

网络存储技术及发展趋势

陈 凯, 白英彩

(上海交通大学计算机科学与工程系, 上海 200032)

摘 要: 网络存储是信息社会的关键技术. 本文讨论了网络存储技术及其应用, 分析了网络存储技术的应用背景, 对传统存储技术 DAS 的特点进行了分析, 说明了传统存储技术 DAS 的局限性, 分别讨论了目前网络存储两种主流技术 NAS 和 SAN 的特点, 分析了网络存储技术相比传统存储技术的优势, 指出了 NAS 和 SAN 逐渐融合和趋势, 并对 DAS、NAS 和 SAN 三种技术进行了比较说明. 结合学术、市场的研究方向列举了网络存储技术的一些发展方向.

关键词: 网络存储; NAS; SAN; 光纤通道; InfiniBand; iSCSI

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2002) 12A-1928-05

Technology and Trend of Network Storage

CHEN Kai, BAI Yingcai

(Department of Computer Science and Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200032, China)

Abstract: Network storage is a key technology in information society. The network storage technology and its application were discussed. The background of the network storage application was analyzed. The characteristic of traditional storage technology DAS was analyzed. The limitation of the DAS was illustrated. The characteristic of two leading types of the network storage technology, NAS and SAN, were discussed. The advantages of NAS and SAN compared to traditional storage technology were analyzed. The uniform trend of NAS and SAN was pointed out. Comparison of DAS, NAS and SAN was given. Future research directions of network storage were pointed out.

Key words: network storage; NAS; SAN; fibre channel; InfiniBand; iSCSI

1 引言

随着互联网络的发展和计算机技术的广泛应用, 存储技术产品受到业界及专家们的高度重视. 对大多数依靠计算机运行关键商务程序的现代企业来说, 信息已经成为一种超越其竞争对手的战略资产. 数据的有效使用和管理越来越成为企业 IT 部门的首要任务. 企业在存储设备和存储管理软件上的开销占据了整个网络成本越来越大的比重, 并将逐步超过 50%. 据 IDC 统计, 企业的数据量每六个月就会增长一倍, 到 2002 年, 企业每年要使用 1.4 百万 TB 的存储容量, 这是 1998 年的 12 倍. 存储已不再是附属于服务器的辅助设备, 而成为了 IT 业最主要的投资花费所在. Gartner Group 预测, 2005 年的 IT 硬件市场值在专业市场上将达到 1200 亿美元. 未来的发展重点将放在存储, 服务器未来将会低速成长, 保持一个比较稳定的态势.

由于近年来客户机/服务器计算模型的广泛采用, 企业中存在很多服务器, 而且每个服务器都带有自己的存储系统, 企业的信息分散到各个服务器上, 形成所谓的“信息孤岛”, 不利于企业的信息整合. 企业正面临着前所未有的存储挑战, 单一的存储技术, 如磁盘、光盘、RAID 技术等已经很难满足需求,

他们需要一个全新的存储体系架构.

网络存储将网络技术与新兴的存储领域有机地结合起来, 能够彻底地解决传统存储方案的弱势, 其主要特征体现在超大存储容量、大数据传输率以及高的系统可用性. 网络存储非常适合数据量增长迅速、拥有潜在升级数据大的企业.

网络数据和信息的急剧增加也自然带来了网络存储市场的迅速增长. 从产品角度来说, 国外产品一统天下. 在非整机制造厂商中, 专业网络存储设备商 EMC 公司的网络存储产品发展迅猛. 在整机制造厂商中, 包括新惠普, IBM, SUN 公司也都有自己的网络存储解决方案, 其它包括 Cisco, Intel 等国际大公司在网络存储方面也已经推出相关产品.

国内网络存储产品还处于空白阶段, 但是在科研方面, 国内包括华中科技大学和上海交通大学等科研院校在网络存储技术领域已经获得实质性突破.

越来越多的证据表明, 网络存储将成为继个人计算机 (PC) 和互联网络 (Internet) 后第三次 IT 浪潮的引导者. 个人计算机引领了第一次 IT 浪潮, 互联网络把孤立的主机通过网络互联起来引领了第二次 IT 浪潮. 第一次浪潮和第二次浪潮是以数据计算为中心, 而网络存储将引领以数据存储为中心的第三次 IT 浪潮.

