

CLOUD COMPUTING

云计算 及其应用

AND ITS APPLICATION

李强 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

► 本项目获得以下基金支持:

国家自然科学基金资助项目 (61502330)、山西省软科学计划研究项目
(2016041008-5)、山西省高等学校科技创新项目 (20161131) 和山西省高
等学校科技创新项目 (20171119)。

CLOUD COMPUTING

云计算及其应用

////// AND ITS APPLICATION

李强 著



WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

云计算及其应用/李强著.—武汉:武汉大学出版社,2018.4
ISBN 978-7-307-20013-5

I.云… II.李… III.云计算 IV.TP393.027

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 020812 号

责任编辑:唐 伟 责任校对:李孟潇 整体设计:马 佳

出版发行: **武汉大学出版社** (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮箱: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷:武汉中远印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:20.25 字数:480 千字 插页:1

版次:2018 年 4 月第 1 版 2018 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-20013-5 定价:48.00 元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

序言 I

云计算大规模地实施，在十年内得到了迅猛发展。它与其他领域相互融合，带来了革命性的创新，体现出了巨大的商业价值和发展空间。读到这本《云计算及其应用》，我备感兴奋。该著作从概括云计算的构想到云体系的架构，再到云具体算法的改进，都表达了作者的设计思路 and 理念，体现了作者对云计算学术研究的深入。

随着云计算的延伸和扩展、物联网的实施，公众拥有了大量的移动智能终端设备。为了实现用户可以随时随地得到想要的信息服务，需要将不同的内容和应用通过云技术进行整合、匹配，将信息以推送或订阅的方式传递给用户，实现“云”到用户端的高效便捷的体验。信息服务商可以通过云技术架构部署各种服务，提供个性化需求定制，是当今极经济和便捷的服务方式。

伴随着商业经济和社会文化发展需求的增长，技术人员所面临的问题也日趋复杂，需要采用综合的解决方案来设计。例如，城市建设过程中，使用云计算物联网技术来实现智慧交通、智慧医疗、平安城市以及环境监测等工程项目。当前，我国各个地区的科技系统较为分散，科技资源信息仍无法完全共享。在此背景下，本书提出要采用云计算和云存储方案来整合现有的科技信息资源，实现信息的互联互通，为科技信息系统的建设提供了新的途径。

投富

太原理工大学计算机学院

序言 II

大数据与云计算这个概念已经不再新奇，或者说从技术范畴和应用领域来说被过度复杂化了，其新鲜的成分仅仅是在不同领域中如何被应用，以及在商业中获得令人兴奋的意外收获而已。

回顾以往，早已出现的“分布式计算”技术并没有像“云计算”那样引起业界的广泛关注，甚至在非 IT 行业中激起反响。但是，熟知 IT 技术发展历史的专业人士明白，云计算的本质只是“分布式计算”发展到当今的一个阶段而已。有鉴于此，云计算代表的是一种灵活的、虚拟的、具有弹性的分布式可支付平台，可以通过各种网络向商业领域和消费者提供信息检索、海量数据存储和大规模计算的服务。IT 技术领导者和商业投资人都充分意识到了“组合与共享”带来的计算资源潜力，最终使云计算成为工业界新游戏规则的开始。

《云计算及其应用》正是在我国云计算技术大力推广阶段，使用云计算和云存储实现科技资源和教育资源整合的一次大胆尝试。该著作首先提出云计算的基本概念、模型和算法，然后作者提出自己的观点和改进的算法，最后通过架构云平台，实现不同系统的整合。该著作作为云计算实现大规模计算和海量数据存储，以及不同系统的整合提供了理论方法和宝贵的实践经验。

李灯熬

太原理工大学信息学院

序言Ⅲ

云计算带来的好处是众所周知的，因此引起了大量服务商的反应，并提出了很多有意义的商业解决方案供用户选择。在公众的追捧下，云计算正以前所未有的速度进行推广，带来的问题是服务量的增加和效率的瓶颈，随着规模的增大，云计算的很多方面仍然需要进一步思考。云计算服务主要起源于商业需求，解决商业问题自然是云计算的首要目标，也就是云计算对社会经济的首要贡献是改变了服务的支付方式。当前，我们可以通过衡量云计算对经济和环境的影响来反映云计算的能力和性能。

