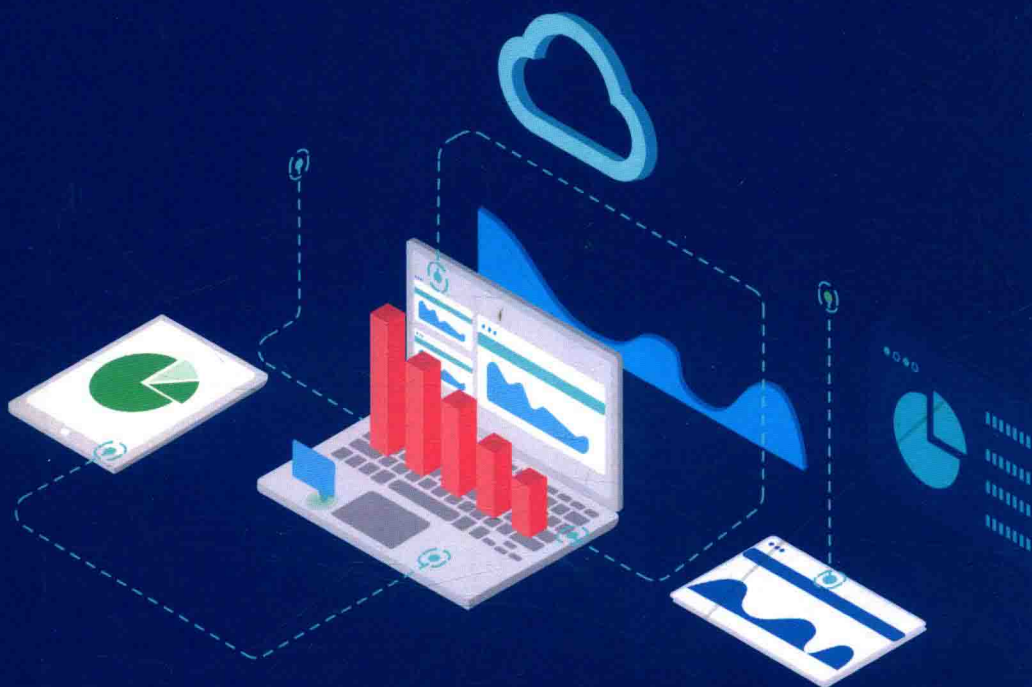


云环境下能耗优化 及管理技术

Energy Optimization and Management
Technology in Cloud Environment

周舟 编著



湖南大学出版社
HUNAN UNIVERSITY PRESS

云环境下能耗优化及管理技术

编著 周舟



湖南大学出版社

内 容 简 介

本书围绕数据中心能耗优化及管理的关键问题,介绍了云计算的概念、云计算的发展背景、云计算的机遇和挑战、云计算研究的热点问题,重点探讨了能耗优化和管理技术,包括资源的高效利用与管理,计算机系统能耗估量模型及应用,数据中心基于任务特征的服务器能耗模型构建、评估及应用,云计算环境下的虚拟机迁移框架,虚拟机选择策略,虚拟机部署和优化策略及应用。

本书可作为云计算相关领域研究人员的参考资料,同时也可作为相关专业高年级本科学生和研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

云环境下能耗优化及管理技术/周舟编著. —长沙:湖南大学出版社, 2018. 8

ISBN 978-7-5667-1626-2

I. ①云… II. ①周… III. ①数据处理—最优化算法
IV. ①TP274

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第200786号

云环境下能耗优化及管理技术

YUNHUANJING XIA NENGHAO YOUHUA JI GUANLI JISHU

编 著:周 舟

责任编辑:黄 旺

印 装:北京虎彩文化传播有限公司

开 本:787×1092 16开 印张:8 字数:190千

版 次:2018年8月第1版 印次:2018年8月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5667-1626-2

定 价:32.00元

出版人:雷 鸣

出版发行:湖南大学出版社

社 址:湖南·长沙·岳麓山 邮 编:410082

电 话:0731-88822559(发行部),88821315(编辑室),88821006(出版部)

传 真:0731-88649312(发行部),88822264(总编室)

