

文章编号:1000-582X(2005)03-0080-04

医学数字图像序列高速存取的实用方法^{*}

任勇¹, 成卫²

(1. 重庆大学通信工程学院, 重庆 400030; 2. 重庆工学院计算机学院, 重庆 400050)

摘要:针对以往只能依赖专用设备或复杂系统才能实现医学数字图像序列高速存取的局限,提出一种利用新型串行硬盘(SATA)结合高效磁盘阵列(RAID)技术,进而在常规微型计算机平台上实现医学数字图像序列高速存取的实用方法;给出实际的系统构建方案和具体软件编程方法;最后得出相关测试结果和结论,并阐明本方法的高速性、廉价性和简便性。

关键词:医学图像;图像序列;高速存取;串行接口;磁盘阵列

中图分类号:TN911.73

文献标识码:A

随着现代计算机信息技术以及现代医学影像学的广泛应用和飞速发展,对于相关产品或设备的研发者来说,医学影像也越来越多地表现为医学数字图像^[1],在诸如医学影像存档和传输系统(PACS - Picture Archiving and Communication System)、医学成像系统(包括X线、CT、MRI)等热点应用领域,其关键技术还在于数字图像的获取、处理、显示、存储、压缩、通信等。目前围绕数字图像的几个关键技术方法已通过众多开发人员和研究机构的努力取得了相当的成就,有的还形成了相关技术标准。在其中的存储技术中,应满足高速度、大容量的基本要求,国际上通常采用分层存储策略,即将数字图像存储设备划分为高速内存、在线硬盘库、在线式后备库、离线存储介质等不同层次,根据图像使用的频度和轻重缓急将其存放在不同的存储层次中^[2-3]。

一般应用中,对于实时图像数据采用高速内存作为存储设备,而对于短期需要频繁存取的大容量图像数据(通常表现为图像序列,如X线DSA造影图像序列、CT断层图像序列等)采用磁盘阵列(RAID - Redundant Array of Independent Disk)作为存储设备,形成图像存储的不同的2个层次,而RAID磁盘阵列大多基于构建复杂且价格昂贵的服务器、SCSI接口硬盘及专用阵列控制卡。但在一些实时图像存储或快速回调图像应用场合,尤其是医学成像设备前端,需要将这2种存储设备关联在一起,亦即将它们并归为一个层次,在对图像数据进行实时处理的同时,同样能满足大容量图像数据(图像序列)的高速存储及高速读取,使整

体性能表现为实时或准实时,其前提又是对设备或系统不带来构建的复杂性和昂贵性。笔者提出的实用方法正是利用最新发展的计算机存储设备(SATA)结合已成熟的存储策略(RAID)实现医学数字图像序列高速存储和读取,并且达到真正高速、廉价、简便的目标。

1 实现方法

对于高速内存层次的图像数据存取,现今得益于计算机技术的发展,其高速性和廉价性已获得充分保障;通过对SATA特性和RAID规范的认识,进一步实现硬盘层次的图像数据存取,从而构建数字图像序列高速存取的实用方法。

1.1 SATA特性

SATA(Serial ATA)即串行ATA接口^[4],它是基于PC机的下一代IDE设备的接口标准,用以替换传统的PATA(Parallel ATA)即并行ATA接口,目前已有相关产品问世。随着当前硬盘的数据传输率越来越高,PATA接口逐渐暴露出一些设计上的缺陷,其中最致命的莫过于并行线路在高频工作情况下的信号干扰问题,如PATA-66、PATA-100接口已将总线时钟频率升至16.67 MHz、25 MHz,虽然通过在旧有的40 Pin排线基础上增加40根屏蔽地线可以在一定程度上解决问题,但信号干扰问题依然存在,再加上PATA接口不支持热插拔、容错性差、功耗大、传输距离有限等固有缺陷,使得PATA接口的应用和发展已经没有提升空间。这也是以往不得不采用昂贵的SCSI接口和SCSI

