

星载干涉成像光谱仪高速数据采集系统的设计

薛利军,李自田,刘学斌,黄旻

(中国科学院西安光学精密机械研究所,陕西西安710068)

摘要:在工业及航空航天测控领域,实时数据采集存储是一个基本而且重要的环节。如何提高数据采集存储的实时性一直是技术人员所关心的问题。结合32位高速数据采集板7300A在星载干涉成像光谱仪高速数据采集记录系统的应用,阐述了在WindowsNT下用vc6.0实现高速数据采集、存储与实时显示过程。在实现过程中采用了多线程、定时器、双缓存和同步对象等技术,有效保证了光谱数据采集、存储与显示的稳定性、实时性,用高速数字采集卡实现了高速数字图像采集卡的功能。

关键词:数据采集; 实时存储; PCI-7300A; 干涉成像光谱

中图分类号:TN248.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-2276(2005)05-0622-04

Design of secondary planet interfere-spectrometer imaging data acquisition system

XUE Li-jun, LI Zi-tian, LIU Xue-bin, HUANG Min

(Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, the Chinese Academy of Science, Xi'an 710068, China)

Abstract: Real-time data acquisition is a basic and important link on industry and aviation measure and control realm. How to increase the real-time quality of data collection and saving is a problem concerned by technical personnel. A high speed data acquisition system which has been used recording the secondary planet interfere - spectrometer imaging based on 32 bit high speed data collection card ADLINK PCI 7300A is described. The realization of high-speed data collection, saving and real-time displaying based on vc6.0 and Windows NT is elaborated. In the process the multithreading, timer, double-buffer and synchronous object etc have been used, the system stability and real-time quality are effectively assured, the function of high speed digital image card is realized by digital I/O card.

Key words: Data collection; Real-time saving; PCI-7300A; Spectral-interferometer

0 引言

成像光谱技术能获得被测目标的空间和光谱信息,在航空航天遥感、军事侦察、环境监测、资源勘测等领域具有重要的应用价值。从原理上成像光谱技术

可分为色散型和干涉型两大类。由于色散型成像光谱仪存在着能量低等原理性缺陷,从而使其分辨率和信噪比都难以提高。而干涉型成像光谱仪在原理上具有高光谱分辨率和高能量通过率等优点。在相同条件下,与典型的色散型成像光谱仪相比,进入干涉成像

收稿日期:2004-12-19; 修订日期:2005-01-12

作者简介:薛利军(1975-),男,陕西西安人,工程师,博士,研究方向为光电信息处理、图像处理和电子技术等。

光谱仪的能量要高 200 倍左右,而光谱分辨率一般也要高两个数量级以上。这就要求干涉成像光谱仪的后续采集处理系统动态范围大、位数高,一般采用 12 比特或更多比特量化,结果使得数据量急剧上升,对数据的采集记录造成了很大的压力。而如何解决干涉成像光谱仪大量数据的实时存储问题,对于干涉成像光谱仪来说是非常重要的。此外,由于数据采集量大而又要求采集与显示实时同步进行,如何解决两者的时间争用问题,以及两者间的数据共享问题,对于数据采集记录系统实时性的解决都是非常关键的。

1 系统组成

干涉成像光谱仪输出 14 路信号,1 路时钟,1 路帧同步,12 路数据信号,没有行同步。时钟频率为 8.987 MHz, 占空比范围为 45~55%, 帧频固定为 68.38 Hz, 高电平为正程,持续 512×256 个时钟,低电平为逆程(回扫段),持续 128 个时钟。在帧同步为高电平时,数据信号传送图像信息,而在低电平时,数据信号传送辅助参数。辅助参数放在对应图像数据的前一逆程。由于干涉成像光谱仪传来的光谱图像信号是低压差分信号(LVDS),所以需要电平转换卡把成该信号转换为 TTL 电平并传给 7300A 卡进行采集,工控机的图像采集处理软件对 7300A 卡采集的数据进行实时存储、显示等其他相关操作,每帧图像输出的数据时序如图 1 所示。

