

学科建设

—— 计算机网络学科研究

梁久忠 梁新元 丁宣浩 主编



中国科学技术出版社

学科建设

—— 计算机网络学科研究

梁久忠 梁新元 丁宣浩 主编

中国科学技术出版社

（页码·页·北京·页）

（页码·页·北京·页）

图书在版编目(CIP)数据

学科建设/ 梁久忠, 梁新元, 丁宣浩主编.
—北京: 中国科学技术出版社, 2007.8
ISBN 978-7-5046-4776-4

I.学… II.①梁…②梁…③丁… III.高等学校—学科—教育建设—
研究—中国 IV.G642.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 129645 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志, 未贴防伪标志
的为盗版书

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码: 100081

电话: 010-62103210 传真: 010-62183872

科学普及出版社发行部发行 新千年印制有限公司印刷

*

开本: 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张: 5.25 字数: 150 千字

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

册数: 1—1000 册 定价: 18.00 元

ISBN 978-7-5046-4776-4/G · 459

(凡购买本社的图书, 如有缺页、倒页、
脱页者, 本社发行部负责调换)

内容简介

计算机网络学科研究是重庆工商大学学科建设项目之一。本书全面深入地介绍了网络存储技术的基本原理、体系结构、设计方法、应用实例分析、研究情况和发展趋势。内容包括存储技术和存储体系的演化、分类、研发情况和发展趋势;存储技术中的基础技术;存储虚拟化概念、意义及实现;P2P技术和网格存储;存储产品的概况,几个存储系统的设计实例和应用实例分析。

(111)	网络存储应用	4
(118)	网络存储应用案例	4
(124)	网络存储应用案例	4
(133)	网络存储应用案例	4
(143)	网络存储应用案例	4

目 录

第 1 章 网络存储应用	(1)
1.1 网络存储应用的必要性	(1)
1.2 网络存储方案的选择	(4)
1.3 网络存储应用及方案	(7)
第 2 章 网络存储现状和发展趋势	(27)
2.1 网络存储研发的现状	(27)
2.2 网络存储技术和体系结构概况	(38)
2.3 网络存储体系结构的发展趋势	(46)
2.4 网络存储系统发展趋势	(56)
第 3 章 存储虚拟化技术	(65)
3.1 存储虚拟化概述	(65)
3.2 存储虚拟化管理软件架构	(103)
3.3 虚拟存储的应用	(108)
3.4 存储虚拟化的实施	(110)
3.5 统一虚拟存储体系结构	(111)
3.6 存储虚拟化的发展趋势	(112)

◆ 学科建设 ◆

第 4 章 网络存储	(118)
4.1 存储网络:下一代网络存储	(118)
4.2 网络存储和开放标准	(124)
4.3 网络体系结构概述	(133)
4.4 网络管理	(143)

(1)	..... 网络存储网 章 1 第
(1)	..... 网络存储网 1.1
(4)	..... 网络存储网 1.2
(7)	..... 网络存储网 1.3
(27)	..... 网络存储网 章 2 第
(27)	..... 网络存储网 2.1
(38)	..... 网络存储网 2.2
(46)	..... 网络存储网 2.3
(26)	..... 网络存储网 2.4
(92)	..... 网络存储网 章 3 第
(92)	..... 网络存储网 3.1
(103)	..... 网络存储网 3.2
(108)	..... 网络存储网 3.3
(110)	..... 网络存储网 3.4
(111)	..... 网络存储网 3.5
(112)	..... 网络存储网 3.6

第 1 章 网络存储应用

1.1 网络存储应用的必要性

信息时代的来临也给企业带来了新问题——产生、存储和访问海量数据。DAS, NAS 以及 SAN 在不同领域有着自己独特的优势,对于无法使用网络存储的环境, DAS 的作用是不可替代的;对于一般的中小型企业用户, NAS 凭借其在成本及易用性上的优势,有了大展手脚的天地;而对有充足预算的大型企业, SAN 的应用又是其他外部存储设备无法比拟的。随着技术不断发展,第二代 SAN - SDD 将更有用武之地。

