

基于 Zigbee 的无线监测系统设计与实现

吕西午, 刘开华, 赵岩

(天津大学电子信息工程学院, 天津 300072)

摘要: 设计一个基于 Zigbee 的无线监测系统。该系统通过在监测区域部署 Zigbee 网络, 将监测数据汇集到嵌入式网关, 实现统一的数据管理和用户远程访问以及 Zigbee 网络的路由监测功能。给出系统硬件和软件的实现方法, 包括数据帧帧格式、无线节点和协调器的程序实现原理。

关键词: 无线监测系统; 嵌入式网关; Zigbee 网络; 远程访问

Design and Implementation of Wireless Monitor System Based on Zigbee

LV Xi-wu, LIU Kai-hua, ZHAO Yan

(School of Electronic Information Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072)

【Abstract】 This paper designs a wireless monitor system based on Zigbee network. By placing Zigbee network in monitor area, the system collects monitor data in embedded gateway to realize unified data management, users' remote access and routing monitor function of Zigbee network. The realization of hardware and software is presented, including data frame format and how to program the wireless nodes and coordinator.

【Key words】 wireless monitor system; embedded gateway; Zigbee network; remote access

在工业和农业领域, 人们需要对多种环境参数进行监测, 以确保生产安全、经济、有效地进行。但现有的环境监测系统有诸多不足, 如: 有线的数据采集方式布线工程量大, 成本高, 系统的数据存储量小, 无法远程访问。因此, 开发一种更先进的环境监测系统十分必要。

1 无线监测系统设计方案

利用无线传感器和嵌入式技术, 本文提出了一个基于 Zigbee 的无线监测系统设计方案。其中, 传感器数据采用无线传输方式, 无需布线; 系统采用多跳路由策略, 可以方便地扩大监测范围; 先进的嵌入式微处理器可以扩展丰富的外设。系统设计方案如图 1 所示。监测数据经多跳路由汇集到嵌入式网关, 该网关负责将数据存储到数据库中并显示出来, 大容量存储卡可以保存长达几年的数据。通过 Internet 或 GPRS/3G 网络, 远端用户通过网关可以异地获取监测数据, 实现远程访问^[1]。

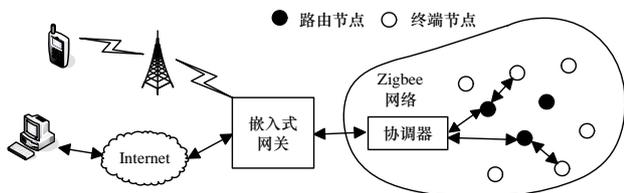


图 1 无线监测系统设计方案

2 硬件平台的选择与设计

2.1 嵌入式网关

本文选择 S3C2410 处理器作为开发平台^[2]。S3C2410 支持 TFT 液晶屏、大容量存储卡、网络接口以及其他外设的扩展, 完全可以满足本系统的功能需求。嵌入式网关采用“核心板+扩展板”的硬件结构。核心板是嵌入式最小系统板, 包

括系统运行必需的微处理器、Flash 和 SDRAM 等, 所有引脚通过插座引出, 用于扩展外设。扩展板根据功能需求, 扩展相应模块接口。在功能需求改变时, 只需要重新设计扩展板即可, 这使得核心板更具通用性。嵌入式网关通过 CS8900A 芯片扩展网络接口^[3], 自带 SD 卡控制器实现大容量存储, 外接微型打印机用于监测数据统计曲线的打印。网关硬件结构如图 2 所示。

