

嵌入式无线网关系统设计

Design of Embedded Wireless Gateway System

张玉杰 惠洒乐

(陕西科技大学电气与信息工程学院,陕西 西安 710021)

摘要: 针对无线传感器网络存在数据传输距离短和数据处理能力有限的问题,提出了一种以 S3C2440 处理器为控制核心、以 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 为操作平台的无线嵌入式网关系统设计方案。详细介绍了系统的总体结构、硬件组成以及软件设计。试验结果表明,系统具有运行可靠稳定、数据处理能力强和传输距离远的特点,可满足工程应用的需求,具有广阔的应用前景。

关键词: 无线传感器网络 无线网关 ZigBee GPRS $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ S3C2440

中图分类号: TP368+.2 **文献标志码:** A

Abstract: Aiming at the problems existing in wireless sensor network, such as short data transmission distance and limited data processing capability, a design scheme of wireless embedded gateway system with S3C2440 processor as the control core, and $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ as the operating platform is proposed. The systematic architecture, hardware composition and software design are introduced in detail. The test shows that the system features reliable and stable operation, powerful data processing capability and long transmission distance; it satisfies the requirement of engineering application; and has wide application prospect.

Keywords: Wireless sensor network Wireless gateway ZigBee GPRS $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ S3C2440

0 引言

随着无线传感器技术和无线通信技术的发展,无线传感器网络越来越受到人们的关注。传统的无线传感器网络节点由于其自身结构的原因,通信距离以及数据的处理能力受到很大限制^[1]。针对这些问题,本文提出了一种将 ZigBee 技术与 GPRS 技术相结合,以 ARM9 处理器为核心处理器、以 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 为操作平台的无线网关设计方案。ZigBee 技术是一种面向短距离、低成本、低功耗的无线通信方式^[2],GPRS 技术是一种面向远距离的无线通信方式,两者的结合即形成了一种在广域范围内使用 GPRS 传输数据、局域内使用 ZigBee 传输数据的网络架构。该架构实现了数据的远程、短距离相结合的传输方式^[3]。嵌入式处理器丰富的内部资源和操作系统完善的任务处理机制可以有效地提高网关系统的数据处理能力。

1 系统硬件设计

系统以 S3C2440 处理器为核心,主要包括 ZigBee 模块、GPRS 模块、存储器模块、人机交互模块、电源模

块等,系统整体框图如图 1 所示。

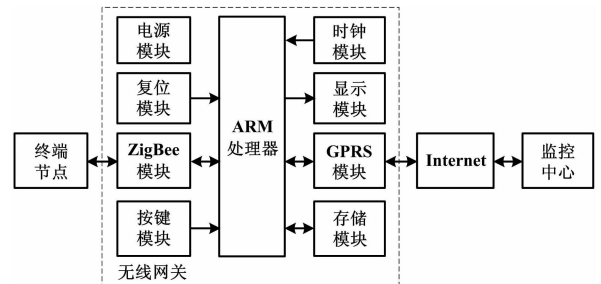


图 1 系统整体框图

Fig. 1 Block diagram of the system

本系统主要实现 ZigBee 网络协调器设计,以及 ZigBee 网络的组建^[4]、节点的添加和删除,GPRS 网络的通信,GPRS 网络和 ZigBee 网络的数据交互等功能。系统的工作过程如下:ZigBee 网络协调器通过 SPI 接口与微控制器连接,将终端节点的数据发送给微控制器;微控制器对数据进行处理,转换成适合 GPRS 网络传输的数据形式,并通过串口与 GPRS 模块相连;由 GPRS 模块连接到 Internet,并上传到监控中心,实现数据的长距离传输。电源模块采用无线网关系统,为 ARM 处理器、ZigBee 模块和 GPRS 模块提供各自需要的供电电压。

1.1 微处理器模块

微处理器是整个网关系统的核心,其一方面要对

西安市科技计划基金资助项目(编号:SF1007)。

修改稿收到日期:2012-03-14。

第一作者张玉杰(1966-),男,1996年毕业于西北轻工业学院半导体物理专业,获硕士学位,教授;主要研究方向为信息采集与处理、无线通信、嵌入式系统及应用。

ZigBee 通信模块进行相应的配置,接收传感器节点的数据;另一方面通过 AT 指令初始化 GPRS 通信模块,将网关节点连接到 Internet 上,并与监控中心建立有效连接。因此,微控制器必须要有较强的数据处理能力。本系统的微处理器选用 Samsung 公司的 ARM9 处理器 S3C2440^[5]。该微处理器采用 ARM920T 的内核,内部集成 LCD 控制器、3 通道 UART、2 通道 SPI、8 通道 10 bit ADC 等资源,具有普通、慢速、空闲和掉电 4 种工作模式。S3C2440 低功耗、高性能的优点完全符合本系统的设计要求。