网 址:<http://www.hnupress.com>

电子邮箱:274398748@qq.com

版权所有,盗版必究

湖南大学出版社凡有印装差错,请与发行部联系

前 言

云计算因提供“按需服务”的方式越来越受到工业界和学术界的关注,基于云的商业服务应用也日益增多。这些应用一方面满足了用户的需求,另一方面也促成了大规模数据中心的相继建立。数据中心在满足云服务应用需求的同时,也消耗了太多的资源,进而产生数据中心的高能耗问题。数据中心的高能耗危害极大,如导致电能的浪费、系统不稳定、减少投资回报和温室气体排放量的增加等。因此,有效地降低数据中心的能耗同时满足用户的服务质量(QoS, Quality of Service)已成为云计算研究的一个重要课题。

全书共包含九章,第一章介绍了云计算的概念、发展背景、现状与趋势,重点介绍了云计算的分类、主要特征以及所面临的机遇与挑战。第二章介绍了云计算研究的热点问题,包括云资源调度管理,服务器的能耗模型,服务器合并与虚拟机迁移技术,动态电压与频率调整技术,虚拟化网络数据中心的节能优化技术和云存储系统能效管理。第三章介绍了一种基于贪心策略的资源调度算法及应用,其内容包括任务调度算法的目标、Min-Min与Max-Min调度算法的介绍,重点分析了Min-Max调度算法基本思想及应用。第四章和第五章分别介绍了两种能耗模型。第六章、第七章和第八章分别介绍了以能效为目标的虚拟机迁移算法及其应用,这些迁移算法适用于不同的场合。第九章对全书的内容进行总结与展望。

本书的写作受到国家自然科学基金(61772088, 61572525, 61373042, 61602525 和 61404213)和湖南省长沙市科技计划项目(k1705036)的资助,并参考了一些相关著作和文献,在此向给予帮助的领导、同学和同行表示衷心的感谢。由于云计算技术发展迅速,本书所介绍的内容受作者本身水平和认识能力所限,一定有许多不足和疏漏之处,恳请广大读者给予批评指正。

周舟

2018年6月15日

目次

第 1 章 云计算绪论	1
1.1 云计算的概念及发展背景	1
1.2 云计算的发展现状与趋势	2
1.2.1 云计算的发展现状	2
1.2.2 云计算的发展趋势	3
1.3 云计算的分类	3
1.4 云计算与网格计算、物联网	7
1.4.1 云计算与网格计算	7
1.4.2 云计算与物联网	8
1.5 云计算的主要特征	8
1.6 云计算的机遇和挑战	9
本章小结	10
参考文献	11
第 2 章 云计算研究热点	13
2.1 资源调度管理	13
2.2 服务器的能耗模型	14
2.3 服务器合并与虚拟机迁移技术	15
2.4 动态电压与频率调整技术	18
2.5 虚拟化网络数据中心的节能优化技术	19
2.6 云存储系统能效管理	20
2.6.1 HDFS 的节能	20
2.6.2 DHT 的节能	21
本章小结	21
参考文献	21
第 3 章 云计算中融入贪心策略的调度算法研究及应用	28
3.1 相关研究	28

3.2	任务调度算法的目标	28
3.3	Min-Min 与 Max-Min 调度算法	29
3.3.1	Min-Min 算法分析	29
3.3.2	Max-Min 算法分析	29
3.4	Min-Max 调度算法	30
3.4.1	Min-Max 主要思想	30
3.4.2	Min-Max 算法	30
3.5	算法实例分析	31
3.6	实验评估及分析	32
3.6.1	任务总体完成时间	32
3.6.2	任务总执行时间	32
3.6.3	系统整体资源利用率	33
3.6.4	平均任务响应时间	34
3.7	云计算中融入贪心策略的调度算法应用	34
	本章小结	35
	参考文献	35
第 4 章	计算机系统能耗估量模型及应用	37
4.1	相关研究	37
4.2	模型参数的选择	39
4.2.1	各部件的能耗度量参数	39
4.2.2	能耗参数的分析和筛选	40
4.3	CMP 模型的建立	44
4.4	实验与结果分析	47
4.5	计算机系统能耗估量模型的应用	49
	本章小结	49
	参考文献	50
第 5 章	数据中心基于任务特征的服务器能耗模型及应用	52
5.1	相关研究	52
5.2	能耗模型的参数选择	53
5.2.1	各部件能耗的代表参数	53
5.2.2	计算密集型任务的参数选择	54

