

计算机网络存储技术^①

王 刚

(陕西省汉中市邮政局 信息技术局, 汉中 723000)

摘 要: 在计算机网络系统中, 由于信息存储的应用领域不断扩展, 网络的信息资源迅速增加, 通过网络传输的信息量持续增长. 网络存储技术变得越来越重要, 已成为企业信息化建设的关键. 主要分析了三种网络存储技术, 即 SAN 引导启动技术、存储虚拟化技术、应用性能扩展技术, 重点讨论了固态硬盘技术和云存储技术. 在企业信息化建设中, 对于网络存储技术的选择具有较高参考价值.

关键词: 计算机网络; 信息资源; 存储技术; 固态硬盘; 云存储

Computer Network Storage Technology

WANG Gang

(Bureau of Information Technology, Postal Bureau of Hanzhong, Shannxi, Hanzhong 723000, China)

Abstract: In computer network system, due to expanding the application field of information storage, the network information resources increase rapidly, information transmitted through the network continues to grow. Network storage technology is becoming more and more important, it has become the key of the enterprise information construction. This article mainly analyzes the three kinds of network storage technology, namely SAN boot startup technology, storage virtualization technology, application performance extension technology. The solid-state disk technology and cloud storage technology are discussed emphatically. It has high reference value to the choice of network storage technology in the enterprise information construction.

Key words: computer network; information resources; storage technology; solid-state disk; cloud storage

进入 21 世纪后计算机和互联网技术迅速发展, 人类已处于信息全球化时代. 政府、企业和个人均可建立和访问海量信息, 这种趋势将持续较长一段时期. 数据是信息的载体, 高频率的网络数据访问、视频会议、多媒体邮件、视频点播以及数字电视等网络的应用, 迫切需要大容量、高性能的存储设备. 数据存储网络化是存储技术发展的必然趋势. 同时, 计算机数据安全高效的存储技术已成为计算机用户关注的核心问题.

1 SAN引导启动技术

SAN(Storage Area Network—存储区域网络)BOOT 引导启动技术是指将服务器的操作系统及应用软件部署在高性能、高可靠的外置存储系统中, 服务器可以

方便的从 SAN 环境启动, 而不必受限于内置磁盘容量、性能、可靠性和扩展性等的限制. 相对而言, 传统服务器内置磁盘的启动存在一定的局限性, 不便于系统迁移, 不便于数据集中管理, 不方便灵活部署等^[1].

1.1 SAN 技术在架构和管理方面的优势

(1)服务器系统整合: 在采用刀片式架构的服务器系统中, 服务器本身不用配置本地硬盘, 这样可以在有限的空间中集成大量服务器, 达到节省空间和节能的目的;

(2)系统盘集中管理和集中的数据保护通过 SAN BOOT 技术可以将多台服务器的系统盘集中到存储设备上进行管理, 可以充分利用存储设备的各种先进的管理功能, 如: 通过存储设备上的卷复制功能对系统盘进行备份; 对于同型号的服务器, 可以通过卷

^① 收稿时间:2014-05-08;收到修改稿时间:2014-09-02

复制进行服务器的快速部署,还可以通过存储设备的远程镜像功能进行系统容灾;

(3)服务器系统故障的快速恢复,一旦 SAN BOOT 的服务器出现故障,可以很快将其系统卷映射给其它服务器,从而实现快速故障恢复.当然, SAN BOOT 也有其局限性:一是需要稳定可靠的存储系统,而且要求存储系统和服务器能够兼容;二是所有服务器从存储设备上启动,尤其是操作系统的虚拟内存等也要通过 SAN 访问,这对存储设备的性能要求较高;三是问题,一旦存储出现故障,所有系统都将无法启动.

1.2 存储设备高可用性解决方案

(1)首先,存储阵列设备选用经过主机厂商测试认证过的产品,以确保其兼容性.同时,在存储阵列设备中采用高可靠的全冗余配置(包括控制器、端口和磁盘等),并在主机与存储阵列间通过冗余的光纤交换机实现高可靠的交叉冗余连接,来保证 SAN BOOT 整体的稳定可靠性.

(2)SAN BOOT 存储通常采用高性能的光纤存储阵列,其前端具有足够的光纤通道接口和大量的高速缓存来提供高性能.对于虚拟内存等更高性能的服务器本地存储要求,可通过在存储阵列或服务器中使用固态硬盘来满足.