1.2 电源模块

系统中微控制器单元的内核供电电压为 1.2 V,存储器供电电压为 1.8 V,I/O 供电电压为 3.3 V,ZigBee 模块的供电电压为 3.3 V,GPRS 模块的供电电压范围为 3.3 ~ 4.5 V。为了满足各模块的供电要求,系统的外部电源可以通过电源接口输入 7~24 V 的直流电压。二极管 D₁ 用于防止电源反接,经过电容 C₃、C₁ 滤波后,通过 LM2575 将电源稳定至 5 V。以 5 V 电压作为电路板的整体供电电压,再使用低压差稳压电源芯片 (low dropout regulator, LDO) 稳压输出 3.3 V、1.8 V 和 1.2 V 的电压,分别为各个模块供电。LM2575 稳压电路如图 2 所示。

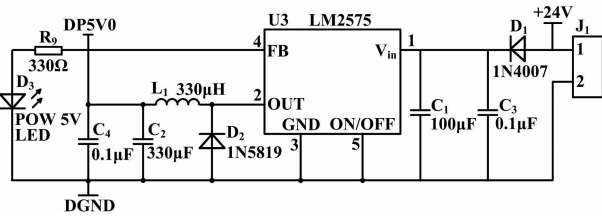


图 2 LM2575 稳压电路

Fig. 2 LM2575 voltage stabilizing circuit

1.3 ZigBee 模块

ZigBee 模块负责 ZigBee 网络的组建、网络节点的动态管理以及数据传输^[4]。本系统中的 ZigBee 模块选用 Chipeon 公司推出的符合 2.4 GHz IEEE 802.15.4 标准的射频收发器 CC2420。该芯片是一款适用于 ZigBee 产品的 RF 器件,支持数据传输率高达 250 kbit/s,可以实现多点对多点的快速组网^[6]。S3C2440 利用中断控制 CC2420,并通过 SPI 接口与 CC2420 通信。CC2420 与 S3C2440 的连接关系图如图 3 所示。

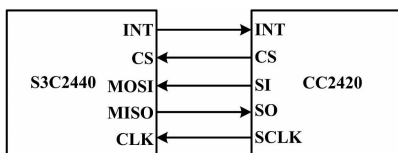


图 3 CC2420 与 S3C2440 的连接关系图

Fig. 3 Connections between CC2420 and S3C2440

1.4 GPRS 模块

本网关系统中,GPRS 模块通过 GPRS 网络将数据连接到 Internet,并发送到远程监控中心。监控中心对数据分析处理后,再通过 GPRS 网络将其命令传达下去。本系统的 GPRS 模块选择 M23A。M23A 是 BenQ 公司推出的 GSM/GPRS 双频通信模块,集成了完整的射频电路和 GSM 的基带处理器,适用于开发基于 GSM/GPRS 的无线应用产品。GPRS 通信电路部分以内嵌 TCP/IP 协议栈的 M23A 模块为中心,由 M23A 模块的相关外围电路组成,通过串口与 S3C2440 相连。

1.5 外围模块

在 2.4 GHz 频段中,ZigBee 的速率为 250 kbit/s,而 M23A 模块的实际速率远低于 250 kbit/s。当网络传输数据量较大,GPRS 网络无法将数据全部发送出去时,就会造成数据的丢失。为了实现数据传输时的速度匹配,减少数据丢失,须使用外接 64 MB 存储器作为数据缓存,以缓解传输速率不同所造成的瓶颈。控制系统使用统宝 3.5 英寸 (1 英寸 = 25.4 mm) LCD 作为人机显示器件,人机界面采用菜单操作方式,键盘模块用来对菜单进行操作。为了简化系统设计,键盘采用独立键盘结构。

2 系统软件设计

2.1 系统总体软件设计

系统的软件设计采用 C 语言为开发语言,以嵌入式 μC/OS-II 为操作平台。μC/OS-II 是一个免费的、源码完全公开的、可移植、可固化、可裁剪的占先式实时多任务操作系统。同其他操作系统一样,μC/OS-II^[7]也是从 main() 函数开始执行,完成操作系统的初始化、任务创建和系统启动。网关系统的软件设计采用分层设计的思想,不同的功能划分为不同的模块,并采用应用程序编程接口 (application programming interface, API) 方式将各个模块整合在一起。网关系统软件整体框架如图 4 所示。



图 4 网关系统软件设计框图

Fig. 4 Software design of the gateway system

系统中的底层驱动程序有:LCD 驱动程序、键盘驱动程序、存储器驱动程序、UART 驱动程序和射频驱动程序等。底层驱动程序向中间层程序提供接口;中

间层通过移植 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 实时操作系统内核实现 ZigBee 协议与 GPRS 协议的相互转换;应用层通过 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 内核开发相应的应用程序,并将原本独立的各个模块整合起来,实现数据的高效转发,进而实现该网关系统的整体功能。