从简单的客户机/服务器的应用编程方式到软件的经典三层架构，再到 n 层架构，软件的可组合性和可重用性被提高到前所未有的高度。虽然我们一直在提倡代码设计的灵活性，但是到目前为止，这种设计才成为一种事实上的标准方法，可以提高效率、节省成本并以最优的方法和模式满足商业需求的不断变化。该种设计推进了 IT 技术的设计理念、软件服务和软件工程的发展。比较而言，云计算的引进引起了 IT 技术领域的一次彻底全面的革新。大规模的软硬件外包，满足端对端业务的需求增长，是云计算技术的显著特征之一。

《云计算及其应用》是在整合现有的区域科技资源和教育资源的项目背景下，提出的一种基于云的方式实现海量数据资源的存储和检索的方案，并通过架构云平台实现各个子系统的整合，是对云计算的一次现实应用。

强 彦

太原理工大学计算机学院

前 言

云计算的出现，深刻地改变了 IT 行业。回顾 IT 行业这几十年，从刚开始的硬件时代（mainframe, PC）到软件（enterprise and personal software）时代，到现在的服务（services）时代，云计算将 IT 真正带入了服务的时代。

云计算的真正价值在于服务。推动云计算大规模发展的是云计算的服务给商务带来的价值，如 IaaS、PaaS 和 SaaS。如果没有这些服务带来的价值，云计算也只会像网格计算和分布式计算一样，是实验室里的几项技术，或是某几个公司的产品，而不会成为改变整个 IT 和互联网产业的一个重大变革。

本书是云计算的相应理论及其实践相结合的一本书。本书的价值体现在以下几个方面。

（1）系统阐述。云计算的架构和行业领域中的实现非常复杂，涉及各个方面。本书从商务和技术出发，系统地介绍了云计算所涉及的构建、管理和运营各个方面。对设计、运营、技术运营、技术架构、安全和管理做了系统和全面的描述。

（2）实践指导。本书的参考是来自云计算行业第一线的国内企业实践。作者将多年来自己在云计算行业中获得的第一手经验进行分析、归纳、总结，在这里呈现给读者。

（3）理论创新。本书以实践为基础，深化和扩展了相关的传统的理论框架，构建出新的理论，从而形成了自身的实践和理论的特色框架，比如基于 Hopfield 神经网络的任务调度理论等。

（4）云的实现。本书不仅涉及理论创新，而且深入应用创新。在实践中，我们将云计算应用在科技资源共享、高校数字校园建设、数字图书馆建设、智慧城市、卫星遥感和气象等领域。

此外，为了增加实用性，本书采用了很多来自实践的案例。这可以帮助读者了解实施中的参考方法，使得自己在应用实践中少走弯路，更快地实现成功。

在书的内容上，我们是按照基础、理论、方法、技术、实践应用这几个维度来规划的。

从 20 世纪末开始，信息技术、生物技术和材料技术这三大科学引领着社会发展的方向，改变着人们的生产和生活方式。特别是计算机和互联网技术的快速升级，陆续出现了物联网、云计算和大数据等新的概念和技术，提升了人们的生活便利性，进一步加快了人们生活的节奏。云计算以服务中心为主要使用方式被企业、政府和公共事业机构所采用，减轻了机构管理的复杂度，并降低了管理成本，成为机构新的信息化管理和运营方式。但是，如何提升云计算自身的能力、使用云来整合现有的数据资源、集成原有的系统并发布新的服务将是重要的几项突破工作。本书围绕着以上三个问题展开研究，针对云计算的系

统架构、云存储和云作业调度算法，以及云计算在实践中的应用四个方面进行深入研究，设计基于云计算的通用架构，积累工程实践经验，意在为工程技术人员、研究学者提供有价值的参考。

本书有以下特点：

(1) 着重将工程应用与研究创新相结合，贯穿理论指导应用和应用推动理论发展的思想。在理论阐述方面，深入浅出，循序渐进。理论方面着重云存储和云作业调度算法的改进和创新；应用方面重点在于具体项目的规划和设计。

