技术^[3]。ZigBee 被认为是最有可能应用在工业监控自动化、传感器网络、家庭监控、安全系统等领域的无线网络通信技术^[4],它是一个基于 IEEE 802.15.4 标准的协议的名称。ZigBee 刚开始是蜜蜂用来传递信息的,蜜蜂以 ZigZag 形的舞蹈来通知自己的同伴所发现食物源的位置信息,后来人们就用 ZigBee 来表示短距离无线组网技术^[5]。ZigBee 主要用于功率消耗低、成本开销小以及运行速率低的监控系统中^[6]。ZigBee 节点在工作的情况下,每次以比较低的速率传输小量的数据,信号在收发过程中间隔时间也短;而 ZigBee 节点在不工作的状态下,它就处于休眠状态,这样就能节省电池电量,使得电池的寿命可达 6~24 个月,甚至更长时间,这也有助于 ZigBee 设备的推广和生产成本的降低^[7]。ZigBee 的工作频段为全球统一的无需申请且免费的 ISM 频段:2.4GHz,在该频段有 16 个速率为 250kbps 的信道,能够满足不同数据的应用需求^[8]。

ZigBee 协议栈由物理层 (PHY)、介质访问控制层 (MAC)、网络层 (NWK) 以及应用层 (APL) 构成。应用层又由应用支持子层 (APS)、应用框架 (AF)、ZigBee 设备对象 (ZDO) 以及用户定义的应用对象组成^[9]。IEEE802.15.4 标准定义了物理层 (PHY) 和介质访问控制层 (MAC) 的协议规范,而 ZigBee 联盟的 ZigBee 标准定义了网络层 (NWK) 以及应用层 (APL) 的协议标准,用户在这个标准的基础上可以在应用层开发自己的应用^[10]。在自动组网方面,ZigBee 网络可组建星型、树型和网状型三种网络拓扑结构,而 ZigBee 设备可以按协调器、路由器以及终端设备这 3 种方式工作。一个 ZigBee 网络最多可包括 255 个 ZigBee 网络节点,其中有一个为主控设备,其余为从属设备,而通过网络协调器,整个网络最多可支持超过 64000 个 ZigBee 网络节点,可见 ZigBee 网络具有较大的网络容量^[11]。

2 ZigBee 数据采集系统采集数据的原理

ZigBee 网络通常由三个节点构成:协调器 (Coordinator) 节点、路由器 (Router) 节点、传感器 (End Device) 节点。传感器节点也称为终端设备。协调器用来创建一个 ZigBee 网络,并为最初加入网络的节点分配地址,每个 ZigBee 网络需要且只需要一个协调器;路由器也称为 ZigBee 的全功能节点,可以转发数据,起到路由的作用,也可以收发数据,当成一个数据节

点,还能保持网络,为后加入的节点分配地址;终端设备通常只周期性地发送数据,不接收数据。由于本系统是在实验室小范围内进行的实验,因此不设 ZigBee 路由节点。在实验中,ZigBee 的协调器节点和终端设备节点形成星型网络拓扑结构,并且在网络中设置了一个协调器节点和两个终端设备节点。协调器节点也称为汇聚节点,将多个终端设备节点置于不同的位置,它们会按照要求把采集到的数据传给汇聚节点,汇聚节点先要对数据进行处理,然后把数据通过串口传给 PC 机。文中主要介绍传感器网络采集数据的具体实现,不讨论上位机的用户界面的设计。系统原理示意图如图 1 所示。

