

文章编号:1671-251X(2014)01-0089-04 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.01.024

郭华,于胜文.基于Cortex M3的矿井压力采集网关设计[J].工矿自动化,2014,40(1):89-92.

## 基于 Cortex M3 的矿井压力采集网关设计

郭华<sup>1</sup>, 于胜文<sup>2</sup>

(1. 山东科技大学 信息科学与工程学院, 山东 青岛 266510;

2. 山东科技大学 测绘科学与工程学院, 山东 青岛 266510)

**摘要:**根据智能网关在液压支架智能分布式网络数据采集系统中的功能需求,提出了一种基于 Cortex M3 的实时网关设计方案,介绍了网关的硬件和软件设计。该网关实现了 RS485 或 CAN 总线井下压力数据的批量采集,可以通过以太网或 Modem 远程上传数据到上位机,使用 SD 卡实现大量采集数据的离线备份。试验结果表明,该网关具有成本低廉、结构简单、稳定可靠的优点。

**关键词:**液压支架;智能网关;压力采集;Cortex M3;  $\mu$ C/OS

中图分类号:TD326 文献标志码:B 网络出版时间:2013-12-31 09:52

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13272/j.issn.1671-251x.2014.01.024.html>

Design of mine pressure acquisition gateway based on Cortex M3

GUO Hua<sup>1</sup>, YU Shengwen<sup>2</sup>

(1. College of Information Science and Technology, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China;

2. College of Geomatics, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China)

**Abstract:** According to functional requirements of intelligent gateway in smart distributed network data acquisition system of hydraulic support, a design scheme of real-time gateway based on Cortex M3 was proposed, and designs of hardware and software of the gateway were introduced. The gateway realizes batch sampling of pressure data through RS485 or CAN bus, can upload data to the remote upper computer through Ethernet or Modem, and can offline backup massive sampled data using a SD card. The

收稿日期:2013-11-01;修回日期:2013-11-22。

基金项目:高等学校博士学科点专项科研基金项目(20093718110002)。

作者简介:郭华(1977—),男,山东莱芜人,讲师,主要研究方向为嵌入式系统设计、矿用传感器技术、物联网等,E-mail:stone\_storng@163.com。

### 3 结语

实际运行效果表明,基于 Proficy Portal 的监控画面网页发布系统能够快速地将现场的实时监控画面与数据发布到 Internet 中,实现对现场设备的远程监视,并可实时显示选煤厂的实际生产情况和煤质变化情况,增强了企业的信息化程度,方便了各级领导对选煤厂生产情况的视查。

参考文献:

[1] 王勇,宁祎. OPC Server 在 KJ95N 型煤矿综合监控系

统中的应用[J]. 工矿自动化,2010,36(8):105-106.

[2] 陈育才. 煤炭工业信息化现状与发展趋势研究[J]. 工矿自动化,2011,37(8):147-150.

[3] 高杰,谈世哲. 基于 SQL Server CE 的 CEMS 数据库的研究[J]. 工矿自动化,2010,36(12):66-68.

[4] 胡思源. 选煤厂监控系统的设计与实现[D]. 武汉:武汉理工大学,2006.

[5] 任杰,肖卫雄. 选煤厂自动化集成平台的设计[J]. 工矿自动化,2011,37(3):95-97.

[6] 孙继平. 煤矿自动化与信息化技术回顾与展望[J]. 工矿自动化,2010,36(6):29-30.

experiment result shows that the gateway has advantages of low cost, simple structure and high stability and reliability.

**Key words:** hydraulic support; intelligent gateway; pressure acquisition; Cortex M3;  $\mu\text{C}/\text{OS}$

## 0 引言

目前,国内的液压支架压力采集表基本上都是采用 RS485 或 CAN 总线通信方式上传数据,鉴于井下环境的特殊性,井下通信网络存在不稳定性,通信中断会导致采集数据的丢失,导致对液压支架压力的监控失去时间连续性。因而,必须采用智能网关对采集数据进行缓冲和备份,可以说,智能网关的运行效率和稳定性,直接影响了整个采集系统的工作稳定性和实时性。现有的基于 Linux 的嵌入式网关启动时间较长,实时性不高(受 Linux 操作系统的限制,只能做到软实时),另外,由于采用 Linux 操作系统,需要额外增加大容量存储芯片和内存芯片,使成本和设计复杂度增加。针对这些缺点,本文根据实际需求提出了一款结构简单、价格低廉的基于 Cortex M3 和  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  操作系统的实时网关设计方案,在单一芯片中实现了具有实时性的智能网关功能,并通过了试验验证。

