云计算环境下的数据存储

王德政[1]，申山宏[1]，周宁宁[2]
(1.中兴通讯股份有限公司 网管产品部,江苏 南京 210012;
2.南京邮电大学 计算机学院,江苏 南京 210003)

摘 要:近年来,越来越多的人和企业开始关注云计算这种新的计算模式,高性能的云存储是实现云计算服务的基本条件。介绍了云计算与云存储,讨论了云计算环境下的数据存储体系结构,对其中的分布式文件系统的设计进行了详细的探讨,为企业创建自己的基于云计算的数据中心提供了一个具有可用性、可扩展性、可管理性、安全性的设计方案。最后对几种典型的商业化云存储平台进行了简单的分析并讨论了云计算的发展趋势,同时针对企业在云计算的发展中所处的角色不同,给出了不同的发展策略。

关键词:云计算;云存储;分布式文件系统
中图分类号:TP393 **文献标识码**:A **文章编号**:1673-629X(2011)04-0081-04

Data Storage in Cloud Computing Environment

WANG De-zheng[1], SHEN Shan-hong[1], ZHOU Ning-ning[2]
(1. Network Management Product Department, ZTE Corporation, Nanjing 210012, China;
2. College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: More and more people and corporations begin to concern about cloud computing. The realization of the cloud computing is based on the high-performance cloud storage. Introduces the cloud computing and the cloud storage, analyzes the architecture of data storage in the cloud environment and has a detailed discussion on the design of distribute file system. It provides a design project with availability, expansibility, manageability and security to the corporations when they establish their own data center based on the cloud computing. Moreover some kinds of commercial cloud storage platforms are analyzed in this paper. The trends of development of cloud computing and the enterprise solutions are also discussed at the end of the paper.

Key words: cloud computing; cloud storage; distributed file system

0 引 言

近年来,云计算无疑是最热门的技术话题之一。自Amazon的AWS(Amazon Web Services)出现以来,越来越多的人和企业开始关注云计算这种新的计算模式,并被认定为未来的必然趋势。

在传统模式下,为了提高信息交互的效率,数据通常集中在本地存储和处理。企业建立一套IT系统不仅仅需要购买硬件、带宽等基础设施,还需要有专门的人员对IT系统进行维护。由于需要存储和处理的数据量不断增加,企业数据中心空间日益匮乏。企业不得不花费大量的资金用于购买各种数据存储和处理的设备,并且需要负担日益高昂的数据中心管理成本。对于企业来讲,计算和存储等基础设施以及软件本身并不是他们需要直接面对的,他们需要的是由此提供的服务以完成业务需求。

随着计算机技术、通信技术、信息处理技术的高速发展,使得大量的数据存放在非本地计算机或远程服务器上,企业与个人用户无需再投入昂贵的硬件购置成本,只需要通过互联网来购买租赁数据存储和计算力,企业根据需求访问计算机和存储系统成为了可能。这也使得应用系统能够通过互联网根据需要获取计算力、存储空间和各种软件服务的云计算模式应运而生。

1 云计算与云存储

2007年底起,云计算开始被广泛关注。云计算是一种新兴的商业计算模型,是并行计算和分布式计算这些计算机科学概念的商业实现。

"云"这个词实际上是对互联网的一种隐喻,在计算机领域里,常常用"云"这种抽象的图形将计算机网络中复杂的基础设施和运行过程隐藏起来,而由"云"衍生出的"云计算"也在追求类似的效果,即试图将各

收稿日期:2010-08-10;**修回日期**:2010-11-22
基金项目:中兴通讯重大研究基金资助项目(nj200909080002)
作者简介:王德政(1974-),男,硕士,研究方向为云计算网管、Web技术在网管中的应用。

种计算业务提升到云中进行并将其复杂性隐藏在云中,用户所需要知道的仅仅是简单的访问接口[1]。

目前,对于云计算的认识在不断地发展变化,但云计算仍没有普遍一致的定义。号称“网格之父”的美国 Argonne 国家实验室的资深科学家、Globus 项目的领导人 Ian Foster 在“Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared”一文中这样定义云计算[2]:“云计算是由规模经济拖动,为互联网上的外部用户提供一组抽象的、虚拟化的、动态可扩展的、可管理的计算资源能力、存储能力、平台和服务的一种大规模分布式计算的聚合体”。中国网格计算、云计算专家刘鹏给出如下定义[3]:“云计算将计算任务分布在大量计算机构成的资源池上,使各种应用系统能够根据需要获取计算力、存储空间和各种软件服务”。