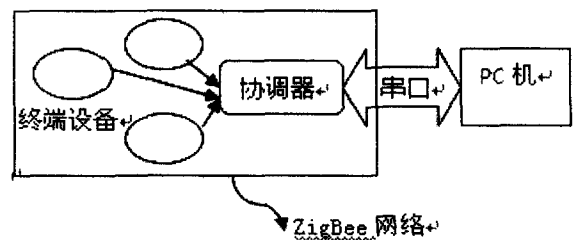


图 1 系统原理示意图

3 节点硬件设计

本系统采用 TI 公司生产的 CC2530 DRF1605 为核心器件。CC2530 是一个真正的片上系统 (SoC) 解决方案,它能够以非常低的材料成本建立强大的网络节点,它结合了领先的 RF 收发器的优良性能、业界标准的增强型 8051CPU、系统内可编程闪存、8KB RAM、A/D 转换器以及许多其他强大的功能,并且其具有不同的运行模式,使得它尤其适应超低功耗要求的系统。围绕着 CC2530 芯片,系统大致可分为三大模块:CPU 和内存相关的模块,外设、时钟和电源管理相关的模块以及无线电相关的模块。CC2530 DRF1605 的管脚图如图 2 所示。

3.1 协调器节点硬件设计

ZigBee 协调器节点是由 CC2530 芯片、电压转换器件、电源电路、串口、收发器、指示灯以及天线组成的。CC2530 的工作电压为 3.3V,所以采用线性稳压器 AMS1117 把电压控制在 3.3V。收发器采用 SP3232 器件,它有一个高效的电荷泵,工作电压为 3.3V 时只需 0.1 μ F 电容就可进行操作,电荷泵允许 SP3232 在 +3.3V 到 +5.0V 内的某个电压下发送符合 RS232 的信号。指示灯可以用来表示协调器节点是否成功建立网络等状态信息。协调器端以广播的形式发送控制指令至传感器节点,发送的数据格式可以用 3 字节表示,一个字节表示路灯的编号,一个字节表示灯编号的有效位,另一个字节表示控制指令,如:控制灯的亮度和开

关,灯的状态报告和异常状态报告。处理器接收到传感器节点发送来的数据后,以事先规定好的数据传输格式通过串口模块传给 PC 机。

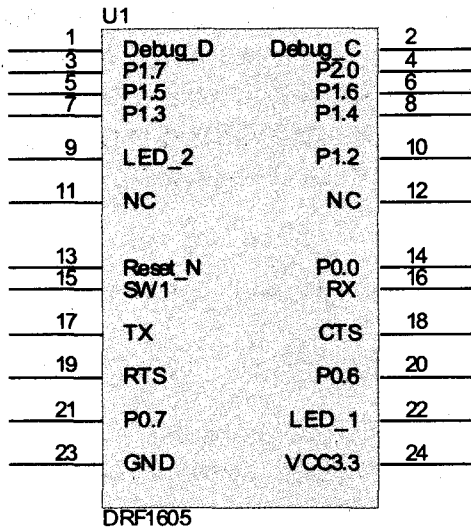


图 2 CC2530 DRF1605 的引脚图

3.2 传感器节点硬件设计

ZigBee 传感器节点的硬件设计与协调器节点的硬件设计类似,由 CC2530 芯片、电压转换器件、电源电路、收发器、路灯以及天线组成。CC2530 处理器可采集路灯的亮度数据(即电压值),路灯也可以用来显示节点的网络状态,如:节点是否加入网络。处理器把采集到的数据信号经模数转换后由天线发送到协调器端。与协调器不同的是,在 Z-Stack 协议栈中,要将编译好的关于传感器节点的代码下载到终端设备中,终端设备便可实现采集路灯数据并将数据发送给协调器的功能。

4 组网设计

以上节点的硬件设计只能完成物理层的一些功能,物理层以上的功能需要借助软件来完成。本系统使用 IAR7.60 作为软件开发环境,采用 TI 公司开发的 Z-Stack 作为 ZigBee 的协议栈。

4.1 ZigBee 协调器节点建立网络的过程

ZigBee 的网络层(NWK)能够为应用层提供服务接口,它也是 ZigBee 协议栈的核心层,NWK 层在概念上由 NLME 网络层管理实体和 NLDE 网络层数据实体这两个服务实体构成。

