

文章编号:1000-582X(2006)02-0006-03

基于 DSP 的机械振动信号实时以太网数据传输技术*

谢志江,胡应鹏,朱明星,尧鹏

(重庆大学机械工程学院,重庆 400030)

摘要:为了实现工业现场机械振动信号就地采集的实时数据传输,并根据多测点及大数据量数据采集的需要,提出了一种基于 DSP 控制的 RTL8019AS 实现机械振动信号实时以太网数据传输的设计方案.高速的 DSP 完成 A/D 芯片采集的数据的 UDP 和 IP 数据包的封装并通过对网络控制器 RTL8019AS 的寄存器的控制完成数据的实时传输.并根据需要精简了以太网的帧协议、TCP/IP 协议,解决了以太网控制芯片 RTL8019AS 与 DSP 的接口技术,以及实现 TCP/IP 协议通信的技术,并进行了系统的调试与验证.

关键词:DSP;数据传输;TCP/IP 协议簇;以太网

中图分类号:TH274

文献标识码:A

机械振动信号是机械设备状态监测与故障诊断的必不可少的信号,振动信号的采集测点多、数据量大、实时性要求较高.实际的振动信号的采集系统需要把采集数据传送到远离机组现场的操作室或中控室.对于一个普通的 10 个测点 16 位 20 kHz 采样频率的系统,其数据量就有 3.2 Mb/s.这么大的数据量一般的数字传输方式是很难达到的.传统的传输方式是通过模拟信号来传输,即传感器输出信号直接通过模拟信号线引入操作室的 PC 机 A/D 卡.这种方式实时性强,但由于传感器本身信号微弱,大多是 mV 级甚至是电荷信号,长距离传输极易受到干扰.而振动信号本身频谱分布广,很难通过滤波方式后续分离干扰信号,从而降低了监测和诊断的准确性.且由于每个传感器都需要单独通过信号线引入操作室,对于多测点机组由于信号线太多会出现安装复杂,维护困难的问题.为了解决传统方式的缺陷,在现场进行就地数据采集是很好的解决方法,主要的实现方法有两种:一是通过单片机或 DSP 进行就地数据采集并计算特征值,再通过现场总线的方式把特征值传送到操作室.这种方式结构简单,但实时性较低,且由于不保存原始采集数据,不利于后续的精密分析.二是在现场安装工控机进行就地数据采集,再通过局域网把数据传送到操作室.这种方式实时性好、抗干扰能力强、结构简单,但由于现场环境大多恶劣,对工控机可靠性要求高,有的现场甚至没有条件安装体积较大的工控机,同时成本高、维护困难.

如何有效的防止干扰并高效、实时的把振动信号采集数据传送到操作室的 PC 机一直是一个亟待解决

的难题.作者就上述问题提出了一种适用于机械振动信号数据采集领域的嵌入式以太网数据传输方案,该方案集中了前面所述几种方案的优点,结构简单、抗干扰能力强、成本较低,维护简单.可以实现现场设备和 PC 机的远距离、高效、实时的数据通信.该方案采用 DSP 控制下的 RTL8019AS 以太网控制卡,内嵌 TCP/IP 协议,支持以太网通信,也能便利的实现和管理层的接口,使以太网直达设备层.

1 方案设计

1.1 硬件设计

系统硬件结构如图 1 所示.

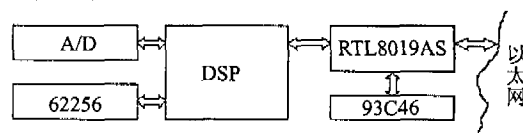


图 1 硬件系统结构图

该方案 DSP 芯片采用了德州仪器生产的 TMS320C5402,它是 TI 公司于 1996 年推出的第 7 代定点数字信号处理器.它的微处理器采用修正的增强型哈佛结构,片内有 CPU、8 条总线和高度专业化的指令系统.它执行速度快,指令执行速度最快为 10 ns、集成度高、有很大的寻址空间(1 M 字的程序空间,64 K 字的数据空间,64 K 字的 I/O 寻址空间)、可靠性高、处理功能强.适合于实现复杂的 TCP/IP 协议.

台湾 Realtek 公司生产的 RTL8019AS 以太网控制器,由于其优良的性能、低廉的价格,使其在市场上 10 Mbps 网卡中占有相当的比例.它适应于 Ethernet II、

* 收稿日期:2005-10-20

作者简介:谢志江(1963-),男,湖南湘乡人,重庆大学教授、博士生导师,主要从事机械设备状态监测与故障诊断的研究.