(3)在保证存储设备自身硬件可靠性和存储网络连接全冗余的同时,通过在 SAN BOOT 磁盘组中采用高可靠级别的 RAID 技术(如 RAID10+热备盘),不同存储设备中的启动盘映像副本选择启动、磁盘阵列镜像等技术,可切实保证 SAN BOOT 的可用性,在邮政金融系统逻辑集中项目中,核心业务的存储系统采用的均是最高端的存储设备,其自身具备很高的稳定性、可靠性;同时,通过磁盘阵列镜像、存储虚拟化等技术,进一步提升了存储系统的可用性.因此,在数据中心使用服务器 SAN BOOT 技术,能有效实现 IT 基础设施的整合和集中管理,但对于该技术的启动盘映像副本的正常透明接管需要在具体项目实施中进行验证,从而得出具体使用情况的测试结果^[2]. SAN 存储系统结构如图 1 所示.

2 存储虚拟化技术

存储虚拟化是针对存储硬件资源的虚拟化方法的集合,它涵盖了存储虚拟池化、逻辑分区、自动分级存储、自动精简配置、集群网络存储等一系列存储技

术.在邮政金融系统逻辑集中项目中,就运用了上述存储虚拟化技术来保障不同应用的实际存储需求和服务器级别,有效提高了存储系统的整体性能和可靠性、扩展性,并实现了存储资源利用的最大优化.基于网络的存储虚拟化有对称化和非对称化两种方式^[3],如图 2、3 所示.

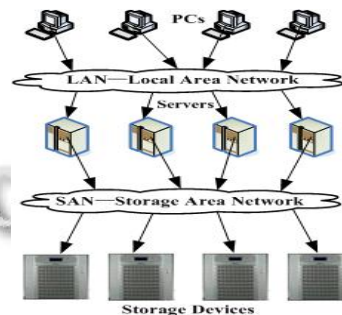


图 1 SAN 存储系统结构

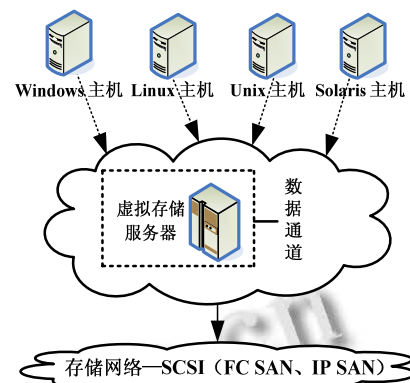


图 2 存储虚拟化对称结构

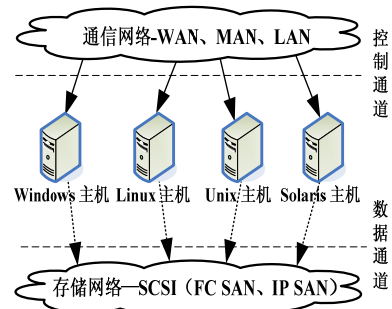


图 3 存储虚拟化非对称结构

(1)在对现有存储设备进行利旧时,应该考虑采用存储虚拟池化技术将整个存储网络中分散、独立的存储资源虚拟整合为一个或多个存储池,可以有效地屏蔽现有存储环境的复杂性和异构差异,并实现存储系

统的集中管控和数据的统一管理。同时,可采用自动分级存储技术将“存储池”层级化,并按服务级别分别提供给具有不同存储性能需求的应用使用。这样,在充分利用现有存储设备、并提高存储利用率的同时,可有效增强存储系统的整体可靠性和可扩展性。

(2)对于核心业务应用系统,其存储需求的特点是高性能、高安全。因此,在采用高性能存储设备的同时,可通过存储逻辑分区技术让多个关键应用安全地分享存储资源,在实现统一管理的同时,可保证各应用所需的服务级别和服务质量。同时,依据数据在重要性、访问频率、保留时间、存取性能等方面的需求不同,可通过自动分级存储技术将关键数据存放在固态硬盘等高性能磁盘上,而将次要数据迁移到性能、成本相对较低的驱动器上,从而获得更佳性价比。

(3)对于非关键业务应用系统,其存储需求的特点是高性价比且易于管理和扩展。因此,在对现有存储设备利旧并使用存储虚拟池化、自动分级存储技术的同时,可考虑采用存储自动精简配置技术来进一步提高存储资源的利用率,降低存储系统的采购和管理成本。

