

IP 网络存储技术在体全息存储中的应用^{*})

吴非 谢长生 刘朝斌 吴明

(华中科技大学计算机学院外存储国家重点实验室 武汉430074)

摘要 传统的存储系统主要有两个限制,一是传统的存储技术基于二维面存储技术,这种存储手段已逐步接近其物理极限而很难满足对存储系统更大更快的要求。目前正在迅速发展的一种三维存储技术,即体全息存储,它具有存储密度大、高的数据传输速率和快的读出时间等优点。二是 Internet 技术的发展,要求存储系统能够方便和灵活地进行网络互联。IP 网络存储技术可以满足这一新的市场需求。本文结合体全息和 IP 网络存储两个关键存储技术,以最先进的网络处理器为硬件核心,来完成体全息存储系统的通讯接口的系统设计。

关键词 体全息存储,网络处理器,TCP/IP,千兆以太网

The Application of IP Network Storage Technology in Volume Holographic Data Storage

WU Fei XIE Chang-Sheng LIU Chao-Bin WU Ming

(National Storage System Laboratory, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Abstract There are two limitations in the traditional storage system. Firstly, the traditional storage technology is based on planar technology. The method has been gradually close to its physical margin and cannot meet the faster and more quick demand for storage system. At the present, the three-dimensional technology grows rapidly, namely volume holographic storage which offers high density, high transfer rate and fast data readout. Secondly, with the development of Internet, the storage system is required to provide convenient and flexible network connection. IP network storage technology can meet the new market request. Integrating the above key technology which include volume holographic storage and IP network storage, the paper provides the new method, which use network process as hardware core fulfill communication interface design of volume holographic storage.

Keywords Volume holographic data storage, Network processor, TCP/IP, Gigabit ethernet

1 引言

体全息存储系统具有存储容量大、数据传输快、存储时间短^[1~4],以及能快速进行图像或图形匹配和内容相关寻址操作的潜力,极有可能成为一种新型的网络存储系统。但要成为特性优良的通用型信息存储设备,达到实用性要求,在其接口方面需要解决两方面问题。首先,存储系统的传输速度要求达到100MB/s,其次是为了网络访问而设计所需的网络接口标准。

图1是一个典型的4-f(the four focal length)傅里叶变换体全息存储系统。存储时,一个二维的振幅型空间光调制器 SLM(spatial light modulator),以二维的‘0’和‘1’所组成的二值数据页代表欲存储的信息。一束激光通过 SLM 携带存储信息与参考光在记录介质中发生干涉形成全息图并被记录下来。数据的读出对参考光的特性十分敏感,通过改变参考光,例如参考光的入射角或波长,就能在同一存储体内存储许多不同的数据页。通过使用这种复用技术,可以增加存储密度,显著提高整体存储容量,这正是体全息存储区别于传统二维存储技术之处。采用角度复用的系统中,多幅全息图以不同的参考光入射角记录在同一存储体中。所存全息图的数目与记录材料的厚度及特性有关。读出时,用相应的参考光照射体全息记录介质,衍射光成像于探测器阵列表面,探测器阵列根据各像素所接收到的光强大小将光信号转变为电信号。在体全息存储技术中,数据按“页面”方式并行读写,与传统存储技术中按“位”操作的串行方式显著不同。以页为单位存储和利用内在的并行性恢复数据,数据读出率可超过1GB/s,而仅仅受到 I/O 设备(SLM、探测器阵列)和传输通道速率的限制。