(2) 理论内容比较新颖，阐述比较系统。书中的许多内容来自于作者已经发表或即将发表的研究成果。

(3) 应用方向主要是高校数字校园的建设和升级，以及科技资源共享平台的建设。

(4) 书中的部分算法是作者及作者的研究伙伴多年来研究工作的总结，已编制成程序，可以应用。

(5) 该书是在项目背景下支持完成的。

云计算是一门发展中的技术，其理论高深、难度大、涉及面广、发展速度快，因此内容多和新。鉴于编者水平有限，且时间仓促，书中不妥和错误之处，恳请广大读者批评指正，以期今后改进。

书中的素材除取自作者本人的研究成果外，其他一部分内容来自公开和未公开的图书、杂志、会议录以及技术报告等文献资料，在这里谨向这些作者表示衷心感谢。

李 强

2018年3月于山西省财政税务专科学校

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 云计算的概念	1
1.2 云存储	5
1.3 云作业调度算法	9
1.4 云计算资源管理技术	11
1.5 研究的背景、意义及内容	16
1.6 云计算在科技和教育资源管理领域中的应用	19
第 2 章 云计算资源管理关键技术及系统架构	23
2.1 引言	23
2.2 云计算资源管理的定义和特点	23
2.3 云计算资源管理目标	24
2.4 云计算资源管理模型	24
2.5 云计算资源管理策略	25
2.6 云计算调度算法概述	25
2.7 云计算系统的架构	26
2.8 基于云计算的科技资源信息共享模式的构建	32
2.9 云计算平台下的慕课	39
第 3 章 云计算中碎片资源管理关键技术	45
3.1 引言	45
3.2 资源调度技术综述	46
3.3 问题分析	47
3.4 云计算碎片资源描述与能力划分	48
3.5 云计算环境下具有 Qos 保障的分布式资源调度机制	51
第 4 章 云存储及相关调度机制	63
4.1 引言	63
4.2 分布式文件系统	63
4.3 云存储的副本技术	68
4.4 Hadoop 中云存储存在的问题	75

4.5	云存储中的资源调度机制	76
4.6	实验分析	83
第 5 章	云计算负载均衡的相关技术	87
5.1	引言	87
5.2	负载均衡算法	87
5.3	云存储中的 GFS 及 HDFS	90
5.4	云存储中的副本技术	94
5.5	虚拟机动态迁移	96
第 6 章	基于 Hadoop 的云存储的负载均衡优化策略	99
6.1	引言	99
6.2	Hadoop 数据存储负载均衡的原理	99
6.3	超负载机架优先处理的策略	101
6.4	队列排列的优化策略	104
6.5	实验分析	106
第 7 章	多因素优化的云存储负载均衡模型	111
7.1	引言	111
7.2	多因素优化的云存储负载均衡模型的思想	112
7.3	基于多因素优化的云存储负载均衡模型的算法描述	114
7.4	实验分析	116
第 8 章	基于动态副本技术的负载均衡策略	121
8.1	引言	121
8.2	基于文件热度的动态副本策略的原理	122
8.3	基于文件热度的动态副本策略的算法描述	126
8.4	实验分析	127
第 9 章	基于虚拟机迁移的资源调度负载均衡策略	133
9.1	引言	133
9.2	相关定义	134
9.3	基于虚拟机迁移的资源调度负载均衡策略的描述	135
9.4	实验分析	143
第 10 章	MapReduce 平台上基于预期的调度算法	154
10.1	引言	154

10.2	相关概念	155
10.3	基于预期的调度算法设计	162
10.4	实验和分析	171
第 11 章	基于事件驱动云平台的两步调度算法	178
11.1	引言	178
11.2	相关工作介绍	179
11.3	两步调度算法设计	183
11.4	TSS 设计和实现	189
11.5	实验和分析	191
第 12 章	弹性云平台任务调度算法	196
12.1	引言	196
12.2	相关工作介绍	197
12.3	算法设计	202
12.4	实验和分析性能	209
第 13 章	面向任务特性和资源约束的资源任务模型	215
13.1	引言	215
13.2	相关工作	216
13.3	基于熵优化的资源任务模型	217
13.4	模型实现	221
13.5	结论	227
第 14 章	基于 Hopfield Neural Network 的负载均衡策略	229
14.1	引言	229
14.2	Hopfield Neural Network	230
14.3	基于 Hopfield Neural Network 的作业调度策略	234
14.4	基于 Hopfield Neural Network 的存储策略	240
第 15 章	基于改进的植物生长算法的调度模型	247
15.1	引言	247
15.2	模拟植物生长算法模型	247
15.3	改进的植物生长算法的云作业调度模型	249
15.4	一种基于 IPGSA 的多处理机调度算法	259

