



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定



高职高专计算机项目 / 任务驱动模式教材

网络存储技术及应用

李冬 主编 刘芳 姒茂新 副主编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

高职高专计算机项目/任务驱动模式教材

网络存储技术及应用

李冬 主编

刘芳 姒茂新 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书介绍网络存储技术的体系结构和组成要素。书中通过实例操作,介绍 RAID 的配置、NAS 的配置和 IPSAN 的构建方法,典型操作系统和数据库的备份与恢复技术;并且结合实际应用需要,介绍流行的数据存储、备份和恢复工具,以及云存储系统技术及应用。

本书从应用角度出发,将复杂的存储技术理论实用化;通过大量的实际案例,说明技术内涵及其典型系统和产品应用,内容通俗易懂,易于自学。

本书适合作为高职教育信息技术类人才培养的教材,也可为专业技术人员提供参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

网络存储技术及应用/李冬主编. —北京:电子工业出版社,2015.7

高职高专计算机项目/任务驱动模式教材

ISBN 978-7-121-26300-2

I. ①网… II. ①李… III. ①计算机网络-信息存储-高等职业教育-教材 IV. ①TP393.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 127852 号

责任编辑:束传政 特约编辑:徐 堃

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市京南印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:18.5 字数:471 千字

版 次:2015 年 7 月第 1 版

印 次:2015 年 7 月第 1 次印刷

印 数:2000 册 定价:39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

随着信息化的推进，各类应用逐渐密集化和复杂化，存储逐渐成为一种可量化的、严重影响系统和网络性能的最基础的关键环节。存储是一种服务，逐渐被业界接受，特别是在数据和应用分离的今天，数据成为企业最有价值的财富。云计算、物联网、大数据等技术的兴起，使得网络存储逐渐成为一种泛在的服务，除海量的容量需求外，网络存储的高性能、高安全性、可管理性等都对相关技术提出了更高的要求。

本书主编2007年就在苏州经贸职业技术学院开设了网络存储技术基础课程。课程团队在教学内容的选取、组织等方面做了大量的工作，完成了《网络存储技术基础》讲义并试用了3轮，经过多次补充和完善，力求满足高职教学的需要。本教材是在讲义的基础上再次提炼，与兄弟院校同行共同努力完成的。经过教育部全国职业教育教材审定委员会专家评审，本书被确定为“十二五”职业教育国家规划教材。

本书共分1个绪论和7个教学项目：绪论 网络存储技术基础；项目1 RAID的配置；项目2 NAS的配置；项目3 IP SAN的构建；项目4 数据的存储、备份和恢复工具；项目5 操作系统的备份与恢复；项目6 数据库的备份与恢复；项目7 云存储及应用。教材立足实用，理实一体，图文并茂，设备要求相对较低，既有利于教师教学，又有利于学生培养实践能力。

本教材由苏州经贸职业技术学院李冬教授任主编，苏州国科数据中心范方明工程师、苏州市职业大学姒茂新副教授、苏州工业职业技术学院刘宝莲副教授和时荣讲师、苏州中科集成电路中心汤晓蓉高级工程师、苏州经贸职业技术学院刘芳副教授、贾海天工程师等参加了编写工作。

在本书编写过程中，作者参阅了大量的网络技术资料和书籍，特别是华为、H3C、Microsoft、DELL、NetAPP等公司的在线技术文档，在此对这些文献的贡献者表示感谢。

由于网络存储是信息领域的热点技术之一，加之作者水平有限，书中难免有不当甚至错误之处，请专家和读者批评指正。

李冬

2015年3月

目 录

绪 论 网络存储技术基础	1
0. 1 存储技术概述	1
0. 2 网络存储技术的应用	3
0. 3 网络存储体系结构	4
0. 4 存储设备	11
0. 5 存储连接	22
0. 6 文件组织	31
小结	34
项目 1 RAID 的配置	35
1. 1 技术背景	35
1. 2 RAID 技术准备	35
任务 1-1 RAID0 的配置	40
任务 1-2 RAID1 的配置	42
任务 1-3 RAID5 的配置	44
任务 1-4 软件 RAID5 的配置	47
小结	51
项目 2 NAS 的配置	52
2. 1 技术背景	52
2. 2 NAS 技术准备	52
任务 2-1 通过管理软件的 NAS 配置	55
任务 2-2 NAS 系统的配置	62
小结	78
项目 3 IP SAN 的构建	79
3. 1 技术背景	79
3. 2 IP SAN 构建技术准备	81
任务 3-1 Windows 平台 iSCSI 的配置	93
任务 3-2 Linux 平台 iSCSI 的配置	103
小结	109
项目 4 数据的存储、备份和恢复工具	110
4. 1 数据的存储、备份和恢复技术	110