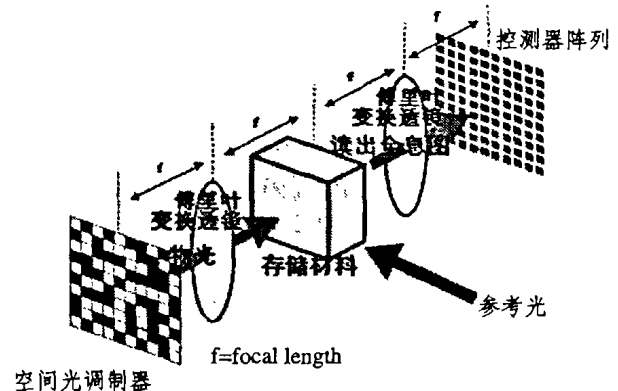


图1 典型的4-f 傅里叶变换体全息存储系统

目前,我们有三种接口标准可以满足通道速率的要求,即基于 TCP/IP 的 SCSI(或称 iSCSI),基于 IP 的光纤通道和千兆以太网。

2 iSCSI、光纤通道和千兆以太网技术的比较

基于 TCP/IP 协议的 SCSI 可通过已有的网络硬件、软件和技术能力来实现 IP 存储,它也将使组建千兆以太网成为可能,并且 SCSI 是一个经过证明的工业标准。但是基于 TCP/IP 的 SCSI 还在萌芽阶段,它还面临着重大的技术障碍,特别是基于 TCP/IP 的 SCSI 则需要转换装置使服务器操作系统进行基于网络 IP 到网络存储设备的仿真。除非微软和其它操作系统供应商同意加入这种转换,否则它在实际操作中将受到限制。

^{*})国家“973”重大基础研究项目,课题编号 G1999033006。吴非 讲师,在职博士生,主要研究方向:计算机系统结构,全息存储。

基于 IP 的光纤通道通过 IP 网络服务来连接建立在局域网、广域网或城域网之上的网络存储设备,它不依赖于链接层的传输协议。所以基于 IP 的光纤通道的主要特点在于不需要对存储子系统或服务器的操作系统进行修改,而且通过 IP 进行存储,由 NFS(Network File System)文件系统来实现。基于 IP 的光纤通道和基于 IP 的以太网相比,在网络存储的高层文件应用上并无本质区别,仅仅是最后的数据变成 IP 包,通过光纤通道帧或以太网帧进行通讯。所以,当以太网速度最高只有 100Mbps 时,光纤通道有其传输速度的优势(可达 800Mbps 以上),但今天千兆以太网技术已经十分成熟,10G 以太网也即将投入使用,基于 IP 的光纤通道存储技术逐渐被基于 IP 的千兆以太网存储技术所替代。使用基于 IP 的存储网主要具有如下几个优势:

(1) 由于 IP 和以太网的技术和产品随处可得,用于建立

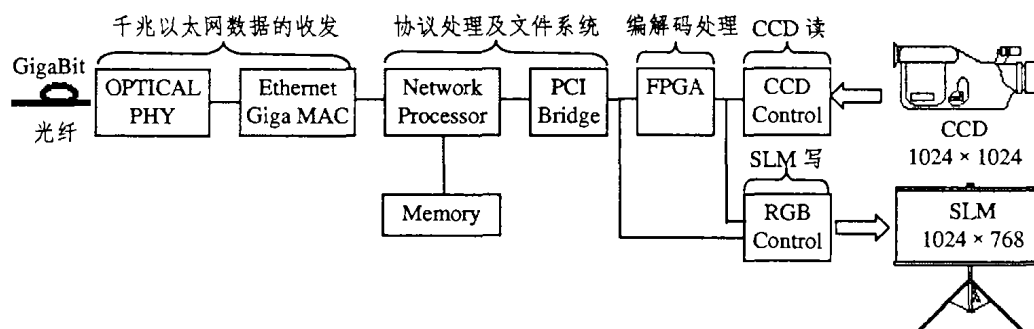


图2 体全息存储系统的通讯控制接口硬件框图

在本设计中,我们共分为5个模块:

1)千兆以太网接口模块,完成标准千兆以太网上数据流的收发处理^[5]。在该模块的设计中,千兆以太网物理层可采用 HP 的 HDMP-1636A 作为物理层驱动,采用 HFBR53D5 光电模块为千兆以太网光纤接口;千兆以太网 MAC 层可采用 Intel 的 IXF1002,对物理层提供 GMII 接口,对网络层它提供 Intel 的 IXPBus 接口。