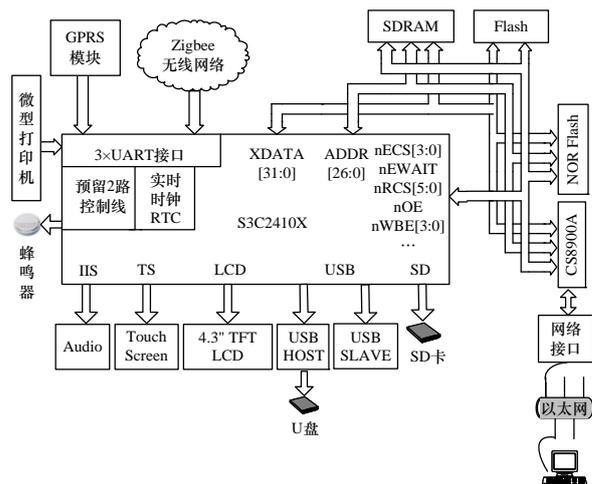


图 2 嵌入式网关硬件结构

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60872001); 天津市科技型中小企业技术创新资金资助项目(06ZHCXGX11200)

作者简介: 吕西午(1985-), 男, 博士研究生, 主研方向: 无线传感器网络, 嵌入式技术; 刘开华, 教授、博士生导师; 赵岩, 高级工程师

收稿日期: 2009-07-11 **E-mail:** lxw_aaa@tju.edu.cn

2.2 无线传感器节点

无线节点选择 TI 公司的 CC2430 芯片设计,它集成了一个高性能的射频收发模块和一个增强型 8051 处理器,同时内部提供不同容量的存储空间,可根据需求灵活选择^[4]。CC2430 射频收发部分的设计是无线节点正常工作与否的关键,既要保证射频电路能以足够高的能量将信号准确地发射出去,又要避免射频电路和数字电路之间的干扰。因此, TI 公司虽然提供了射频电路参考设计方案^[5],但在 PCB 布线时还要注意射频电路与数字电路的隔离。一片 CC2430 就可以构建完整的硬件平台,避免了因芯片间互连而可能出现的问题。基于同样的硬件平台,通过下载不同的程序,可以将无线节点配置为终端节点、路由节点或者协调器。

2.3 系统硬件设计

在基于 S3C2410 和 CC2430 的硬件设计和调试过程中,需要注意的关键点如下:(1)CS8900 网络接口差分走线要匹配。网络接口的数据传输率高,如果差分走线不匹配,与 PC 通信时丢包率会很高,或者根本无法通信。(2)CC2430 射频电路设计要阻抗匹配,否则会影响发射信号的强度,甚至导致发射频率发生偏移。(3)在硬件调试中要保证高质量的焊接。在调试嵌入式网关的 Ethernet 模块时,经常无法识别 CS8900 芯片,原因就是电路虚焊导致了 CS8900 的数据总线与 S3C2410 的数据总线连接不可靠。(4)嵌入式网关核心板的调试,其步骤如下:1)焊接 S3C2410,通过 JTAG 测试是否可以正确识别 ID。2)焊接 SDRAM,通过仿真器验证能否正确读写数据。3)焊接 NOR Flash,测试是否可以正确识别,如可以,则下载测试程序,并测试 S3C2410 的各个功能模块。4)焊接 NAND Flash,测试是否可以正确识别,如可以,则烧写 Bootloader、kernel 和文件系统。至此,系统可以正常地在核心板运行。

3 软件平台设计

本系统采用 TI2006 协议栈组网,该协议栈可以很好地支持网络的自组织和自愈。通过网络抓包,对 TI2006 协议栈的路由协议进行分析。在此基础上,通过设计不同的实验,利用第三方软件观察网络的路由结构变化,从而验证网络的自组织和自愈特性。因此, TI2006 协议栈可以满足本系统中 Zigbee 网络网状组网的要求。

3.1 数据传输帧格式

网络中的节点 ID 采用统一的编码方式,占用 2 Byte。每个节点可监测多种环境参数,用 4 bit 区分不同的参数, ADC 的转换精度可达 12 bit,因此,每路环境参数的监测数据占用 2 Byte。数据格式如图 3 所示。如果要监测网络的拓扑和路由结构,可以在节点 ID 后添加节点自身网络地址、父节点网络地址以及相应的路由信息来实现。数据传输时,加上网络层、MAC 层、物理层包头以及校验码等组帧发送。