从概念上看,云计算实质是一种分布式计算,其目标是通过互联网将超大规模的计算与存储资源整合起来,并以可信服务的形式按需提供给用户。其中,高性能的云存储是实现云计算服务的基本条件。几乎在所有的基于云计算服务的应用程序中都需要高性能的云存储来满足数据处理的需求。

同云计算和存储即服务(Storage-as Service)的概念类似,云存储专注于向用户提供以互联网为基础的在线存储服务。用户无需考虑存储容量、存储设备类型、数据存储位置以及数据的可用性、可靠性和安全性等繁琐的底层技术细节,根据需要付费就可以从云存储服务提供商那里获得近乎无限大的存储空间和企业级的服务质量。

2 云计算环境下数据存储的体系结构

实现云计算环境下数据存储的基础是由数以万计的廉价存储设备所构成的庞大的存储中心。这些异构的存储设备通过各自的分布式文件系统将分散的、低可靠的资源聚合为一个具有高可靠性、高可扩展性的整体,在此基础上构建面向用户的云存储服务[4]。典型的云计算环境下数据存储体系结构如图 1 所示。

2.1 数据中心

数据中心是实现云存储的基础,主要包括各种存储设备,以及对各种异构的存储设备进行管理的分布式文件系统。

2.1.1 存储设备

云存储设备既可以包含一般的大量的廉价 PC 机,也可以包含企业级的存储设备。

2.1.2 分布式文件系统

分布式文件系统(Distributed File System, DFS)是云存储的核心。利用分布式文件系统可以实现云存储中多个存储设备之间的协同工作,使分布在多个服务器上的文件如同位于网络上的一个位置一样,对外提供同一种服务,并提供更大更强更好的数据访问性能。

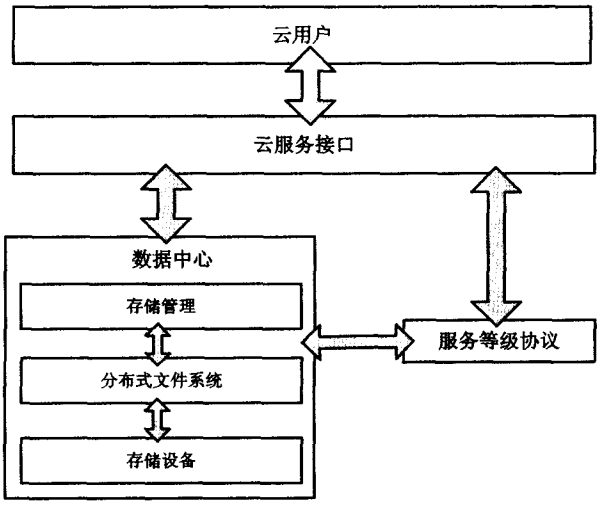

图 1 云计算环境下数据存储的体系结构

实现云存储的分布式文件系统与其它的分布式文件系统拥有许多相同的目标,然而,它的设计还受到云存储应用负载和技术环境的影响。根据云环境下数据存储管理的特点和要求,相应的分布式文件系统的主要服务功能如图 2 所示。

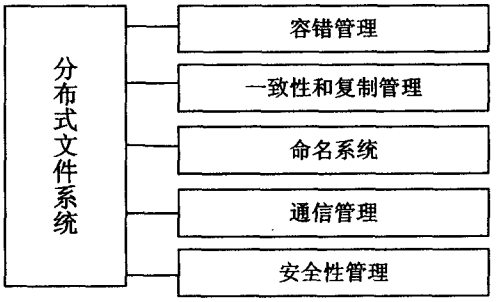

图 2 实现云存储的分布式分件系统功能

(1)容错管理。

可靠性是存储系统最基本也是最关键的一项指标。对于云存储这类由大量的、廉价的硬件资源搭建起来的复杂的存储系统而言,由于参与运算与处理的节点数目非常庞大,通常会使用上千个节点进行共同计算,因此,每时每刻总会有节点处在失效状态。其资源节点的失效行为属于系统常态[4],因此可靠性问题变得尤为突出。作为一个可信赖得文件系统[5~10],在设计时需要考虑以下几点:(a)可用性:即系统可为用户服务的能力;(b)可靠性:即系统可以无故障地持续运行的能力;(c)安全性:即在系统偶然出故障的情况下能正确操作而不会造成任何灾难;(d)可维护性:即发生故障的系统被恢复的难易程度。