## 1 智能分布式压力采集系统结构

智能分布式压力采集系统的网络层次如图 1 所示,可划分为 3 层,从下往上依次为信号采集层、网关协议转换层、上位机层<sup>[1]</sup>。信号采集层主要由分布在各个液压支架上的智能压力采集仪表组成,负责周期性地采集各个液压支架的压力信息,并上传给智能网关,智能网关将接收的各个压力采集仪表的信息组合打包,进行本地备份缓存,并根据上位机的需要上传压力数据,同时,根据上位机的控制命令对各个压力采集仪表进行参数设置、状态查询<sup>[2-5]</sup>。

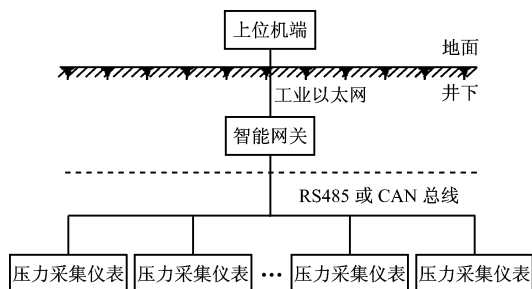


图 1 智能分布式压力采集系统网络层次

上位机端从智能网关读取压力数据,存入数据库,并以图形化的方式显示各个仪表的压力情况,便于工作人员直观观察压力数据的变化趋势<sup>[6]</sup>。

## 2 智能网关功能分析

从图 1 可知,智能网关起着承上启下的作用,下层仪表有可能采用 RS485 总线也有可能采用 CAN 总线进行数据通信<sup>[7]</sup>,因此,网关必须提供这 2 种通信方式。对于与上位机的连接方式,有可能采用工业以太网,也有可能采用普通的 Modem 拨号通信方式。因此,也要提供这 2 种接口。所以智能网关需具有以下功能:

- (1) 提供 RS485、以太网、串口、CAN 总线通信接口。
- (2) 具有大容量数据存储功能,可以将采集的压力数据存储到本地永久存储器中,并可以在上位机网络不通的情况下,自动持续采集数据并保存。
- (3) 提供 U 盘接口,在上位机网络故障时,工作人员可以将其缓存数据复制到 U 盘中,从而不影响对液压支架压力的持续检测分析。
- (4) 提供友好的人机界面,实时显示液压支架工作状态以及采集到的数据信息。

## 3 智能网关硬件设计

智能网关采用高性能的 NXP LPC1768 处理器作为核心控制器。NXP LPC1768 处理器基于 Cortex M3 构架,具有 3 级流水线和哈佛结构,运行频率可达 100 MHz,内部集成了以太网 MAC、USB 主机/从机/OTG 接口、4 个 UART、2 条 CAN 通道、SPI 接口等<sup>[8]</sup>,其所集成的外设模块完全满足本网关的硬件设计需求。

智能网关的设计原理如图 2 所示,该网关中提供了 2 路 RS485、2 路 CAN 总线接口用于连接适配 2 种常用压力采集仪表的通信接口,2 路 RS485 接口用于功能扩展,通过以太网接口连接到井下工业以太网,从而可将采集数据上传到井上监控室的上位机中,实现实时的压力监控。同时,提供了 SD 卡接口,用于将采集的各路压力数据备份保存在本机的大容量 SD 卡中,该卡最大支持 32 GB 的数据存储量。USB2.0 Host 接口提供 U 盘读取备份数据的功能,在井下工业以太网故障时,可方便人工使用 U 盘复制备份存储在 SD 卡中的采集数据,不影响上位机对压力监控的连续性。通过液晶屏实时显示

