

智能分级 存储系统的研究

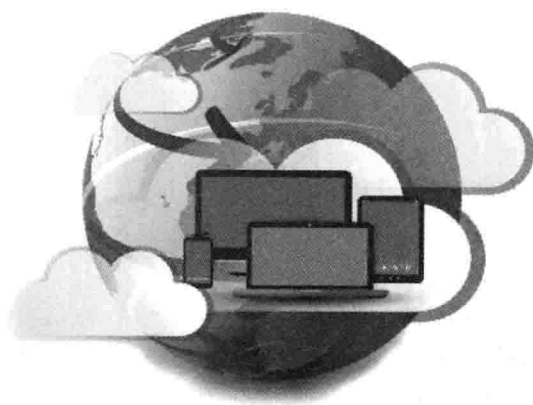
潘红芳 / 主 编 张 瑜 / 副主编



ZHINENG FENJI
CUNCHU XITONG DE YANJIU

智能分级 存储系统的研究

潘红芳 / 主 编 张 瑜 / 副主编



图书在版编目 (CIP) 数据

智能分级存储系统的研究 / 潘红芳主编 .—长春: 吉林大学出版社,
2014. 5

ISBN 978-7-5677-1605-6

I . ①智… II . ①潘… III . ①存储器—研究 IV . ① TP333

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 092665 号

书 名: 智能分级存储系统的研究

作 者: 潘红芳 主编

责任编辑、责任校对: 赵洪波 刘守秀

吉林大学出版社出版、发行

开本: 787×1092 毫米 1/16

印张: 10 字数: 168 千字

ISBN 978-7-5677-1605-6

封面设计: 中尚图

北京博艺印刷包装有限公司 印刷

2014 年 5 月 第 1 版

2014 年 5 月 第 1 次印刷

定价: 50.00 元

版权所有 翻印必究

社址: 长春市明德路 501 号邮编: 130021

发行部电话: 0431-89580026

网址: <http://www.jlup.com.cn>

E-mail: jlup@mail.jlu.edu.cn

主 编：潘红芳

副主编：张 瑜

编委成员：（按拼音排序）

李 颐 李 欣 李 晶

吴天柱 汪 啸

前 言

随着信息化的高速发展和广泛应用，随着云计算和大数据的悄然而至，数据存储成为企业面临的巨大挑战，几乎所有企业都将面临海量数据存储的难题。面对成几何级增长的海量数据，传统的存储方式显然已经不能满足这种快速增长的数据存储需求。为此，智能分级存储技术应运而生。

智能分级存储技术是指根据数据的重要性、可用性、访问频次、存储成本等指标，制定分级存储算法，通过应用数据的分级策略实现数据在不同存储级别间的自动迁移和回迁，将数据分别存放在相应级别的存储设备上，保证数据在迁移过程中的一致性，对应用及使用者而言完全透明。其工作原理是通过将不经常访问的数据自动移到低性能存储设备上，大大减少非重要性数据在一级磁盘所占用的空间，释放出高性能的存储设备存放更频繁访问的热点数据，从而提高数据的读取性能，获得更好的性价比。

本书是以内蒙古电力（集团）有限责任公司智能分级存储科技项目为基础，首先简要介绍并总结了存储的发展过程，然后主要介绍智能分级存储架构和技术原理，最后详细说明如何进行智能分级存储的规划、设计以及如何在集团现有存储的基础上实现智能分级存储，具有较强的实战性和实用性，为各行业解决海量数据存储这一难题提供指导及参考。

目 录

第一章 系统设计	1
1. 概述	1
1.1 计算机存储发展回顾	1
1.2 分级存储发展回顾	4
1.3 企业存储发展趋势分析	6
1.4 项目背景	8
1.5 系统建设目标	9
2. 智能分级存储总体架构	10
2.1 智能分级存储拓扑	10
2.2 软件开发环境	11
3. 软件功能说明	12
3.1 系统功能模块划分	12
3.2 元数据服务器功能说明	12
3.3 SAN 客户端功能说明	21
3.4 LAN 客户端功能说明	21
3.5 系统管理界面功能说明	22
第二章 系统实施	24
1. 文档说明	24

