

基于 ZigBee 的无线传感器网络监控系统的建立

孙庆元^{1,2}, 孔令成³, 张志华³, 梅涛³

(1. 中国科学院 合肥智能机械研究所, 安徽 合肥 230031; 2. 中国科学技术大学 自动化系, 安徽 合肥 230027; 3. 中国科学院 合肥物质科学研究院先进制造技术研究所, 江苏 常州 213000)

摘要: 在 TI 公司 CC2530 芯片和 ZigBee 协议栈基础上, 建立了一个简单的无线传感器网络监控系统。讨论了建立 ZigBee 网络的组成节点及程序中节点逻辑类型的配置, 以及无线传感器监控系统实现的功能。

关键词: CC2530 芯片; ZigBee 协议; 无线传感器网络

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1006-2394(2011)06-0007-03

Construction of Wireless Sensor Network Monitoring System Based on ZigBee

SUN Qing-yuan^{1,2}, KONG Ling-cheng³, ZHANG Zhi-hua³, MEI Tao³

(1. Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China; 2. University of Science and Technology of China, Automation Department, Hefei 230027, China; 3. Institute of Advanced Manufacturing Technology, Hefei Institutes of Physical Science, Chinese Academy of Sciences, Changzhou 213000, China)

Abstract: Based on the chip CC2530 of TI and ZigBee protocol stack, a simple Wireless Sensor Network Monitoring System was built. It discussed the composition of ZigBee network node and the configuration of the logical type of nodes in the program, as well as the function of the wireless sensor network monitoring system.

Key words: chip CC2530; ZigBee protocol; wireless sensor network (WSN)

0 引言

ZigBee 是一种新兴的近距离、低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的基于 IEEE802.15.4 规范的无线网络技术。ZigBee 具有采用星状、树状和网状网络结构, 提供三级安全模式, 工作于免执照频段, 在基于 IEEE802.15.4 底层规范物理层 (Physical layer) 和媒介接入控制层 (Medium Access Control layer) 上创建了网络层、安全和应用层接口等诸多优势, 被广泛用于家庭和楼宇网络、工业控制、传感网络、物联网、监视、农业控制、医疗行业等诸多领域。

ZigBee 无线传感器监控系统是基于 TI 的 Z-Stack 协议栈进行的 ZigBee 应用, Z-Stack 是 TI 公司开发的 ZigBee 兼容协议栈。在一个 ZigBee 网络中存在以下三种逻辑设备类型:

协调器 (coordinator): 是整个网络的核心, 它最主要的作用是启动网络, 其方法是选择一个相对空闲的信道以及一个 PANID, 然后启动网络; 它也会协助建立网络层中的安全层以及处理应用层的绑定。当整个

网络启动和配置完成后, 它的功能退化为一个普通路由器。

路由器 (router): 该设备允许其他设备加入网络, 多跳路由, 协助它的电池供电子终端设备通信。一般情况下, 路由器应该一直处于活动状态, 不应该休眠, 它主要提供接力作用, 能扩展信号的传输范围。

终端设备 (end-device): 终端设备没有维护网络基础结构的职责, 它可以选择睡眠或唤醒, 因此, 它可以作为一个电池供电节点。

1 ZigBee 无线传感器监控系统介绍

1.1 系统简介

本文研究的 ZigBee 无线传感器监控系统中有两种类型的节点: 采集节点和传感器节点。

ZigBee 无线传感器监控系统中的采集节点具有三种功能: 一是作为协调器, 选择一个信道, 并建立一个新的 ZigBee 无线网络。二是工作于网关模式 (Gateway Mode), 通过 UART 与用户 PC 进行通信。它在整个系统中有着至关重要的作用, 它是用户 PC 与无线

收稿日期: 2011-03

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 资助项目 (2009CB320300); 2009 年江苏省产学研联合创新资金计划资助项目 (BY2009119)