(2)一致性和复制。

数据存储服务是分布式文件系统的基本功能。由于在本地文件系统中,文件的大小往往受到磁盘容量的限制,因此,在适用于云存储的分布式文件系统中,

一般采用基于数据块的存储模式。目前被业界所广泛研究和效仿的式 Google 的 GFS 类似的分布式文件系统中,对元数据进行集中式管理,并通过主机的热备份来防止数据服务器的单点失效。数据的复制是云计算中数据存储管理必须要考虑的问题。很显然,数据的复制可以提高系统的可靠性和性能,同时,增强系统的容错力。但是,数据的复制又带来了更新数据是否一致的问题。要实现数据的一致性,必须要考虑两个问题[6~10]:(a)副本的放置问题;(b)如何保持多个副本的一致性。

(3)命名系统。

名字在计算机系统中起着重要作用。在云存储中,文件到数据块的映射,以及某一数据块到块服务器的定位都需要由命名系统实现。名字用来共享资源、唯一标识实体、指向位置等。在具有成千上万个异构节点的云存储系统中,由于环境的复杂性,对命名系统提出了命名的唯一性、解析的一致性、名字与对象的动态连接、命名系统扩展性等要求。

(4) 通信。

进程间通信是分布式文件系统的核心。分布式文件系统中的通信都是基于底层网络提供的底层消息传递机制的。通信的进程都必须遵循一定的协议规则,网络通信协议是构成分布式文件系统的基础。在早期的云计算平台里,采用的存储模式会导致存储 I/O 有较高的延迟。在本地存储和备份数据时,本地网络的网络延迟几乎可以忽略不计,但切换到云之后,要在云中存储和备份数据,这就是个重要的问题了。

(5)安全性。

数据存储在云计算的中心,安全问题一直是人们重点关注的问题。云用户和提供商需要避免数据丢失和被窃,云用户希望提供商以确保无论自己的数据物理上存储在哪里都受到保护。同样,云提供商也需要保护其用户的敏感数据。

为了解决云存储中数据的安全问题,提高云计算数据中心的防护能力,应根据分布式文件中可能存在的安全威胁和安全需求,来制定相应的安全策略,以便在计算机中实施相应的保护机制。在云存储中,数据安全性都是基于信任的,这信任通常都在管理程序里。当多数虚机共享物理 LUN,CPU 和内存时,由管理程序确保数据是否毁坏或者被错误的虚机访问。此时,文件系统的设计应从两个方面加以考虑[5~10]:(a)安全通道问题:用户或进程之间的通信安全问题。安全通道涉及数据加密、用户认证、消息的完整性和保密性以及数字签名等安全问题。(b)授权管理问题:在安全通道的基础上,用户在授权的方式下访问数据和其他资源。授权管理涉及系统的访问控制问题。

2.2 服务等级协议

可选的服务等级协议(service-level agreement, SLA)对于一个商用的云存储系统而言是非常重要的,它定义了提供给用户的存储服务指标以及用户为此应交纳的费用。服务等级协议是决定云存储服务能否成功的关键因素,科学合理的 SLA 可以吸引更多的商业用户来使用云存储服务。

2.3 云服务接口

应用接口层是云存储服务系统最灵活多变的部分。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。用户通过云服务接口实现对云端数据的存取操作。平台提供商通过用户交互层对各个用户进行有效的资源分配与访问控制。应用程序和文件系统 API 的协同设计提高了整个云存储系统的灵活性。