5.2.3	WEB 事务型任务的参数选择	56
5.2.4	I/O 密集型任务的参数选择	57
5.3	能耗建模	58
5.3.1	计算密集型任务的能耗模型	58
5.3.2	WEB 事务型任务的能耗模型	58
5.3.3	I/O 密集型任务的能耗模型	59
5.4	实验结果及分析	59
5.4.1	计算密集型任务的实验结果及分析	60
5.4.2	WEB 事务型任务的实验结果及分析	61
5.4.3	I/O 密集型任务的实验结果及分析	62
5.4.4	四种建模方法的对比	63
5.5	服务器能耗模型的应用	63
	本章小结	63
	参考文献	63
第 6 章	云计算中以能效为目标的虚拟机迁移算法及应用	65
6.1	相关研究	65
6.2	基于三阈值的虚拟机迁移框架	66
6.2.1	基本定义	66
6.2.2	基于三阈值的虚拟机迁移算法	67
6.2.3	虚拟机选择策略	69
6.2.4	虚拟机部署策略	72
6.3	实验结果及分析	73
6.3.1	三阈值最佳区间的选择	73
6.3.2	虚拟机选择策略的评估	75
6.3.3	与其他虚拟机迁移算法的对比	76
6.4	云计算中以能效为目标的虚拟机迁移算法应用	78
	本章小结	79
	参考文献	79
第 7 章	云计算中基于预测的虚拟机迁移算法及应用	81
7.1	相关研究	81
7.2	基于预测的三阈值节能框架	82

7.2.1	基本定义	82
7.2.2	服务器 CPU 利用率的预测	83
7.2.3	基于预测的三阈值迁移算法	83
7.2.4	虚拟机选择策略	85
7.2.5	虚拟机部署策略	87
7.3	实验结果及分析	88
7.3.1	预测精度的评估	89
7.3.2	三阈值最佳区间的选择	90
7.3.3	虚拟机选择策略的评估	91
7.3.4	MMMP 与其他虚拟机迁移算法的对比	92
7.4	云计算中基于预测的虚拟机迁移算法应用	95
	本章小结	96
	参考文献	96
第 8 章	云计算中自适应阈值的虚拟机迁移算法及应用	98
8.1	相关研究	98
8.2	自适应阈值节能框架	99
8.2.1	基本定义	99
8.2.2	自适应三阈值迁移算法	101
8.2.3	虚拟机选择策略	104
8.2.4	虚拟机部署策略	104
8.3	实验结果及分析	106
8.3.1	最佳参数的选择	107
8.3.2	与其他虚拟机迁移算法的对比	111
8.4	云计算中自适应阈值的虚拟机迁移算法应用	112
	本章小结	113
	参考文献	113
第 9 章	总结与展望	115
9.1	工作总结	115
9.2	研究展望	116

第1章 云计算绪论

本章主要内容

1. 云计算的概念及发展背景；
2. 云计算的发展现状与趋势；
3. 云计算的分类；
4. 云计算与网格计算、物联网；
5. 云计算的主要特征；
6. 云计算的机遇和挑战。

1.1 云计算的概念及发展背景

云计算^{[1][2]}是在2006年的搜索引擎大会上，由Google首席执行官埃里克·施密特（Eric Schmidt）（SES San Jose 2006）首次提出。之后，云计算在研究发展中逐步成熟，并形成了众多的商业云平台 and 云产品。目前世界上大家熟知的云平台有Google的Google App Engine^[3]，微软的Microsoft Windows Azure^[4]，亚马逊的Amazon Elastic Beanstalk^[5]，IBM的Blue Cloud Computing Platform^[6]，以及著名虚拟厂商VMware公司的VMware Cloud Foundry^[7]，云计算公司Salesforce.com的Force.com^[8]，国内的阿里云和百度云也属于云计算中比较知名的成熟产品。这些产品不断成熟，并且迅速发展。云计算服务也开始受到大型商业公司的重视，亚马逊公司2015年第一季度的财报显示，其公司在云计算业务上的营业额同比上涨49%，达到15.6亿美元。2015—2017年，微软公司推出的企业云服务业务营业额均保持100%的增长速度，并且微软CEO萨蒂亚·纳德拉（Satya Nadella）表示，2018年微软的企业云服务业务营收目标要达到200亿美元。云计算的商业发展不断地推动着科研工作者对云计算的研究。那么，什么是云计算呢？