作者简介: 孙庆元 (1987—), 女, 在读硕士研究生, 研究方向为检测技术与自动化装置。

ZigBee 网络信息交互的桥梁。一方面,它要接收用户 PC 上运行的监控软件(例如 Z-Sensor Monitor)提供的各种配置数据,并发送给相应的节点;另一方面,它还要接收各传感器节点或者路由器节点反馈的有效数据并传输给用户 PC 中运行的监控软件。该工作模式下的节点,亦被称作为汇聚节点(SINK RX)。三是工作于采集模式(Collector Mode),在网络中充当路由器,该模式下不仅可以大大扩展网络数据传输的距离,而且还可以增加挂载传感器节点的数量。

ZigBee 无线传感器监控系统中的传感器节点作为终端节点设备,当上述采集节点建立网络后,允许其他设备绑定到该节点上,传感器节点加入网络后,开始采集温度数据,向自己的父节点(路由器或者网关)发送温度数据,最终温度数据将被显示在 PC 机的 Z-Sensor Monitor 软件上,PC 机相当于管理节点。

本无线网络监控系统两个采集节点,其中一个作为协调器和网关,另一个作为路由器,传感器节点 10 个,采用树型网络结构,系统结构如图 1 所示。

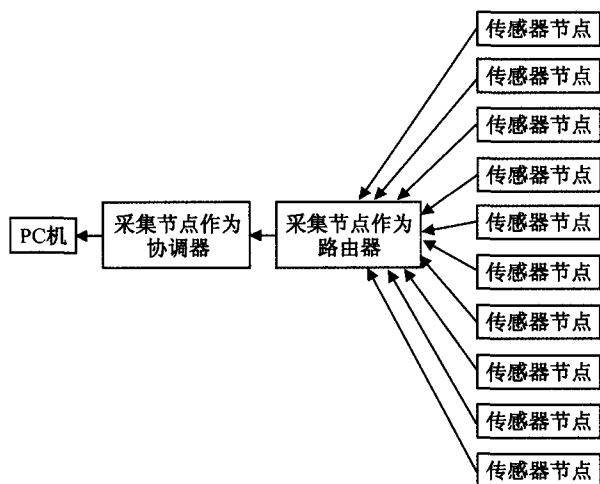


图1 无线传感器监控系统结构图

1.2 开发环境

本无线传感器节点监控系统的无线节点使用湘潭斯凯电子科技有限公司出品的基于 TI 的 CC2530 芯片的无线模块,采集节点采用 CC2530EB 评估模块,传感器节点采用 CC2530BB 电池底板,采用 2 节五号电池或直流电源作为节点的电源,可接受电压为 2.0 ~ 3.6 V,该模块在配置有向天线的情况及空旷环境下传输距离能够达到 100 m 左右。该模块以采集 CC2530 片上温度传感器数据为例,发送温度数据到协调器。无线节点中程序是在 IAR Embedded workbench for MCS-51 环境下开发编译的。编译完成后,通过运行于用户 PC 端的 SmartRF Flash Programmer 软件或者 Debugger 多功能仿真器将二进制的可执行代码烧录到

CC2530 芯片中。PC 机端的 Z-Sensor Monitor 软件则用于监控传感器节点采集的温度数据。系统的主要功能在应用层代码中实现,同时部分修改了原协议栈的网络层的代码。

2 ZigBee 无线传感器监控系统的建立

2.1 无线传感器网络形成

本监控系统中的组网主要通过编写硬件驱动程序,物理层(PHY)和媒体接入控制层(MAC)代码,完成对系统底层地操作,随后编写网络层和上层应用软件。在本系统中,设定采集节点和传感器节点设备的逻辑类型需要用户通过按键来配置,其中协调器设备通过按下 SW1 键配置成协调器(默认情况下,若不进行配置则作为路由器设备),其调用按键处理函数来进行配置。该设备配置流程如图 2 所示。