(4)在基于存储方式的容灾系统建设中,可采用存储虚拟池化技术来整合现有存储资源并屏蔽其异构的差异性,从而基于虚拟存储环境实现灵活可扩展的容灾应用。

2.1 存储虚拟池化技术

存储虚拟池化技术可将整个存储网络中的不同存储子系统(不同类型、不同架构甚至是不同品牌的存储设备)整合成一个或多个可以集中管理的虚拟存储池,即存储池可跨多个存储子系统,并在存储池中按需建立一个或多个不同(RAID 级别、磁盘介质类型、卷大小等)的虚拟卷,通过将虚拟卷按一定的读写权限分配给存储网络中的各应用服务器,达到充分利用存储容量、集中管理存储和降低存储成本的目的。在邮政金融信息系统逻辑集中项目中,就应用了存储虚拟池化技术将现有存储网络中分散、独立的存储资源进行虚拟池化整合,有效地屏蔽现有存储环境的复杂性和异构差异,并实现大量存储资源的集中管控和数据的统一管理。

2.2 存储逻辑分区技术

存储逻辑分区技术可将单个存储系统中的资源分隔成多个独立可配置、可管理的存储分区,同时每个

存储分区可根据其上应用系统的要求分别设置其所拥有的资源(高速缓存、磁盘组以及前端端口),从而实现多个应用安全地分享存储资源,并有效保障各应用所需的服务级别和服务质量。在邮政金融信息系统逻辑集中项目中,采用了高性能的存储系统,并通过逻辑分区技术让多个关键应用分享存储资源,从而提高了存储资源的利用率;同时,通过对存储资源的统一管理与按策略调配,可为各应用提供适应其服务级别的存储资源和性能、可靠性保证。

2.3 自动分级存储技术

自动分级存储技术是根据数据的重要性、访问频率、保留时间、容量、存取性能等指标,将数据通过不同的存储方式(在线、近线和离线)分别存储在不同性能的存储设备上,通过分级存储管理实现数据客体在存储设备之间的自动迁移。自动分级存储的工作原理是基于数据访问的局部性。自动分级存储技术通过将不经常访问的数据按策略自动迁移到较低层次的存储,释放出较高层次的存储空间给更频繁访问的数据,从而获得更佳性价比。同时,自动分级存储技术通过减少非重要性数据在高层次存储中所占用的空间,还可有效提高整个系统的存储性能^[4]。

在数据分级存储架构中,分级存储设备是根据具体应用可以变化的,存储层级的划分是相对的,且可分为多种级别。例如:可以在单一存储设备中采用“固态硬盘—光纤通道/SAS 磁盘—SATA 磁盘”这种三级存储结构,也可以在一个虚拟化存储环境中采用“高速存储阵列—低速存储阵列—虚拟磁带库—传统磁带库”这种四级存储结构,具体采用哪些存储级别需要根据具体应用需求而定。在邮政金融信息系统逻辑集中项目中,从以下两方面应用了自动分级存储技术:

(1)在单一存储设备中,可将访问最频繁、性能要求最高的重要数据放在固态硬盘组上,将访问较频繁的数据放在光纤通道/SAS 磁盘组上,并将不经常访问的数据放在 SATA 磁盘组上。依据预先定义的数据信息分级策略,自动分级存储技术可在数据的生命周期内对数据进行适时地降级迁移,通过将活跃度或重要性降低的数据自动迁移到性能、成本相对较低的磁盘上,可获得更佳性价比,并确保关键数据的存取性能。

(2)结合存储虚拟池化技术,将分布在不同存储设备上的“存储池”层级化。在按服务级别分别提供给不

同应用使用的同时,通过自动分级存储技术来将数据甚至是整个虚拟卷在不同层级的存储资源间进行在线的自动升级或降级迁移,从而有效加速应用性能并显著降低成本。

2.4 存储自动精简配置技术

自动精简配置是一项针对存储资源进行自动分配和利用,避免存储空间被无限制索取、浪费的技术。通常,一组主机或者应用对存储容量的需求是随时间而发生改变的,因而为其全额分配的容量在初始阶段不能得到充分的利用。精简配置技术通过存储虚拟化技术,可以为不同应用提供一个公用的单一预留容量池。同时,通过创建比物理容量大的逻辑卷,能够让管理员给应用或主机配置超出实际物理容量的存储容量。利用精简配置技术的逻辑“软”预留,在不消耗实际物理容量的前提下,主机将认为它拥有了全额的配置容量;而管理员则按照应用写入的数据量预留物理容量,而不是根据应用的设定,这样就大大提高了存储利用率,有效降低了存储容量的一次性采购成本,并达到了节约空间和节能减排的目的。