4. 2 数据的存储工具	115
任务 4-1 Dropbox	116
任务 4-2 华为网盘	120
4. 3 个人数据的备份/恢复工具	126
任务 4-3 PureSync	126
任务 4-4 Symantec Norton Ghost	134
4. 4 企业级数据备份/恢复工具	143
任务 4-5 VERITAS NETBACKUP (NBU)	144
任务 4-6 HeartsOne Backup	150
小结	155
项目 5 操作系统的备份与恢复	156
5. 1 技术背景	156
任务 5-1 安装 Windows Server Backup 组件	157
5. 2 活动目录的备份与恢复	161
任务 5-2 备份 Windows Server 2008 活动目录	162
任务 5-3 活动目录数据库的恢复	178
5. 3 网络服务的备份与恢复	185
任务 5-4 网络参数与系统服务的备份与恢复	186
任务 5-5 DHCP 服务 (数据库) 的备份与恢复	191
5. 4 WINS 数据库的备份与恢复	202
任务 5-6 WINS 数据库的备份与恢复	202
5. 5 DNS 数据库的备份与恢复	209
任务 5-7 DNS 数据库的备份与恢复	209
小结	224
项目 6 数据库的备份与恢复	225
6. 1 数据库备份与恢复的技术准备	225
6. 2 完整数据库的备份与恢复	227
任务 6-1 完整数据库备份	227
任务 6-2 完整数据库恢复	231
6. 3 差异数据库的备份与恢复	235
任务 6-3 备份差异数据库	236
任务 6-4 恢复差异数据库	240
任务 6-5 镜像备份与恢复	243
6. 4 密码备份	246
任务 6-6 密码备份数据库	246
任务 6-7 密码还原数据库	247
6. 5 事务日志备份与还原	247
任务 6-8 创建和查看备份设备	248

任务 6-9 事务日志备份	252
任务 6-10 事务日志还原	261
任务 6-11 维护计划自动备份数据库	265
小结	275
项目 7 云存储及应用	276
7.1 云存储	276
7.2 常见的云存储产品	284
小结	289
附录 A 中英文专业术语对照表	290
参考文献	293

绪 论 网络存储技术基础

本章介绍网络存储技术的组成、技术模型，以及存储设备、连接技术和文件组织等基础知识，为后续内容做必要的准备。

0.1 存储技术概述

存储是一种为数据提供稳定、非易失、可靠的保存数据的基础设施的总称。常见的存储介质类型是磁介质和光介质。随着互联网、电子商务等 IT 技术的深入应用和发展，信息急速增长，计算设施成为承载企业商务的关键载体和平台，网络中的数据迅速膨胀，导致对网络存储的扩容和升级要求远远超出对个人终端和服务器的升级要求。存储和设施的增加使主机连接系统存储模型暴露出可伸展性和管理性的缺乏，刺激了存储区域网络（SAN，Storage Area Network）概念的发展。在这种模型中，存储设备是独立的实体，通过网络为众多主机系统提供存储服务。存在于企业网络中的数据演变成不属于任何特殊系统的有价值的实体，与访问它的应用分离，成为一种可以共享的财富。这些信息和知识的获取逐渐成为当今生产力以史无前例的速度增长的核心要素，承载这些信息和知识的存储成为互联网经济的生命线，不再是附属的备份辅助设备，而是影响整个企业系统的核心。

随着应用的密集化和复杂化，存储是一种服务逐渐被业界接受，传统的静态数据和设施演化为动态的与数据存储相关的操作和性能表现。存储逐渐成为一种可量化的、严重影响数据和网络性能的最基础的关键环节。特别是在数据和应用分离逐渐明确的今天，存储是一种服务，更能体现蕴涵的信息和知识的价值，其原因如下所述。

第一，信息存储是企业发展的关键。

当 PC 和网络带动 IT 技术飞跃发展之后，也带来了信息的急速增长，互联网的扩张，电子商务和自动化管理的应用，使得网络中的数据迅速膨胀，人们对网络存储扩容和升级速度的要求远远超出对 PC 服务器的升级要求。特别是对信息挖掘和利用的信息生命周期（ILM，Information Life Management）概念的提出，作为信息载体的存储系统日渐成为整个企业 IT 架构的核心，其性能、可用性、可靠性、管理性直接对企业运行产生重要影响。越来越多的用户在进行 IT 系统的长远规划时，把存储系统作为规划的起点和重点，其他相关设施均基于存储系统向外辐射，以实现 IT 与业务相融合（如图 0-1 所示）。

第二，计算技术对存储的强烈需求。

随着计算技术的发展，人类进入了以云计算为主的物联时代，其主要特征是通过新的方法提供以服务为目的的新一代互联网络，其支撑技术主要是海量的移动或非移动终



端设备和支持这些设备的后备存储设施。这些终端设备将出现在人类生活的各个角落，而支持这些海量设备访问的巨型存储设施的存储底层，需要具备海量的存储空间来保存前端用户的海量信息，并必须具有高度的可用性、持续性来保证用户随时随地访问所需数据。