网关的运行状态和当前采集的各个压力传感器的数据。

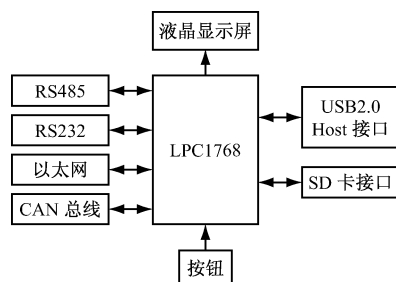


图2 智能网关设计原理

## 4 智能网关软件设计

### 4.1 网关功能软件任务框架

在该网关的设计中,需要用到文件存储系统、TCP/IP 网络通信协议、USB2.0 通信协议和图形界面显示库,因而,需选择合适的嵌入式实时操作系统才能实现。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  是一种可移植、可裁剪、抢占式实时多任务操作系统内核,它被广泛应用于微处理器、微控制器和数字信号处理器。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  实现了一个基于优先级调度的抢占式的实时内核,并在这个内核之上提供最基本的系统服务,如信号量、邮箱、消息队列、内存管理、中断管理等。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  可管理多达 63 个应用任务,另外,在  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  内核之上,有如下独立模块可供用户选择: $\mu\text{C}/\text{FS}$  文件系统模块、 $\mu\text{C}/\text{GUI}$  图形软件模块、 $\mu\text{C}/\text{TCP-IP}$  协议栈模块、 $\mu\text{C}/\text{USB}$  协议栈模块<sup>[6]</sup>。因此,非常适合于该网关的设计。

为了降低成本,该网关大量采用成熟可靠的免费开源代码库,其中,TCP/IP 协议采用免费开源的 LwIP 协议栈,LwIP 是 Light Weight (轻型)IP 协议,有无操作系统的支持都可以运行。LwIP 实现的重点是在保持 TCP 协议主要功能的基础上减少对 RAM 的占用,一般它只需要几百字节的 RAM 和 40 KB 左右的 ROM 就可以运行,这使得 LwIP 协议栈适合在低端的嵌入式系统中使用<sup>[7]</sup>。文件系统采用 FatFS,FatFS 是一种完全免费开源的 FAT 文件系统模块,用于在小型嵌入式系统中实现 FAT 文件系统。FatFS 的编写遵循 ANSI C,不依赖于硬件平台,只需编写一些底层函数就可以嵌入到 8051、PIC、AVR、SH、Z80、H8、ARM 等微控制器中。它支持 FAT12、FAT16 和 FAT32,支持多个存储介质;有独立的缓冲区,可以对多个文件进行读写<sup>[9]</sup>。

根据对智能网关的功能分析,将网关软件功能划分为 5 个单独的任务模块,如图 3 所示。

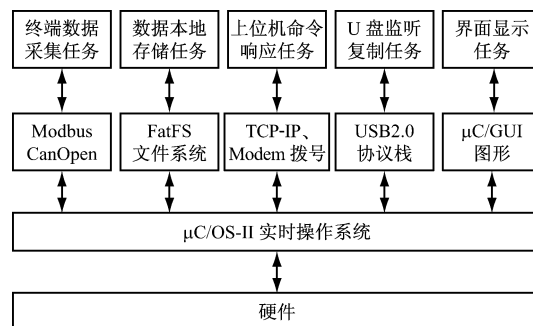


图3 智能网关的软件功能模块

(1) 终端数据采集任务:该任务负责通过标准的 Modbus 或 CanOpen 协议栈,与下层压力采集仪表进行通信,周期性地轮询采集各个仪表的数据并缓存到内存中。

(2) 数据本地存储任务:该任务属于条件触发型任务,当网关与上位机失去连接时,负责将采集的数据存储到本地 SD 卡中,这样,当连接恢复后可以将这部分数据再上传到上位机服务器,从而有效保证了监控数据的连续性。

(3) 上位机命令响应任务:该任务负责解析上位机的命令,触发执行响应的功能,还负责对该网关功能的设置和运行状态的查询,例如设置网关的地址、数据采集方式等。

(4) U 盘监听复制任务:该任务也属于条件触发型任务,负责监听 USB 主机接口状态,一旦检测到有 U 盘插入,则将 SD 卡中备份的数据复制到 U 盘中。

(5) 界面显示任务:该任务负责为用户提供友好的人机界面,显示当前的液压支架运行状态以及当前采集到的各个压力采集仪表的读数。

### 4.2 软件设计与实现

将软件功能划分为 5 个独立任务,大大降低了编码复杂性。终端数据采集任务流程如图 4 所示,任务先初始化查询地址,然后发送查询压力命令给压力采集仪表,如果相应地址的压力采集仪表存在,则会响应查询,回复有效数据给中继网关,网关将数据解析后将有效数据缓存,然后递增查询地址,继续查询下一路压力采集仪表,如果地址达到设定的上限,则进入延时周期,然后重复开始采样。之所以加入延时周期,是考虑到很多压力采集仪表都是采用电池供电,频繁查询将导致压力采集仪表能耗增大,导致使用时间减少。