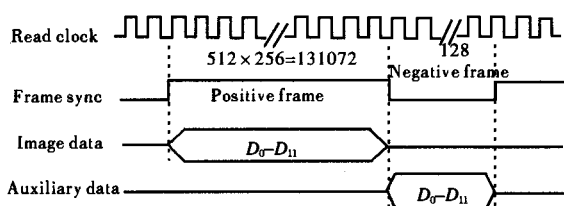


图 1 数据输出时序图

Fig.1 Output data time sequence

2 数据采集

为了实现对干涉成像光谱仪传来的光谱数据的实时高速采集,选用台湾凌华公司出品的 PCI-7300A 数字 I/O 采集卡。它具有许多良好的特性:32 位 PCI 总线,32 个数字输入/输出通道,高达 80 MB/s 的传输速率 (32 bit input/output@20 MHz),64 KB 的 FI-

FO, 总线主控 DMA 方式,100 针 SCSI-II 型的连接器,完善的开发支持软件^[1]。

在开始数据采集时,首先对采集卡进行初始化配置,然后开始数据采集,同时启动一个工作线程来监视用户缓冲区(用户设置缓冲区的大小后,由采集卡的驱动程序创建)的使用情况,以便及时进行数据存储,最后启动定时器控制实时显示。其具体实现如下:

```
Card=Register Card(PCI_7300A_RevB,0); //注册卡
DI_7300B_Config(Card,16,TRIG_EXT_STROBE ,
P7300_WAIT_TRG,
P7300_TERM_ON,
P7300_DIREQ_NEG | P7300_DIACK_NEG |
7300_DITRIG_POS,1,0);
```

//7300A 卡的初始化配置。

```
DI ContMultiBufferStart (card, 0, 1); //启动缓存
DI_AsyncMultiBufferNextReady(card, &Next
Ready, &BufferId); //判断缓存准备好信号
m_Timer ID=Set Timer(1,SCAN_INTERVAL,
NULL); //定时开启实时显示
```

3 数据存储

针对 PCI 7300A 采集卡高速采集的特点,在凌华公司的驱动程序包 PCI DASK 中,提供了专门用于实现高速数据采集的连续多缓冲区操作的一组函数。通过这组函数,可以按照循环缓冲区的原理,非常方便地对数据的连续、实时和大容量采集^[2]。

为了通过使用 PCI 7300A 高速数据采集卡和 PCI DASK 的双缓冲区模式,达到实时数据存储速率不低于 32 MB/s 的目标,需使用非常规的方法。而且工作在双缓冲区模式时,如果在第二个半缓冲区被写满之前,不能完成对第一个半缓冲区中数据的处理,则会出现第一个缓冲区中未处理完的数据被新数据覆盖的情况,最终导致所采集到的数据不可用。通过使用 SCSI 硬盘控制器和高转速的 SCSI 硬盘来解决,其硬件结构如图 2 所示。目前,15000 转/分的 SCSI 硬盘,总线数据传输速率 80~120 MB/s,持续数据传输速率大于 50 MB/s,SCSI 硬盘在标识硬盘扇区时使用了线性的概念,即硬盘只有线性的第 1 扇区、第 2 扇区, ..., 第 n 扇区,该线性编排方式的优点是访问延时最

小,可加速硬盘存取速率,尤其在大容量持续数据存储时,这种编排方式的优点更加明显。

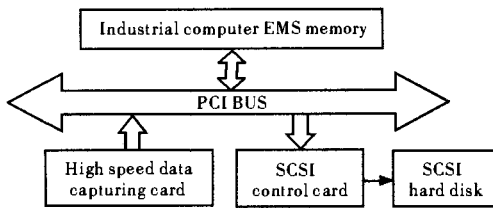


图 2 高速硬盘记录系统结构图

Fig.2 High speed HD record system structure chart

借助于 Adaptec 公司所提供的 ASPI(Advanced SCSI Programming Interface)中的函数^[3-5],直接对 SCSI 控制卡进行操作,绕过 Windows 传统的文件系统,以原始数据块(RAW DATABLOCK)的格式,对 SCSI 硬盘进行读/写访问。使用 ASPI 控制 SCSI 硬盘写数据的流程(如图 3 所示),使用 ASPI 函数发出一条写数据指令,指令包括:主适配器号、SCSI 硬盘标识号、逻辑单元号及写入的位置和长度。ASPI 管理器将收到的函数指令转换为 ASPI 指令传送给 ASPI 驱动,ASPI 驱动将 ASPI 指令及参数转换为适当的 SCSI 指令,并把此指令送给 SCSI 控制器,该控制器依照指令在其硬盘上执行写数据操作。具体步骤如下:

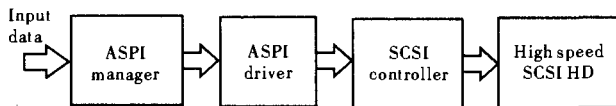


图 3 用 ASPI 函数写高速 SCSI 硬盘的流程

Fig.3 Chart of writing SCSI HD with ASPI function

(1) 建立指令

所有 ASPI 指令都使用一个 SCSI 请求块(SRB)的数据结构,SRB 包含了 SCSI 指令描述块(DDB),SCSI 标准规格的指令和参数均封装在 DDB 中。

(2) 指令发送

在 SRB 被正确初始化后,就可简单地把它地址传递给 ASPI 管理器,ASPI 管理器将处理实际 SCSI 指令的所有阶段和数据传输。ASPI 管理器使指令的实际执行同请求一个功能调用一样简单,通常只是把 SRB 放在一个队列中,且立即返回调用值,甚至在指令开始执行之前。这就允许应用程序在一个指令还在

执行的时候,就为下一条指令做好准备。ASPI 管理器在后台处理执行这些指令过程中的所有细节,然后在指令完全执行后,更新 SRB 中的状态字段。

(3) 等待指令完成

应用程序需等待 SRB 完成,再执行下一步动作。因 ASPI 管理器可能在一个 SRB 完成之前返回,故应用程序一定不能分配 SRB 或依赖于任何 SRB 返回数据。保证这一点最简单的方法就是这支一个循环,等待 SRB 状态字段指示 SRB 已经完成。但该方式浪费了宝贵的 CPU 时间。对于性能要求很高的系统,ASPI 提供了另外一种等待的方法,即对在 SRB 中指定的例行程序的一次回调,当 ASPI 管理器处理完 SRB,它将调用指定的例行程序。这个回调程序能够检查 SRB 的状态字段,并能立即执行另外一个 SRB。

(4) 回调及容错处理

应用程序在回调程序中,首先检查 SRB 的状态字段,做出相应的处理,对可能遇到的错误能容错处理。

在使用 ASPI 函数时,还应注意:(1)使 DDB 控制字段中的连接标志有效,指出该 DDB 是一系列连接指令的一部分,避免出现 SCSI 总线的重新选择阶段使目标硬盘可持续连接在总线上,实时记录数据。(2)应准备多个 SRB,把它们放入前台的对列,只要前面的指令完成,就用一个回调程序发送下一个要执行的 SRB 给后台的 ASPI 管理器。(3)在内存中开辟 2 个适当大小的数据缓冲区,以乒乓方式将数据从采集卡送入硬盘,数据的传输以中断和 DMA 的方式进行。

能直接存取 SCSI 硬盘后,就可以跳过 Windows 的文件系统,把每一组数据存放到硬盘中的指定位置。经过实测,采用 Adaptec 29320-R SCSI 适配卡和 Scagatc ST336753LW 硬盘(15000 转/min、持续传输速率为 65 MB/s 的 SCSI 硬盘),经 ASPI 函数直接控制硬盘记录数据,记录速度可达 43~56 MB/s。配合数据采集卡,以 20 MB/s 的速度持续记录,并连续记录 30 GB,实测没有出现差错。