* 收稿日期:2004-10-12

作者简介:任勇(1966-),男,陕西榆林人,重庆大学讲师,硕士,主要研究方向:电子信息,图像处理。

硬盘来解决大容量数据高速存取的原因。而新的 SATA 接口标准,采用点对点串行总线,除了支持热插拔、容错性好、功耗低、连线数少、传输距离更长等特性外,更重要的是速度更快,其 SATA 1.0 标准的数据传输率便可达到 150 MB/s,未来的 SATA 2.0/3.0 更可提升到 300 以至 600 MB/s。就目前的 SATA 1.0 标准来说,其 150 MB/s 的数据传输率已可于 SCSI 标准中的高级产品 Ultra 2 - 160 MB/s 的数据传输率相匹敌,而前者的价格优势明显,仅为后者的 1/5,使用起来也极为简便通用。

如此,SATA 接口标准及其产品为构建医学数字图像序列高速存取方案提供了良好的基础。

1.2 RAID 规范

RAID (Redundant Array of Independent Disk) 的中文意思是“独立冗余磁盘阵列”,就是通过多个磁盘驱动器的协同工作来组成磁盘阵列,以提高数据存储的性能和可靠性,其中系统冗余、数据容错和提高存取性能是它的核心。RAID 在规格方面被定义成以下几类。

RAID 0:通过 2 个以上的硬盘组成一个磁盘阵列,数据被均匀等量的分成数据块分别放在几个硬盘中,这种数据被分割开交叉存储在几个硬盘中叫做“Striping”,而区块 (Stripe Block) 的大小也是可以调整的。虽然在使用中感觉到还是一个硬盘,但工作起来由几个硬盘并行处理,实际容量是这几个硬盘的总和(如果这几个硬盘的容量一样的话)。由于在存取数据时由几个硬盘分别同时进行操作,读写各自的部分,所以这样整个系统的性能会得以大大的提高。

RAID 1:通过系统数据冗余,将数据进行实时的备份来完成。整个系统会有一个主硬盘和至少一个做实时备份用的副硬盘,在存入任何数据时系统都要将数据完整地、实时地保存在子盘中,也就是始终保持着子盘是母盘的完全镜像 (Mirroring)。通过这种方法,系统读数据的速度会有微小的提高,但写数据的速度就和单硬盘没有什么差别。在 RAID 1 中,子硬盘中的空间无法被利用,当然数据的安全性大大提高。

RAID 0 + 1:使 2 组 RAID 0 的磁盘阵列互为镜像,也就是它们之间又成为了一个 RAID 1 的阵列。在每次写入数据时,磁盘阵列控制器会将数据同时写入两组“大容量阵列硬盘组”(RAID 0)中。在资源的占用上这种方式同 RAID 1 一样,虽然其硬盘使用率只有 50%,但它却是具有最高效率的划分方式。不过它需要至少 4 个以上的硬盘,所以说真正的“安全性”加“高性能”是建立在成本上的。虽然这种方式最为浪费资源,但是它集成了 RAID 0 和 RAID 1 各自的优点,就是既能有不低于 RAID 0 的性能又保证了 RAID

1 中的数据安全性。

RAID 2:以汉明码 (Hamming Code) 的方式将数据进行编码后分割为独立的位元,并将数据分别写入硬盘中。因为在数据中加入了错误修正码 (ECC, Error Correction Code),所以数据整体的容量会比原始数据大一些。

RAID 3:需要通过编码再将数据位元分割后分别存在硬盘中,而将同位元检查后单独存在一个硬盘中,但由于数据内的位元分散在了不同的硬盘上,因此就算要读取一小段数据资料都可能需要所有的硬盘进行工作,所以这种规格比较适于读取大量数据时使用。

RAID 4:与 RAID 3 不同的是它在分割时是以区块为单位分别存在硬盘中,但每次的数据存取都必须从同位元检查的那个硬盘中取出对应的同位元数据进行核对,由于过于频繁的使用,所以对硬盘的损耗可能会提高。

RAID 5:改善了 RAID 4 中同位元检查使用频繁的问题,它将原始的数据与同位元检查重新组合后再以位元分割的分式储存于各个硬盘中,所以在每个硬盘中都有同位数据,这样就减少了硬盘过多的存取工作。