在大幅提高存储利用率的同时,通过自动扩展已经分配的存储卷,自动精简配置技术可显著提升存储系统的可扩展性。借助于存储虚拟化技术,自动精简配置技术能够为多个应用提供大量的虚拟容量,而无需考虑实际可用的物理容量。同时,如果一个应用已经完全占用一个虚拟卷的容量,那么通过从存储池中划拨容量给此虚拟卷,可轻松实现卷的扩充;而当存储池的存储容量将要耗尽,还可以根据实际需求进行扩充,这不会影响存储系统的在线服务。在邮政金融系统逻辑集中项目中,采用了自动精简配置技术为非关键应用系统动态、按需地分配存储容量,以优化存储系统的资源利用率,并有效降低存储的采购和运行成本。

3 应用性能扩展技术

应用性能扩展技术可根据应用和时间对存储资源划分优先级,并使高优先级主机在数据存取带宽和读写延迟方面获得最佳性能。应用性能扩展技术提供了端到端的应用系统服务质量控制,通过设置应用所需要的最小平均带宽或者最大平均响应时间指标,可确保多个应用共享存储资源时的服务质量要求。利用应用性能扩展技术,可以解决的主要问题:(1)为应用提

供端到端的服务水平管理;当多个应用共享存储系统时,通过设置服务级别来保证关键应用系统的性能;(2)动态的监控应用系统的实时性能,查看与服务级别对比的性能历史数据;(3)调整存储资源来满足关键应用系统的性能要求。

4 固态硬盘(SSD)技术

固态硬盘(Solid State Disk, SSD)是采用固态电子存储芯片阵列制成的存储介质,由控制单元和存储单元(DRAM 或 FLASH 芯片)两部分组成。固态硬盘的接口规范、定义、功能和使用方法与普通硬盘相同,在产品外形和尺寸上也与普通硬盘一致。相比于普通硬盘,固态硬盘具有速度快、功耗低、无噪音、抗震动、重量轻等优势,因而已经成为目前新一代数据中心高性能存储系统的首选。

4.1 SSD 的特点

(1)读写速度快:采用闪存作为存储介质,读取速度相对机械硬盘更快。固态硬盘不用磁头,寻道时间几乎为 0。持续写入的速度非常惊人,固态硬盘持续读写速度超过了 500MB/s,固态硬盘的快不仅体现在持续读写上,随机读写速度快才是固态硬盘的明显优势。与之相关的还有极低的存取时间,最常见的 7200 转机械硬盘的寻道时间一般为 12-14 毫秒,而固态硬盘可以轻易达到 0.1 毫秒甚至更低;

(2)防震抗摔性:传统硬盘都是磁碟型的,数据储存在磁碟扇区里。而固态硬盘是使用闪存颗粒(即 mp3、U 盘等存储介质)制作而成,所以 SSD 固态硬盘内部不存在任何机械部件,这样即使在高速移动甚至伴随翻转倾斜的情况下也不会影响到正常使用,而且在发生碰撞和震荡时能够将数据丢失的可能性降到最小。相较传统硬盘,固态硬盘占有绝对优势;

(3)低功耗:固态硬盘的功耗上要低于传统硬盘;

(4)无噪音:固态硬盘没有机械马达和风扇,工作时噪音值为 0 分贝。基于闪存的固态硬盘在工作状态下能耗和发热量较低(但高端或大容量产品能耗会较高)。内部不存在任何机械活动部件,不会发生机械故障,也不怕碰撞、冲击、振动。由于固态硬盘采用无机机械部件的闪存芯片,所以具有了发热量小、散热快等特点;

(5)工作温度范围大:一般的硬盘只能工作在 5--55 摄氏度范围内,而大多数固态硬盘可在 -10--70 摄

氏度范围内工作。固态硬盘比同容量机械硬盘体积小、重量轻。固态硬盘的接口规范和定义、功能及使用方法上与普通硬盘的相同,在产品外形和尺寸上也与普通硬盘一致。其芯片的工作温度在-40--85 摄氏度内;