IEEE802.3、10BASE5、10BASE2、10BASET;支持8位、16位数据总线;内置16KB的SRAM,用于收发缓冲,降低对主处理器的速度要求。

Rtl8019AS通过CR寄存器中PS0和PS1位将寄存器组分为4页,每页16个寄存器,00H~1FH为各种寄存器的地址,10H~17H为远端DMA端口,18H~1FH为复位端口。TMS320C5402对Rtl8019AS的控制通过其映射到16个I/O地址上的寄存器来完成对RTL8019AS的操作,这里采用93C46EEPROM来设置RTL8019AS的端口I/O基地址和以太网物理地址硬件连接如图2所示。

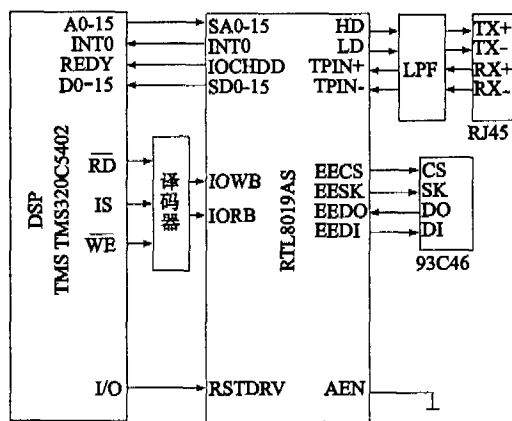


图2 以太网接口电路图

1.2 软件设计

物理层和数据链路层主要完成以太网控制器RTL8019AS的复位,寄存器的初始化,并设置RTL8019AS的工作方式、中断响应、DMA通道接收缓冲区的地址设置等。RTL8019AS有查询和中断两种工作方式。在查询方式下,主程序通过CURR和Boundary两个寄存器的值来判断是否收到一帧数据,当Boundary与CURR不等时,说明接收缓冲区接收到了新的帧,主程序读取数据后,以读取帧的第2个字节(下一帧的页地址)更新Boundary,主程序循环跟踪CURR和Boundary达到数据的接收目的。主程序在发送一帧数据时,先要查TSR寄存器并判断上一帧是否发送完毕。在实时多任务的环境,一般采用中断方式来处理RTL8019AS的收发。图3是一典型的中断处理程序(ISR)的流程。当主程序响应RTL8019AS的中断时,在ISR的入口,根据读取的中断状态寄存器(ISR)的值来确定程序的走向。

网络层和传输层主要实现IP协议、ARP协议和UDP协议。当DSP接收到以太网数据包以后,首先判断数据包的类型,如果是ARP请求,则发送一个ARP应答;如果是ARP应答,则把对方的IP地址和以太网地址放到ARP缓存中;如果是IP包,则调用IP处理模块处理,接收数据;如果IP数据报中的协议类型为17,则为UDP数据报,并调用UDP数据包处理模块。

应用层主要实现将采集数据打包放入缓冲区,等待网络层的传输,从而实现数据的传输。

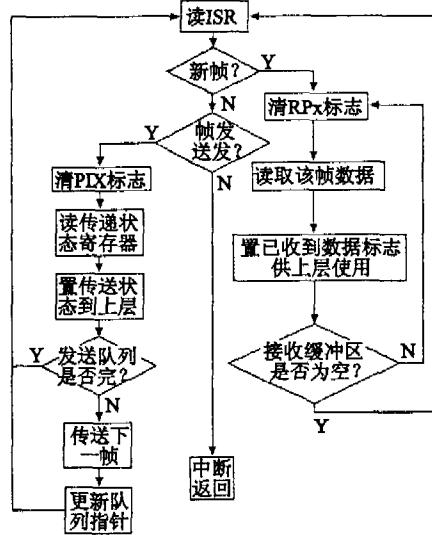


图3 ISR流程图

2 关键技术

为了实现机械振动信号就地采集的实时数据传输,必须要解决和实现一些关键的技术问题。

2.1 DSP和RTL8019AS的接口技术

RTL8019AS是针对PC机的ISA总线设计的,和DSP连接,在设计上有一些特殊性。DSP的读/写速度很快,DSP提供了两种方法协调与外部设备的访问:软件插入可变个数的等待周期;低电平有效(插入等待周期)的READY引脚,这里将RTL8019AS的IOCHRDY信号与DSP的READY相连。而且DSP和Rtl8019AS工作电压不同,之间的连线需要通过电平转换。RTL8019AS在复位的上升沿锁定IOCS16脚的的电平,其值决定数据总线的宽度:高电平时为16位总线方式,低电平时为8位总线方式。如挂接到8位主设备上,将以27kΩ的电阻下拉置地,D8~D15空悬。作者采用了16位数据总线方式(如图2),有利于传输速率的提高。

2.2 通信协议的实现技术

2.2.1 以太网协议

媒介访问控制MAC(Media Access Control)向以太网收发数据。传送的数据格式为以太网数据帧格式。一个标准的以太网物理传输帧由同步位、分隔位、目的地址、源地址、类型字段、数据段和帧校验序列等7个部分组成。