第三，网络技术和存储不断融合。

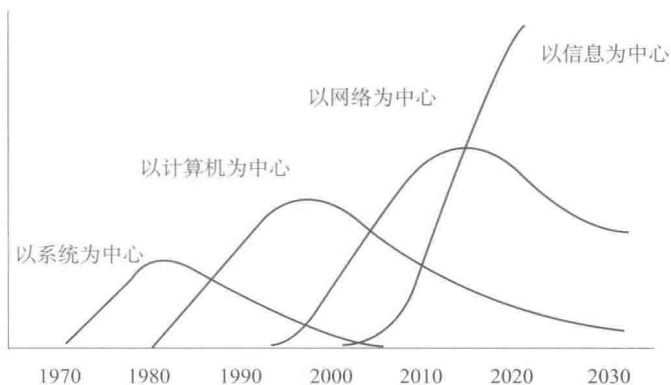


图 0-1 信息系统的发展演变

长期以来，网络和主机一直是网络中的主要问题，存储只是位于服务器后端的附属品。随着网络技术特别是 Internet 的发展，基于网络的应用逐渐超过本地应用，网络逐渐成为影响应用的关键因素。

随着应用的复杂化、多样化和普遍化，网络技术一方面在制造更高速、延迟更小、带宽更大的网络设备的同时，网络传输的软件协议层也在逐步地革新。精简消息通信协议、用户层通信协议、虚拟接口适配器（VIA, Virtual Interface Adapter）网络接口等新标准纷纷出台，提高了网络的传输效率，减少了网络传输延迟，以便充分利用网络带宽。

同时，不断加速的信息需求使得存储容量的增长速度超过了服务器处理能力的增长速度。有限的服务器内部存储和不断增长的存储内容促成了服务器存储的“外部化”，出现了网络存储。网络存储打破了原有的进化框架和主从束缚关系，将传统的存储技术与动态的、全球化的网络技术结合起来。话音/数据、数据/存储以及局域网/城域网/广域网的融合、存储的持续需求、存储和网络网络带宽持续的大量需求等，催生了使用传统以太网作为网络存储设施的构想，便于把成熟的 TCP/IP 用于传输存储数据。

第四，存储技术的发展。

硬盘诞生 50 年以来，其简单的块式访问接口基本没有变化，机械运动的本质特征没有明显改善。1992 年以后，磁存储技术发生了质的变化，磁、光、半导体等存储介质上的集成存储密度（bit/cm²）年增长率达到 100%；精密机械技术、纠错容错技术、信号处理技术等领域的重大突破，使存储厂商制造出更先进、性能价格比更优的存储产品。具体表现为：存储密度每年增长 60%，近几年增长率接近 100%。为了改善磁盘上的寻道延迟和旋转延迟，Erik Riedel 提出了 Active Disk 概念，利用磁盘设备上的计算能力，在设备端完成服务器端的部分处理功能。在存储体系结构方面，大容量、高性能、高可靠的存储硬件系统，如独立磁盘阵列（RAID, Redundant Arrays of

Independent Disk)、SAN 和网络连接存储 (NAS, Network Attached Storage) 等得到应用。

0.2 网络存储技术的应用

计算技术和网络技术的应用和普及,催生了用户空间应用的多样化和多维化。这些应用对后台的存储提出了新的要求,如下所述。

第一,存储空间趋向无上限。

网络用户激增,逐渐把访问数据的媒介——互联网改变成为连接后端的巨型存储设施和前端终端设备的宽带线路。在给用户提供高速、高带宽访问的同时,给后端的存储设施带来了巨大压力。存储设备必须保证在任何时间都对用户的请求快速响应,也就是要保证高性能和高可靠性,其核心是存储容量。

企业级的数据应用情况是:占据数据库应用 35% 市场份额的决策支持系统 (DSS, Decision Support System) 正在以惊人的速度增长。一方面,系统需要存储更详细的信息;另一方面,企业需要依赖更长时间的历史信息来完成决策支持。这样,粗粒度和愈加稠密的用户访问给现有系统带来更沉重的压力。数据的高增长在多媒体服务、分布式控制等其他数据应用也有类似情况。我们处在一个以数据为中心的计算模式之中,也就是处在以存储不断增长为主导的时代。

第二,高效的数据访问模式。

如上所述,磁盘容量每年增长接近 100%,而访问磁盘的方式 50 年来一成不变,仍然通过 SCSI 和 IDE 接口来访问块式数据的磁盘。这种访问效率对于用户访问当前支持海量数据的存储设备而言是非常低下的。而且由于磁盘的存储空间巨大,所存储的数据肯定具备不同的访问模式和访问质量要求,而单一功能的磁盘接口对此无法区分,因此无法满足用户的多种不同需求。

20 世纪 90 年代以前,存储产品大多作为服务器的组成部分之一。这种形式的存储称为服务器连接存储或直接连接存储 (DAS, Direct Attached Storage)。20 世纪 90 年代以后,由于同时运行在多台设备上的应用急剧增加,数据集中和共享成为亟待解决的问题。特别是企业异地备份、容灾等应用的发展,传统的本地应用逐渐扩展到网上协同,原来专用昂贵的存储资源出于降低 TOC 考虑变成了共享,于是,网络化存储的概念被提出并迅速发展,出现了如 SAN (Storage Area Network)、NAS (Network Attached Storage) 等的多种应用架构模式和基础设施。