ZigBee 协调器的应用层通过 NLME-NETWORK-FORMATION.request 的请求原语向它的网络层发出新建一个网络的请求,而应用层相对应的程序通过直接调用 NLME_NetworkFormationRequest 函数来实现这一操作过程,如果此函数判定这个设备不具有 ZigBee 协调器的能力时,就会发起 NLME-NETWORK-FORMA-

TION.conform 原语来返回请求原语执行的结果,它的状态值为 INVALID_REQUEST;如果此函数判定这个设备具有 ZigBee 协调器的能力,接着它会继续判断网络中是否已经有这个设备存在,若判断有此设备存在,就表明网络在此之前已经建好了,不需要重新建立网络,若无此设备存在,此函数将通过 MLME-SCAN.request 原语来执行检测信道能量是否有效的操作,具体操作过程由网络层调用存在于 MAC 层中的 MLME-SCAN.request 函数来实现;MAC 层中的 MLME_ScanConfirm 函数会返回信道检测的结果,网络层管理实体(NLME)将根据检测的结果为新建的网络选择一个合适的信号传输信道并给该信道分配一个名为 PANID 的网络号,否则 MLME_ScanConfirm 函数会向应用层返回 STARTUP-FAILURE 建网失败的信息。若成功建立网络并且选定了合适的 PANID 网络号,网络层就会通过 MLME-SET.request 原语将 PANID 号写入到 macPANID 的属性中,macPANID 位于 MAC 层中。若要运行新建的网络,则需要网络层向 MAC 层发送请求,具体由 MLME-START.request 请求原语来实现。通常建立网络成功会有建网成功的提示信息,否则会有建网失败的提示信息^[12]。

4.2 ZigBee 节点设备加入或离开网络的过程

激活 ZigBee 终端设备节点后,该节点会在已存在的网络中凭借获得的网络信息选定它的父节点,并且等待父节点响应它发出的人网申请的请求,一旦得到父节点的允许,该子节点同时也会得到父节点分配给它的网络地址作为它成功加入网络的身份标识。该子节点也可以作为父节点拥有自己的子节点,它可以接受它的子节点的人网申请,并给其分配网络地址,这样就可以组成类似于树型的大容量网络^[13]。一般有两种节点脱离网络的方式,一种是节点本身以主动申请的方式自愿离开网络,另一种是它的父节点发送命令请求其离开网络。节点离开网络后,为了表明此节点已经离开网络,它的父节点会在网络层改变任何指向它的节点的内部结构信息。

4.3 系统软件设计

本系统采用星型网络拓扑结构,网络中设置了一个协调器节点和两个终端设备节点。终端设备节点之间不能通信,只能与协调器节点通信。协调器节点要能接收到终端设备节点采集的数据,就得存储由终端设备节点发来的其在加入网络后所分配到的网络地址信息,之后协调器端才能成功接收终端设备节点的数据并控制该节点。协调器建立网络成功后,终端设备节点会寻找并加入网络,当加入网络成功后,网络状态改变事件反馈中的定时器被触发,使得传感器节点定时采集数据,并发送到协调器端,协调器再通过串口把