2.4 云用户

云用户包括个人数据存储用户,企业数据存储用户和服务集成商等[4]。

个人用户通过简单的终端如笔记本,PDA,甚至手机,使用简单的客户端软件甚至 Web 就能访问超大规模的计算与存储资源。除了个人用户外,企业数据存储是目前云存储服务的主要实用者。第三方服务集成商既是云存储的用户又是面向用户的服务提供者,它们在很大程度上扩展了云存储的应用范围和领域,使云存储服务更加实用化。

3 典型的云存储平台

云存储将传统的本地数据存储迁移到互联网上,成为几乎可无限扩展的、高可靠性的在线存储方式。以 Amazon,Google, IBM 为代表的云技术厂商将云存储概念变成了具有巨大商业价值的实际应用。

3.1 Amazon 云存储平台

Amazon 提供一种称为弹性计算云(Amazon EC2, Amazon Elastic Compute Cloud)的服务[11,12]。借助 Amazon EC2,用户可创建操作系统、应用程序和配置设置等机器映像,然后上载至 Amazon 简单存储服务(Amazon S3,Amazon Simple Storage Service)并注册。由 Amazon 提供用户所需要的计算能力,用户按照其计算和所消耗的网络资源来付费。

针对 EC2,Amazon 此后推出了弹性块存储(EBS, Elastic Block Storage)产品,同时提供存储和计算的能力。用户可以将 EBS 转移到 Amazon 的 S3 存储服务上。

3.2 Google 云存储平台

Google 的云存储技术实际上是针对 Google 特定的网络应用程序而定制的。针对内部网络数据规模超大

的特点,Google 提出了一整套基于分布式并行集群方式的基础架构,利用软件的能力来处理集群中经常发生的节点失效问题。

从2003年开始,Google 连续几年在计算机系统研究领域的最顶级会议与杂志上发表论文,揭示其内部的分布式数据处理方法,向外界展示其使用的云计算核心技术包括[11,12]:Google 建立在集群之上的文件系统 Google File System,针对 Google 云存储应用程序的特点提出的 Map/Reduce 编程模式,分布式的锁机制 Chubby 以及 Google 开发的模型简化的大规模分布式数据库 BigTable。

3.3 IBM 云存储平台

IBM 在2008年4月推出了云存储的服务,它针对那些拥有2-3个 Windows 服务器或者拥有小型数据中心的商业用户。IBM 云存储是一种典型的网络数据存储服务[12],它将数据存储在众多虚拟化服务器当中,提供第三方的支持和服务。通过云存储,IBM 为用户提供远程的数据保护以及邮件管理服务。

4 云计算的发展趋势与企业对策

随着云计算和云存储概念和技术的不断成熟,企业数据中心正经历着从传统数据中心向云数据中心转变的新的变革。小型企业通过将数据中心向云存储端转移,可以很好地控制数据中心成本;而大型企业除了租用公共云存储服务以外,也开始着手建立自己的私云存储数据中心。在云计算的发展中,各个公司、企业所处的角色不同,因而制定了不同的发展策略。

4.1 云计算服务提供商建立云计算和云存储中心

国外巨头位处"云端",它们是云计算服务提供商,Google、Amazon、IBM 与微软、Sun 公司这样的信息巨头积极地加入这场竞争,Amazon 在2007年向开发者开放了名为"弹性计算机云"的服务,让小软件公司可以按需购买 Amazon 数据中心的处理能力。Sun 公司推出"黑盒子"计划,该计划基于云计算理论建立,称未来的数据中心[12]。微软和 Google 是这场角逐里最。

众所周知,从 Gmail 开始,Google 一直试图通过以互联网提供给用户计算能力与服务,以开源的姿态推广它的云计算平台,颠覆微软缔造的"桌面为王"的时代,挑战微软的权威。面对 Google 的挑战,微软试图以卡耐基-梅隆大学、麻省理工大学、斯坦福大学、加州大学伯克莱分校、马里兰州大学和华盛顿大学等6所大学的计算机科学研究者提供资金与设备,推动云计算的研究,并在2007年8月高调推出 Blue Cloud 蓝云计划。该计划意指使公司数据中心与因特网运行更为贴近的计算机与软件产品组合。