本文将首先分析传统存储技术特点及其局限性,其次说明网络存储主流技术的优缺点,最后分析网络存储技术的发展趋势。

2 传统存储技术^[2,7,8,26]

在传统的存储结构中,主机与存储系统通过 SCSI 总线连接起来,同时又通过网络接口连接到网络中,这种结构称为 DAS(Direct Attached Storage)。在这种结构下,数据的流动路径为:当写入数据时,数据从网络经过网络接口通过 DMA 操作到达主机内存,然后从内存又通过 DMA 操作送到存储系统;当读取数据时,则是从存储系统到主机内存,再从内存通过网络接口送到网络上。这种结构具有两个缺点:(1)可扩展性差。可扩展性是指当系统结构进行扩展时,系统的主要性能指标是否受限。当客户机数和服务器的磁盘数同时增加时,由于主机的内存限制,整个系统的吞吐量不能同步增加。(2)系统的持续带宽较低,不能满足高持续带宽传输的应用要求,如多媒体数据传输等应用。主要有三个原因限制了用户所得到的带宽和系统可扩展性。第一个原因是主机的带宽限制。由于主机是用户与存储子系统之间数据交换的必经路径,因此主机的带宽是整个系统带宽的一个重要因素,虽然计算机技术的发展使主机总线带宽大为增加,但是仍赶不上多媒体等数据服务对带宽的要求,主机带宽成为存储系统与用户之间的瓶颈。主机内存的两次 DMA 操作进一步降低了持续带宽。第二个原因是主机的内存容量限制。由于主机的内存容量有限,当有连续的大量数据访问请求时,主机的内存容量将很快达到饱和,而不能处理剩下的数据传输请求。第三个原因,文件管理系统的开销也会增加数据访问时间。以上三个方面的原因都与主机有关。由于第三方与存储子系统之间的联系是间接的,要经过主机这个桥梁,从而导致了上述的性能缺陷。

3 网络存储技术

根据上面论述,传统的基于磁盘或 RAID 系统等存储设备直接与主机相连的存储技术不能够解决企业所面临的存储挑战。网络存储将网络技术与新兴的存储领域结合起来,充分利用网络技术的特点,例如:远距离,安全性等,二者的结合可以实现确保数据的一致性、安全性和可靠性,实现不同数据的集中管理,实现网络上的数据集中访问,实现不同主机类型的数据访问和保护等等企业面临的复杂存储问题。

目前网络存储主流技术主要有两种,一个是 NAS(Network Attached Storage),一个是 SAN(Storage Area Network),两种技术适用于不同的应用领域,但目前也呈现出融合的趋势。

3.1 NAS^[2,5,26]

NAS 实际上是一个网络的附加存储设备,它通过集线器或交换

机直接连在网络上,通过 TCP/IP 协议进行通信,面向消息传递,以文件的 I/O 方式进行数据传输。图 1 为网络附属存储系统结构图。主机和存储子系统同时接入网络。存储子系统由网络存储控制器和存储介质(磁盘、磁带)组成。网络存储控制器负责管理与主机间的通讯及磁盘的存储操作。主机与网络存储子系统成为网络上的对等实体,但是,在逻辑上网络存储控制器所带的磁盘驱动器被定义为附属于主机的磁盘驱动器。主机向网络存储控制器发出数据读写以及其它的相应命令,网络存储控制器则对这些命令进行解释和执行。当客户机从文件服务器上下载数据时,它首先要从文件服务器主机得到授权,然后根据所得到的文件地址信息找到相应的网络存储控制器,直接向控制器发出 I/O 请求,最后直接从网络存储控制器获得文件数据。

NAS 建立了存储子系统到客户机的直接连接,减少了数据传输中主机的干预,能够实现高持续带宽和好的可扩展性。NAS 为那些访问和共享大量文件系统数据的企业环境提供了一个高效、性能价格比优异的解决方案。数据的整合减少了管理需求和开销,而集中化的网络文件服务器和存储环境-包括硬件和软件-确保了可靠的数据访问和数据的高可用性。可以说,NAS 提供了一个强有力的综合机制。NAS 技术能够满足特定的用户需求。例如当某些企业需要应付快速数据增长的问题,或者是解决相互独立的工作环境所带来的系统限制时,可以采用新一代 NAS 技术,利用集中化的网络文件访问机制和共享来解决这些问题,从而达到减少系统管理成本,提高数据备份和恢复功能的目的。NAS 适用于那些需要通过网络将文件数据传送到多台客户机上的用户。NAS 设备在数据必须长距离传送的环境中可以很好地发挥作用。此外,NAS 设备非常易于部署。正确地进行配置之后,NAS 可以提供可靠的文件级数据整合,因为文件锁定是由设备自身来处理的。尽管其部署非常简单,但是企业仍然要确保在 NAS 设备的配置过程中提供适当的文件安全级别。NAS 应用于高效的文件共享任务中,例如 UNIX 中的 NFS 和 Windows NT 中的 CIFS,其中基于网络的文件级锁定提供了高级并发访问保护的功能。NAS 设备可以进行优化,以文件级保护向多台客户机发送文件信息。在某些情况下,企业可以有限地为数据库应用部署 NAS 解决方案。这些情况一般只限于以下的应用:大量的数据访问是只读的;数据库很小;要访问的逻辑卷也很少;所要求的性能也不高。在这些情况下,NAS 解决方案有助于减少用户的总体拥有成本。