2. 系统需求	24
2.1 操作系统需求	24
2.2 硬件需求	25
2.3 网络需求	25
2.4 其他需求	25
3. 环境准备	25
3.1 配置存储设备	25
3.2 存储规划	26
3.3 安装操作系统	26
3.4 检查主机名长度	38
4. 软件安装	38
4.1 安装前再次确认环境	38
4.2 启动安装脚本	38
4.3 改变安装选项	39
4.4 执行安装	40
4.5 安装后的任务	41
5. 软件卸载	42
第三章 管理和操作	44
1. 文档说明	44
2. 登录系统管理界面	44
3. 配置名字服务器	46
4. 磁盘识别和分类及资源分配	47
4.1 SAN 网络存储设备汇总	47
4.2 标记磁盘	48
4.3 创建文件系统	50

4.4 修改和删除文件系统	56
4.5 文件系统运行状态管理	59
5. 磁带库识别和资源分配	79
5.1 存储部件配置	79
5.2 驱动器池配置	85
5.3 介质操作	93
6. 分级存储策略	102
6.1 新建存储策略	102
6.2 修改存储策略	107
6.3 删除存储策略	109
6.4 执行存储策略	111
第四章 系统维护	113
1. 文档说明	113
2. 启动和停止	113
2.1 登录系统管理界面	113
2.2 启动服务	114
2.3 停止服务	116
3. 状态监控	118
3.1 健康检查	118
3.2 收集系统状态	120
3.3 系统备份	122
3.4 管理告警日志	123
3.5 故障警示的处理	124

4. 日志检查	125
4.1 修改程序调试日志级别	125
4.2 查看程序日志	126
5. 故障排除	127
 第五章 软件使用	 129
1. 文档说明	129
2. 存储文件	129
3. 改变文件版本	131
4. 恢复文件 / 目录	133
5. 取回文件 / 目录	135
6. 截断文件	137
7. 移动文件	139
8. 修改文件存储特性	141
9. 查看文件信息	143

第一章 系统设计

1. 概述

1.1 计算机存储发展回顾

存储是伴随着人类活动的出现而使用的记录信息的一种技术，在中国古代，最早的存储是从竹简开始的，后来逐渐被纸张所取代，进入 19 世纪，以计算机的发明为开端，人类的信息技术进入了一个数字化为特征的历史性新阶段，从最初的穿孔纸带开始，当代的科学家和工程师在最近几十年中发明了磁存储、光存储、半导体存储等多种存储技术，磁存储被发明出来以后，文件系统在磁技术基础上诞生，大大方便了程序管理磁盘上的数据，这是存储技术得以快速发展的基础。大容量的硬盘在海量信息存储中扮演了主要角色，硬盘的密度在短短几十年中增长了一百万倍以上，在近期，硬盘密度每年都增长近一倍，而且还有不小的增长空间。

作为计算机系统的有机组成部分，存储由于技术的限制，其发展的速度远远落后于控制器和运算器。随着社会信息化的程度加深，数据作为信息构成的基本元素也呈现出爆炸性的增长。从容量和性能两个角度上分析，传统的存储设备已经不能满足现实的需求，同时，数据存储的可靠性也成了信息系统发展过程中不得不面临的问题。人们想尽一切办法对数据进行储存并且保护，存储技术也随之不断进步。当前数据中心存储介质主要包括：

- 超高性能 SSD/cache
- 高性能硬盘 SCSI/FC/SAS
- 大容量硬盘 SATA2/SATA3
- 大容量磁带 LTO5/6/7

RAID 技术的出现，不仅大幅度缩短了信息系统中存储系统与其他组成部分的发展鸿沟，也使得外部存储真正成为信息系统中独立的分支。依托于 RAID 技术而面世的磁盘阵列，不仅解决了传统存储系统的性能与容量问题，而且其运用场景充

分满足了当今信息化系统多元化的需求，解决了异构平台的数据共享、数据频繁读写和数据可靠性等方面的问题。

在存储构架上，为了能够迅速、准确地做出商业决策，企业纷纷组建自己的数据中心，将业务模式由分散转向集中，数据中心对存储环境及构架提出新的要求：

- 满足所有业务系统对 I/O 性能的要求；
- 核心业务系统要求 7x24 小时；
- 满足虚拟化平台的要求；
- 满足业务发展对存储空间的需求；
- 满足业务对资源和信息共享的需求；
- 数据安全保护的基础平台。