第三,可靠性、连续性的存储服务。

存储网络与数据网络不同。在 TCP/IP 网络中,失败的数据传输并不是一种灾难,因为数据仍然保持原有的形式保存在原来的位置。失败的传输可以在重新传输中得到恢复。与此不同的是,对于由存储网络造成的数据传输失败,恢复的可能性很小,代价也高。例如文件系统和数据库应用,这些应用对数据要求是存储始终处于可用状态,一旦存储设备或连接,甚至响应时间超过进程最大等待时间,这些应用就会崩溃;同时,运行这些应用的基础系统将存在崩溃的风险。因此,基于网络的存储除提供一般数据网络拥有的功能外,必须提供最高级的可靠性和连续性。



第四，高性价比、高投资的回收率。

随着数据爆炸式增长，存储领域的投资持续增长，带来的管理成本将超过购置和维护的成本。权威统计显示，存储系统占整个企业网络预算的 60%，存储维护成本占企业网络维护成本的 75%。不断增加的存储总拥有成本（TOC，Total Cost of Ownership）越来越成为企业的沉重负担。为此，业界提出了一个降低存储成本的分层存储模型（HSM，Hierarchical Storage Model）。企业在考虑存储方案时，应该综合考虑存储介质类型的管理、数据在不同介质之间的迁移策略和实际的存储服务质量，以期获得高性价比、高投资的回收率。

第五，数据的高安全性。

基于 TCP/IP 网络的物理网络资源在跳跃式增长，网络接入和连接保持高速度的持续增加，给开放网络的流量、连接的隐蔽性和传输的保密性等带来了严峻挑战。来自网络自身和用户的非善意访问对底层设备资源、数据和系统构成了巨大的威胁。特别对类如证券系统等关键存储应用，数据访问的安全性是系统运行的关键。

第六，简便、高效的存储管理。

存储介质类型的多样化、技术的复杂化和技术指标的多维化，给存储资源管理（SRM，Storage Resource Management）带来了挑战。一个理想的存储管理系统，应该是以合理的代价获得标准化、简单化、可靠、可伸缩和理想的存储管理性能。

在新的深度数据应用、基于 Web 的企业应用和互联网的驱动下，信息和信息存储得到了巨大的增长，导致存储需要的不平衡增长。传统 DAS 造成的存储“孤岛”限制了可伸展性，增加了管理复杂性，给服务器和局域网（LAN，Local Area Network）增加了性能瓶颈。而 SAN 是通过简化存储管理，提供更高的服务器和存储伸展性，支持企业关键任务环境的高可用性配置等大大降低了拥有成本。通过服务器和存储设备的互联网络，SAN 的资源可以被高效率地定位、共享和管理。

0.3 网络存储体系结构

0.3.1 网络存储模型

网络存储是一种新型的基于网络的存储体系结构，其经典的存储模型如图 0-2 所示，即全球存储网络工业协会（SNIA，Storage Network Industry Association）共享存储模型。

SNIA 共享存储模型把一个共享的存储环境划分为 4 个基本部分，即应用、文件/记录层、块层和服务子系统。SNIA 共享存储模型对应用没有进一步描述，它被看成是该模型的用户。一般来说，应用支持诸如在线事务处理、数据挖掘或 Web 服务等用户行为。文件/记录层包含数据库和文件系统。块层包括存储设备和块聚合。SNIA 共享存储模型使用术语“聚合”代替通常使用的术语“存储虚拟化”。服务子系统定义了管理其他部件的功能，包括存储特定的应用，比如管理、安全、备份、可用性维护以及容量规划等。这样，该模型把处于高层的终端用户或商业应用与监测、支持底层存储设施的辅助应用区分开。

