

文章编号:1671-251X(2015)02-0103-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.02.029

卫文慧,魏免.基于以太网和CAN总线的煤矿语音广播系统设计[J].工矿自动化,2015,41(2):103-106.

基于以太网和CAN总线的煤矿语音广播系统设计

卫文慧¹, 魏免²

(1. 中煤科工集团重庆研究院有限公司, 重庆 400037;
2. 中国矿业大学 信息与电气工程学院, 江苏 徐州 221008)

摘要:针对传统定压广播、局部扩音电话及小灵通等广播系统的局限性,提出了一种基于以太网和CAN总线的煤矿语音广播系统设计方案,介绍了该系统的结构、软硬件设计及关键技术。该系统采用PCM和Ogg Vorbis音频编解码方式,通过以太网和CAN总线传输数据,可实现远程低速率语音通信和流媒体在线播放。

关键词:语音广播;以太网;CAN总线;音频编解码

中图分类号:TD655 文献标志码:A 网络出版时间:2015-02-03 16:01

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20150203.1601.029.html>

Design of voice broadcasting system of coal mine based on Ethernet and CAN bus

WEI Wenhui¹, WEI Mian²

(1. CCTEG Chongqing Research Institute, Chongqing 400037, China;
2. School of Information and Electrical Engineering, China University of Mining and Technology,
Xuzhou 221008, China)

Abstract:For limitations of broadcasting systems of traditional constant-pressure broadcasting, local amplified phone and personal handphone system, the paper proposed a design scheme of voice broadcasting system of coal mine based on Ethernet and CAN bus and introduced structure, design of hardware and software, key technologies of the system. The system can realize remote voice transmission at lower speed and streaming media online broadcasting, which adopts audio codec method of PCM and Ogg Vorbis and Ethernet and CAN bus to transmit data.

Key words:voice broadcasting; Ethernet; CAN bus; audio codec

0 引言

目前,电话系统仍是煤矿语音通信系统的重要组成部分,包括定压广播、局部扩音电话及小灵通等^[1]。其中定压广播存在传输距离短、故障率高、不可寻址等缺点;局部扩音电话只有局部通信能力,无法与调度室通信;小灵通没有扩音功能且声音小。以太网和CAN总线^[2]具有传输距离远、抗干扰能力强、组网灵活、可寻址等优点,结合设计合理的应用层程序即可实现广播、多播、点播和双向对讲等功

能。因此,笔者提出了一种基于以太网和CAN总线的煤矿语音广播系统设计方案,采用RTP/RTCP协议,既支持低采样频率(8/16 kHz)的语音通信,又支持高采样频率(44.1 kHz)的MP3等流媒体在线播放。

1 系统总体设计

煤矿语音广播系统由井上部分和井下部分组成,如图1所示。井上部分由上位机和本质安全型调度主机组成,具体可实现软件命令解析及转发,语

收稿日期:2014-08-27;修回日期:2014-12-24;责任编辑:盛男。

作者简介:卫文慧(1983—),男,安徽无为,人,工程师,主要从事矿用安全仪器仪表、监控系统、有线/无线通信、救生舱的研究和检验工作,
E-mail:95425982@qq.com。

音广播、多播、点播和实时对讲,完成系统整体调度、终端状态监控和固件升级;井下部分主要由广播主站和分站(统称终端)组成,各终端不仅支持本地音乐或录音播放,而且支持流媒体在线播放,同时,主站可与上位机、其他主站实现全双工通信,与组内分站实现半双工通信。系统采用以太网星型结合 CAN 总线的主/从式结构,井上部分至井下主站采用光缆(距离 ≥ 20 km)连接,主站至后续分站和音箱采用屏蔽双绞线和电缆(距离 ≤ 3 km)连接。

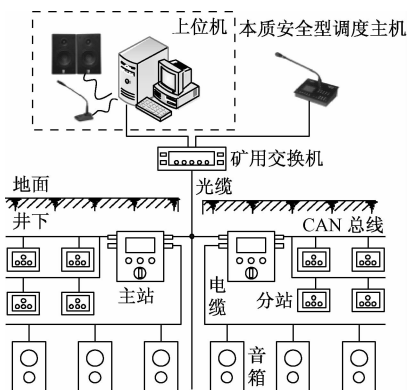


图 1 煤矿语音广播系统组成

2 系统硬件设计

煤矿语音广播系统硬件设计主要涉及主站和分站设计,由于主站和分站硬件差别不大,在此仅介绍主站硬件设计方案。主站由 MCU 模块、以太网和 CAN 通信模块、音频编解码模块、麦克风和功放模块等组成,如图 2 所示。