第 16 章 基于云计算的数字化校园解决方案 266

16.1 需求分析..... 266

16.2 高校数字化校园云平台总体规划设计..... 267

16.3 数字校园云平台建设方案..... 270

参考文献..... 288

第1章 绪论

1.1 云计算的概念

近年来，随着信息技术的发展，各行各业产生的数据量呈爆炸式增长趋势，用户对计算和存储的要求越来越高。为满足用户对逐日增长的数据处理的需求，企业和研究机构建立自己的数据中心，通过投入大量资源提高计算和存储能力，以达到用户要求。传统模式下，不仅需要购买 CPU、硬盘等基础设施，购买各种软件许可，还需要专业的人员维护数据中心运行，随着用户需求与日俱增，企业需要不断升级各种软硬件设施以满足需求。

在用户规模扩大的同时，应用种类也在不断增多，任务规模和难度指数增大，传统的资源组织和管理方式按照现有的扩展趋势，已无法满足用户服务质量的要求；投资成本和管理成本均已达到普通企业无法承担的程度。对于企业来说，并不需要一整套软硬件资源，追求的是能高效地完成对自有数据的处理。基于此，云计算技术应运而生。

1.1.1 云计算的诞生

2006 年 8 月 9 日，Google 首席执行官 Eric Schmidt 在搜索引擎大会上首次提出了“云计算”（cloud computing）的概念，翻开了计算机历史的新篇章。近十年来，这一技术如雨后春笋般迅猛发展，Amazon、Microsoft、Facebook、IBM 等业界代表纷纷投入云计算的大潮，Apache 更是将 Hadoop 等列为基金会顶级项目，百度、腾讯、阿里巴巴等国内互联网企业纷纷推出云产品，学术界也开始针对云计算进行深入研究。

云计算一直没有一个统一而明确的定义，工业界认为是一种商业模式，将成百上千的计算机组成大规模集群，支持用户按需共享使用软硬件资源^[1]。学术界认为云计算是将分布式计算（distributed computing）、分布式存储（distributed storage）、并行计算（parallel computing）及虚拟化（virtualization）等分布式系统和网络融合在一起^[2]。云计算因其具有以下优势而被广泛使用：可以存储和快速处理海量数据，具有高通用性，高可扩展性，按需提供服务，以及维护代价低等。

1.1.2 云计算的分类与定义

传统上，云计算架构按照服务类型自下而上被划分为基础设施即服务（infrastructure as a service, IaaS）、平台即服务（platform as a service, PaaS）和软件即服务（software as a service, SaaS）三种，如图 1-1 所示。