3.2 SAN^[1,4,7,8,14,19,24,26]

SAN(Storage Area Storage,存储区域网)是一个高速的子网,这个子网中的设备可以从主网卸载流量,图 2 是 SAN 结构图。

由图中可以看出,通常 SAN 由 RAID 阵列连接光纤通道(Fibre Channel)组成,SAN 和服务器和客户机的数据通信通过 SCSI 命令而非 TCP/IP,数据处理是“块级”(block level)。SAN 能够解决与网络存储备份有关的问题,它可以提供 100MB/s 的高性能数据管道和共享的集中管理的存储设备。它将消除人们对网络带宽的顾虑,大幅度地减少管理费用支出,并将减

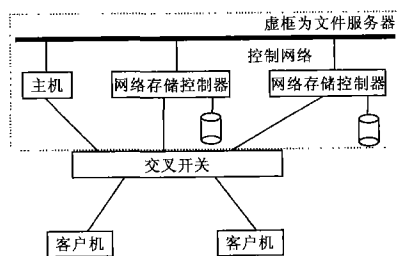


图 1 NAS 系统结构

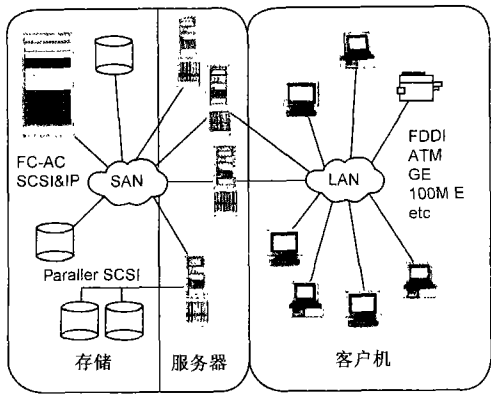


图2 SAN系统结构

少备份系统的总体拥有成本。SAN的主要思路是将LAN上的存储转换到主要由存储设备组成的SAN上,使得数据的访问、备份和恢复不影响LAN的性能,在有大量数据访问时,不会大幅度降低网络性能。SAN的一个好处是极大地提高了企业数据备份和恢复操作的可靠性和可扩展性。基于SAN的操作能显著减少备份和恢复的时间,同时减少企业网络上的信息流量。通过将SAN拓展到城域网基础设施上,SAN还可以与远程设备无缝地连接,从而提高容灾的能力。SAN部署城域网基础设施以增加SAN设备间的距离,可达到150公里,而且几乎不会降低性能。企业可以利用这一点,通过部署关键任务应用和用于关键应用服务器的远程数据复制来提高容灾能力。备份和恢复设备是实现远程管理的需要。另外,基于交易的数据库应用从SAN部署中获益颇多。其无缝增加存储的能力可以减少数据备份的时间。

3.3 DAS,NAS,SAN比较^[9,10,11,25,26]

DAS	NAS	SAN
数据被存放在多台不同的服务器上,难于访问	数据被整合并存放在相同的存储设备上,易于访问	数据被整合,并存放在相同或不同的存储设备上,但提供统一的用户访问视图,易于访问
难以升级,容量有限制	即插即用,容量无限制	即插即用,需配置,容量无限制
不支持不同操作系统访问	支持不同操作系统访问	不支持不同操作系统访问
服务器认证	网络协议认证	服务器认证
服务器集中配置数据	网络集中配置数据	集中配置数据
直接连接在服务器上	直接连接在网络上,独立于文件服务器	与网络服务器,存储产品,网络产品,软件以及服务相关
无I/O优化	文件I/O优化	块I/O优化
性能一般	高性能	极高性能
服务器组成部分	LAN组成部分	独立的网络
通过文件系统访问文件	通过以太网协议访问文件	通过光纤通道协议访问文件