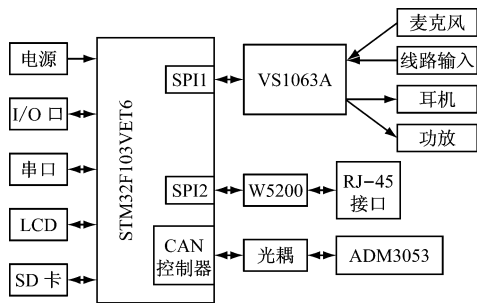


图 2 主站硬件结构

2.1 MCU 模块

MCU 选用 STM32F103VET6 处理器,其采用高性能 ARM Cortex-M3 32 位 RISC 内核,具有优异的 Thumb-2 指令集,包括 3 个通用 16 bit 定时器、2 个 SPI 接口、3 个 USART 接口、1 个 USB 接口和 1 个 CAN 接口等外设。其 512 kB 的 FLASH,64 kB 的 SRAM 和高达 72 MHz 的主频,

在硬件上为实现信号高速处理提供了可行性。

2.2 以太网和 CAN 通信模块

以太网网络接口有 2 种实现方案^[3-4]:① 采用以太网控制器+轻型 TCP/IP 协议栈(LWIP);② 采用内嵌 TCP/IP 协议栈控制芯片。系统采用全硬件实现 TCP/IP 协议栈的以太网控制器 W5200,其提供高速 SPI 接口与 MCU 相连,支持 TCP,UDP,IPv4,ICMP,ARP 等协议,支持全双工/半双工模式和 10/100 Mbit/s 带宽,具有 8 个独立的 Socket 和 32 kB 的收发缓存区。

CAN 通信模块采用 STM32F103VET6 内嵌 CAN 控制器+CAN 收发器 ADM3053 方案。STM32F103VET6 自带 bxCAN,支持 CAN 协议 2.0A/B 主动模式,具有 3 个发送邮箱和 2 个三级深度的接收 FIFO。ADM3053 是具有隔离和保护功能的 CAN 物理层收发器,隔离电压达 2 500 V,满足 CAN2.0A/B 标准,速率可达 1 Mbit/s(总线长度 40 m 以下),总线节点数可达 110 个。

2.3 音频编解码模块

音频编解码模块采用多格式、高效能、内嵌 DSP 微核的音频编解码芯片 VS1063A。VS1063A 既可作为独立的音频处理芯片,又可作为从设备通过 SPI 接口与 MCU 相连,具备优质可变采样频率立体声 ADC 和 DAC。除了支持 MP3,AAC,OGG,FLAC,WMA 等多种音频格式文件的播放,还可录制 MP3,OGG,PCM 等音频格式文件,支持 PCM,G.711,G.722,IMA ADPCM 全双工编解码模式。

3 关键技术

3.1 以太网

以太网是一种基带局域网规范,与 IEEE 802.3 系列标准类似,采用 5 层结构。本系统重在开发简单、高效的以太网网络,采用 W5200 以太网控制器完全满足设计要求。音频数据传输采用非连接、简单快速的 UDP 传输协议,允许音频数据少许丢失,而不影响整体音频还原、辨识,结合 RTP 协议和数据缓冲技术,即可实现音频数据实时传输。绑定 W5200 的 Socket 0 和 Socket 2 分别用于音频数据的接收和发送。

功能指令码是整个系统正确、可靠运行的关键,所以功能指令码传输必须无差错。采用面向连接、可靠性高的 TCP 传输协议,该协议工作在 Client/

Server 模式下。以太网应用层协议由用户自行定义,笔者采用自定义功能指令码来定义应用层协议。功能指令码协议通用格式如图 3 所示,其中命令类型包括通用命令、采播命令、I/O 操作命令和其他命令,各命令下又包括多种辅助命令;命令标志符 QRU 分请求、响应、异常 3 种;部分命令帧没有 PDU,即 Length 为 0;CRC 校验采用 CRC-CCITT 标准,初值为 0x0000。