IaaS 是指将底层网络连接以及服务器等物理设备作为基础设施来提供资源租用与管理

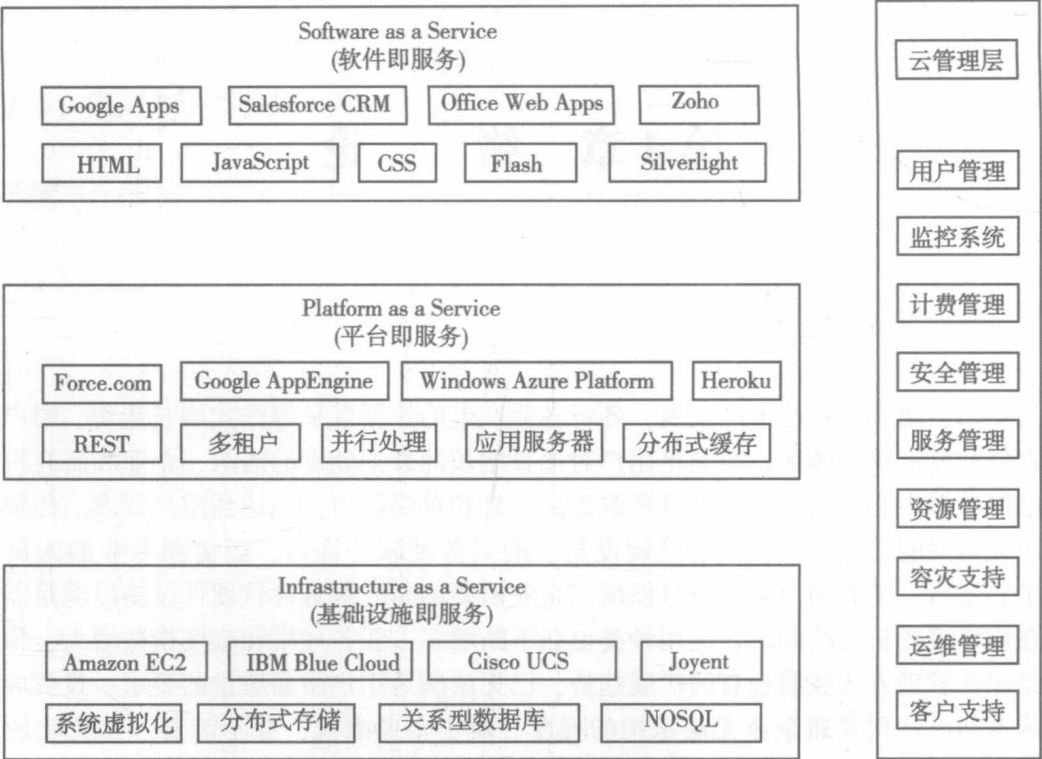


图 1-1 云计算服务分类示意图^[3]

服务。通常来说是利用虚拟化技术来组织现有系统中的 CPU、内存和存储空间等 IT 资源。在计算和存储方面做到可定制、易扩展和健壮性。IaaS 通过对底层物理设备的抽象向用户提供信息处理、存储以及网络资源。用户能够通过租用这些资源来部署相关操作系统以及各种应用软件。用户不需要对这些物理资源进行管理——该工作由系统管理员来完成——只需要控制操作系统、存储和部署应用软件，同时也可能控制有限的网络组件，例如防火墙等。

PaaS 是指一种向用户提供在云基础设施之上部署定制软件的系统软件平台，该平台允许用户使用若干种平台支持的编程语言进行软件的开发，并提供相应的库、服务以及由服务提供者支持的工具。用户无需管理或控制包括网络、服务器、操作系统和存储等底层云基础设施，可能只需要控制所部署的应用软件并可能配置支撑该应用软件的环境参数。PaaS 通常建立在 IaaS 之上，通常面对的对象是应用的开发者而不是普通软件使用者。PaaS 能够提供一个屏蔽了底层基础设施的平台，让开发者无需担心系统部署的问题。与此同时，一些 PaaS 还提供封装好的 SDK 和运行库，或者一些完善的共性服务供开发者使用。

SaaS 是指向用户提供使用运行在云基础设施之上的某些应用软件的能力。用户可以通过各种客户端设备上搭载的客户端界面（例如网络浏览器等）或者程序界面来访问这些应用软件。用户无需管理或控制底层的网络、服务器、操作系统、存储等实现细节，可

能只需要对该软件的某些参数进行配置。SaaS 更多指的是一种商业模式。SaaS 运营商向用户提供一些建立在 IaaS 基础之上的应用程序，这样用户无需购买软件也无需对软件系统进行维护，只要按需租用即可。

但随着人们对云计算相关技术研究热情的不断高涨，云计算已经突破其早先狭义的通过网络以按需、灵活的方式获得相关 IT 基础设施资源的概念，逐渐扩展到服务的交付和使用模式。越来越多的人将一切屏蔽实现细节，以服务的方式提供给用户的系统都称为云计算，或 XaaS（这里的 X 可以代表 hardware、platform 等）。

与此同时，云计算按照服务方式还可以划分为公有云（public cloud）、私有云（private cloud）和混合云（hybrid cloud）。

公有云是指独立的第三方云计算服务提供商（cloud computing service provider, CCSP）在全球范围内建立若干数据中心，为所有企业和用户提供的云服务。公有云受到运营需求的限制，对资源管理需求较为强烈，因此除非特有所指。

私有云是指由某个企业或组织为降低运行及开发成本而搭建并使用的云环境，具有专属性质，是封闭的。在私有云内部，企业或组织成员拥有相关权限可以访问并共享该云计算环境所提供的资源，而外部用户则不具有相关权限而无法访问该服务。