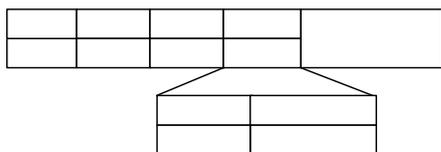


图 3 数据帧格式

3.2 无线节点与协调器程序设计

传感器输出的物理量可以是电压值,也可以是电流值,因此,根据所选传感器的不同,无线节点的电路设计也不同。电压型传感器可以直接(或经过分压)连接无线节点的数据输

入端口,而电流型传感器需要转化为电压值后才能被无线节点采集。无线节点将电压值数字化,放在开辟的 2 Byte 空间的低 12 位,高 4 位用于标示物理量的类型,如:温度为 0000,湿度为 0001,这样在数据解析时可以有效区分数据的物理意义。每路数据的构造语句如下,多路数据按照这种方法依次构造。

```
#define flag ... //参数类型
uint16 data; //开辟 2 Byte 空间
temp=(0x0111&data)<<(flag<<12); //构造一路数据
```

由于每路数据前加了参数类型标示,因此多路数据组帧时无需按顺序放置,数据解析时依然可以正确获取数据的物理意义。组帧发送时,帧末尾要加上结束符。无线节点发送数据的时间间隔要小于嵌入式网关请求数据的时间间隔,这样可以保证在每个数据请求时间段内,协调器能够汇集到所有无线节点的监测数据,但是发送间隔的选取也要考虑能耗的问题,需要取一个折中的值。

协调器收到无线节点数据帧后,进行数据汇集。协调器通过数据帧中的节点 ID 决定数据的存放位置,利用 Switch 语句做相应的处理。为了便于网络的扩展,协调器开辟的数据空间要有一定的富余量,数据空间富余主要体现在 2 点:(1)可以容纳更多的监测节点;(2)每个节点的数据存放空间可以容纳更多的监测路数。协调器如果收到嵌入式网关的数据请求,就将汇集的数据发送给网关:

```
switch(node ID) {
    case node1: ...
    case node2: ...
    ... }
```

由于无线节点可能因为电池没电、节点故障等原因无法正常工作,因此涉及到故障节点的定位问题,以便用户能够立即查明节点故障的原因并及时清除。节点的定位有 2 种方法:(1)根据无法正常工作的节点 ID,通过之前的节点部署图判断故障节点的位置(假设节点一旦部署,位置即固定)。(2)如果 Zigbee 网络本身具有定位功能,用户便可直接得到节点发生故障之前的位置信息(节点位置可以动态改变)。本系统通过方法(1)定位故障节点。协调器在数据汇集时,每个节点的数据存储空间要设定一个标志符,表明在一个时间段内是否收到该节点的数据,嵌入式网关依据标志符判断该节点是否发生故障(没收到数据便可认为该节点发生故障)。嵌入式网关每请求一次数据,协调器就会将整个数据空间清空,以便重新接收下一个时间段的数据。如果嵌入式网关通过协调器又重新收到了故障节点的数据,就认为上次未接收到数据是因为链路拥塞等原因导致传输延迟,而非节点故障造成的,这时嵌入式网关立即将该节点的数据显示出来,使用户知道该节点仍然正常工作。

3.3 嵌入式网关程序设计

嵌入式网关以 Linux 为系统软件平台,采用面向嵌入式系统的数据库 SQLite 以及图形界面设计软件 MiniGUI 作为开发工具。Linux 是多任务操作系统,目前在嵌入式产品中应用十分广泛。嵌入式网关有以下 3 个任务同时运行:

(1)采用嵌入式网关的实时时钟作为时间基准,定时向协调器发送数据请求,协调器将当前汇集的数据发送给嵌入式网关,网关解析数据,实时显示并存储在 SQLite 数据库中。

(2)根据用户对界面的操作调用相应的处理函数,如:在
(下转第 247 页)