在传统的数据库信息存储架构上,信息存储装置多是个别依附在服务器里面的信息孤岛,若要存取某台服务器里面的信息,必须通过区域网络及该台服务器,这样既占据区域网络的带宽,又浪费服务器 CPU 的资源。如果要在不同应用程序之间共享数据,还必须从独立的信息存储设备中,将数据复制到其他的信息存储设备。这造成了数据使用上的时间差。从商业角度来看,时间差使得作决策的人,必须依照不正确和不即时的信息作决策。另外,管理分散在各地的数据储存系统,也是一个耗费人力的过程。特别是在不同信息存储产品彼此间的整合性不高,使用者界面亦不尽相同。

此外,传统的数据库信息存储架构,是与所支持的应用程序密切结合的,当应用程序有所更动时,数据库信息存储架构必须随之调

整。因此建立一个具有可伸缩性的、连续可用的、跨平台的、能够提供多种信息处理系统的连接、信息保护、管理、分享的企业信息存储系统,并使之成为网络上的一种公用设施,成为企业整体战略的重要组成部分。传统的数据信息存储架构面对这样的要求已显得力不从心,这时适应网络存储的新技术应运而生。

现代存储应用对大容量、高可靠性、高可用性、高性能、动态可扩展性、易维护性和开放性等众多方面的需求,正推动着数据存储技术的特别是网络存储技术快速发展。日常产生的大量数据可以使用数据备份系统对关键数据进行备份。备份和恢复是网络备份系统最重要的应用。通过设计可以实现基于 TCP/IP 网络的备份管理系统。

1.1.1 传统存储技术的局限

在传统的数据库信息存储架构上,信息存储装置大都是个别依附在应用系统服务器后面的信息“孤岛”,彼此间无法进行有效的联结。这就造成了数据使用上的时间差。从管理角度来看,时间差使得决策者往往依照不正确和不即时的信息作决策。

当然,管理分散在各地、各部门的数据存储系统,也是一个非常耗费人力的过程。特别由于不同信息存储产品彼此间的整合性不高,使用界面亦不尽相同,需要培养许多熟悉不同产品和平台特性的员工,对个别的信息存储系统进行监控及管理工作。此外,传统的数据库信息存储架构是与所支持的应用程序密切结合的,当应用程序有所更改时,数据库信息存储架构必须随之调整。

综上所述,建立一个具有大规模可伸缩性的、全天候连续可用性的、跨平台的、能够提供多种信息处理系统的连接,具有信息保护、信息管理、信息分享功能的信息数据存储系统,并使之成为内联网上的一种公用设施,在整个网络中为企业内的所有应用提供无限的性能和容量,成为企业科技整体战略的重要组成部分。显然,传统的数据库信息存储架构面对这样的要求已显得力不从心,新

的存储技术——NAS 和 SAN 迎合了上述需要。

1.1.2 网络存储 NAS 和 SAN 的优势

NAS 的主要优势:NAS 产品是真正即插即用的产品;一般支持多计算机平台,用户通过网络支持协议可进入相同的文档;放置位置灵活,无需应用服务器的干预;允许用户在网络上存取数据,这样既可减小服务器负荷,也能显著改善网络性能。

SAN 的优点:易于集成,并可扩展,能改善数据可用性及网络性能;利用 SAN,不仅可以提供更大容量的存储数据,而且地域上可以分散,并缓解了大量数据传输对于局域网的影响;SAN 的结构允许任何服务器连接到任何存储阵列,这样不管数据置放在哪里,服务器都可直接存取所需的数据。

简言之,SAN 的主要功能是高速信息存储,而 NAS 则偏重于文件共享,两者各有特点,互不替代。

1.1.3 网络存储的前景

NAS 和 SAN 的出现,体现了把信息存储作为专门设备的趋势。而在未来的几年内,无论 NAS 还是 SAN,都将呈现快速成长的局面。2003 年世界存储市场的总量超过 400 亿美元,IT 决策者们把 75% 的硬件支出用于存储硬件,其余的 25% 被用于传统的服务器。数据存储市场的发展,使得以服务器为中心的数据存储模式向以数据为中心的数据存储模式转化。