总之,不同规格的 RAID 的主要功能实际上就是提升系统中硬盘的数据传输率或数据安全性,或者两种功能兼而有之,可由实际需求决定适当的选取。根据医学数字图像序列高速存储的实际要求,可以选择特定的 RAID 规格^[5]。

1.3 硬件实现方法

基于上述认识,采用大容量高速 SATA 硬盘设备结合 RAID 0 规格来实现医学数字图像序列的高速存取,即用 2 个或 2 个以上 SATA - 150 硬盘 (单个 80 G) 通过 RAID 阵列控制卡组成 RAID 0 磁盘阵列,来满足大容量、高性能与高速度的要求。实际上,日新月异的计算机技术又为人们提供了便利和好处,目前已有少量高档主板既支持 SATA 接口,又板载了 RAID 控制功能,且并不昂贵,再配加 2 个 SATA 硬盘,整体计算机配置下来的结果比以往的 SCSI 接口设备投资少的多,却可大大提高速度和性能,启用其 RAID 功能也非常简单,只需在主板的 BIOS 设置中做一次性设定。在下面的测试中,选用的主板是新上市的微星 865PE NEO2,其板载 ICH5/ICH5R 南桥芯片除了集成传统的 PATA - 66/100 控制器外,还集成了串行 SATA - 150 控制器,它最大的特点就是支持 SATA RAID 0,提供了两个 Serial ATA 接口,可以达到点对点 150 MB/s 数据传输率;硬盘使用 2 个 SATA - 150 80 GB,通过 RAID 0 设定后总容量达 160 GB。

1.4 软件实现方法

计算机操作系统采用 Microsoft Windows 2000 Pro-

fessional,应用软件的开发生编程通过 Visual C/C++ 6.0 实现^[6]。在目前的医学成像系统或设备中,单帧图像的规格尺寸已达 1 024 × 1 024 × 8 Bit(1M Bytes),则 400 帧图像其数据量为 400 M,对于数字图像序列实现高速存储、读取的主要程序代码如下:

```
公用变量:
.....
WORD m_nWidth = 1024;
WORD m_nHeight = 1024;
WORD m_nFrameNumMax = 400;
BYTE * m_pSeqBuff = new BYTE[ m_nWidth * m_nHeight * m_nFrameNumMax ];
.....
存储代码:
.....
CFile file;
file.Open("test.dat", CFile::modeCreate | CFile::modeReadWrite | CFile::shareExclusive);
DWORD tm = GetTickCount();
file.WriteHuge( m_pSeqBuff, m_nWidth * m_nHeight * m_nFrameNumMax );
file.Close();
tm = GetTickCount() - tm;
WORD rate = tm/m_nFrameNumMax;
.....

读取代码:
.....
CFile file;
file.Open("test.dat", CFile::modeRead);
DWORD tm = GetTickCount();
file.ReadHuge( m_pSeqBuff, m_nWidth * m_nHeight * m_nFrameNumMax );
file.Close();
tm = GetTickCount() - tm;
WORD rate = (1000 * m_nFrameNumMax)/tm;
.....
```

其中指针 m_pSeqBuff 指向分配给序列图像数据的足够内存区域, file.WriteHuge()、file.ReadHuge() 分别完成序列图像数据的一次性文件快速存取,而 tm 得到图像序列数据存取操作的所需时间(ms),最后折算出数据存储和读取速率 rate(帧/s, MB/s)。

2 测试结果与结论

在实际应用中由于计算机系统中 PCI 总线瓶颈

(133 MB/S)^[7]、设备资源分配、多任务共享等问题使得以上提到的各类设备的数据传输率的理论值是不可能达到的,还需要在实际应用系统中判别数据传输率,其真正的数据传输率对作者的医学数字图像处理设备才是有意义的。在硬件配置为微星 865PE NEO2 主板、P4 2.4G CPU、DDR 512M 内存、Geforce 4 64M 显卡的基本情况下,针对不同的几种存取设备,通过上述软件分别测得实际的存取效率,其结果如表 1(10 次独立测试取平均):