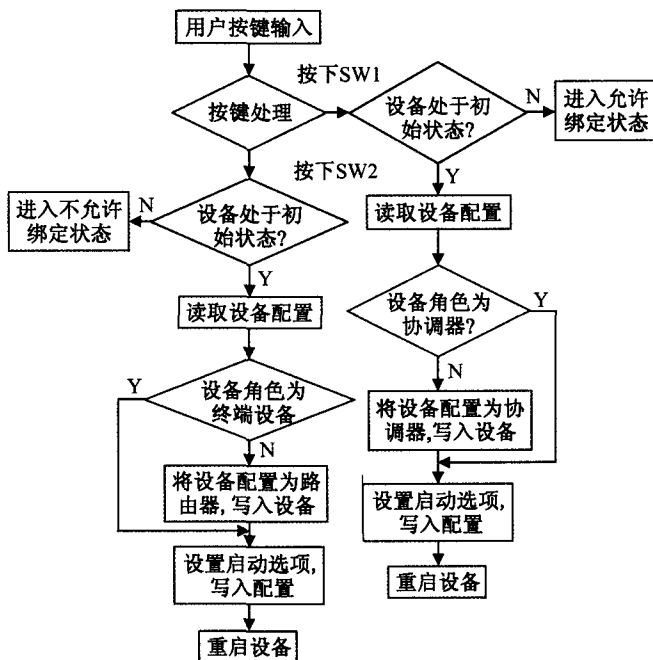


图2 ZigBee 设备配置流程

每个设备都有一组能够配置的参数,在同一个网络中,所有设备的配置参数(例如网络 ID(PANID)、信道 Cannel)应该被设置成一样的值。设备配置完成,并进行一系列的初始化操作后,协调器将选择事先制定的信道和网络 PANID 组建一个网络;网络建立成功后,终端节点发现网络并请求加入网络,然后建立绑定关系,网络协调器收到设备请求接入网络命令,判断其是否允许加入自己的网络,若允许,会自动分配给终端节点一个独一无二的 16 位短地址,也可以是设备自身的 64 位长地址。所有的终端节点加入网络后,ZigBee 网络建立完成,可以准备数据的收发。图 3 为 ZigBee 无线网络的建立流程。

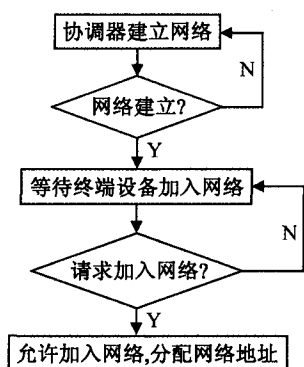


图3 ZigBee无线网络建立流程

2.2 数据传输

在 ZigBee 网络中,数据包有以下几种数据传送机制:

(1) 间接传送(使用绑定机制):当应用程序不知道数据包的目标设备在哪里的时候,ZigBee 协议栈将自动从栈的绑定表中查找目标设备的具体网络地址,这种特点成为源绑定。如果在绑定表中找到多个设备,则向每个设备发送一个数据包的拷贝。

(2) 直接数据传送:标准寻址模式,它将数据包发送给一个已知网络地址的网络设备。

(3) 多播传送和广播传送:当应用程序需要把数据包发送给网络中的一组设备或者网络中每一个设备时,使用该两种传送模式。

根据这些数据传输方式分析数据传输机制。传输数据到终端设备和从终端设备传输数据的确切机制随着网络类型的不同而不同,本系统中,使用了间接传送机制。在该星形网络中,当终端设备想要发送数据帧时,它只需等待信道变为空闲;只有建立了网络并加入到网络后,建立起绑定关系的 ZigBee 设备之间才可以传输数据。采集节点和传感器节点首先建立起绑定关系,然后传感器节点将采集的温度值发送给采集节点;

如果传感器设备节点没有收到采集节点的确认消息,它将解除与该采集设备节点的绑定,然后重新发现采集设备节点并与其建立绑定。当传感器设备按下 SW3 键时,则开始周期性地向父节点发送温度传感数据。在采集节点中,当其接收到传感节点发送的信息后,将通过网关向 PC 机传送数据包,上位机 Z-Sensor Monitor 接收数据包后,以图像方式显示到屏幕终端。图 4 为 ZigBee 节点间的数据传输流程。