4 实时显示

如果能够实时观察到干涉成像光谱仪数据采集系统采集到的光谱信号,对于了解系统的工作状态、

及时做出相应的调整,将是非常有实际意义的,这就需要把采集与显示同步进行。对于抢占式多任务操作系统 Windows 来说,利用多线程技术,把采集与显示放到不同的线程中实现,只须解决两者间的协调同步,就可以满足采集与显示的实时同步。在本采集程序中,采集程序放在工作线程,显示程序则放在主线程中,两者通过全局数据对象进行数据的共享。从共享数据缓冲区中取数据的操作由定时器来控制实现。使用定时器计时,最重要的一个函数是 SetTimer,Set-Timer 会从系统中获取一个计时器时间。调用 Set-Timer 还必须提供一个参数,用以设置定时器的时间间隔。每隔一段时间间隔,计时器便传送 WM_TIMER 消息给应用程序。在程序中,创建一个可激活的图像实时显示窗口,窗口激活后用该函数设定计时器的时间常数。窗口创建后,以此窗口句柄创建处理 WM_TIMER 消息的函数,每隔一定的时间(比如 0.1 s)图像显示一次。经实验测定,每隔 0.02 s 显示一次,综合性能最佳,虽然没有达到实时显示的效果(70 帧/s),但满足视觉需要,另外有原始数据记录可供调用,因此认为基本满足实时显示的要求。

在显示过程中,采用 BMP 方式。我们采集到的光谱数据是 12 位的数据,现在 BMP 方式也可以 16 位显示,但这需要专门的硬件与之配合,成本过高。于是采用 8 位的 BMP 方式,即只显示高 8 位的光谱数据,通过内存中写像素点的方式实现。首先自己填写 BMP 头,然后在内存中写像素点,其代码主要如下:

```
for(i=0;i<512;i++)
{
    fread((void*)(Tmp),512,1,hFile); //一次
    读一行 256 个点的数据,256* 2
    data=Tmp;
    for(j=0;j<256;j++) // 取 2 个字节进行运算,
    2 个字节刚好是 1 个点的数据 16 bit(低 12 bit 有效)。
    {data1=data[0]>>4; 低字节右移 4 位
    data2=data[1]<<4; 高字节左移 4 位
    data3=data1|data2; 高字节低 4 位与低
    字节高 4 位合成一个字节,即取 12 bit 的高 8 位
    ptr [k+0]=data3; 合成 BMP 图像,3 个
    ptr 值对应 3 个颜色分量
    ptr[k+1]=data3;
```

```
ptr[k+2]=data3;
k=k+3;
data+=2;}
}
```

5 应用及结论

干涉成像光谱仪光谱信号采集记录系统研制完成后,可作为地面检测测量系统的组成部分,进行过长期的地面联调试验和多次机载飞行试验,成功地完成了飞行试验任务,获取了高质量的光谱图像。用干涉成像光谱仪高速数据采集系统采集到的光谱图像经复原计算合成的彩色遥感图像,如图 4 所示^[6]。



图 4 彩色遥感图像

Fig.4 Color remote sensing image

参考文献:

- [1] ADLINK Technology Inc.NuIPC/NuDAQ cPCI7300A/PCI-7300 A 80 MB Ultra -High Speed 32-CH Digital I/O Boards User's Guide[Z].Taiwan:ADLINK Technology Inc.,2000.
- [2] ADLINK Technology Inc.PCIS-DASK Data Acquisition Software Development Kit For NuDAQ PCI-bus Cards,Windows NT/98 /2000 User's Guide[Z].Taiwan:ADLINK Technology Inc,2002.
- [3] PCIS-DASK V3.24 for PC Compatibles Function Reference Manual[Z].Taiwan:ADLINK Technology Inc,2002.
- [4] Adaptec Inc. ASPI for Win32 Technical Reference [Z].Taiwan: Adaptec Inc,2001.
- [5] XONG Wei,ZENG Luan,ZHAO Zhong-wen.Technology of high speed image data record applied in photoelectric theodolite[J].Infrared and Laser Engineering(熊伟,曾峦,赵忠文.用于光电经纬仪的高速图像数据记录技术.红外与激光工程),2004,33(5):538-541.
- [6] LIU Yang-yang,JIN Wei-qi,SU Bing-hua,et al.Progress of super-resolution reconstructing image schemes and application in remote-sensing image[J].Infrared and Laser Engineering(刘扬扬,金伟其,其,苏秉华,等.超分辨率图像处理技术进展及在遥感中的应用.红外与激光工程),2005,34(1):70-73.