存取设备	存储速率	读取速率
Segate PATA - 100 80G (单个硬盘)	18	20
Segate SATA - 150 80G (单个硬盘)	41	42
Segate SATA - 150 80G 硬盘 (2个硬盘 RAID 0)	62	63

从表 1 可以看到,使用串行 SATA 设备其存取效率比常规 PATA 硬盘快 1 倍多,而由 2 个 SATA 硬盘组成 RAID 0 阵列,其存取效率又有一定程度的提高,如果用到将来的 SATA - 300/600 设备其存取效率更会大幅提高。实际上,60 MB/s 以上的存取速率已经能够满足很多情况下的医学数字图像处理应用的要求,其存储容量 160 GB 对于短期医学图像序列也是足够的。

通过以上实现方法分析和实际测试结果表明,在常规的计算机系统硬件和系统软件基础上,利用大容量串行 SATA 硬盘设备结合 RAID 技术来实现医学数字图像序列的高速存取不失为一种高速、廉价、简便的方法。

参考文献:

- [1] 曹厚德. 21 世纪的数字化医学影像技术[J]. 中华放射学杂志, 1999, 33(12): 5-7.
- [2] 贾克斌, 沈波. 实现医学影像存档和传输系统中的若干关键技术[J]. 中国图像图形学报, 2000, (7): 539-544.
- [3] 王舸. 医用 X 线数字成像系统的实现[D]. 西安: 西安交通大学图像处理研究所, 2001.
- [4] 唐山. SATA 技术[J]. 电脑自做杂志, 2003, (11): 46-48.
- [5] 黄卫平. 磁盘阵列(RAID)在医院网络信息系统中存储解决方案探讨[J]. 中国医疗器械杂志, 2003, (3): 215-217.
- [6] 何斌, 马天子. Visual C++ 数字图像处理[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001.
- [7] 刘晖, 冀然, 夏意军. PCI 系统结构[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.

Practical Method of High-Speed Access for Medical Digital Image Sequences

REN Yong, CHEN Wei

(1. College of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China;
2. College of Computer Engineering, Chongqing Institute of Petroleum, Chongqing 400050, China)

Abstract: The high-speed access for medical digital image sequences was restricted to special device and complicated system in the past. The authors present a new method of high-speed access for medical digital image sequences which can be performed on general computer by means of the combination of Serial ATA(SATA) and Redundant Array of Independent Disk(RAID). Then they introduce the scheme of system configuration and software program. Lastly the testing result is given and the speediness, cheapness and conveniency of this method are elucidated.

Key words: medical image; image sequences; high-speed access; SATA; RAID

(编辑 吕赛英)

(上接第56页)

- [3] 杨公平,曾广周. 基于UDP协议的时间服务器的设计与实现[J]. 微机发展,2003,5(5):7-8.
- [4] 鲁宏伟. 基于UDP传输协议的包丢失和失序处理[J]. 计算机工程与应用,2001,(2):48-50.
- [5] 夏健刚. 实时数据报文计算机网络的广播传输原理及实现[J]. 成都科技大学学报,1994,(3):52-57.
- [6] 符云清,吴中福,郑运忠. 基于层次控制树和分组的可靠多点广播协议[J]. 重庆大学学报(自然科学版),2000,23(3):66-69.

Research of Real-time Computer Network Protocol Based on UDP Protocol and Virtual Token

LIN Peng-jin, QIN Shu-ren, BO Lin, WANG Jian

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

Abstract: Aiming at the urge demand of a large amount of real-time data transmit in industry and academy fields, the authors analyze the advantages and disadvantages of many kinds of present protocols, take advantage of UDP protocol and standard 802.4 of Token Bus. The real-time network protocol is presented based on UDP protocol and virtual token. And this paper illuminates the principle of real-time quality and reliability about the protocol, giving the frame format of the protocol and the format of Virtual Token. It demonstrates the capability of the protocol with a point-to-point transmit example that constructed according to this protocol.

Key words: UDP protocol; virtual token; real-time; reliability; network

(编辑 张小强)