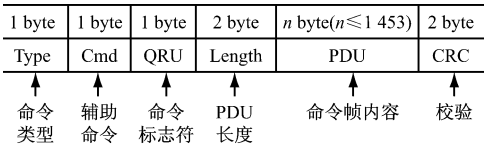


图 3 功能指令码通用格式

每条命令的完整实现由请求、响应或异常构成。以通用命令(辅助命令为查询命令)为例进行指令通信功能说明。如当前上位机需查询显示主站基本网络参数,则上位机发送“请求”功能指令码,主站接收后经 CRC 校验和命令解析,正确则返回“响应”功能指令码,错误则返回“异常”功能指令码。

3.2 CAN 总线

CAN 是 ISO 国际标准化的串行通信协议,定义了数据链路层、物理层和应用层,前 2 层由硬件实现,应用层由用户自行定义。CAN 总线采用多主网络,废除了传统的站地址编码,通过报文标志符过滤实现广播、多播和单播;采用差分电平、短帧通信,有 5 种帧类型(数据帧、远程帧、错误帧、过载帧和帧间隔)。另外,在 CAN 总线的起止端均有 1 个 120 Ω 的终端电阻,用于阻抗匹配,以减少回波反射。

主站和分站采用 CAN 总线半双工通信,实现音频数据和功能指令码传输。由于 CAN 总线采用短帧通信(最多 8 byte 有效数据),而音频数据包较大,所以需进行分割,帧间隔时间根据音频编解码速率动态调整。CAN 功能指令码的具体定义方法、格式和以太网功能指令码相似。

3.3 发送和接收缓冲机制

VS1063A 内嵌 7 424 byte 录音缓冲区、32 byte 播放缓冲区,因此无需另行开辟终端录音发送缓冲区。以以太网传输为例,音频数据包为 512 byte,发送时只需读取 VS1063A 录音缓冲区 512 byte 的音频数据直接发送即可。但读取速度过快会导致数据丢失;过慢则导致数据溢出,造成失真。CAN 总线传输时,也无需开辟终端录音发送缓冲区,但音频数据包为 128 byte,且需分割为 16 个 CAN 数据帧才

能进行传输。

为克服音频传输抖动,终端接收数据时需开辟接收缓冲区,同时为保证播放的连续性,在延时允许的范围内,应循环使用多个接收缓冲区。以以太网传输为例,笔者采用 5 个 512 byte 接收缓冲区组成 1 个接收播放循环队列,其工作过程如图 4 所示。接收写指针将接收的音频数据写入缓冲区 3,当缓冲区 3 写满后,指针后移开始将数据写入缓冲区 4,依此类推,当缓冲区 4 写满后,继续在缓冲区 0 中写入数据;播放读指针的工作过程亦相同,但只有队列中接收到一定的音频数据块后,播放任务才能开启,如当接收写指针写缓冲区 3 时,播放读指针正在读缓冲区 1。CAN 总线传输时,需开辟 10×32 byte 循环缓冲队列,而对于上位机音频数据传输,收/发双方都应开辟 5×512 byte 循环缓冲队列。

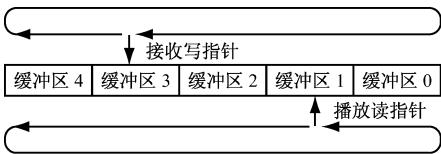


图 4 接收播放循环队列

3.4 传输延时

VS1063A 不仅支持 PCM 全双工编解码,还支持低速率但高音质的 Ogg Vorbis 编解码。以太网语音通信采用 PCM 编解码方式。由于井下环境嘈杂,且采用 CAN 总线传输,在低速率情况下,Ogg Vorbis 编解码在音质方面有更好的表现。PCM 和 Ogg Vorbis 编解码方式均支持流式播放^[5]。

音频流传输最重要的是解决延时问题,系统端到端的音频延时包括传输延时、MCU 处理延时和编解码固有延时。以太网传输时,传输延时和 MCU 处理延时相对编解码固有延时可忽略不计。若 PCM 编解码速率为 128 kbit/s(即 8 kHz 采样频率、16 位量化),依据前文所述的发送和接收缓冲机制,则最大编解码固有延时为 160 ms,此时端到端的音频总延时时间即为编解码固有延时时间。CAN 总线传输时,经实验验证,最终选择 Ogg Vorbis 编解码速率为 21 kbit/s,即选择宽带语音(采样频率为 16 kHz、质量值为 5)编码,则编解码固有延时为 158.5 ms,同时设置 CAN 总线传输速率为 62.5 kbit/s,则传输延时为 16.384 ms,总延时约为 175 ms。