2.2 ZigBee 协议栈的实现

Z-Stack 协议栈负责整个无线传感器网络的构建与维护,并接收传感器网络信息。ZigBee 协议栈主要由三个分层组成^[8],分别是硬件抽象层(hardware abstraction layer, HAL)、操作系统抽象层(operating system abstraction layer, OSAL)和调试层。Z-Stack 的硬件抽象层(HAL)对一些硬件接口进行定义,用户可以在这里进行修改或者在应用层重新定义。用户的应用程序应该作为任务添加到 OSAL,任务的添加通过调用 OSAL 层的函数来实现。在 CC2420 提供的 Z-Stack 协议栈中,添加的任务函数用以实现传感器节点信息的接收和发送以及无线传感器组网控制。

本系统中的 ZigBee 节点是 ZigBee 网络的协调器节点。协调器节点上电初始化后,启动程序,通过调用函数 `aplFromNetwork()` 创建一个网络^[9];选定一个 PANID 作为协调器的网络标志,创建路由表;然后对外发布广播帧,通知传感器节点可以加入该网络。协调器建立网络之后,允许路由器节点或传感器节点加入网络。路由器节点或传感器节点申请加入时搜索信道状态,若信道空闲,则发送信标帧。在接收到多个带链路质量信号参数的信标帧后,选取链路质量较好的节点并向协调器发出入网请求,协调器准许后会分配网内短地址给该节点。这样,网络子节点即成功加入网络。

协调器建立网络主要代码如下。

```
BuildNetTask( )
{
    ZigBee_Init( );
    //ZigBee 初始化,包括 HAL 初始化、硬件初始化等
    Enable_Global_Interrupt( ); //开中断
    aplFromNetwork( ); //创建网络
    while( ! Flag_PAN ); //网络创建成功,未成功等待
    while( 1)
    {
        Z_stack( ); //成功,循环执行协议栈内容
        OSTimeDly(1); //任务的运行周期
    }
}
```

2.3 GPRS 模块软件设计

M23A GPRS 模块具有一套标准的 AT 命令集,在使用 GPRS 模块之前,要通过 AT 命令对 GPRS 模块进行初始化和建立网络连接等操作^[10]。UDP 连接具有

实时性高的优点,经过 GPRS 网络实际测试,在网络正常情况下,UDP 传输有效性大于 99%。因此,本系统采用 UDP 连接。系统建立 UDP 连接的过程如下。

① 初始化,通过“AT + CFUN = 1”命令使能所有的 AT 指令功能,用“AT + COPS = 0”使 M23A 模块登录网络。

② 参数设置,通过“AT% CGPCO = 1, ‘PAP,,’, 1”命令激活 PCO 字符串;使用“AT + CGDCONT = 1, ‘IP’, ‘CMNET’”命令将网络的接入点设置接入的网络类型;并通过“AT \$ DESTINFO”指令设置 UDP 连接的服务器以及端口号。

③ 建立连接,使用“ATD * 97#”指令建立连接,进入数据传输模式。

M23A GPRS 通信驱动程序通过串口依次发送建立网络连接的 AT 命令,同时通过串口接收返回的数据,以判断操作是否成功。如果成功,则进入下一步,否则重新建立连接。M23A GPRS 通信驱动程序主要包括 GPRS 初始化、建立连接和数据传输三个部分。整个操作首先完成 M23A 模块启动,接着通过 AT 命令进行数据传输环境的配置,最后建立 UDP 到 GPRS 网络的连接。M23A GPRS 通信驱动程序处理流程如图 5 所示。

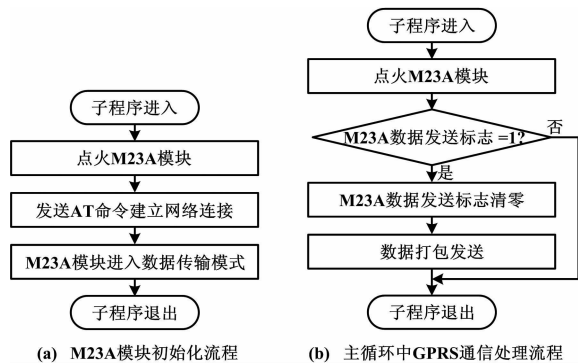


图 5 M23A GPRS 通信驱动程序处理流程

Fig. 5 Process flow of M23A GPRS communication driver program

3 结束语

本文以 S3C2440 为核心处理器,设计了基于嵌入式技术的无线传感器网络网关系统。该网关系统能够有效解决传统网关系统中存在的 ZigBee 数据传输瓶颈以及计算能力差等问题。大量试验结果表明,本系统数据传输可靠、抗干扰能力和数据处理能力强,可广泛应用于各种监测场所。

(下转第 76 页)