

基于 WSN 的矿井监控系统网关设计与实现*

王超¹, 张仕宇¹, 刘蕴络¹, 袁向全²

(1. 北京科技大学 信息工程学院, 北京 100083;

2. 西部矿业股份有限公司, 青海 西宁 810001)

摘要: 实现了一种多功能的网关系统, 可完成无线传感器网络 WSN 与 Internet 网络的互联, 同时具有模糊定位、IP 语音通信以及智能人机接口等功能, 并对其硬件组成、软件设计和对外接口等方面进行了深入阐述。

关键词: 无线传感器网络; 网关

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)13-0050-03

Design and realization of the gateway in mine monitoring system based on WSN

WANG Chao¹, ZHANG Shi Yu¹, LIU Yun Luo¹, YUAN Xiang Quan²

(1. School of Information Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;

2. The Western Mining Co., Ltd., Xining 810001, China)

Abstract: This paper designed a multi-function gateway system, which can be used to connect wireless sensor network and Internet. It also can achieve personnel location and act as IP phone and offer intelligent human-machine interface. Hardware circuit and software design are described in detail.

Key words: wireless sensor network; gateway

近年来, 无线传感器网络 WSN (Wireless Sensor Network) 被广泛应用于井下监测系统^[1-2]。本文对无线传感器网络中的关键技术部分——网关进行了深入分析与研究。该网关不但具有传统网关所具有的异构网络协议转换功能^[3], 而且可以实现井下人员的模糊定位, 与矿上管理人员进行 IP 语音通信等功能, 同时提供了智能的人机接口。

1 基于 WSN 的矿井安全监控系统组成及工作原理

基于 WSN 的矿井安全监控系统是利用无线传感器网络实时监测, 采集矿井下温度、湿度、气压、瓦斯浓度等环境参数, 并将数据周期性上传至 Internet 远程服务器, 服务器对底层数据进行处理、分类并保存到本地数据库, 井上管理人员通过访问服务器能够随时查阅历史记录, 实时了解井下情况, 并能够针对紧急事件做出快速有效的调整。基于 WSN 的矿井安全监控系统的设计框架分为三个部分: 传感器网络数据采集部分、网关协

议转换部分以及远程监控服务器部分。系统框架如图 1 所示。



图 1 系统框架图

无线传感器网络位于整个系统的最底层, 由一组传感器终端节点以自组织方式构成, 分布于井下巷道的感知区域, 能够协作地感知、采集和处理网络覆盖的地理区域中感知对象的信息。

网关是监控系统正常运行的核心环节, 是实现异构网络协议转换的关键部分, 主要实现两个功能: (1) 对无线传感器网络数据的汇聚、处理和存储; (2) 与 Internet 远程服务器的数据交互。此外, 网关还引入了一些附加功能, 增强了网关的人性化与实用性, 比如采用 RFID 射频模块实现井下人员的模糊定位、网关与监控中心的实时

* 基金项目: 国家科技支撑计划 (2007BAB18B03)

网络与通信 Network and Communication

语音通信、本地人机交互等等。网关在整个系统中具有承上启下的作用,设计出高效、稳定的网关对整个系统的服务质量至关重要。

远程监控服务器位于整个系统的最上层,提供了强大的数据处理能力和存储能力。通过该系统可以实时查询矿井下的环境参数、人员信息,调取系统存储的历史记录,发送指令信息,控制 WSN 网络节点行为,进行网络管理。基于 WSN 的矿井安全监控系统的网络结构如图 2 所示。

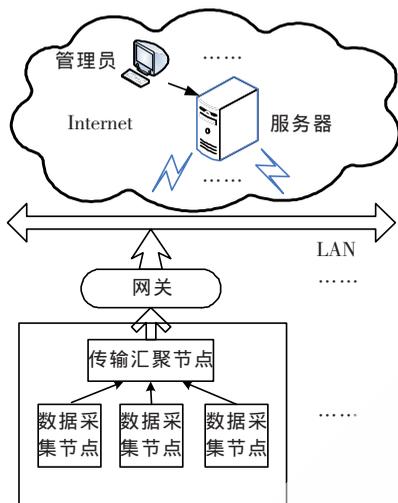


图 2 矿井安全监控系统网络结构

2 网关设计

网关作为系统中连接 WSN 与 Internet 的核心部分,要求稳定、可靠、功能强大而结构精简,其整体框架如图 3 所示。其中包括中央处理单元、WSN 射频收发单元、以太网接口单元、RFID 射频识别单元、语音通信单元以及人机接口单元等。