4.2 中小企业从云计算供应商处租用计算能力和数据存储

对不想创建或维护自有基础架构或应用的中小企业和创业者来说,云计算意味着巨大的商业机遇,他们可以借助云计算在更高的层面上和大企业竞争。他们不需要去买价格高昂的硬件,而是从云计算供应商那里租用计算能力。在避免了硬件投资的同时,公司的技术部门也无须为忙乱不堪的技术维护而头痛,节省下来的时间可以进行更多的业务创新。他们只需要通过付费使用服务提供商在 Internet 上提供的各种计算和数据存储等功能。

4.3 重视数据保密性、专有性的大型企业构建私有云

虽然 IBM、Google、微软等国际巨头在云计算方面优势明显,但有些大型企业非常重视应用程序或集成数据的保密性和专有性,那么一般不会冒险将其信息放在公共云上。因为公共云很难满足严格的法规遵从要求,并且其公开性可能会造成监管方面的问题。出于安全保密考虑,这些企业可以建立自己的内部云(亦称私有云),以增强 IT 对业务的相应能力,并减少成本。所谓私有云,就是指位于企业自建数据中心内部的具有云功能的基础架构,可能在公共云环境中设计及构建应用程序,而最终目的是把该应用程序托管在私有云中。很容易理解私有云具有的魅力:它避开了与 Amazon 等公共云提供商有关的安全性和不确定性等问题,同时又提供了云带来的实际好处,比如灵活部署和易于扩展,既确保了安全,又不乏创新。

5 结束语

"云计算"带来的就是这样一种变革——由 Google、IBM 这样的专业网络公司来搭建计算机存储、运算中心,用户通过一根网线借助浏览器就可以很方便的访问,把"云"做为资料存储以及应用服务的中心。凭借这种实用的商业模式,云计算受到业界越来越多的重视。云计算的观念包含的是这样一种思想:把力量联合起来,给其中的每一个成员使用,使得资源共享最大化。云计算的终极目的在于完全开放的大规模分布式,它不但用于计算,更是用于存储。

参考文献:

[1] 郑纬民. 云计算的大幕已经拉开[J]. 中国计算机学会通讯,2009,5(6):6-7.

[2] Ian Foster, Yong Zhao, Ioan Raicu, et al. Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared[C]//Proceedings of IEEE Grid Computing Environments workshop (GCE08). USA: IEEE Computer Society, 2008:1-10.

[3] 刘 鹏. 云计算的定义和特点. 中国云计算[EB/OL]. 2009

(下转第89页)

间。分别采用 GA 算法和 SAGA 算法生成 15 次覆盖等边三角形路径的测试数据,并记录它们各自的执行时间,实验结果如图 3 所示。从图 3 中可以很明显看出,SAGA 算法在测试用例生成的效率上要明显高于一般 GA 算法。

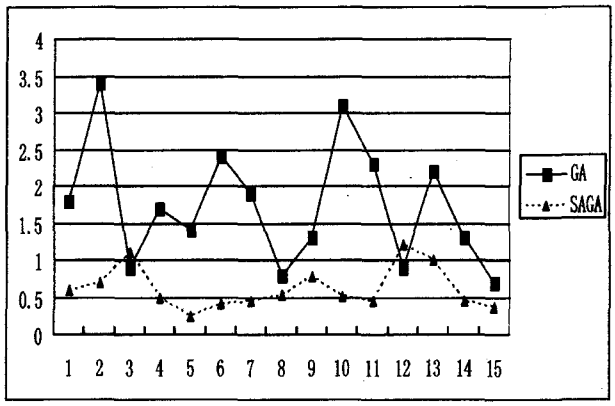

图 3　等边三角形路径测试用例生成时间图

(2)分析自动生成满足指定覆盖路径的测试用例数。分别采用 GA 算法和 SAGA 算法自动生成 10 次覆盖等腰三角形和不等边三角形的测试用例,并记录每一次自动产生的测试用例个数,生成结果如图 4 所示。从图 4 中的数据可以看出,运用 SAGA 算法明显减缓了个别个体的繁殖速度,并保证了个体的多样性,有效避免了传统 GA 算法容易产生"早熟现象"和陷入局部收敛等问题,从而提高了算法的运行效率。