(6)轻便:固态硬盘在重量方面更轻,与常规1.8英寸硬盘相比,重量轻 20-30 克。由于固态硬盘没有磁头,也不存在机械硬盘的寻道问题,因而启动和数据随机读取的速度非常快,其 I/O 响应时延也远低于普通硬盘(1ms 以内)。目前,主流固态硬盘的数据顺序读能力已经达到了 250MB/s 以上(最高达到了 600MB/s),同时顺序写速度也普遍达到了 100Mbps 以上(最高达到了 300MB/s),其随机读写性能更是达到了 2 万 IOPS 左右。因此,通过在存储设备中采用固态硬盘,可显著加快存储 I/O 的响应速度,并大幅提升存储设备的性能。机械硬盘内部结构如图 4 所示。



图 4 机械硬盘内部结构

4.2 SSD 的基本结构

基于闪存的固态硬盘是固态硬盘的主要类别,其内部构造比较简单,固态硬盘内主体是一块 PCB 板,而这块 PCB 板上最基本的配件就是控制芯片、缓存芯片和存储数据的闪存芯片,固态硬盘内部结构如图 5 所示。

(1)主控芯片:主控芯片是固态硬盘的大脑,其作用一是合理调配数据在各个闪存芯片上的负荷,二则是承担整个数据中转,连接闪存芯片和外部 SATA 接口。不同的主控之间能力相差非常大,在数据处理能力、算法,对闪存芯片的读取写入控制上会有非常大的不同,直接会导致固态硬盘产品在性能上差距高达数十倍。

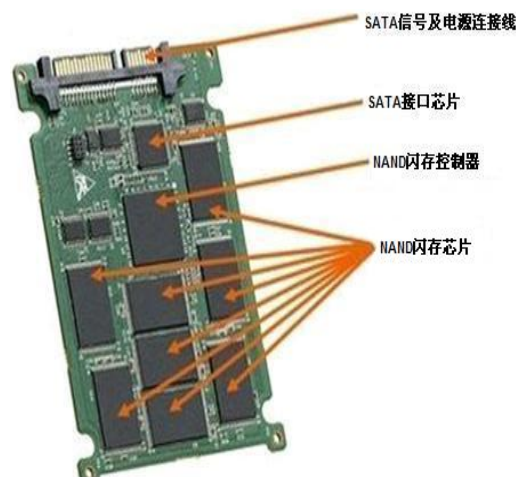


图 5 固态硬盘内部结构

(2)缓存芯片:主控芯片旁边是缓存芯片,固态硬盘和传统硬盘一样需要高速的缓存芯片辅助主控芯片进行数据处理。这里需要注意的是,有一些廉价固态硬盘方案为了节省成本,省去了这块缓存芯片,这样对于使用时的性能会有一些影响。

(3)闪存芯片:除了主控芯片和缓存芯片以外,PCB 板上其余的大部分位置都是 NAND Flash 闪存芯片了。NAND Flash 闪存芯片又分为 SLC(单层单元)、MLC(多层单元)以及 TLC(三层单元)NAND 闪存。

企业级固态硬盘在设计中采用了断电保护技术和冗余技术,并支持 10 万次的持续擦写(采用 SLC 存储单元)能力,可以为使用固态硬盘的存储设备提供有效的高可靠性。在邮政金融信息系统逻辑集中项目中,使用了固态硬盘作为数据库重做日志存储载体,显著提升了重做日志的效率,使得数据库重做日志没有成为系统的性能瓶颈。核心存储设备上的固态硬盘在作为数据库重做日志载体的同时,还可以应用于分级存储中关键应用数据的高性能存储。

5 云存储技术

根据云平台部署方式的不同,“云”可以分为 4 种类型:公有云、社区云、混合云和私有云;同时,云服务将主要通过三种交付形态提供:软件作为服务(SaaS)、平台作为服务(PaaS)和基础架构作为服务(IaaS)。云存储就是将储存资源放到云上供用户存取的一种新兴方案^[5]。

5.1 基本概念

云存储是在云计算(cloud computing)概念上延伸和衍生发展出来的一个新的概念。云计算是分布式处理(Distributed Computing)、并行处理(Parallel Computing)和网络计算(Grid Computing)的发展,通过云计算技术,网络服务提供者可以在数秒之内,处理数以千万计甚至亿计的信息,达到和“超级计算机”同样强大的网络服务。云存储的概念与云计算类似,它是指通过集群应用、网络技术或分布式文件系统等功能,网络中大量不同类型的存储设备通过应用软件集合起来协同工作,共同对外提供数据存储和业务访问功能的一个系统,保证数据的安全性,并节约存储空间。用户可以在任何时间、任何地方,透过任何可连网的装置连接到云上方便地存取,如图6所示:

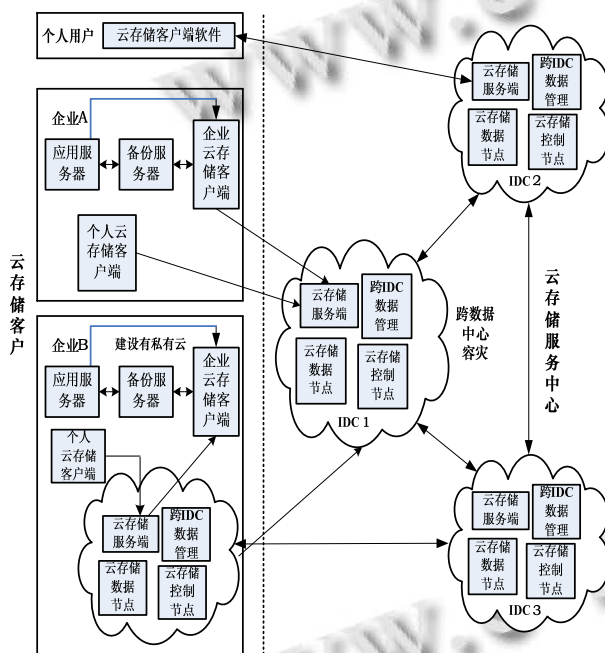


图6 云存储客户服务结构

5.2 云存储的特点

就如同云状的广域网和互联网一样,云存储对使用者来讲,不是指某一个具体的设备,而是指一个由大量存储设备和服务器所构成的集合体。用户使用云存储,并不是使用某一个存储设备,而是使用整个云存储系统带来的一种数据访问服务。所以云存储不是存储,而是一种服务。云存储的核心是应用软件与存储设备相结合,通过应用软件来实现存储设备向存储服务转变。

5.3 云存储的分类

云存储可分为三类:公共云存储、内部云存储、混合云存储。其中公共云存储可以划出一部分用作私有云存储,私有云存储可以部署在企业数据中心或相同地点的设施上。私有云可以由企业的IT部门管理,也可以由服务供应商管理。

(1) 公共云存储:像亚马逊公司的Simple Storage Service(S3)和Nutanix公司提供的存储服务一样,它们可以低成本提供大量的文件存储。供应商可以保持每个客户的存储、应用都是独立的、私有的。国内比较突出的有百度云盘、移动彩云、酷盘、华为网盘、360云盘等;

(2) 内部云存储:这种云存储和私有云存储比较类似,唯一的不同点是它仍然位于企业防火墙内部。可以提供私有云的平台有:Eucalyptus、3A Cloud、联想网盘等;

(3) 混合云存储:这种云存储把公共云和私有云/内部云结合在一起。主要用于按客户要求的访问,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对于企业面迅速增长的负载波动或高峰时很有帮助。

5.4 云存储的结构

云存储系统的结构模型由4层组成:存储层、基础管理层、应用接口层、访问层。云存储是SAN引导启动技术、存储虚拟化、存储逻辑分区、自动分级存储、应用性能扩展、自动精简配置等技术的综合应用。

(1) 存储层:存储层是云存储的基础部分。存储设备可以是FC光纤通道存储设备、NAS和iSCSI等IP存储设备,也可以是SCSI或SAS等DAS存储设备。云存储中的存储设备数量庞大且分布于不同地域,彼此之间通过广域网、互联网或者FC光纤通道网络连接在一起。存储设备之上是一个统一存储设备管理系统,可以实现存储设备的逻辑虚拟化管理、多链路冗余管理,以及硬件设备的状态监控和故障维护;

(2) 基础管理层:基础管理是云存储的核心部分,也是云存储中最难实现的部分。基础管理层通过集群、分布式文件系统和网络计算等技术,实现云存储中多个存储设备之间的协同工作,使多个存储设备可以对外提供同一种服务,并提供更强大的数据访问性能;

(3) 应用接口层:应用接口是云存储最灵活的部

分. 不同的云存储运营单位可以根据实际业务类型, 开发不同的应用服务接口, 提供不同的应用服务. 比如视频监控应用平台、IPTV 和视频点播应用平台、网络硬盘引用平台, 远程数据备份应用平台等;