图 3 网关整体框架

网关的中央处理单元采用 Samsung 公司处理器 S3C2440,主频达 400 MHz,运算能力强大,通过移植嵌入式 Linux 操作系统可以可靠地完成传感数据接收处理、实时语音通信、智能人机交互等多任务并行操作。WSN 射频收发单元是网关与 WSN 的接口单元,采用与无线传感器网络相同的 CC1110 射频芯片,用于提供网关与无线传感器网络的空中接口。以太网接口单元是网关与 Internet 的接口单元,采用以太网控制器 CS8900A,用于提供网关与 Internet 的 PHY 层与 MAC 层接口。RFID 射频识别单元采用基于 NRF2401 的工业级模块,可以在网关周围 0~30 m 范围内实现人员的模糊定位。人机接口单元采用 4 线电阻式触摸屏,通过人机交互

操作可方便地完成网关的本地属性配置以及应用程序的启动,避免了 PC 机等大型设备配置网关所带来的不便。语音通信单元则采用 UDA1341 芯片构建嵌入式音频系统,实现网关与远程服务器之间的高质量 IP 语音通信。

2.1 与 WSN 接口设计

无线传感器网络常用的 2.4 GHz 频段数据传输速率大,但由于信号衰减严重,无法适应矿井下的恶劣环境。CC1110 是 TI 公司的一种系统芯片 CMOS 解决方案,沿用了以往 TI 公司 ZigBee 无线(定位)芯片 CC2430/CC2431 架构,可工作于 915 MHz,满足无线传感器网络低功耗、低速率、短距离的要求,很好地解决了矿井下射频信号的衰减问题。

WSN 接口以 CC1110 为核心,提供了网关与 WSN 通信的空中接口,直接与 WSN 的传输汇聚节点进行通信。传输汇聚节点作为连接无线传感器网络与网关的桥梁,负责对各个终端节点采集数据的接收、整理,并按照协议所规定的格式打包数据,最后通过无线方式向网关的 WSN 射频收发单元转发数据。

中央处理单元与 WSN 射频收发单元之间采用串行接口方式连接,实时读取传感数据并按照约定协议对数据进行解析,转换成用户可知的信息,如传感器节点部署区域内的温度、湿度、气压、瓦斯浓度等。其中,在设计串行通信接口电路时,中央处理器 UART0 通道通过 MAX2332 芯片转换为 RS232 接口,为网关设备开发调试提供 PC 机控制台接口;UART1 通道则与 CC1110 全双工通信,完成数据的串并转换,由于 S3C2440 和 CC1110 电平均为 3.3 V,两者之间无需进行电平转换,可直接采用 3 线式连接方式,即数据接收引脚 RX 与数据发送引脚 TX 交叉连接,地线直接相连。

2.2 与 Internet 网络接口设计

Internet 网络接口物理层芯片采用以太网控制器 CS8900A,其内部集成了 4 KB 的片上存储器,10 Base-T 的收发滤波器,并且提供 8 位和 16 位两种数据接口。本系统网关设计,以太网控制器与中央处理器通过 20 位的地址总线和 16 位的数据总线相连,与 Internet 通过一个集成了 RJ45 接口的网络隔离变压器 HR911103A 相连。

Internet 网络接口具有检测网络状况、接收发送以太帧、检测校验等功能,可以将经过中央处理单元融合的底层传感数据以标准 IP 数据包格式直接发送到 Internet 远程服务器,同时也可以将接收到的 Internet 服务器指令经过解包后通过数据总线送达中央处理单元执行,除此以外,Internet 网络接口也给网关的其他功能如 IP 语音通信等提供了接口单元。

综上所述,网关与 WSN 和 Internet 的接口电路简图如图 4 所示。

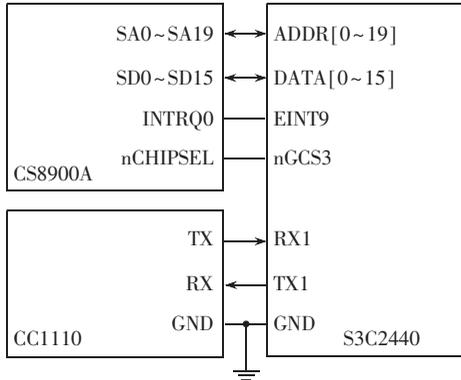


图4 网关的接口电路示意图

2.3 网关的软件系统设计

网关以嵌入式 Linux 操作系统作为平台,可以实现多任务的并发执行。用户应用程序构建于操作系统之上,通过系统调用操作底层硬件,如串口、网络控制器等设备。系统调用接口则由操作系统的设备驱动程序提供,驱动程序直接操作硬件,按照硬件设备的具体工作方式读写设备寄存器,完成对设备的轮询、中断处理、DMA 通信、物理内存向虚拟内存的映射等。网关设备软件架构如图 5 所示。



图5 网关软件架构图

网关设备操作系统应包含串口驱动程序、网络控制器驱动程序以及音频编解码器驱动程序等。其中,串口以及音频编解码器必须以串行数据流形式直接访问,不经过系统的快速缓存,主要提供 `open()`、`close()`、`read()`、`write()`、`ioctl()` 等系统调用接口,属于字符设备驱动程序。而网络控制器是面向数据报的接收和发送而设计的,并没有与文件系统的节点,与操作系统通信方式与上述设备不同,属于网络的设备驱动程序。各设备驱动以内核模块的形式提供,通过内核模块的加载与卸载,可以在网关运行过程中动态地添加或删除相应硬件设备。