现在,网络设计方案中如果没有相应的数据存储备份解决方案,就不算是完整的网络系统方案。计算机系统不是永远可靠的,双机热备份、磁盘阵列、磁盘镜像、数据库软件的自动复制等功能均不能称为完整的数据存储备份系统,它们解决的只是系统可用性的问题,而计算机网络系统的可靠性问题需要完整的数据存储管理系统来解决。因此,对原网络增加数据存储备份管理系统和在新建网络方案中列入数据存储备份管理系统就显得相当重了。

随着信息化发展的不断深入和信息数据的急剧膨胀,网络存储已成必然的选择。以服务器为核心的存储正在成为过去。我们正在进入以数据为中心的计算时代,存储基础结构、网络基础结构与应用基础结构将成为企业级用户考虑的三要素。存储正在从以往计算机系统外设的位置,走向中心舞台。

网络存储技术作为 IT 产业中最夺目的新星之一,其发展速度令人难以估量。短短几年里,NAS 和 SAN 已经渗透到各种行业中。随着社会信息化进程的加快,信息量的增加,对存储设备的要求将会更高。当前存储技术最新趋势是将 NAS 和 SAN 的优势进行融合,即 SoIP(storage over IP)新技术,它既保留 SAN 光纤通道高速传输数据的性能,又充分吸纳 NAS 成熟的以太网技术,为网络存储提供最优的价格和功能强大的解决方案。SoIP 真正实用,应该为期不远。

1.2 网络存储方案的选择

1.2.1 带宽

在传统 SAN 方案中,应用 FC 而使带宽达到了 100M,且其采用的 RAID 控制器是专门为点对点通信而设计的,在较少站点同时访问一个数据时有很好的性能表现,但当有更多站点同时访问一个数据时,带宽将严重不足,使系统性能急剧下降。如果采用多硬盘塔来分担网络带宽的方案,势必需要使用 switch 进行级连,这样不但使网络的连接变得极为复杂,而且 switch 之间的 100M 通道带宽就成为了网络的瓶颈。在 SDD 中,带宽可达 800M,并且采用新型 RAID 控制器,将 switch 的级连改为并联,消除了大规模网络传输中的瓶颈。

1.2.2 扩展性

传统 SAN 沿用了 C/S 的结构,其可升级性与智能化都很差,若想进行系统升级则必须增加交换机、RAID 控制器以及不同的

控制软件,而且只能使用交换机级连扩展站点。在网络规模较小(网络中高带宽访问站点数在 10 个以下)时,影响不大。但当网络的高带宽站点超过 10 个时,由于增加接口而级连交换机产生延时,系统性能将越来越低,以至于不能构架大型网络。在 SDD 网络中,FC 交换机都与 SDD 控制器相连,处于并行工作状态且互不影响。当站点增加时,不用交换机级连,只需将新的 FC 交换机接入 SDD 即可,不用改动以前的连接。带宽得到线性增长,能构架大型网络。

1.2.3 稳定性、安全性

大型网络在站点增多后传统 SAN 需要 FC 交换机二级连接,增加了连接点、RAID 控制器、电缆等。故障发生点增多,同时故障源难以确定,维护难度大。而 SDD 网络结构简单,连接点少,出错的概率小,易判断出错点,比较看出,在相同网络规模下,SDD 网络结构连接简单,故障点少。在存储硬盘与 SDD,FC 交换机与 SDD 之间都采用双链路备份,容错能力强。