混合云是指公有云与私有云的结合，通常有对外服务的公有云和专属的私有云两部分。企业和用户可以将公开的服务和保密程度较低的数据放在公有云部分上，而私有服务和保密程度较高的数据放在私有云部分上。而混合云的“公”、“私”两部分并不是割裂的，它们之间也会相互协调工作。

目前许多学者与机构为云计算这一概念做出了不同的定义^[2]。

Michael Armbrust 等人^[4]认为云计算既是指通过 Internet 作为服务发布的应用程序，也指提供这些服务的数据中心中的软硬件。这些服务通常被称为 SaaS。数据中心的硬件和软件合在一起便是我们所称的“云”。当一个云以即用即付（pay as you go）方式提供给公众时，称其为公有云（public cloud），其所提供的服务就是效用计算（utility computing）；与之相对的是私有云（private cloud），其描述的是一个商业或其他机构对外不可用的内部数据中心。因此云计算就是 SaaS 和效用计算的融合。

Ian Foster 等人^[5]认为云计算是一个因经济因素驱动的大规模分布式计算范型，在云计算之中有一个抽象的、虚拟化的、动态伸缩的、计算能力得到管理的，存储、平台和服务通过互联网被按需提供给外部用户的资源池。

IBM 在其技术白皮书^[6]中指出：云计算一词描述了一个系统平台或一类应用程序；该平台可以根据用户的需求动态部署、配置等；云计算是一种可以通过互联网进行访问的可以扩展的应用程序。

美国国家标准技术研究院（national institute of standards and technology, NIST）在文献^[7]中指出：云计算是一种普适的、便捷的、通过网络按需介入一组配置好的计算资源池（如网络、服务器、存储、应用程序以及服务等）的模型；该模型能够以最小的管理代价或与服务提供商的交互快速地准备及发布。

综合以上观点，本书认为云计算就是并行计算、分布式计算、虚拟化技术相融合并进一步发展的产物，其能够将基于网络的大量计算机集群统一抽象为一个资源池，向用户提

供一种灵活、可伸缩、有弹性且具有极高健壮性的计算资源与存储资源按需出租服务。

1.1.3 云计算的特点

云计算有以下几个主要特点。

(1) 大规模。云计算通常需要数量众多的服务器等设备作为基础设施,例如 Google 拥有百万台服务器以上的云计算环境,而一般私有云也通常有几十台到上百台相关设备。

(2) 虚拟化。虚拟化是云计算的底层支撑技术之一。当用户向云计算请求某种服务的时候,他并不知道该服务是由云计算环境中哪一台或几台服务器提供的。云服务提供商也可以通过虚拟化技术整合全部系统资源,从而达到动态调度、降低成本的目的。

(3) 伸缩性。云计算的设计架构可以使计算机节点在无需停止服务的情况下随时加入或退出整个集群,从而实现了伸缩性。

(4) 敏捷。云计算通过屏蔽底层实现细节,以服务的方式对外开放,因此企业和用户能够快速开发和部署相关应用系统与系统。

(5) 按需服务。云计算环境可以动态地对资源进行调度,因此用户可以根据自己的实际需要订购相应的资源,并且在需求改变的时候也能够随时调整订单以应对快速发生的变化。

(6) 多租户。云计算使用多租户技术来保证用户之间的服务相互隔绝而互不干扰。当某一个服务崩溃的时候不会影响其他正在使用的服务。

(7) 容错性。云计算最早提出时,就是建立在使用消费级(相对于昂贵的高级服务器而言)计算机的前提之下。该类设备的稳定性无法支撑长期 7×24 小时的在线服务,因此节点失效将成为常态。云计算拥有良好的容错机制,当某个节点发生故障的时候,可以轻易地通过副本等机制保证服务的持续。

(8) 规模化经济。云计算的规模通常较大,云计算服务提供商可以使用多种资源调度技术来提高系统资源利用率从而降低使用成本,同时还可以通过通风、制冷、供电、网络接入的统筹规划降低维护成本,从而实现规模化经济,为用户提供收费更为低廉的服务。