(续表)

DAS	NAS	SAN
易于安装	自维护,易于安装,即插即用	需要长时间的设计和安装
成本低廉	成本低廉	成本高昂
难以维护	易于维护	难于维护
难以备份/恢复	易于备份/恢复	易于备份/恢复

3.4 NAS,SAN发展趋势^[2,12,13,14,19,26]

尽管NAS,SAN之间存在着区别,但是SAN和NAS作为两种互为补充的存储技术的融合正在积极发展,SAN提供速度,NAS提供由文件处理带来的协作性。例如,SAN在数据块传输和扩展性方面表现优秀,并能够有效地管理设备。企业可以从将SAN应用于关键任务应用、存储集中、备份恢复和高可用性计算等方面受益无穷。与SAN相比,NAS支持多台对等客户机之间的文件共享。NAS客户机可以在企业中任何地点访问共享的文件。NAS和SAN之间的许多原有差别开始消失。

目前在市场方面,NAS产品正走向成熟,SAN目前还是以光纤通道技术为主。作为发展中的技术,目前网络存储主流技术存在着局限性,一些补充的技术包括IP存储,InfiniBand,直接访问文件系统等等被提出,相关的标准也正由IETF,SNIA,ANSI等组织制定中。

4 网络存储新技术发展趋势

4.1 IP存储^[3,6,17,22]

基于IP的存储是指在IP网络中实现类似SAN光纤通道的“块级”(block level)数据处理,它通过在千兆/万兆以太网等成熟网络技术构建网络存储,在总体性能,远距离传输、管理,成本,互操作性方面优于光纤通道技术。基于IP的存储目前正处于广泛研究中,目前包括FCIP(Fibre Channel over IP),iFCP(Internet Fibre Channel Protocol),mFCP(Metro Fibre Channel Protocol),iSCSI(Internet SCSI)等技术。

FCIP被提议为通过现有的IP网络连接光纤通道SAN的一种标准方法。FCIP还可用来克服光纤通道目前存在的距离限制因素,能够跨越大于光纤通道支持的距离连接SAN孤岛。因为光纤通道已经包含了SCSI协议,这种方法无需重大技术改造,就能满足SCSI协议的要求。在传输的发送端,所有的光纤通道帧被转换即“包装”成TCP/IP数据报。在接收端,数据报“包装器”被丢弃,光纤通道帧则以原先的格式展示给接收端的SAN。TCP/IP纯粹充当了隧道的作用,而FCIP数据报本身与其他任何数据报一样可以路由或交换。

iFCP用来通过TCP/IP链路连接光纤通道设备的网关至网关协议。目的在于使现有的光纤通道阵列和主机总线适配器可以利用“轻便”网关连接至IP网络。有了iFCP,标准TCP/IP交换和路由基础设施部件取代了同等的光纤通道部件。iFCP用TCP管理拥塞控制、错误检测和恢复。mFCP使用UDP协议连接光纤通道设备。

iSCSI与FCIP,iFCP和mFCP相比,iSCSI对通过IP网络传

输的 I/O 存储通信量的部署要纵深得多。FCIP 保留了光纤通道 SAN, 然后用 IP 主干网进行连接。iFCP 和 mFCP 则用 IP 取代了光纤通道 SAN 管道, 同时保留了光纤通道设备连接至 IP 存储网络的功能。iSCSI 则将光纤通道完全排除在讨论范围之外。基于主机的应用通过 IP 与网络存储设备通信。这意味着从主机到存储设备的整个传输链路就是一条 IP 链路。iSCSI 通过映射至 IP 来保留 SCSI 命令集。iSCSI 保持了 SCSI 命令集的原状, 同时用 IP 取代了传输协议。执行映射功能需要相当数量的代码, 会导致许多时延问题。所以为了克服时延问题, 需要专门的 iSCSI 芯片组把转换代码部署在硬件当中。

上述协议都有一个非常重要的共同点: 都能充当 SCSI 命令集的传输机制。通过 IP 存储介质与存储设备通信的主机仍表达了 SCSI 的含意。IP 存储实际上仍处于发展初期, 目前也存在着很多局限性, 但是它的基于 IP 特性所带来的各种优势使之具有很好的前景。

4.2 InfiniBand^[16]

InfiniBand 是实现网络存储的一种新的技术。它是一种新型 I/O 基础设施技术。它一方面能够简化和加速服务器到服务器的连接, 另一方面又能连接其他相关系统。InfiniBand 体系结构可提供更简单的连接、更短的待机时间、更高的带宽和更强的互操作性。