2)通讯协议及文件系统处理模块,基于 Linux 嵌入式操作系统,完成标准的 TCP/IP 协议栈和网络文件服务系统(NFS)的处理。千兆以太网网络层可采用 Intel 的网络处理器 IXP1200^[6~9]。它把网络应用的管理层面和数据层面的处理分开,具有高性能、高灵活性、高可靠性、分布并行处理能力以及软件可重复编程等特点,与传统的处理器相比,网络处理器具有很大的优势如多处理器并行处理、分布式数据存储、硬件多线程、有效的存储器优化处理、通过内部独立的总线同时实现多路数据移动、具有数据块移动能力以及软件可升级性等等。IXP1200是采用松散耦合混合并行处理器结构,集成了一个 StrongARM 核处理器和6个 RISC 结构的包处理引擎 Micro-Engine,其中 StrongARM 核主要用来完成控制平面操作和一些管理上的任务,MicroEngine 则用来完成数据平面的数据包处理,每个微引擎可以并行处理实现4个线程级别的任务,共可以同时有24个线程并行运行。IXP1200可以达到 1.4Gbps 的线速处理能力,完全可以胜任一个千兆以太网数据(1Gbps)的处理。我们利用微引擎处理包转发和路由选择,StrongARM 进行协议处理和文件系统管理。

3)编解码处理模块,针对体全息存储的读写特点,完成数据的 RS 纠错编解码、交错、调制编解码。在编解码处理模块中,我们采用 Altera 公司 Stratix 系列的 EP1S25F672C7。它总共拥有 25,660 个 LEs,1,944,576 bits 的 RAM、10 个 DSP 处理功能块、80 个嵌入式乘法器 6 个 PLLs 以及多达 706 个 I/O

和管理基于 IP 的存储网的设备和人员费用将大大降低;(2)由于以太网的速度比 Fibre Channel 的速度提升得快,基于 IP 的存储网的性能必然会快速提高;(3)由于 IP 技术没有距离限制,且可同时支持 SAN/LAN/WAN,基于 IP 的存储网将支持远距离备份和恢复,这对于企业业务的连续性和灾难恢复是十分理想的。

经比较,千兆以太网光纤接口是更合适的接口形式。该接口不仅满足全息存储超高速传输的要求,而且使全息存储系统成为一种标准的互联网络设备。

3 基于 ip 的体全息存储控制接口的设计

随着网络存储技术的飞速发展,将基于 ip 的网络存储技术应用到全息存储控制器的设计中成为可能。图2为体全息存储控制接口硬件设计框图。

接口,可完成适合体全息存储的 RS 纠错编码、二维交错码以及差分调制码的实现。

4)CCD 读控制模块,按照系统读要求,控制 CCD 读取体存储器的一页数据,并将数据编解码模块进行处理。

在 CCD 数据读出的处理中,由于 CCD 出来的信号是伪模拟数字信号,因此我们采用 Altera 公司的 Max3256来完成 CCD 输出数据的串/并转换。

5)SLM 写控制模块,按照系统写要求,将数据编解码模块输出的数据转换成标准的 RGB 信号,控制 SLM 写入体存储器一页。

结论 本文针对体全息存储系统接口的特性,将 IP 网络存储技术引入体全息存储中,采用了先进的网络处理器 IXP1200 为处理核心,建立了体全息存储系统高速数据通道的通讯和控制模型,充分发挥了体全息存储的存储密度大、高的数据传输速率和快的读出时间等优点,扩展了体全息存储的应用领域。

参考文献

- 1 Mok F H. Angle-multiplexed storage of 5000 holograms in lithium niobate. *Opt. Lett.*, 1993, 18: 915~917
- 2 Blotekjaer K. Limitations on holographic storage capacity in photochromic and photorefractive media. *Appl. Opt.*, 1979, 18: 57~67
- 3 Brady D, Psaltis D. Control of volume holograms. *J. Opt. Soc. Am. A*, 1992, 9: 1167~1170
- 4 Gu C, Hong J, McMichael I, Saxena R, Mok F. Crosstalk limited storage capacity of volume holographic memory. *J. Opt. Soc. Am.*, 1992, A9: 1978~1983
- 5 Intel. IXF1002 Dual Port Gigabit Ethernet Controller Datasheet. 2000
- 6 Intel. IXP1200 Network Processor Datasheet. 2000
- 7 Richard Stevens W. *TCP/IP Illustrated, Volume 1: The protocols.* Addison Wesley, 1994
- 8 Tanenbaum A S. *Modern Operation Systems.* Prentice Hall, 1999
- 9 Seifert R. *Gigabit Ethernet: Technology and Application for high-speed LANs.* Addison Wesley, 1998