1.1.4 云计算的典型

目前云计算已经在工业界得到了广泛的应用,有许多成熟的产品及开源软件提供给用户。下面对几种著名的云计算产品做一个简单的介绍。

(1) Amazon。Amazon 公司作为世界上最大的互联网在线零售商,为了应对高峰期的用户访问,拥有巨大的服务器集群设备,因此也就具有发展云计算的先天优势条件。Amazon被认为是目前云计算商业应用推广最为成功的服务提供商之一。它推出的云计算服务包括弹性云计算 (elastic compute cloud, EC2)、弹性 MapReduce (elastic mapreduce, EMR)、Amazon DynamoDB、简单存储服务 (simple storage service, S3) 和虚拟私有云 (virtual private cloud, VPC) 等近十种云服务。许多研究机构对 Amazon 所提供的云计算服务进行了一系列性能测试。文献 [8] 对 Amazon EC2、S3、SQS 的基本性能进行了测试。文献 [9] 详细分析了将 Amazon EC2 用于科学计算时的各项性能指标。

(2) Google: Google 作为云计算这一概念的提出者,在该领域发表了一系列重要论文,对云计算产生了极为深远的影响。其中包括云计算中心搜索引擎网络设计^[10]、分布式文件系统^[11]以及并行处理范型 MapReduce^[12]等。Google 目前在全球各地拥有多个云计算中心,共有超过 100 万台的服务器,而且数量仍处于持续增长中。Google Earth、Gmail、Docs 等应用都建立在其自身的云计算平台之上。同时 Google 还推出了应用软件引擎 (Google App Engine, GAE)。GAE 是一个软件支撑平台,它向开发人员提供了 Java 和 Python 等编程语言标准工具集 (SDK)。开发人员可以将其应用软件部署在 GAE 上而无需担心如何对系统进行管理。GAE 还提供了例如任务队列、XMPP 和 Cloud SQL 等一系列工具帮助程序更好的运行。

(3) IBM。IBM 根据其自身在大型机、小型机领域的优势,将云计算的重心放在了虚拟化技术的应用上,认为云计算是一种计算模式。IBM 采用虚拟化技术,将应用、数据、计算能力以及存储能力都能够以服务的方式通过互联网络提供给用户。大量的计算能力和存储能力被抽象为 IT 资源池,通过将这些资源组织在一起,通过创建动态的、可扩展的、灵活且可靠的虚拟资源提供给用户。基于此,IBM 推出了名为“蓝云”的宏大计划。“蓝云”主要是建立在开源 Xen 虚拟机 Linux 平台之上,加之采用 Hadoop 进行分布式任务处理,并采用了 IBM Tivoli 网络资源监控和 WebSphere 网络服务。除此之外,IBM 还推出了整套云服务交付和管理解决方案,该方案能够跨动态的虚拟化环境,并使交付可视化、可控化和自动化,帮助用户降低云计算的复杂性。

(4) EMC。EMC 是老牌存储方案提供商。它于 2008 年底推出了全球云存储平台 Atmos,采用基于策略的管理系统来创建不同层级的云存储。此外 EMC 还推出了名为 Geo 的 VPLEX 产品,可以将不同存储系统的数据整合起来,建立一个大的资源池,让用户可以从任何地点访问它们。这种资源池的构建为 EMC 的云服务发展奠定了良好的基础。

(5) Salesforce。Salesforce 是提供 SaaS 云计算服务的标志性企业之一,创建于 1999 年,是一家客户关系管理 (CRM) 软件服务提供商。其产品允许客户通过租用的方式使用相关软件,免去了用户的软件开发设计与服务器购买等前期成本。Salesforce 还允许用户与独立软件供应商合作定制或整合相关产品,并允许在其平台上使用。

从服务的角度看上述这些产品均是面向实际生产环境应用的,因此各大企业均在提高动态管理能力这一核心问题上进行了较大的投入。首先每个产品线都有系统资源监控方案,如 IBM 的 Tivoli、Google App Engine 在其系统控制台上也能够显示系统各相关运行参数。在动态资源管理方面,云计算服务提供商通常是以虚拟机技术为基础,通过将物理设备上的资源分割为规格不同的若干虚拟机为用户提供服务。该方法粒度较大,在灵活性、自动化方面也有所欠缺。

1.2 云存储

1.2.1 云存储的定义

云存储是为了解决云计算中的存储问题,利用网络技术、集群技术或分布式文件技术