响应上位机命令任务流程如图 5 所示,在接收到正确的上位机命令后,根据命令码,执行相应的功能,命令码为一个字节,因此,最多可以支持 256 个

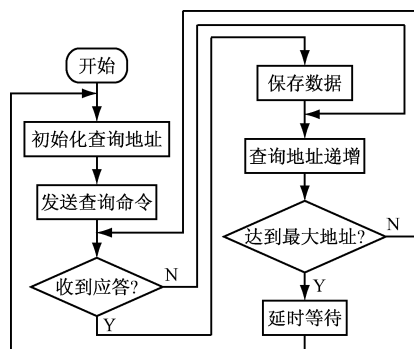


图 4 终端数据采集任务流程

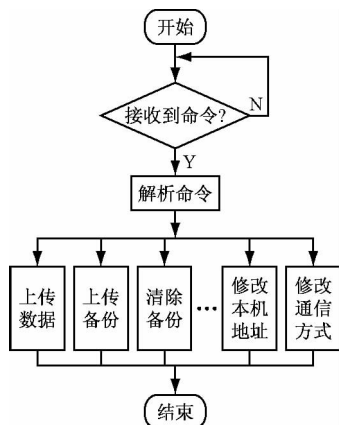


图 5 响应上位机命令任务流程

命令,目前,在本方案中有上传数据、上传备份数据、修改网关参数等 15 个命令码。

考虑到井下黑暗的环境,为了保证提供给现场人员清晰易读的界面,同时,还要充分地节省系统资源,显示界面并没有采用窗口模式,而是直接设计了高对比度的文字图形显示界面,如图 6 所示。在界面中采用列表的方式,将采集到的数据分解为支架编号、连接情况、当前数据 3 个表项。轮番显示接收到的设备信息。现场人员可以方便及时地了解液压支架的运行情况。

上位机地址: 000 本站编号: 000 状态: 正在运行		
当前时间: 2011 年 04 月 16 日 09 时 24 分 48 秒		
支架编号:	连接情况:	当前数据:
01	在线	90
02	在线	92
03	在线	94
04	在线	84
05	无连接	00
06	在线	76
08	无连接	00
09	在线	85

图 6 图形显示界面

## 5 结语

基于 Cortex M3 的矿井压力采集网关连接终端压力采集仪表进行了长期井上模拟试验,一台中继网关连接 200 台压力采集终端,每个终端的查询间隔设定为 300 ms,在 1 min 内即可完成一次全网采样,大大减轻了上位机对终端压力采集仪表的采集工作量,减少了对网络带宽的占用,完全满足上位机的查询要求。因为有采集数据的备份功能,从根本上杜绝了网络中断导致的数据不连续性问题,单芯片设计使稳定可靠性增加。为了节省采用电池供电的压力采集终端的有限电量,同时,因为每架液压支架的压力是缓变量,实际应用中可以将每次全网采样间隔时间设置为 5 min 左右。试验结果表明,这样将成倍提高电池的使用时间而不影响上位机对液压支架压力变化趋势的判断。经过半年的试运行,证明该智能网关可靠稳定,兼容性好,成本低廉,结构简单,值得推广。

## 参考文献:

- [1] 丁铨,孟国营,崔国梁,等.基于 ARM 和 CAN 总线的液压支架压力监测平台的设计[J].仪表技术与传感器,2012(11):169-172.
- [2] 吴清收.综采液压支架压力数据采集系统[J].仪器仪表与检测技术,2006,25(11):64-65.
- [3] 王燕霞.煤矿综采液压支架压力和顶板离层位移监测系统的研究[D].青岛:山东科技大学,2010.
- [4] 路佳,张树齐.基于组态软件的液压支架压力远程监测系统[J].工矿自动化,2007,33(4):51-52.
- [5] 刘日成,李金海,徐春超,等.矿用液压支架压力监测系统在综采工作面的应用[J].煤矿安全,2012,43(6):67-68.
- [6] 洪源,石倩,邓兆敏,等.液压支架压力检测系统现状分析及解决方案[J].中国煤炭,2007,33(9):48-49.
- [7] 刘远志,潘宏侠,闫磊,等.基于 CAN 总线的液压支架压力传感器自动化系统的设计[J].湖南农机,2011,38(11):28-29.
- [8] 石军,林红.基于 LPC1768 的 FatFS 嵌入式文件系统[J].工业控制计算机,2011,24(8):17-20.
- [9] 孔栋,郑建宏.嵌入式 TCP IP 协议栈 LWIP 在 ARM 平台上的移植与应用[J].通信技术,2008,41(6):38-40.