1.2.4 RAID 结构

在一个传统 RAID 环路中对磁盘的访问是顺序的,降低了 RAID 卷的读写能力。一个环路硬盘数量有限,硬盘卷的容量太小,当总存储容量达到 TB 级以上时,系统会出现十几个盘符,降低了系统的稳定性能,使管理难度加大。如果在 NT 下做带区集,首先降低系统安全性,消耗系统资源,另外带宽也会下降。同时传统 RAID FC 硬盘塔当某一硬盘发生故障时,不会影响整个 RAID 组。但可怕的是如果盘塔发生故障,将导致其上整个 RAID 组数据丢失。而 SDD 的 RAID 则是在盘塔之间做 RAID。这样当一个盘塔发生故障时,整个 RAID 也不会出现问题,大大提高存储系统的容错能力。同时,SDD 是在 10 个磁盘通道上做 RAID,读写一个 RAID 时,对磁盘的访问是同时并发的;充分利用系统多通道、高

带宽的性能。另外 SDD 的 RAID 结构采用两级 RAID,这样做一方面单个盘符容量大大增加可达几太字节,使存储数据得到充分共享;另一方面,带宽集中利用,单个分区的带宽可达 360MB/s 以上。

1.2.5 升级能力、性价比

由于随着存储容量、站点的增加,传统 SAN 需要增加大量设备如,导致成本急剧上升。在 SDD 网络扩充时,只需增加少量交换机和硬盘。整个网络结构不变,维护成本不增加,有效保护了用户的投资。另外 SDD 可以重新使用传统结构中的硬件以节省投资。

除了以上性能提高,SDD 还具有传统 SAN 不具备的优势。

(1) ZONING(分区)能力。可以在 SDD 控制器中做 ZONING,这样可以指定工作站可以看到哪些 LUN(逻辑单元设备号),提高系统的安全性,并使跨平台连接的安全性得到保障。提供了 SDD 用户注册的审查,对非法注册提出警告,全部的安全工作都将被记录。

(2) CACHE 的集中使用。SDD 系统 CACHE 非常大,可达 5GB,并且这些缓存集中使用,可当应急硬盘使用(这对于视音频处理很重要),极大地提高利用率,提升系统性能。而传统 SAN 系统总的 CACHE 虽然也非常大,但却是分散使用,每一块对于视频采集和回放都太小,没有利用价值。

NAS 简单灵活,SAN 高效可扩展。SDD 也可以看作是 SAN 的技术延伸。随着 iSCSI, IP, Infiniband 等技术的不断出现,未来的 SAN, NAS 最终将逐渐走向更高的统一。

1.3 网络存储应用及方案

1.3.1 网络存储——银行数据安全存储之道

数据存储技术是伴随信息产业的发展成熟起来的一个概念,可以说从计算机诞生的那一刻开始,存储也就随之诞生了。然而五年前,对于存储系统,人们只能看到磁带、硬盘等服务器的附加设备,存储与备份几乎可以划等号。随着金融电子化建设的深入开展,金融业务对计算机的依赖程度越来越大,金融信息作为国民经济信息的基础,是极为重要的财富和社会资源,其安全就显得至关重要。一旦计算机系统崩溃或数据丢失,将会造成严重的经济损失。这样,单一的存储技术,如磁盘、光盘、RAID 技术等已经很难满足用户的需求,金融业更需要一个具有前瞻性的存储体系架构来保证业务的飞速增长。同时,越来越复杂的网络环境对存储技术的要求也越来越高,这给银行信息数据的存储、共享和安全提出了更高的要求,加之各种自然灾害和人为因素造成的损失频繁发生,这就迫切需要一套能够跨地域进行数据备份集中存储的系统。银行信息数据的存储成为了金融信息化建设的核心任务之一。

随着金融电子化建设的不断深入,金融信息量也呈指数级增长,金融界传统的手工作业时代延续下来的收集、管理、分布和使用信息的方式已跟不上发展的潮流。随着对信息技术生产力认识的逐渐加深,如何能够将领先的存储技术与业务需求和利益充分地结合起来已成为金融科技的当务之急。

银行信息数据的急剧膨胀,数据存储面临的挑战主要包括以下内容:

(1)很多业务系统(如办公自动化系统、信贷登记系统等)的运行都伴随着大量数据存在,随着系统运行,数据将急剧膨胀,这些数据如果都保存在应用系统服务器上将严重影响服务器和网络

的性能。为此,需要将长期不用或很少使用的数据转移到其他地方存储,以充分释放服务器与网络资源,避免因为数据存储不合理造成系统资源不合理使用,使系统处于最佳服务状态。

(2)数据访问要求信息永远都是可用的和完全有效的,并且可以进行自由和实时的信息交换,无论它保存在何处,都能根据用户的要求快速重新分配存储资源。

(3)伴随着新技术发展、软硬件迅速更新、新应用不断加入,金融机构为了保护投资,对系统可扩展性和更大的灵活性的要求越来越高,因此,需要根据情况集成新型存储技术。

(4)电子邮件系统、清算系统等银行业务关键信息系统,必须保证全天候运行,这就要求系统应该能够提供全面的数据保护和恢复功能,大幅度降低受损数据的恢复成本,在尽量避免进行恢复的同时保证恢复过程的快速有效,同时大大减少创建数据保护备份所需的时间,要求在复制与备份的过程中对应用不产生任何影响。

由于种种原因,各金融机构目前软硬件平台多种多样:操作系统环境大致有 SCO Unix5.05、Windows NT 4.0、Windows 95/98 和 Windows XP 等;数据库系统环境包括 Informix 5.1、Sybase 11.0~11.5、ORACLE 7.3.4、SQLSERVER 6.5~7.0、Notes Domino 4.61~5.0、Visual Foxpro 3.0~6.0、Foxpro 2.5 等,甚至有同一种数据库管理系统(如 Sybase)有多种操作系统平台(Windows NT 和 SCO)。多样硬件环境和不同操作平台的使用,使不同的硬件和操作平台之间异构信息存储设备和数据的整合成为必要,进行数据备份体系建设势必要考虑解决跨操作系统平台和异构数据库等问题,因此,领先的存储技术虽然很重要,而架构一种将各种存储技术都包容在一起的存储体系更为重要。对存储和基础结构而言,这些要求已经从关键业务成为标准需求,如何存储与管理数据对金融机构的成功和发展至关重要。

1.3.2 网络存储系统高校校园网的应用

1.3.2.1 问题的提出

随着高校校园网络的建设和应用,校园网正日益发挥着巨大作用。为了更好地发挥校园网络的作用,充分利用网络资源,实现资源共享,网络存储系统在校园网中的作用和地位越来越重要。根据高等院校的特点及实际需求,分析当前存储技术现状及发展趋势,并针对校园网的存储需求可以提出相应的解决方案。

随着数字技术的发展与校园网的十几年的建设和发展,校园网原有的直接通过总线、I/O 系统进行存储的直接附加存储方式(DAS)。随着网络技术的发展,多媒体数据流量在校园网上的增多和校园网的用户的迅速增加,其固有的一些欠缺如:无法实现数据共享及不易扩展等表现得越来越明显,从而大大影响校园网的性能,降低了校园网存储系统的可靠性。为了解决这些问题,必须将网络存储系统引入校园网,使得校园网存储完成从单机向多机及专用机方向转变,数据的共享与传递也逐渐从依赖主机系统向依赖网络系统转变。随着计算机网络技术的发展和校园网中数据存储量的迅速增加,具有集中性和高效性的网络存储系统将代替传统的直接附加存储方式成为校园网存储系统的主体。

随着校园网络建设的大力发展和计算机网络的普及,数字图书馆、数据库、管理系统、音视频资料、教学课件、题库等数字信息与日俱增,校园网信息存储问题随之而来。网络存储技术是现代存储技术与计算机网络技术相结合的产物,它以网络技术为基础,将服务器系统的数据处理与数据存储相分离,从而实现对数据的海量存储的新技术。在高校,要求以较低成本完成各种信息的集中存储和管理,实现数据的多平台共享以及数据在复杂操作系统平台之间的共享,数据的低成本备份与保护等,以满足师生教学的需求,成为校园网建设和发展中的一个重要问题。目前高等院校网络信息存储主要面临以下问题:

(1)很多高校都建有高速的校园网,往往重视了信息传输通道的建设,而忽略了信息资源建设和信息存储的建设,致使信息存储无法系统化,信息管理无法科学化;

(2)目前信息存储存在着多用户、异构性和跨平台,无法真正利用网络达到信息资源的共享;

(3)校园内的信息、数据和资源较分散,难以实现对数据的有效管理、更新和维护;

(4)数据的更新性和检索较慢,实时性较差。

如何对大量的数字化多媒体教育资源进行有效的存储、管理、共享以及使用,成为建设校园网首先要考虑和解决的问题。大多数校园网已初具规模,随着教育资源(如网络课程、素材库、试题库、案例库)的迅速增加,选择合理的存储体系结构,实现校园网教育资源的有效管理已势在必行。

1.3.2.2 高校校园网网络存储方案的具体选择

随着校园信息资源的迅速增加,必须选择一个合理、有效的存储方案。网络存储方案的选择,要考虑到现有的设备投资以及校园网络发展的需要,选择一个合理、全面的存储方案。以网络化存储解决高等院校的信息存储需求,各种文件及数据与数据块级数据进行集中存储、管理和备份,并在此基础上充分考虑未来的扩展性是高校校园网络数字信息存储的必然需求。考虑到高校数字信息的特点,在校园网存储方案选择上可作如下参考:

(1)如果已有的存储方式通过扩展可以满足用户的需求,建议采用当前的方式,因为可以节约一大笔设备投资。对于中小规模校园网的信息存储,NAS是一个很好的选择。

(2)大规模的高校校园网,因为规模较大,地理环境更为广阔,要求应用服务器的整合和数据共享,以及基于 Block I/O 的数据库应用,SAN 和 iSCSI 是合适的选择。如果已有 SAN,就扩展现有的容量。服务器数量多,存储设备多,SAN 是更好的方案。如

果没有 SAN,服务器数量比较少,采用 iSCSI 存储是更经济和更简单的选择。

1.3.2.3 NAS 在校园网的应用

NAS 系统具有价格优势、易于管理、易于安装、跨平台性等特点,因而 NAS 系统可用来代替原来大量使用在校园网上分散的 DAS(封装与服务器)的存储方式将校园的数据进行集中的管理和维护。NAS 系统目前在校园网中主要应用于以下方面:

- (1)为校园网个人用户提供的个人存储空间。
- (2)使用 NAS 系统扩大原有的 FTP 和 WEB 等服务器的存储空间。

(3)应用于存储校园网上的多媒体信息。

(4)由于校园网中存在着各种不同的操作系统如:Windows Unix Linux 等,为了更好的管理这些多媒体数据就必须采用一种跨平台的集中式的网络存储系统,NAS 系统可为校园网的多媒体应用提供存储进行集中式的存储和管理,使得各种平台资源得以共享,而校园网的用户可在校园网上通过 WWW 浏览器、FTP 等标准 PC 工具,实现跨平台的访问资源。

以目前某大学使用的 DELL PowerVault775N NAS 系统为例,考虑 NAS 系统是使用了 TCP/IP 等网络协议,通过 LAN 实现数据交换和存储管理,将 NAS 系统与校园网上的主要服务器放在同一个千兆网段,这样校园网上的主要服务器与 NAS 系统交互数据时不会影响网络的性能。在实际使用时将 2TB 的存储空间划分成两个部分,一部分主要用于扩展原有的 FTP 和 WEB 等服务器的存储空间,另一部分则以学院为单位建立用户分配空间用于存储各个学院的多媒体课件和扩充学院的存储。在 NAS 系统使用后很好地解决了校园网原有存在的以下一些问题以下:

- (1)校园网中的原来众多服务器分别基于 Windows、Unix/Linux、Macintosh 和 NetWare 等不同的操作平台,用户在一种平台