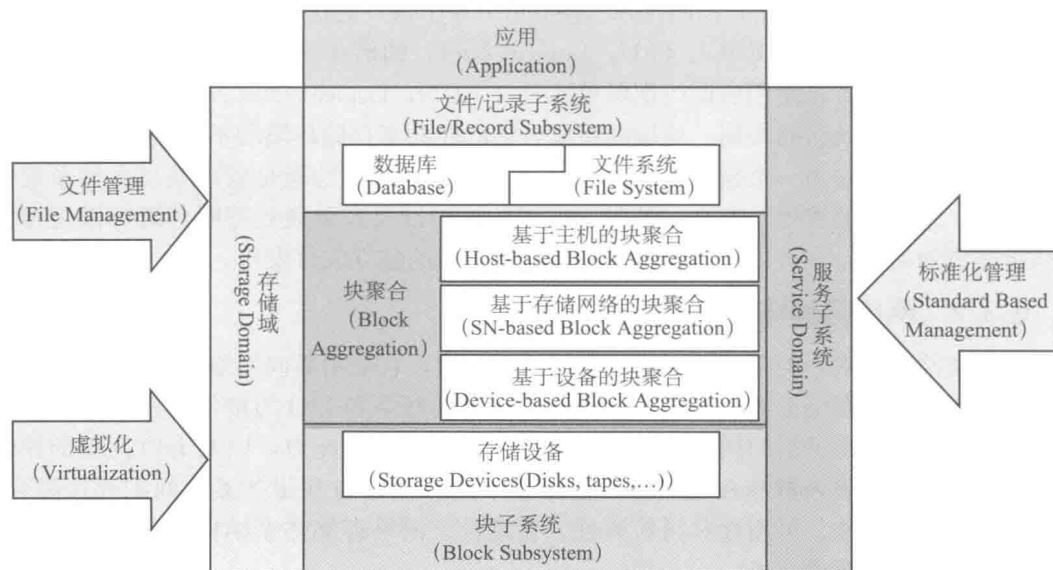


图 0-2 SNIA 共享存储模型

SNIA 共享存储模型定义了 4 个层次，即存储设备、块聚合层、文件/记录层和应用。其中，文件/记录层又包括数据库和文件系统。块聚合功能实现在共享存储环境的不同点上，也可以在主机上、存储网络上或存储设备中。存储设备和块聚合层加在一起被称作块层。

文件/记录层由数据库和文件系统构成。诸如 SQL Server 和 Oracle 这样的数据库使用记录格式作为处理单元，大多数其他应用则普遍使用文件作为处理单元。文件/记录层把数据库记录和文件映射到存储设备的面向块的卷。文件由许多个字节组成，因此在 SINA 共享存储模型中被看成是字节向量。文件系统和数据库操作文件目录或记录，检查访问、分配存储空间和缓存数据。因此，文件/记录层工作在由它下面的块层提供的卷上。卷本身由被称作块向量的多个块构成。数据库系统通过表和表空间把一个或多个记录映射到卷，即记录组→表→表空间→卷。

同样地，文件系统借助文件把多个字节映射到卷，即字节→文件→卷。

某些数据库系统也能使用文件，即字节向量工作。在这种情况下，块向量通过文件系统被组合成字节向量，这是另一个层次的抽象。由于这个附加的抽象层次消耗性能，所以仅有小的数据库以面向文件的工作方式工作。在大的数据库中，出于性能考虑，免除了字节到块的附加映射层。

对于高层应用而言，有用的信息无论是以记录还是文件的形式出现，最终都要以连续的数据字节的方式存储到磁带或磁盘上。人们把这些连续的数据字节称作数据块 (block)。数据块的大小以及把记录或文件映射到块上的方式，都可能因系统而异。然而，在任何情况下都需要采用一种方法来把数据块跟记录或文件相关联。这种功能由块聚合层执行。术语“块聚合”也常被称作“存储虚拟化”。

块聚合意味着把物理的块或块向量聚合成逻辑的块或块向量。为此，块层把磁盘存储设备的物理块映射成逻辑块，使它们以卷 (块向量) 的形式提供给高层。这可以是 1:1 的直接映射；也可以首先把物理块聚合成逻辑块，再以卷的形式传递到高层。在小型计



算机系统接口（SCSI, Small Computer System Interface）的情况下，存储设备层的存储设备以一个或多个称作逻辑单元（LU, Logical Unit）的形式呈现给用户。

块层的其他任务是使用所谓的逻辑单元号（LUN, Logical Unit Number）给逻辑单元做标记、缓存以及访问控制。块层的块聚合功能在共享存储环境的不同点上实现。

服务子系统是作为一个辅助子系统分开表示的，其主要功能是管理共享存储系统的其他成分。它提供的管理、安全、备份、可用性维护以及容量规划等服务既可以是存储产品所集成的功能，又可以作为监测和管理存储资源的独立软件发行。

0.3.2 网络存储体系结构组成要素

以存储网络为中心的存储是全新的存储体系结构，它采用面向网络的存储体系结构，使数据处理和数据存储分离。网络存储体系结构包括网络和 I/O 的精华，将 I/O 能力扩展到网络上，特别是灵活的网络寻址能力、远距离数据传输能力，以及 I/O 高效的原性能。通过网络连接服务器和存储资源，消除了不同存储设备和服务器之间的连接障碍，提高了数据的共享性、可用性和可扩展性、管理性。网络存储体系结构主要由连接、存储和文件组织三个要件组成。

1. 连接

连接是用于存储设备和系统及其他设备相连接的有关连接性技术，包括如总线、网络光纤、铜介质布线、主机适配器、网络交换机和路由器等物理连接，还包括如虚拟连接、连接聚合、流控制、网络安全，甚至存储设备的驱动程序等逻辑连接。