除了数据段的长度不定外,其他部分的长度固定不变,数据段为46~1500字节。以太网规定整个传输包的最大长度不能超过1514字节(14字节为DA、SA、TYPE),最小不能小于60字节,除去DA、SA、TYPE14字节,还必须传输46字节的数据,当数据段的数据不足46字节时需填充,填充字符的个数不包括在长度字段里;超过1500字节时,需拆成多个帧传送。事实上,发送数据时,PR、SD、FCS及填充字段这几个数据段由以太网控制器自动产生;而接收数据时,

PR、SD被跳过,控制器一旦检测到有效的前序字段(即PR、SD),就认为接收数据开始。

2.2.2 TCP/IP 协议

对于面向数据采集和传输的嵌入式系统中实现的TCP/IP协议都是实现IP协议、ARP协议、UDP协议或者是TCP协议。作者完成的是IP协议、ARP协议和UDP协议。

地址解析协议ARP(Address Resolution Protocol),使得IP地址和MAC地址关联起来。在以太网上,使用地址解析协议ARP协议来实现IP地址到MAC地址的动态转换。ARP报文格式包括硬件类型、协议类型、硬件地址长度、协议地址长度、操作字段、源端物理地址、源端IP地址、目的物理地址和目的IP地址。

网络互联协议IP(Internet Protocol),IP协议提供了一种高效、不可靠和无连接的传输方式,即尽力提交服务。IP层的分组称为数据报,由头部和数据两部分组成的。头部长度为20~60个字节,其中20字节的固定部分包括IP协议的版本、头部长度、服务类型、报文总长度、标识符、片偏移、报文生存时间、首部校验和以及源端IP地址和目的端IP地址。

用户数据报协议UDP(User Datagram Protocol),是无连接的、不可靠的传输层协议。除了提供进程到进程的通信代替主机到主机的通信之外,UDP没有对IP服务增加任何东西。这对于编写简单的请求/响应模式的应用是很方便的。UDP协议的数据报格式包括源端口号、目的端口号、数据报长度、UDP校验和以及UDP数据。

3 结 语

总结现有各种机械振动信号的传输方式的优缺点,

结合机械振动信号数据采集系统的实际要求研究提出了实现机械振动信号实时以太网数据传输技术方案,以太网和其它的现场总线技术相比具有协议规范、统一信息、透明存取等特点,这些使以太网技术在机械自动化和数据采集行业中越来越成为最热门的研究课题。同时介绍了软硬件设计和TCP/IP协议的实现方法,对实现的关键技术进行了论述。满足机械振动信号数据采集系统通信的高效、实时、抗干扰能力强的要求,非常适合于机械设备振动监测和故障诊断的各种现场使用,该方案在一大型钢铁企业已得到实施,工作稳定可靠。

参考文献:

- [1] [美]BEHROUZ A FOROUZAN 著.数据通信与网络[M].王嘉祯译.北京:机械工业出版社,2005.
- [2] [美]BEHROUZ A FOROUZAN, SOPHIA CHUNG FEGAN 著.TCP/IP协议族[M].谢希仁译.北京:清华大学出版社,2001.
- [3] 郑红,吴冠. TMS320C54X DSP应用系统设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,2002.
- [4] REALTEK. RTL8019AS datasheet[EB/OL]. <http://www.realtek.com.cn>, 1995-04-25.
- [5] TEXAS INSTRUMENTS. TMS320C5402datasheet[EB/OL]. <http://www.ti.com>, 2000.
- [6] 王颖,陈朝阳,陈敏.基于DSP的以太网通信系统设计[J].计算机与数字工程,2004,32(6):51-54.
- [7] 陈华鸿,庞涛,周莎.“三层传输模型”在嵌入式系统与PC间通信中的实现[J].重庆大学学报(自然科学版),2005,28(3):65-68.

Development of Technology of DSP Based Mechanical Vibration Data Real-time Ethernet Transmission

XIE Zhi-jiang, HU Ying-peng, ZHU Ming-xing, YAO Peng

(College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: In accordance with the requirements of industrial mechanical vibration field data real-time transmission in the condition of multi-survey-point and mass data acquisition, an Ethernet data transmission method based on Ethernet controller RTL8019AS and TMS320C5402 DSP is presented. Packing data from A/D into UDP and IP package and controlling RTL8019AS through I/O mapped registers, high-speed DSP makes real-time communication high performance. Ethernet frame protocol and TCP/IP protocol are simplified for the specific purpose. And the interface technology between Ethernet controller RTL8019AS and DSP is solved. The system evaluation and debugging are made.

Key words: DSP; data transmission; TCP/IP protocol suite; ethernet