针对这些需求，存储构架从 DAS 到 NAS，从 IP-SAN 到 FC-SAN 不断发展，满足数据增长以及存储性能、可靠性、扩展性等方面的要求：

- DAS (Direct Attached Storage)：直接附加存储。介质可以包含几乎所有的存储设备，协议多采用 SCSI 或者 SAS 等，数据管理方面主要靠宿主系统进行管理，因为是直接附加存储，完全可以进行块级访问。优点是直接附加，简单且成本低；缺点比较多，受数据线长度（比如 SCSI 理论最大长度 25M）、可连接的存储设备数（容量）限制明显，而且系统和存储不分离，容易出现系统单点故障，且无法良好共享存储。
- NAS (Network Attached Storage)：常用于中小型企业，协议采用 IP 网络共享，存储设备本身带有管理系统，向需要存储的设备提供共享存储。具有一定的分布式能力，能够提供多种不同的文件系统，管理需要在管理存储的主机上设置。优点仍然是比较方便，而且作为网络文件系统，可以被多个平台使用，比较明显的缺点是无法提供块级访问，而且 IP 网络有效负载较低，CIFS (windows) 和 NFS (linux) 协议都有较大的开销。
- SAN (Storage Area Network)：存储区域网，依靠专有的 FC 协议，FC 交换机，具有极高的性能，良好的可扩展性和可靠性，能够屏蔽底层介质特性。即使现在来看传统的 FC-SAN 实现还是成本比较高，现在基于 IP 协议的 iSCSI/FCoE/FCoIP 都是 SAN 的延伸。

随着科技的发展和社会活动的增多,整个社会活动可以看作是信息在相互作用,因此,我们也把当今社会称之为信息时代,信息的膨胀产生了大量的数据资料。根据 IDC 的研究表明,到 2020 年,全球以电子形式存储的数量将达到 35ZB (1ZB=100 万 PB),是 2009 年存储量的 40 倍。其中企业数据以 55% 的速度在逐年增长,我们将迎来大数据时代。

大数据 (big data),也可以称为巨量资料,是指所涉及的资料量规模巨大到无法通过目前主流软件工具,在合理时间内达到撷取、管理、处理,并整理成为帮助企业经营决策更积极目的的资讯。

由于数据量巨大,市场数据无法与用户消费数据打通,目前很多行业都希望通过大数据的分析手段来帮助自己做出理性的决策。多数企业正在试图建设自己的数据中心,来满足大规模的数据量的产生,但是随着数据的进一步增多,数据的查询和分析性能急剧下降,有的数据中心甚至出现了无法响应的状况,给企业的业务带来了很大损失。

在对数据进行有效保护的同时进行有效管理,而且在需要时,让数据随时转变成价值显得尤为重要。只有数据与适合的存储系统相匹配,制定出管理数据的战略,才能低成本,高可靠,高效益的应对大量数据。而存储数据管理,可以通过自动化,磁盘和重复数据删除,备份和归档的软件,让企业的关键数据分存在不同的区域,然后按照特定的业务需求,对数据进行提取,操作和分析,并形成企业所需要的目标数据。大数据面临的存储难题迎刃而解。

大数据的关注度在不断升温,而大数据管理的技术也层出不穷。在众多技术中,有 6 种数据管理技术受到普遍关注,即分布式存储与计算、内存数据库技术、列式数据库技术、云数据库、NoSQL、移动数据库技术。其中分布式存储与计算受关注度最高。

云计算是一种商业计算模型,它将计算任务分布在大量计算机构成的资源池上,使用户能够按需获取计算力、存储空间和信息服务。这种资源池称为“云”。“云”是一些可以自我维护 and 管理的虚拟计算资源,通常是一些大型服务器集群,包括计算服务器、存储服务器和宽带资源等。云计算将计算资源集中起来,并通过专门软件实现自动管理,无须人为参与。

从技术上看,大数据与云计算的关系就像一枚硬币的正反面一样密不可分。大数据必然无法用单台的计算机进行处理,必须采用分布式计算架构。它的特色在于

对海量数据的挖掘,但它必须依托云计算的分布式处理、分布式数据库、云存储和虚拟化技术。

1.2 分级存储发展回顾

HSM: Hierarchical Storage Management, 分级存储管理。起源于 1978 年,首先使用于 IBM 的大型机系统。是一种将离线存储与在线存储融合起来的技术。它将磁盘中常用的数据按指定的策略自动迁移到磁带库等二级大容量存储设备上。当需要使用这些数据时,分级存储系统会自动将这些数据从下一级存储设备调回到上一级磁盘上。

Tiered Storage, 分层存储,指的是基于性能、业务连续性、安全、保护、数据保留、法规遵从以及成本的考虑,将数据分层存放,如主盘、备份盘、归档盘、磁带归档、光盘归档等。HP 曾提出过 TSC (Tiered Storage Classes) 的概念。