4 系统软件设计

上位机采用 VS2010 软件进行开发,利用 Windows 底层 API 中的 Wave 音频函数实现音频录制和播放;采用 MFC 中 CSocket 类和 CAsyncSocket 类实现网络通信。终端软件基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 实时操作系统构建,文件存取采用 FAT16/32 文件系统,音频编解码过程和网路收发过程均设计成独立的子任务,配置 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的时钟节拍为 1 ms。终端软件主程序流程如图 5 所示。

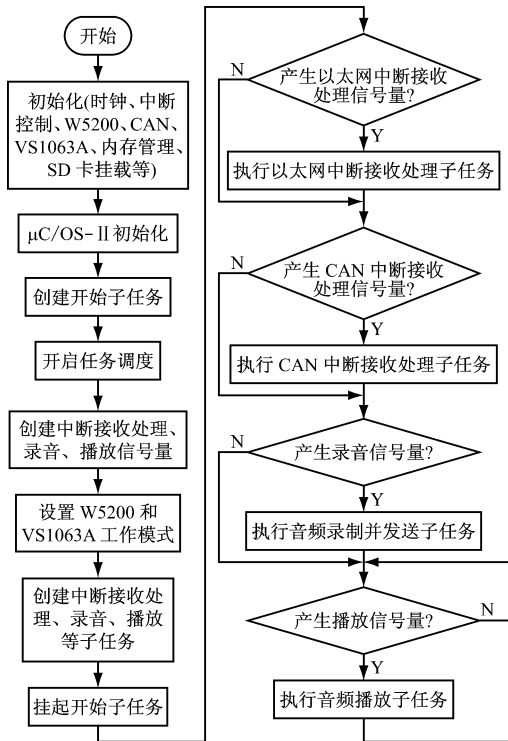


图 5 终端软件主程序流程

终端上电初始化,创建开始子任务,在开始子任务中创建其他 4 个子任务,挂起开始子任务后,系统在以太网中断接收处理子任务、CAN 中断接收处理子任务、音频录制并发送子任务和音频播放子任务之间轮询工作。采用信号量完成中断服务和任务、任务和任务之间的互斥通信。整个程序工作过程较为复杂,仅以如图 6 所示的以太网音频数据接收和

播放流程为例进行简要介绍。以太网接收数据后产生中断,继而产生数据接收处理信号量,开始接收音频数据,当写满 3 个缓冲区后,控制产生播放信号量,播放子任务获取该信号量后开始从缓冲队列中读取音频数据进行播放。

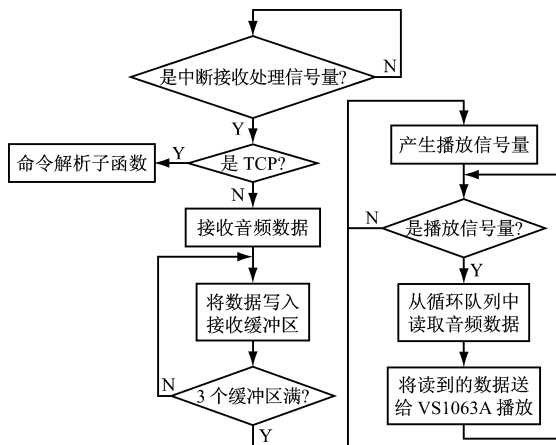


图 6 数据接收处理和播放流程

5 结语

煤矿语音广播系统以太网语音通信采用 PCM 编解码方式,CAN 总线在低速率传输情况下采用 Ogg Vorbis 编解码方式。该系统目前已投入煤矿使用,实现了广播、多播、单播、实时对讲和流媒体在线播放,且经功放扩音,音质良好。

参考文献:

- [1] 徐炜. 矿用 IP 网络广播终端硬件设计[J]. 工矿自动化, 2014, 40(7): 16-18.
- [2] 丁恩杰, 苗曙光, 朱微维, 等. 一种基于 CAN 总线的煤矿数字化扩音电话系统的设计[J]. 工矿自动化, 2010, 36(1): 66-69.
- [3] 张文亚, 李恩, 蔡丽, 等. 一种基于 lwIP 的 CAN/Ethernet 嵌入式网关设计[J]. 计算机应用, 2007, 27(2): 278-281.
- [4] 包建军, 徐炜, 罗克. 基于 LWIP 的煤矿数字语音对讲终端的设计[J]. 工矿自动化, 2011, 37(12): 11-14.
- [5] 崔连成, 刘凯, 马丽娜, 等. 井下数字安全广播系统的设计[J]. 工矿自动化, 2011, 37(9): 108-111.