2. 存储

存储是网络存储的核心，既有逻辑成分，又有物理成分。逻辑成分包括 RAID、镜像、卷管理器、存储虚拟化等。物理成分按细粒度，分为共享随机存储器（RAM, Random Access Memory）固态硬盘（SSD, Solid-State Disks）、磁盘、磁盘阵列、近线光盘、近线磁带和磁带库、离线磁带、远程在线存储存储设备等。另外，物理成分包括与物理存储相配套的驱动器、控制器、电源、冷却设备、接口和必要的连接手段等。

3. 文件组织

文件组织是组织、存储数据的智能过程，使用一种描述数据的元数据（Metadata）确定数据如何被存储和还原，并通过何种方式提交给用户。文件组织本质上是逻辑的，不依赖于具体的硬件。文件组织按细粒度，分为记录、文件和文件段、表和表段、块、小的组块、RAID、LUN、大的组块（如分区）和卷等。

0.3.3 典型的网络存储体系结构

从存储系统诞生以来，存储系统体系结构经历了从直接连接存储（DAS）体系结构、网络连接存储（NAS）体系结构、存储局域网（SAN）体系结构到内容寻址存储（CAS, Content Addressed Storage）四种主要类型的发展。这四种存储系统体系目前并存在各类应用中，每一种都具有各自的特点和发展活力，共同满足用户对计算机存储系统复杂而多样化的要求。

1. DAS

DAS 即直接连接存储，是指将外置存储设备通过连接电缆直接连接到一台计算机上，有内部和外部两种连接形式，结构如图 0-3 所示。

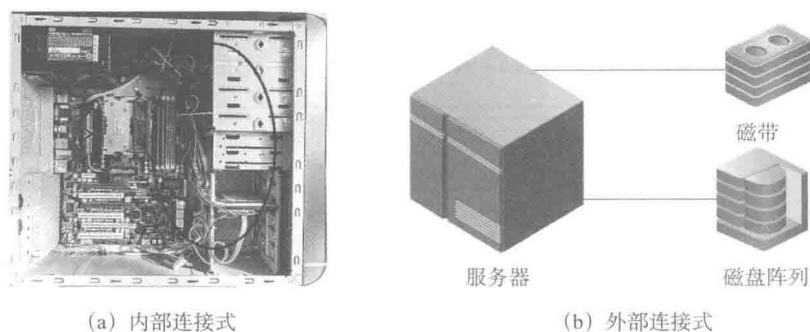


图 0-3 DAS 的结构图示

DAS由主机系统、连接和存储介质三部分组成。其中，连接使用 ATA、SCSI、USB、FireWire 等接口和光纤通道（FC，Fiber Channel）等块级别（Block-level）访问协议。存储介质包括硬盘、光盘、磁带（库）、RAID、可移动介质等。

DAS具有以下特点：

①实现大容量存储。将多个磁盘合并成一个逻辑磁盘，满足海量本地数据存储的需求。

②实现应用数据和系统的分离。系统一般存放在主机中，应用数据放置于阵列中。

③小型存储环境。可以快速部署一个经济、可靠性高的存储环境，提高数据存取性能。

④实施配置简单。无需专业人员操作和维护，便于部署，易于管理，节省用户投资。

另外，DAS 必须与主机直接相连，依赖服务器主机操作系统进行数据的 I/O 读写和存储维护管理，数据备份和恢复要求占用服务器主机资源（包括 CPU、系统 IO 等），与主机的连接端口数、可编址的磁盘数、距离等因素大大限制了 DAS 的可扩展性。

2. NAS

NAS即网络连接存储。文件级别（File-level）的共享存储设备不同于块级别（Block-level）设备，这些设备包括直接连接到 LAN 上的、包含高性能文件服务器的存储设备，提供高速、高效的文件共享服务，用于共享和写作高可用性文件，结构如图 0-4 所示。

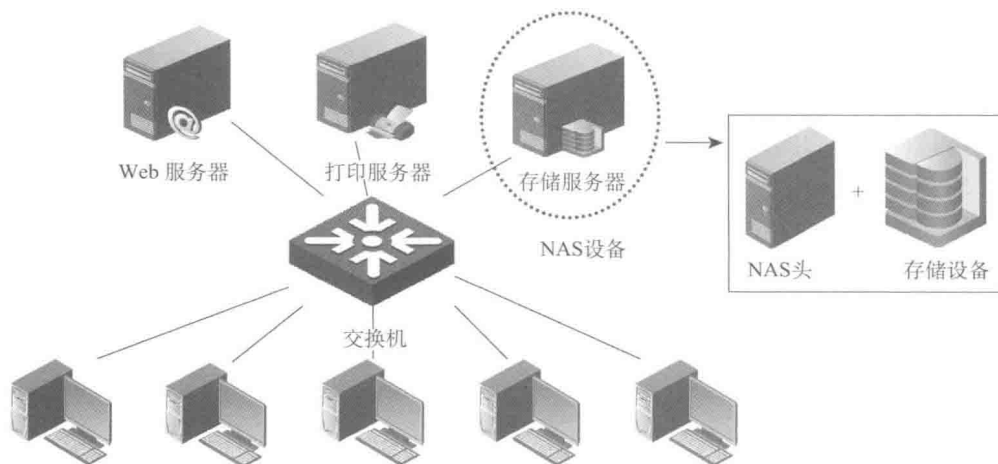


图 0-4 NAS 的结构图示



NAS 设备由 NAS 头和存储设备两部分组成，NAS 头又由网络接口（网卡）、网络文件协议、优化的操作系统和存储设备接口组成。NAS 设备组成如图 0-5 所示。