数据传给 PC 机。

系统的软件流程图如图 3 所示。

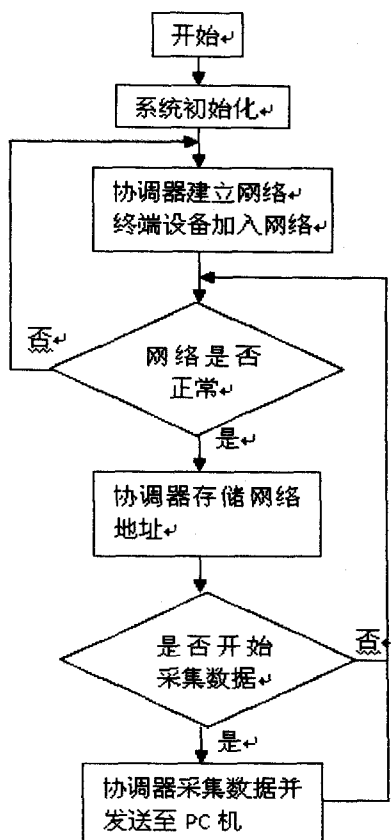


图 3 系统软件流程图

5 LED 灯电压数据采集实验

采用上述系统的软硬件设计方案,在实验中建立了一个电压采集网络,该网络由一个 ZigBee 协调器节点和两个终端设备节点组成,核心器件均采用 CC2530 芯片。实验结果显示的数据 4 个为一组,第一个是固定的为 0xFF,第二个是 LED 灯的编号,如编号为 2 的灯表示为 02,第三个是 LED 灯的亮度(实际为采集的电压值),第四个是第二个和第三个按位异或的校验位,由实验结果可知该系统能实时采集到 LED 灯的电压数据信息。

6 结束语

文中提出了一种基于 CC2530 的 ZigBee 数据采集系统设计方案,由 LED 灯电压数据采集实验结果可知该设计方案可行,但系统总体设计结构的实现功能还比较单一,以后可在该系统上添加其他的传感器以实现更多的功能,还可采用网状拓扑结构来扩大系统的应用和覆盖范围。随着 ZigBee 技术的不断发展和成熟,它的优良特性将会得到越来越广泛的应用。

参考文献:

- [1] 袁 琼. 一种新型网络技术-无线传感网络技术[J]. 福建电脑, 2006(8): 27-28.
- [2] 张 婕. 无线传感器网络[J]. 中国数据通信, 2005(6): 115-117.
- [3] Wheeler A. Commercial applications of wireless sensor networks using ZigBee [J]. IEEE Communications Magazine, 2007, 45(4): 70-77.
- [4] Chen Bo, Wu Mingguang, Yao Shuai, et al. ZigBee Technology and Its Application on Wireless Meter-reading System [C]// 2006 IEEE International Conference on Industrial Informatics. [s. l.]: [s. n.], 2006: 1257-1260.
- [5] 陈 文, 朱 勇. 基于 ZigBee 的无线监控系统研究[J]. 科技致富向导, 2011, 9(14): 14-15.
- [6] 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.
- [7] ZigBee Alliance. ZigBee Specification[S]. 053474r3, 2006.
- [8] 齐 楠, 韩 波, 李 平. 基于 ZigBee 的智能家庭无线传感器网络[J]. 机电工程, 2007, 24(3): 20-22.
- [9] 虞志飞, 邹家炜. ZigBee 技术及其安全性研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(8): 144-145.
- [10] 潘 伟, 黄 东. 基于 ZigBee 技术的无线传感网络研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(9): 244-245.
- [11] 万志平, 金永敏, 杨亦红. 基于 ZigBee 的无线数据采集系统的设计[J]. 信息技术, 2009, 33(9): 22-23.
- [12] 张瑛瑛, 朱双东. 基于 ZigBee 的数据采集系统[J]. 宁波大学学报(理工版), 2009, 22(3): 314-315.
- [13] 成 锐, 李 静, 雷 鸣, 等. 基于 ZigBee 的无线传感器网络设计方案[J]. 电子元器件应用, 2007, 9(12): 55-56.

(上接第 196 页)

- [10] Lalla M, Facchinetti G, Astroleo G. Ordinal scales and fuzzy set systems to measure agreement: an application to the evaluation of teaching activity [J]. Quality & Quantity, 2004, 38(5): 577-601.
- [11] Kwong C K, Bai H. A fuzzy AHP approach to the determina-

tion of importance weights of customer requirements in quality function deployment [J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2002, 13(5): 367-377.

- [12] 胡水星. 基于模糊理论的网络课程评价系统设计与实现 [J]. 电化教育研究, 2006, 8(6): 52-58.