

# 一种 SAN 存储虚拟化的实现方案

罗 斌, 李树友, 宋斌恒  
(清华大学 软件学院, 北京 100084)

**摘 要:** 随着 SAN 应用范围的不断增加, 要求现代存储系统能够屏蔽 SAN 的异构、异地特性, 消除数据孤岛, 实现存储设备方便统一管理, 保证数据安全性。分析了 SAN 虚拟化中需要解决的关键问题, 并提出了一种新的 SAN 虚拟化解决方案。

**关键词:** SAN 虚拟化; 数据孤岛; ILoS; 统一管理

中图法分类号: TP303

文献标识码: A

文章编号: 1001-3695(2005)03-0214-02

## One Solution for Virtualization of SAN

LUO Bin, LI Shu-you, SONG Bin-heng  
(School of Software, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** With the fast increased application of SAN, it is required that the characteristics of SAN, such as its heterogeneity, sites difference, should be transparency to the applications to eliminate the data isolations, realize the simple and uniform management of all storage devices and ensure the security of the data. This paper analyzes the key problems to be solved in the SAN virtualization and brings forward a new solution for the SAN virtualization.

**Key words:** SAN Virtualization; Data Isolation; ILoS; Uniform Management

随着以电子商务、数据仓库、网络娱乐等为代表的网络应用的快速崛起, 信息容量呈爆炸式增长, 计算机应用也从以计算为中心发展到以数据为中心的时代。以数据为中心的应用对现代存储系统提出了全新的要求: 高可靠性、高可用性、开放性、可动态扩展、易于管理和维护。

存储区域网络 (Storage Area Network, SAN) 是一种利用 FC (Fiber Channel) 等互连协议连接起来的, 可以在服务器与存储设备之间以及存储设备与存储设备之间直接传送数据的网络<sup>[1]</sup>。它利用可扩展的网络拓扑结构, 在相对独立的专用网络中为各种应用提供数据存储服务。SAN 存储系统提供高性能、高灵活性以及强大的容灾备份功能。

然而由于缺乏统一的标准, 不同存储设备厂商的 SAN 之间缺乏互操作性, 从而使得用户很可能被某一厂商“锁定”, 不能实现不同厂商存储设备之间的自由选择; 同时不同的存储区域网之间也无法实现信息及数据的充分交流。存储虚拟化技术的提出, 为解决这些问题提供了一种良好的解决方案。

### 1 存储虚拟化技术

据估计, 随着存储系统规模的不断扩大, 存储系统的管理费用最多可达到存储设备本身费用的 11 倍<sup>[2]</sup>, 这就要求能够实现存储系统的便捷管理。虚拟化存储技术正是一种在逻辑上实现对存储资源的便捷管理的有效手段。虚拟化存储技术实现了存储资源对用户的透明性, 可以将不同地点、不同厂商的存储设备等异构存储资源进行有机整合, 形成统一管理、监控和使用的公用存储池。

利用虚拟化存储技术, 我们可以非常简单的方式, 随时方便地获取和使用, 而不用关心资源的提供者和它们各自的特性。通过采用虚拟化技术, 用户将可以彻底摆脱存储设备的复杂性, 如存储设备的容量、异构性等, 实现对存储资源的有效规划及管理。通过虚拟化存储技术我们可以非常方便、统一的形式使用存储资源, 就像我们日常生活中的电力一样, 无须关心它的提供者及提供方式。

### 2 SAN 虚拟化中的关键问题

存储区域网络独特的体系结构和构建技术为 SAN 带来了很多优点, 如高性能、高灵活性、存储容量的在线扩容, 实现 LAN-free 备份工作。然而, 为了达到以数据为中心的网络应用对现代网络存储系统的要求, 同时消除 SAN 自身存在的缺陷, 需要在实现的 SAN 虚拟化过程中解决如下问题:

#### (1) 异构产品互连

复杂而庞大的应用环境中拥有不兼容的技术和标准, 如不同的网络环境 (SAN, Ethernet, InfiniBand)、不同的编程接口 (块、文件、对象) 等。即使对于相同的网络环境, 如 SAN, 不同设备制造商的具体协议实现之间也有所差异, 在客观上造成不同厂商之间的设备缺乏可互操作性。实现异构存储产品之间的互连, 保证异构存储设备的透明性是 SAN 虚拟化的基本要求。

#### (2) 存储资源位置、容量对用户透明

由于 SAN 中 FC 协议传输距离的限制, 不同企业、不同应用, 在不同地点建造的 SAN 之间不能形成统一的管理和监控机制, 造成了相对独立的数据孤岛。存储资源统一管理要求实

现存储设备相对用户的地域透明性和容量透明性,即利用虚拟化技术为用户屏蔽存储设备的位置特征和容量特性,用户可以将整个存储区域网络看作单个存储设备进行使用。

### (3) 数据安全

由于整个存储系统相对应用来说是完全透明的,因此必须提供安全访问控制,防止越权访问相关数据以及恶意攻击等。数据安全性由存储系统的管理软件负责。应根据应用需要,建立相应的密钥认证管理体系及数据加密体系,保证数据安全性。