InfiniBand 设计初衷将是充当服务器互连技术, 它以交换结构拓扑取代基于总线的 PCI, 物理结构结合了连接器、线缆和交换机。目前的规范要求包括 1、4 或 12 路宽的链路方案, 相对应的是 500Mbps、2GBps 和 6GBps 的带宽。InfiniBand 链路是为使用铜线缆的数据中心距离或使用光纤链路的大楼间和小校园距离而设计的。InfiniBand 采用了基于通道的方案, 沿通信链路分配 I/O 处理工作负荷。InfiniBand 采用的不是 PCI 的内存映射“装入/存放”范例, 而是消息传送“发送/接收”模式。适配器负责处理传输协议, InfiniBand 交换机则负责确保数据包到达预定目的地。InfiniBand 体系结构得到业界广泛支持, 包括 Intel、3com、Adaptec、Agilent、Brocade、Cisco、康柏、戴尔、EMC、富士通、西门子、惠普、日立、IBM、朗讯、微软、NEC、北电、SunMicrosystem 等公司支持该标准。InfiniBand 的意义远远不限于服务器互连, 它的设计思想使得在实现网络存储方面具有独特优势。

4.3 虚拟存储(Storage Virtualization)

虚拟存储被认为是可以简化管理大型、复杂、异构的存储环境的技术。虚拟存储使主机操作系统看到的存储与实际物理存储分开。服务器不必关心后端的物理设备, 也不会因为物理设备发生任何变化而受影响。管理员可以通过 GUI(图形用户界面)或类似界面让很多服务器共享后端的存储池, 因而提高系统管理员的工作效率。它可以将多种设备上比较小的存储容量集合起来, 虚拟成一个大的磁盘, 提高存储容量的使用率。

虚拟存储的目的是集中存储资源, 更好管理存储。从应用到数据端都可以实施虚拟存储, 也即主机、网络和存储设备三个端都可实施虚拟存储。每个端点实施的虚拟都有独特的益处。

4.4 直接访问文件系统(Direct Access File System, DAFS)^[15]

DAFS 是一种文件访问协议, 不依赖于操作系统, 使用标准 RDMA 传输, 如虚拟界面(VI)和 InfiniBand, 以便在数据中心环境下获得高性能的存储访问。DAFS 协议是由 87 个成员的 DAFS 协会创建的, 并提交给 IETF 进行了标准化。

4.5 存储介质发展

磁存储技术突破了极薄磁层的稳定性技术后, 磁记录的密度可望从目前的 20Gb/in² 增加到 100Gb/in², 硬磁盘的容量可达 400GB 以上。光存储技术由于近场光学研究取得了重大进展, 光记录的密度将有极大的提高。磁存储设备的容量将有 10 倍以上的提高。基于微电子机械系统的存储器(MEMS-based storage)可提供比目前磁盘技术高得多的性能, 而成本要比 EEPROM 低得多。它可在 1 平方厘米的面积上存储 10GB 的数据, 提供 100MB/S-1GB/S 的带宽, 访问时间比当前的磁盘快 10 倍, 而功耗只有十分之一。

5 结语

网络存储是解决存储问题的核心技术, NAS 及 SAN 是目前网络存储的主流技术, 二者各有优缺点, 并存在融和的趋势。针对现有体系结构的不完善, 基于 IP 的存储, InfiniBand, DAFS, 虚拟存储等各种新技术也正高速发展。

感谢上海交通大学计算机科学与工程系管海兵博士, 刘海涛博士, 刘东喜博士在本文的编写过程中给予的大力帮助, 特别感谢上海博浪软件公司 Peter Paterson 先生的支持。

参考文献:

- [1] R Meter, G Finn, S Hotz. VISA: netstation's virtual internet SCSI adapter[A]. Proceedings of the 8th International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS-VIII)[C]. San Jose: ASPLOS, 1998. 71 ~ 80.
- [2] G Gibson, R Meter. Network attached storage architecture[J]. Communications of the ACM, 2000, 43(11): 37 ~ 45.
- [3] R Hernandez, C Kion, G Cole. IP storage networking: IBM NAS and iSCSI solutions[Z]. Redbooks Publications (IBM), SG24 ~ 6240 ~ 00, June 2001.
- [4] R Khattar, M Murphy, G Tarella, K Nystrom. Introduction to storage area network[Z]. Redbooks Publications (IBM), SG24 ~ 5470 ~ 00, September 1999.
- [5] D Nagle, G Ganger, J Butler, G Goodson, C Sabol. Network Support for Network-Attached Storage[C]. Stanford Hot Interconnects' 1999, 1999.
- [6] Nishan System white paper. Storage over IP (SolP) framework - the next generation SAN [EB/OL]. URL: http://www.nishansystems.com/techlib/techlib_papers.html, June 2001.
- [7] A Palekar, R Russell. Design and implementation of a SCSI target for storage area networks[R]. USA: University of New Hampshire, 2001.
- [8] Lee E K. Highly-available, scalable network storage[A]. 1995 Spring COMPCON[C]. San Francisco: COMPCON, 1995.
- [9] H Gobiolf, D Nagle, G Gibson. Integrity and performance in network attached storage[R]. Technical Report CMU-CS-98-182, 1998.
- [10] Gibson, G, Nagle, D, et al. A cost-effective, high-bandwidth storage architecture[R]. Technical Report CMU-CS-98-115, 1998.

- [11] Brocade Communications Systems, Inc. Advancing security in storage area networks[Z]. URL: <http://www.brocade.com/products/pdf/Security2.pdf>, June 2001.
- [12] A Acharya, M Uysal, J Saltz. Active disks: Programming model, algorithms and evaluation[A]. Proceedings of the 8th international conference on Architectural support for programming languages and operating systems (ASPLOS'98)[C]. San Jose: ASPLOS, 1998. 81 - 91.
- [13] A Brown, D Oppenheimer, et al. ISTORE: Introspective storage for data-intensive network services[A]. Proceedings of the 7th Workshop on Hot Topics in Operating Systems (HotOS-VII)[C]. Rio Rico: HotOS, 1999.
- [14] Beamer, A. Fibre Channel: Gigabit Communications and I/O for Computer Networks[M]. New York: McGraw Hill, 1996.
- [15] Network Appliance, Inc. DAFS: Direct access file system protocol[Z]. URL: www.dafscollaborative.org, 2001.
- [16] InfiniBand Architecture Specification, Volume 1.0, Release 1.0[S].
- [17] J Satran, D Smith, et al. iSCSI draft standard. draft-ietf-iscsi-03.txt[S].
- [18] J S Plank, M Beck, et al. The internet backplane protocol: Storage in the network[A]. NetStore'99: Network Storage Symposium[C]. Seattle, Netstore, 1999.
- [19] M W Sachs, A Varna. Fibre channel[J]. IEEE Communications, 1996, 34(8): 40 - 49.
- [20] S Emerson. Performance evaluation of switched fibre channel I/O system using FCP for SCSI[A]. Proceedings of the 20th Conference on Local Computer Networks[C]. Minneapolis: CLCN, 1995.
- [21] R Katz. High-performance network and channel based storage[J]. Proceedings of the IEEE, 1992, 80(8): 1238 - 1261.
- [22] Gang Ma. Evaluation of storage systems based on network-attached disks[D]. USA: Texas A & M University, 1998.
- [23] Steve Hotz, Rodney Van Meter, Greg Finn. Internet protocols for network-attached peripherals[A]. Sixth NASA Goddard Conference on Mass Storage Systems and Technologies in Cooperation with Fifteenth IEEE Symposium on Mass Storage Systems[C]. College Park: IEEE, 1998.
- [24] Overview of fibre channel technology[EB/OL]. Fibre Channel Industry Association, <http://www.fibrechannel.com/technology/>, November 2001.
- [25] Robert Gray. Distinguishing network-attached storage from storage networks[J]. International Data Corporation Bulletin, 1998. 1 - 7.
- [26] Auspex System white paper. Storage architecture guide[EB/OL]. <http://www.auspex.com/contact/download/>, Jan 2002.

作者简介:

陈 凯 男, 1973 年 11 月生于江西南昌, 1998 年毕业于华中理工大学通信与电子系统专业, 获硕士学位, 现为上海交通大学计算机系博士生, 主要从事路由器体系结构, 网络存储, 网络安全方面的研究工作. Email: ck_zy@21cn.com.

白英彩 男, 1936 年 12 月生于辽宁沈阳, 1961 年毕业于清华大学, 现为上海交通大学计算机系教授, 博士生导师, 研究方向包括体系结构, 网络安全, 网络管理, 网络存储技术等, 并在上述领域发表过超过 100 篇学术论文并出版 43 本相关著作.