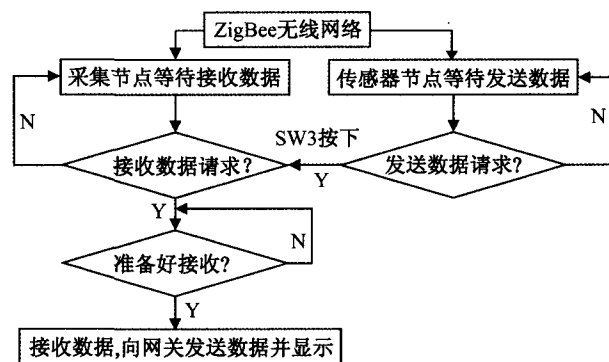


图4 ZigBee节点数据传输流程

3 ZigBee 无线传感器网络监控系统的功能

ZigBee 无线传感器网络监控系统的应用程序主要完成的功能是:协调器自动建立一个网络,建立网络后,工作于采集模式,与 PC 机建立桥梁;协调器建立绑定,其他路由器或者传感器设备节点自动发现该网络,并加入该网络;按下传感器设备节点上的 SW3 按键,则开始向网关发送温度数据;网关将传感器设备节点采集的数据通过串口转发至 PC 端,由上位机软件进行解析;经过解析后的数据,以图文形式在 PC 机上显示,供用户监控。打开 PC 端监控软件 Z-Sensor Monitor,观察监控到的无线传感器网络拓扑如图 5 所示。

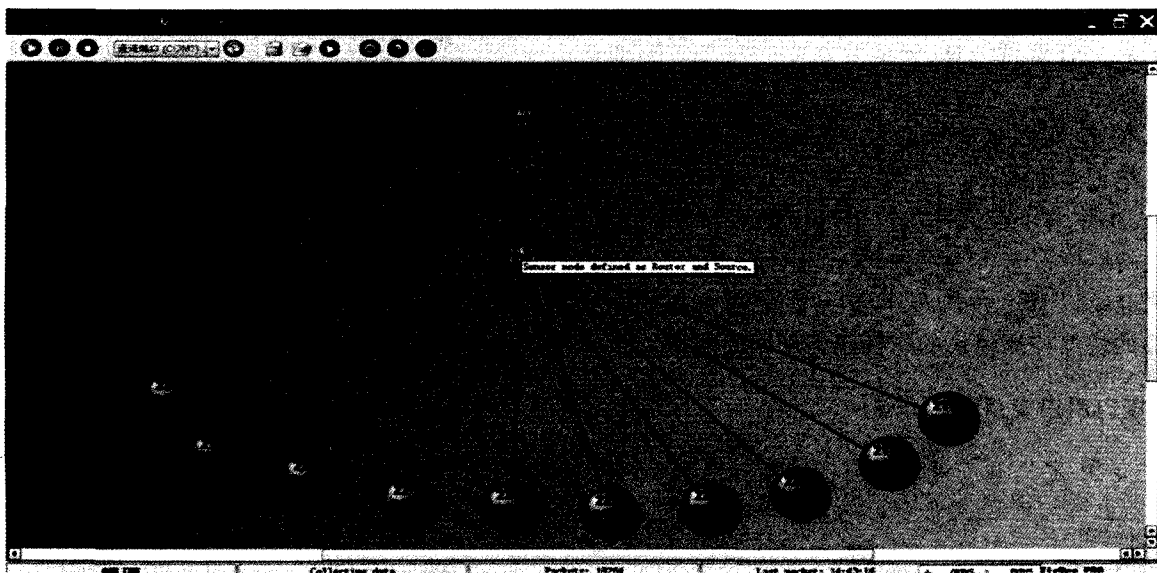


图5 ZigBee无线传感器网络拓扑结构图

(下转第13页)

(1) 发出 SET_ENDP7 命令设置主机端点的发送器的同步触发标志为 1, 以便发送 DATA1, 工作方式字节是 C0H;

(2) 发出 WR_USB_DATA7 命令将 0 长度的状态数据写入输出缓冲区;

(3) 发出 ISSUE_TOKEN 命令执行事务, 向默认端点 0 发出 OUT 令牌;

(4) 单片机等待事务完成; 事务完成后, CH375 请求单片机中断;