### (4) 性能优化和负载均衡

不同的应用具有各自不同的 I/O 特点,如数据仓库 I/O 量大但数据量相对较小;流媒体应用会有突发的大数据量访问;大规模科学计算会产生大量的中间数据,可能会有持续的大数据量访问,因此在实现存储虚拟化的过程中,必须建立高效、智能的调度策略来满足具有不同 I/O 特点的应用需求<sup>[3]</sup>。

### (5) 容灾备份

SAN 虚拟化存储系统必须能以较小的花费实现数据的容灾备份功能,以保证在系统遭遇不可抗力时能够将损失的数据恢复。

### (6) 储设备统一管理

由于 SAN 存储设备异地、异构的特性,要求虚拟化技术提供存储设备的统一管理界面,实现存储资源的统一分配和维护。

## 3 SAN 虚拟化实现方案

在现有的 SAN 虚拟化解方案中,根据其实现方式的不同,主要可以分为三个层次:基于主机的虚拟化;基于存储设备的虚拟化;基于网络的虚拟化。其中基于网络的虚拟化又有对称式及非对称式两种<sup>[3,4]</sup>。然而,这些解决方案基本上都是在 SAN 应用的某一个层次上实现存储虚拟化,实现方式本身的特点决定了它们不可能解决 SAN 虚拟化过程中需要解决的所有问题。

由于 SAN 虚拟化过程中需要解决很多问题,如果只是在主机、存储设备、网络中的某一个层次上实现虚拟化,则很难同时解决这些问题。针对这一问题,我们提出了新的虚拟化实现方案,即通过主机、网络和存储设备三个层次共同合作的方式来实现虚拟化功能。根据“谁的工作谁负责”的原则,每个虚拟化层次负责完成与本层功能相关的工作,也存在一些工作是通过跨层次方式首先的。

我们首先引入一种中间语言 ILoS(Inter-Language of SAN)来解决不同产品的异构性。主机上的虚拟化组件负责把应用 I/O 请求转换为 ILoS,存储设备前端的虚拟化组件则负责将 ILoS 转换为存储设备所能理解的语言,进行 I/O 操作。SAN 虚拟化过程中所有其他的管理工作都是基于 ILoS 语言实施。利用 ILoS 可以最小的代价屏蔽主机及存储设备的异构特性,如主机有  $m$  种环境,存储设备共有  $n$  种,则只需要  $(m+n)$  个操作转换组件则可以实现异构产品之间的互连和访问。图 1 给出了 SAN 实现虚拟化后部分功能的实现层次。

定位逻辑的主要功能是为应用程序确定相关数据的物理

存储位置。在实现虚拟化的 SAN 存储系统中,主机中的虚拟化组件将应用 I/O 请求转换为 ILoS 语言,同时负责确定相关数据存储地点,即所在的存储设备(通常为 RAID)的编号,由网络层负责确定相应存储设备地点并传递操作指令。也就是说,由主机层和网络层协同实现应用系统中的定位逻辑屏蔽存储设备的地理位置特性<sup>[5]</sup>。网络层主要专注于网络相关工作,如设备寻址、性能优化和负载均衡,大部分现有网络设备都具有此功能。数据的存储和备份也需要通过 ILoS 语言来屏蔽设备异构性,利用交换机将数据在 SAN 之间的网络上传输,在实现快速备份的同时不影响整个系统的网络性能。ILoS 语言以完全一致的方式实现对存储设备的统一管理以及异构产品互连和互操作。SAN 自身的特性保证能够通过网络层和存储设备实现数据的本地、异地快速备份。

通过 ILoS 实现 SAN 虚拟化,使应用系统具有良好的可扩展性。对于现有的应用系统,仅需要在主机层的后端和存储设备的前端添加虚拟化组件,重点实现应用环境操作语言与 ILoS 之间的转换。对于新开发的应用,则能保证其良好的可扩展性,便于系统管理与升级。

## 4 结束语

本文简单介绍了存储虚拟化内容及主要虚拟化实现技术,重点分析了 SAN 虚拟化过程中需要解决的关键问题,并提出了一种新的 SAN 虚拟化实现方案。通过 ILoS,可以实现存储设备异构、异地等特性对用户透明,实现 SAN 的虚拟化统一管理,很好地解决了数据孤岛问题,保证应用系统具有良好的集成和扩展能力。

### 参考文献:

- [1] 谢长生,高巍.存储区域网(SAN)中存储虚拟化的研究与实现[J].计算机应用研究,2003,20(8):130-132.
- [2] IBM. Virtualization in a SAN[EB/OL]. <http://www.redbooks.ibm.com/redpapers/pdfs/redp3633>, 2004.
- [3] 戴志敏,王倩莉,刘镇江.虚拟存储化技术研究[J].高性能计算技术,2003,165(12):5-8.
- [4] 谢长生,金伟. SAN 网络级存储虚拟化实现方式的研究与设计[J].计算机应用研究,2004,21(4):191-193.
- [5] 谭毓安,余锋,曹元大.面向对象的网络存储技术[J].高性能计算技术,2003,163(9):10-13.

### 作者简介:

罗斌(1979-),男,四川人,硕士研究生,研究方向为数据安全及分布式系统;李树友(1979-),男,河北人,硕士研究生,研究方向为 workflow 及分布式计算;宋斌恒(1963-),男,内蒙古人,副教授。