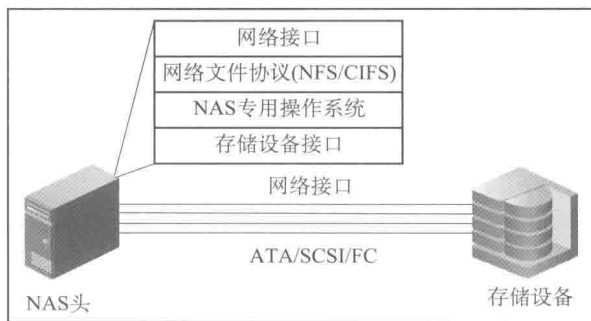


图 0-5 NAS 设备组成图示

NAS 具有以下特点：

- ①NAS 是真正即插即用的产品，设备内置多个 I/O 接口，可扩展性好。
- ②具有独立的 IP 地址，通过 TCP/IP 网络连接到应用服务器，因此可以基于已有的企业网络方便地连接。
- ③专用的操作系统支持不同的文件系统，支持异构系统的文件共享；提供了一种部件级的存储方法和可靠的文件级数据整合，易于管理和备份。
- ④NAS 设备物理位置灵活，易于部署，更新、升级、调整灵活、方便。它们可放置在网络内的任何位置，应用于整个企业的网络环境；通过物理链路与网络连接起来，具有更低的总拥有成本（TOC）。

⑤数据备份无需应用服务器的干预，允许用户在网络上存取数据，具有更高的数据吞吐率，减小了服务器的 CPU 开销，显著改善数据的高可获得性，保护了关键数据。

⑥存储介质集中。NAS 满足了工作组和部门级机构迅速增加的存储容量的需求。

不足之处是：NAS 没有解决与文件服务器相关的一个关键性问题，即备份过程中的带宽消耗。NAS 将存储事务由并行 SCSI 连接转移到网络上，使用网络进行备份和恢复。LAN 除了必须处理正常的用户数据传输外，还要处理包括备份操作的存储数据请求。

另外，NAS 的可扩展性受到设备大小的限制。增加一台 NAS 设备非常容易，但是要想将两个 NAS 设备的存储空间无缝合并并不容易，因为 NAS 设备通常具有独特的网络标识符，存储空间的扩大上有限。

3. SAN

SAN 是通过专用高速网将一个或多个网络存储设备和服务器连接起来的专用存储系统，承载存储设备同计算机系统或存储设备与存储设备之间的通信。SAN 存储实现的是直接对物理硬件的块级存储访问，提高了存储的性能和升级能力。它一般依托光纤通道（FC）为服务器和存储设备之间的连接提供更高的吞吐能力，支持更远的距离和更可靠的连通。

SAN 本身就是一个存储网络，可以是交换式网络，也可以是共享式网络。它承担了数据存储任务，与 LAN 业务网络相隔离，存储设备和 SAN 中的应用服务器之间采用块