(5) 单片机分析获得的中断状态, 如果操作失败则进行异常处理; 如果是 USB_INT_SUCCESS 则事务执行成功, 状态阶段完成。

3.2 按键及指示灯处理

按键信息来自用户专用键盘的输入报表, 由第 1 节得知输入报表共 8 个字节, 当有一个键同时按下时, 第 1 字节为键的码值; 当有两个键同时按下时, 第 1、2 字节为键的码值; 以此类推, 输入报表共支持 8 个键同时按下, 当不足 8 个键按下时, 多余的字节以“00H”填充。用户专用键盘定时扫描键盘状态, 发送输入报表。快速检测模块中, 当 CH375 完成输入报表接收事务, 向单片机申请中断, 单片机中断服务程序对 CH375 数据口进行读操作, 获取按键码值并置接收标志, 单片机在主程序中判断接收标志后对码值进行显示等操作处理。

指示灯的控制码由快速检测模块通过 SET_REPORT 标准请求数据包, 以输出报表的形式发往用户专用键盘, 输出报表同样为 8 个字节, 即一次发送最多可同时控制 8 个指示灯的状态改变。

3.3 PS/2 键盘输入处理

根据 PS/2 协议, 本设计中采用中断的方式接收来自 PS/2 键盘的每一位数据。每一次 CLK 下降沿触发中断, 读入一位数据, 当 8 位数据全部读入后置接收标志, 主程序判断接收标志后对接收的数据进行处理, PS/2 键盘输入处理流程如图 5 所示。

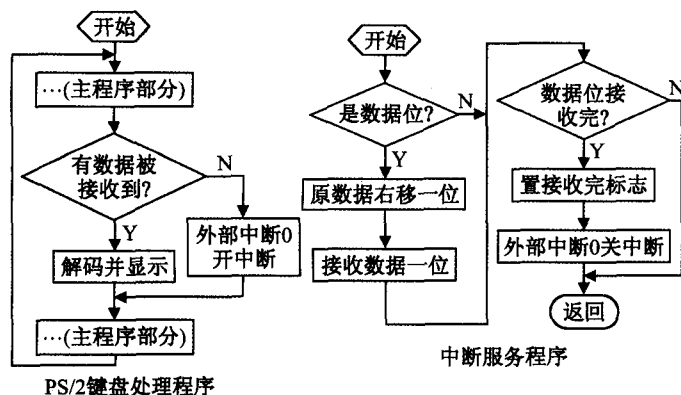


图 5 PS/2 键盘输入处理流程图

PS/2 键盘多达 101 个键中单片机程序只对其中的小键盘 0~9 数字键及 a~f 字母键进行处理。以上 16 个键两两任意组合构成 1 字节 2 位 16 进制数(先输入的键在高位, 后输入的在低位), 这 1 字节 16 进制数即构成输出报表的 1 字节码值, 代表用户专用键盘一个指示灯的控制码。由于 PS/2 键盘输入的键值为扫描码, 需经过转换、组合后才能作为控制码发送。

4 结论

快速检测模块以单片机 + USB 主机芯片的组合, 实现单片机系统与 USB 设备的通信, 设计简单、使用方便, 适合用户专用键盘的快速检测及一些特殊的调试场合。经实际使用证明, 该模块完全满足调试需要。

参考文献:

- [1] 廖济林. USB2.0 应用系统开发实例精讲[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [2] 赵建领. 51 系列单片机开发宝典[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.

(郁菁编发)

(上接第 9 页)

至此, ZigBee 无线传感器监控系统网络已经成功建立, 若各节点的温度值发生变化, 用户可以通过上位机软件非常直观地看到温度的变化; 若网络拓扑结构发生变化, 该软件亦能显示改变后的网络拓扑结构, 同时显示各个节点采集的温度数据和网络地址, 以及发送数据时间。

4 结束语

本文在理解无线传感器网络知识和 ZigBee 相关特性的基础上, 以 CC2530 模块为硬件基础, 采用 ZigBee 标准作为通信协议进行无线组网, 实现了一个基于 ZigBee 协议的无线传感器网络监控系统。在实际运行中, 该监控系统效果良好, 能够准确地获取网络拓扑结构, 选择节点的属性和接收传感器数据。

参考文献:

- [1] 凌志洁, 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] 原羿, 苏鸿根. 基于 ZigBee 技术的无线网络应用研究[J]. 计算机应用与软件, 2004, 21(6): 89-90.
- [3] 徐敬东, 赵文耀, 李森, 等. 基于 ZigBee 的无线传感器网络设计[J]. 计算机工程, 2010, 36(10): 110-112.

(郁菁编发)