网关设备的用户应用程序包括主程序、语音通信程序以及图形界面程序。主程序负责初始化各硬件模块并协调各个模块工作,保证无线传感器网络与 Internet 服务器之间正常的信息交互,同时即时响应各种软、硬件中断,进行相应处理。语音通信程序采用双线程工作,调用 `read()`、`write()` 等系统接口操作音频编解码器,通过高率 A/D 采样以及量化,录入音频数据至本地缓存,并

发送给远程服务器;同时接收 Internet 的远程音频数据包并进行音频解码,恢复原始音频信息,从而实现本地与远程的实时语音通信。图形界面程序采用一种跨平台的 C++ 图形用户界面库 Qt 编程,为主程序、语音通信程序提供服务。在触摸屏上提供智能的人机接口,方便主程序对设备启动、端口配置、网络初始化、服务器 IP 地址设置的操作,以及语音通信程序拨号、接听、挂断的处理。

主程序启动后,将完成设备的初始化、加载协议栈、配置端口等工作,同时通过 Socket 机制建立起与远程服务器的连接,接着采用轮询与中断相结合的方式对串口和网口数据进行监视。Internet 网络接口方面,利用 Socket 机制设计以太网通信模块,考虑到对数据传输的可靠性要求较高,采用面向连接的 TCP 客户机-服务器模型。网关作为客户机,调用 `Socket()` 函数,建立一个 Socket 套接字,指定 TCP/IP 相关协议之后,调用 `connect()` 函数将本地端口号和地址信息传送到远程服务器,请求建立连接。连接成功后,通过 `send()` 函数进行服务请求的发送,通过 `receive()` 函数进行响应的接收。WSN 接口方面,网关与汇聚节点间的通信主要是读取汇聚节点数据的过程,对接收到的数据采取串行通信方式,通过打开、读写对应的设备文件来完成对串口的操作。串口 0~2 在 Linux 文件系统中对应的设备文件是 `/dev/tts/0/`、`/dev/tts/1/`、`/dev/tts/2/`,本系统中网关可以通过 `open()`、`read()`、`write()` 等系统调用操作 `/dev/tts/1` 设备文件,完成网关与 WSN 的数据交互。网关的主程序软件流程(不包含附加功能)如图 6 所示。

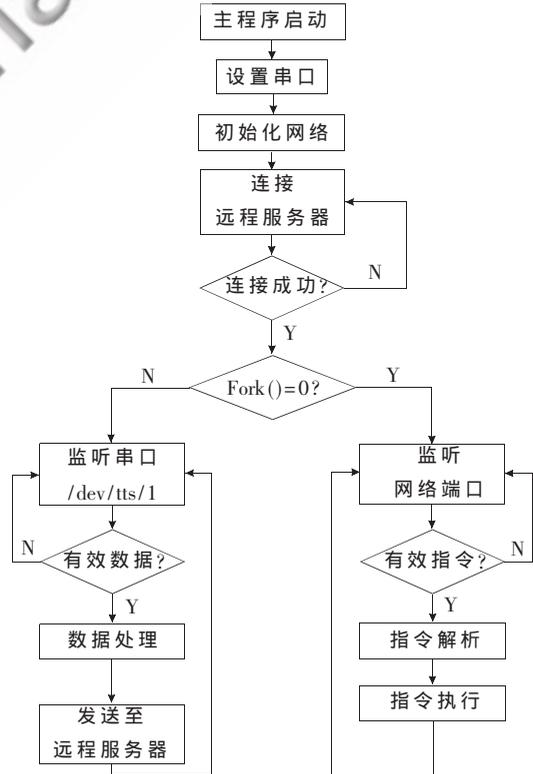


图6 主程序软件流程图

本文针对无线传感器网络的特点,设计了一种基于 WSN 的矿井安全监控系统网关。在实际工程测试中,成功实现了无线传感器网络与外部 Internet 网络的互联,数据传输稳定可靠。同时,网关还增加了一些附加服务,如 RFID 模糊定位、IP 语音通信等,体现了网关功能的多元化发展方向。

参考文献

[1] 崔莉,鞠海玲.无线传感器网络研究进展[J].计算机研究

与发展,2005,42(1):163-174.

[2] 谷有臣.传感器技术的发展和趋势综述[J].物理实验,2002,22(12):40-42.

[3] 欧杰峰,刘兴华.基于 CDMA 模块的无线传感器网络网关的实现[J].计算机工程,2007,33(1):115-116.

(收稿日期:2010-01-08)

作者简介:

王超,男,1978年生,博士,讲师,主要研究方向:无线通信、信号检测、高速实时信号处理。