其实, Tiered Storage 的意义和 HSM 相近,都是根据实际需求,选择存储性能、容量相适宜的存储设备,从而降低存储总成本。

年代	特征
20 世纪 80 年代	Mainframe DFHSM(Data Facility Hierarchical Storage Manager) ● 在线磁盘价格昂贵 ● 容量不足以存储活动数据 ● 通过磁带进行自动分级和取回,利用文件描述符合迁移水位 ■ 在线磁盘 ■ 光盘(第一级迁移) ■ 磁带(第二级迁移) ● 根据预设的门限和时间,文件先迁移到光盘,然后到磁带 ● 用户设置迁移的高/低门限值 ● 主要代表产品: IBM 3850 海量存储系统 /STK 近线磁带库

续表

年代	特征
20 世纪 90 年代	HSM(Hierarchical Storage Manager) ● 灵活的基于文件方式的将数据迁移到专用的 HSM 服务器 ● 迁移后的文件可通过 HSM 服务器直接实现备份 ● 迁移策略引擎： ■ 文件大小 ■ 文件时间 ■ 文件类型 ■ 文件位置 ■ 容量门限值 ■ 计划调度的迁移
21 世纪初	ILM (Information Lifecycle Management) ● 不是一个单一产品，而是一个流程 ● 最有效的数据生命周期管理策略 ● 最小的需求 ■ 策略引擎 ■ 数据移动器 ■ 分层存储结构 ● 在文件和子文件层面都得以验证

智能分级存储的核心思想就是将数据放置到最合适的位置上，能够实现这一理念的关键技术包括数据分级存储管理技术以及数据特征模型分析技术。首先，数据特征模型分析技术能够实现将何种数据进行管理的任务；其次，数据分级存储管理技术能够实现如何合理管理这些数据的任务；因此，将数据特征分析技术与数据分级存储管理技术相结合，能够实现智能数据分级存储。数据分级存储技术可根据数据访问特征在存储虚拟层对存储设备组成的存储资源进行合理组织，形成多级的存储层次（如根据设备传输速率分为高速、中速和慢速存储设备，并可根据存储需求扩展到更多设备级别），并对上层应用需求进行特征提取和聚类处理，基于数据访问的局部性原理，构建应用数据与存储空间映射的数据特征模型，将不经常访问的

数据自动迁移到存储成本层次中较低的设备,释放出较高成本的存储空间给更频繁访问或更高优先级的数据,从而大大减少非重要性数据在一级本地磁盘所占用的空间,加快整个系统的存储性能,降低整个存储系统的拥有成本,进而获得更好的性价比。

在分级存储中,数据特征的统计以及存储资源的映射是关键。在对数据特征进行统计分析时,通常分为基于文件的数据分级管理与基于扩展块的数据分级管理。由于文件属性当中包含着多种特征信息,如文件大小、类型等,因此,基于文件级的数据特征分析能够获取更多的数据特征。如果以文件作为数据特征统计的基本单位,如果文件比较大,但是只有局部信息经常被访问,那么就存在对于热点数据定位不准确的问题。因此,为了能够更加准确地定位热点数据,将真正需要被分级的数据放置于高效且昂贵的存储资源上,从而获得更细粒度的数据分级管理方案,研究正在逐步朝着基于块级数据的数据分级技术不断深入。

基于块级数据的统计分析主要是对卷中一部分固定大小的数据进行监控,块数据越小,那么就能够获得更高的数据分配效率,因为,卷中需要管理的数据量值比较少,在进行迁移等操作时损耗也就比较少。基于块级分级存储的研究已经成为各大存储公司的研究热点。Dell Compellent 的 Data Progression 采用 512KB~4MB 的精细度,理论上有助于达到更好的磁盘配置最优化效果。EMC 的 FAST VP 搭配 VMAX 存储设备采用最小达 7.6MB 的区块,精细度之精细仅次于 Dell Compellent 的 Data Progression。HDS 的 Hitachi Dynamic Tiering (HDT) 技术也相当平衡且拥有弹性,42MB 的精细度虽然比不上 EMC 与 Dell Compellent,但也算是相当精细。IBM 搭配 Storwize V7000 存储设备的 East Tier,精细度则视与 Volume 容量对应的扩展数据块而定,系统预设值为 256MB。现有工作中,虽然很多公司都对块级分级存储进行研究,但是具体的研究内容并不多见,很多都是针对工程方面,缺乏对于基于块数据的数据特征模型的深入研究。