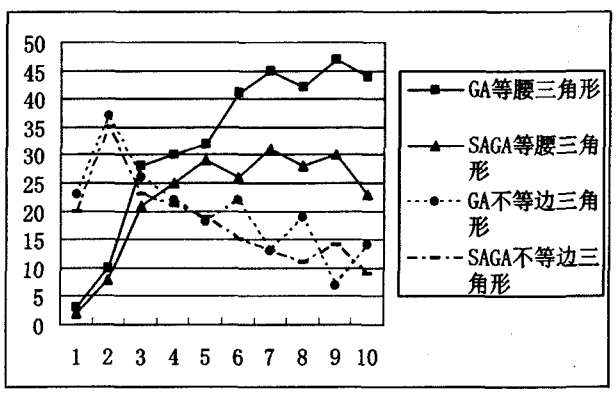

图 4　生成等腰和不等边三角形测试用例数对比图

5　结束语

测试数据的自动生成问题其实就是优化问题,文中研究的重点是将 SA 和 GA 智能算法有效地结合,互相弥补二者固有的缺陷,提出核心算法 SAGA,并将其应用到一个实例用于自动产生测试用例。从上述实验的结果图中,可以明显看出 SAGA 算法的效率高于普通 GA 算法,所以文中提出的 SAGA 算法可以应用在测试用例的自动生成中。但是在实验中,也反映出存在测试数据生成重复的情况,所以这个问题将是下一步着重要解决的问题。

参考文献:

[1] 汪　浩,谢军凯,高仲仪. 遗传算法及其在软件测试数据生成中的应用研究 [J]. 计算机工程与应用, 2001, 37(12): 64-68.

[2] 张海潘. 软件工程导论[M]. 北京:清华大学出版社, 1998:1-5.

[3] Michael C C, McGraw G, Schatz M A. Generating Software Test Data by Evolution [J]. IEEE Trans. on Software Engineering, 2001, 27(12): 1085-1110.

[4] 王雪梅, 王义和. 模拟退火算法与遗传算法的结合[J]. 计算机学报, 1997, 20(4): 434-437.

[5] 张　磊, 王晓军. 基于遗传算法的业务流程测试[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(3): 155-158.

[6] 曹道友, 程家兴. 基于改进的选择算子和交叉算子的遗传算法[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(2): 44-47.

[7] 李小青, 张文祥. 基于退火免疫遗传算法的测试用例生成研究[J]. 计算机仿真, 2008, 25(5): 171-174.

[8] Wegener J, Baresel A, Sthamer H. Evolutionary test environment for automatic structural testing [J]. Information and Software Technology, 2001, 43(4): 841-854.

[9] Korel B. Automated Software Test Data Generation [J]. IEEE Transactions on software engineering, 1990, 16(8): 870-879.

[10] 周　丽, 黄素珍. 基于模拟退火的混合遗传算法研究 [J]. 计算机应用研究, 2005(9): 72-73.

[11] Jorgensen P C. 软件测试[M]. 韩　柯, 等译. 北京:机械工业出版社, 2003: 15-19.

(上接第 84 页)

-02-25. http://www.chinacloud.cn/.

[4] 武永卫, 黄小猛. 云存储[J]. 中国计算机学会通讯, 2009, 5(6): 44-51.

[5] Tanenbaum A S, van Steen M. 分布式系统原理与范型[M]. 北京:清华大学出版社, 2008.

[6] Cristian F. Understanding Fault-tolerant Distributed Systems [J]. Communication of ACM, 1991, 34(2): 56-78.

[7] Coulouris G, Dollimore J, Kindberg T. 分布式系统概念与设计[M]. 北京:机械工业出版社, 2004.

[8] 张　军. 分布式系统技术内幕[M]. 北京:首都经济贸易大学出版社, 2006.

[9] 朱海滨. 分布式系统原理与设计[M]. 长沙:国防科技大学出版社, 1997.

[10] 李西宁. 分布式系统[M]. 北京:科学出版社, 2006.

[11] 吴欣然, 杨思睿, 吴晓晰, 等. 面向服务的云计算基础设施[J]. 中国计算机学会通讯, 2009, 5(6): 32-43.

[12] 陈　康, 郑维民. 云计算:系统实例与研究现状[J]. 软件学报, 2009, 20(5): 1337-1348.