I/O 方式交换数据，存储数据流不占用业务网络带宽，为用户的大规模数据存储提供高性能、高可靠性的“第二网”（结构如图 0-6 所示）。

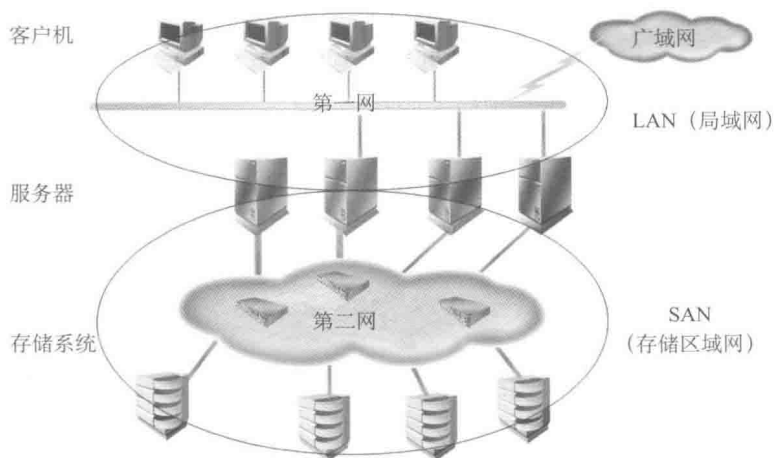


图 0-6 SAN 结构图

SAN 具有以下特点：

①集中存储和管理。通过整合各种存储设备，形成统一的存储池向用户提供服务，降低了系统总体拥有成本。

②具有优异的可扩展性。存储容量、地址空间可以很容易地扩充，较好地满足迅速增长的数据存储需求。

③SAN 存储架构具有显著的优势。在数据传送过程中，系统处理效率更高，数据备份不占用 LAN 带宽，实现 LAN-free 备份。

④高性能、高速存取。目前，光纤通道可提供 2G~10Gb/s 的数据通信带宽。

⑤数据具有高可用性，用户可以通过多台服务器访问存储设备，单点故障不会影响用户应用的继续展开。

近年来，由于 SAN 技术迅猛发展，特别是 IP SAN 技术日臻成熟，以及云计算、大数据等数据业务应用的驱动，SAN 得到了广泛应用。应用模式由 SAN 与 NAS 割裂，逐渐过渡到 SAN 与 NAS 环境相结合。SAN 居于 NAS 设备的后台，满足存储扩展性和备份的需要。但是，由于 SAN 的建设成本起点高，管理和维护复杂，专业人才缺乏等因素，致使其总拥有成本较高，基本上是企业使用的数据解决方案，或部署高端、密集型应用的选择。

4. CAS

CAS 即内容寻址存储，用于存储和检索以固定内容（Fixed Content，即具有长时间保存价值的不可更改的数据对象）为对象的网络存储技术。CAS 具有面向对象存储特征，基于磁记录技术，按照所存储数据的内容地址寻址。

所谓固定内容，就是具有长时间保存价值的不可更改的数据对象。社会的信息化促进了固定内容的信息数量急剧增长，这些信息所需保存的时间也比以前大为延长。常见的固定内容信息对象有以下三类：

(1) 电子文档：主要包括电子图书、合同契约、银行票证、电子邮件、工程图等。



(2) 数字记录：主要包括医学检查图像、图片、地震/油气藏/天文/卫星地球物理图像信息等。

(3) 多媒体：主要包括音频、视频等。

EMC 公司 Centera 网络存储系统是世界上第一款针对固定内容的内容寻址存储 CAS 网络存储解决方案，其关键技术包括以下内容。

①采用信息单元地址的计算方法，首先对所存储的内容片断执行 MD5 散列算法，得到一个 128 比特 (bit) 的奇偶校验。接着，Centera 把这个比特序列转换成独特的 27 个字符的标识符，叫做内容地址 (又称数字标签、数字指纹)。这个内容地址源自所存储数据片断的内容本身，对于数据片断而言是唯一的标志。内容地址与存储信息的元数据 (metadata) 一起构成所访问数据的实际有效地址，借此确保数据单元的完整性。

②内容地址主要对 Centera 上的 C-Clib 进行处理。该地址一般保存在数据库上，通过 API 调用该内容地址，传递给 Centera 服务器，以备所需之时取回所存的固定内容数据对象。这里要着重指出的是，应用软件保存的是内容描述符文件 (CDF, Content Descriptor File)，而不是 BLOB (Binary Large Object) 的内容地址。

③内容描述符文件 (CDF) 是保存元数据的 XML 文件，主要包含 XML 标签 (Tag) 和属性 (Attribute)。

➤标签：内容描述符文件 CDF 中的 XML 标签，由用户定义，如 Image20131212。

➤属性：内容描述符文件 CDF 中的 XML 属性，由用户定义，如 gif。

➤BLOB：存储在 Centera 上的对象，具体指存储对象的不同比特序列。

➤C-Clip：包含 CDF 及其相关 BLOB 的整个封装。

CAS 具有以下特点：

①确保内容的可靠性、完整性。一个内容对象有且仅有一个内容地址，对所存储内容的任何修改都会被系统检测到，因为这个修改会产生一个不同的内容地址。当有相同内容数据要存储时，系统针对所存储内容的本身按照特定算法进行解析，得到同样数据的同样标识符，避免了相同数据的重复存储。完全不同于传统的基于位置寻址的文件系统。

②提供全局唯一，位置独立的标识符。对所存储的内容进行寻址，产生一个与存储内容相独立的内容地址。它与操作系统、文件系统和应用软件相独立。对任何固定内容信息的访问与存储数据的物理地址/逻辑地址无关，仅与数据内容有关。

③单一实例存储 Centera 只维护所存储内容的一个副本和一个映像。假设一个存取操作试图为多个不同的客户端用户存储同样数据的数据，那么对于多个客户端用户而言，每一个用户的内容描述符文件 CDF 中的元数据是不同的，但数据对象本身只在存储系统上保存一份。由于采用特定的算法，每一个所存储内容的片断只有唯一一个内容地址与之对应，为整个网络存储系统带来了前所未有的容量节省和简单管理。

④具有优异的可靠—可用—服务 (RAS, Reliability-Availability-Serviceability) 特性。整个固定内容存储系统的设计和使用能满足用户应用的可靠性、可用性和可服务性保障。

CAS 最早由美国 EMC 公司在 2002 年 4 月提出，但由于参与厂商不多，技术标准化