1.3 企业存储发展趋势分析

在云计算的大潮下,存储行业无疑是影响最大,从某种角度来说也是受益者。如今每天产生的数据量都相当于古代几百年,甚至千年的量,对于存储的压力明显提升。身处这数据爆炸的时代,每个企业都无法避免地只得紧跟潮流,以免被时代淘汰。在存储方面,云存储、大数据、社交网络等,数据量庞大的全新互联网形式

不断涌现，企业存储发展的趋势包括：

● 融合不同存储设备 云存储势在必行

云计算所带来了全新的数据处理方式，同时也衍生出云存储的概念。作为一种能够将网络中大量各种不同类型的存储设备联系起来的存储方式，如今已经被越来越多的企业所接受并采纳。随之而来的是，公有云（私有云）、企业内部的内部云、混合云等不同形式的云存储浮出水面。

公有云最鲜明的代表就是目前国内竞争激烈的“网盘”服务。用户可以将自己的资料和数据存储在“网盘”中，在不同的设备、不同的平台，随时随地接入网络就能访问和分享数据和资料。也有一些企业借助数据中心托管的方式，将企业数据放置到数据中心，也是一种便利的方法。而对于一些看中安全及保密的企业来说，内部云则在公司内部设立，只有内部权限才能访问，能够保证安全，但也就意味着企业需要添置大量的存储设备，以应对大幅增长的数据需求。

然而云存储的最大优势体现在灵活的可扩展性方面，企业可以在原有存储结构的基础上，增加存储设备及扩大存储容量，升级为云存储，而不需要花费太多的成本。同时，混合云可以将私有云和内部云结合在一起。主要用于按用户要求的访问，特别是需要临时配置容量的时候，从公共云上划出一部分容量配置一种私有或内部云，可以帮助公司迅速增长的负载波动或高峰。

● 海量数据存储 数据中心必不可少

随着数据的不断增加，普通的服务器和机房已经无法满足需要了，专门设立的数据中心或云数据中心开始崭露头角。数据中心的定义很多，按普遍的说法是容纳多个服务器及通讯设备的建筑物，并由于这些设备有相同的环境和物理安全需求，进行统一维护和管理，并非仅仅是服务器的集合。在云计算数据中心又增加了虚拟化、扩展性更强等特点，对于数据中心的要求更高。

如今一些大型企业，如金融、运营商等都已经开始筹划云计算数据中心的建设。也有一些运营商建立云计算数据中心，以托管的方式，租借给其他中小型企业，两者都有优势。

● 安全可靠 数据备份必不可少

云计算时代,不少企业将不同地域、地点的数据联系起来,作为数据备份使用,也就有了“云备份”的新理念。云备份,就是通过“云”的概念进行备份,可以是本地网络,也可以是异地网络。

同时,由于大量数据的产生,对于企业来说安全是尤为迫切的需求,在云系统中添置相应的备份设备就是最为可靠的解决办法。随着云计算受到追捧,相应的备份市场也开始逐年增长。

1.4 项目背景

随着与云计算相关的各方面技术日趋成熟,电力行业将会率先步入云计算时代。云计算的一个显著特点是信息资源的大集中——大数据。数据爆炸性增长对存储容量需求非常大,目前内蒙古,电力信息系统数据量都以TB为单位计算,随着信息量的高速增长,下一个PB单位的启用也不会久远。

大数据在各方面都会面临挑战:

▲ 硬件基础设施方面的挑战:目前单盘容量高达4TB,虽然单台设备总容量可以达到PB级,但是为了保证集中存储系统的性能,通常只有高端磁盘阵列才能满足要求,所以初期采购和运行维护成本非常高,因此必须采用优化的存储架构,在满足业务正常运行需求的前提下,通过廉价的大容量存储介质(比如磁带)来降低成本。

▲ 数据管理方面的挑战:管不好就用不好,用不好就失去了应有的价值,所以存储管理软件是大数据的重要一环。适当的存储策略可将数据转化为战略化资产,而不是IT维护难题,使用适当的工具,可以实现超高的存储效率。

对企业的业务应用来讲,并不是所有的数据都具有相同的使用价值,随着时间的推移,有些数据被频繁访问,而有些数据很少被访问,有些数据甚至在最近几年内都没有被访问到。我们经过分析发现数据信息的使用价值是有其生命周期规律可循的。新生成的信息会经常被访问,使用价值高。随着时间的推移,这些新生信息