(4) 访问层: 任何一个授权用户都可以通过标准的公用应用接口来登录云存储系统, 享受云存储服务. 云存储运营单位不同, 云存储提供的访问类型和访问手段也不同. 云存储总体架构如图 7 所示:

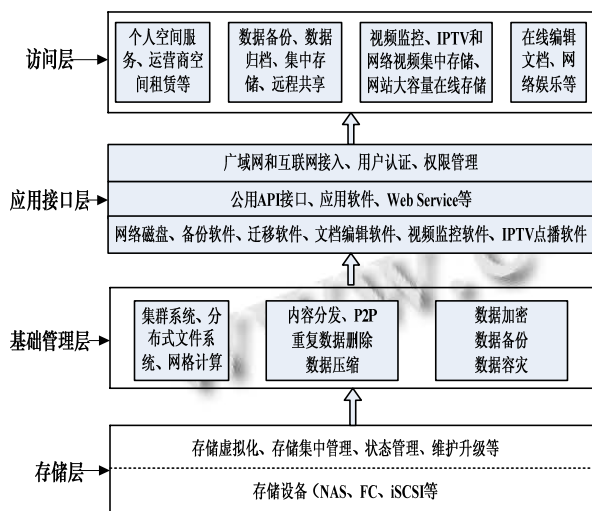


图 7 云存储总体架构

云存储不仅仅是存储, 更多的是应用. 应用存储是一种在存储设备中集成了应用软件功能的存储设备, 它不仅具有数据存储功能, 还具有应用软件功能, 可以看作是服务器和存储设备的集合体. 云存储系统是一个多存储设备、多应用、多服务协同工作的集合体, 任何一个单点的存储系统都不是云存储. 不同存储设备之间需要通过集群技术、分布式文件系统和网格计算等技术, 实现多个存储设备之间的协同工作, 多个存储设备可以对外提供同一种服务, 提供更强大的数据访问性能.

6 其它存储技术简述

(1) NAS(Network Attached Storage-网络连接存储)可以应用在任何网络环境中, 主服务器和客户端可存取任意格式的文件, 如 SMB、NFS、CIFS 等;

(2) DAS(Direct Attached Storage-直接连接存储),

由于没有网络结构, 难以满足现实的存储需求;

(3) CAS(Conditional Access System), 是有条件访问系统, 用于存储和检索固定内容, 即: 最终形式的信息, 如归档的电子邮件, 属于选择性数字媒体传输系统. 数字电视系统中多简称为 CA(Conditional Access), 前端软件的一部分, 通常与 EPG/SMS 共同构成设备及用户的管理. 条件接收 CA 系统是一个综合性系统, 系统涉及到多种技术, 包括加解密技术、加解扰技术、编码技术、复用技术、智能卡技术等;

(4) SCSI 是小型计算机系统接口(Small Computer System Interface), 是 IETF 制订的一项标准, 用于将 SCSI 数据块映射成以太网数据包; (5)iSCSI(internet SCSI)可以实现在 IP 网络上运行 SCSI 协议, 使其能够在诸如高速千兆以太网上进行路由选择, iSCSI 协议是一种跨过 IP 网络来传输潜伏时间短的 SCSI 数据块的方法.

7 结语

本文研究了三类计算机网络系统的数据存储技术, 并重点探讨了目前主流的 SSD 和云存储等数据存储新技术, 以期解决计算机网络系统数据存储容量和传输速率等问题. 在邮政金融信息系统逻辑集中项目中, 通过与存储智能性能监控技术相结合, 应用性能扩展技术可以动态地按需调整各关键应用的服务级别和存储资源, 使存储系统能够及时地适应具有不同服务级别且动态变化的多个应用的存储性能需求, 从而给各应用提供最佳的性能保证, 并最大程度地优化存储系统的利用率.

参考文献

- 1 鲁士文.存储网络技术及应用.北京:清华大学出版社,2010.
- 2 张冬.网络存储系统原理精解与最佳实践.北京:清华大学出版社,2008.
- 3 邓劲生.广域网络存储虚拟化技术研究[学位论文].长沙:国防科学技术大学,2005.
- 4 任玉玲,唐靖.虚拟存储技术研究.商丘职业技术学院学报, 2009,8(5):39-41.
- 5 王刚.云计算的分析与研究.信息技术,2013,(6):137-140.