对于什么是云计算，不同的研究机构、不同的商业组织有着不同的解释。维基百科对云计算的定义是^[9]：云计算（Cloud Computing）是一种新型的计算模式，它将IT相关的计算、存储等能力以服务的方式提供给不同用户，这样可以使用户无需对所提供服务的技术进行了解、也不需要具备对相关设备的操作能力，仅通过Internet就可以获取所需要的服务。中国云计算网给出的云计算定义是^[10]：云计算是分布式计算（Distributed Computing）、并行计算（Parallel Computing）和网格计算（Grid Computing）的进一步发展，准确地说是将这些科学概念运用到商业上，实现商业价值。美国国家实验室的资深科学家、Globus项目的领导人Tan Foster认为：云计算是一种大规模分布式计算的聚合体，它是由规模经济带动发展，可以为互联网上的其他用户以商业

购买的方式提供一组抽象的、虚拟化的、动态可扩展的计算机平台和服务，并且可以实现对计算资源能力、存储能力的管理。Forrester Research 的分析师 James Staten 将云计算定义为：云计算是一个具备高度扩展性和管理性并能够胜任终端用户应用软件计算基础架构的系统池。

中国网格计算、云计算专家刘鹏对云计算进行了如下定义：云计算将接收的大量的计算机任务分配到计算机资源池中，使得各种应用系统可以根据需求获得相应的计算能力、存储空间和其他各种软件服务。百度百科中定义云计算^[11]是一种基于 Internet 的服务添加、使用和交付模型，通常涉及通过 Internet 提供动态、可伸缩并且通常是虚拟化的资源。美国国家标准与技术研究所（NIST）对云计算的定义如下：云计算是一种模式，可以在任何时间通过一系列可配置的计算资源来实现所需的资源，并且可以随时提供各种需求（例如网络、服务器、存储、应用程序和服务等），可以快速配置和发布资源，以最小化管理资源和与服务提供者交互所需的工作量。狭义的云计算指的是 IT 基础设施的交付和使用模式，它指的是通过网络以按需和可扩展的方式获得所需的资源。广义的云计算指的是服务的交付和使用，它指的是按需和轻松地通过网络扩展服务。这些服务可以是 IT 和软件、互联网相关服务或其他服务。

尽管不同的组织机构对云计算有不同的定义，综合上述定义，云计算可以概括如下：云计算是由并行计算、分布式计算和网格计算发展而来，它通过网络将庞大的计算处理程序自动分解为较小的子程序，再提交给多个服务器所组成的大系统经搜索、计算和分析，最后将结果返回给用户。利用这项技术，网络服务提供者可以在数秒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。云计算提供的是一个按需服务（pay-as-you-go）的模式^[12]，用户通过网络就可以获得应用所需的软硬件资源。

云计算的发展并非一蹴而就，而是技术进步和商业发展以及社会需求共同作用的结果。云计算使用了许多技术，如虚拟化、批量存储、分布式计算等等。这些技术的共同发展，以及终端灵活的广告业务已经成为支持云计算的基础。与技术推动商业相反，云计算的商业应用正在推动这些技术的进一步发展。

1.2 云计算的发展现状与趋势

1.2.1 云计算的发展现状

云计算是一个非常流行的术语。云计算的独特之处在于它可以提供几乎无限的廉价存储和计算能力，而且它的发展非常迅速。像亚马逊、谷歌、IBM、微软和雅虎这样的大公司是云计算行业的领导者。这些公司提出了一些先进的概念和技术，极大地促进了云计算的发展。美国拥有强大的互联网业务和强大的市场需求。他们的工业系统已经变得更加完善和易于扩展。亚马逊、微软和谷歌都有数据中心。

中国的云计算商业模式相对较新，但增长很快。阿里巴巴（Alibaba）和中国移动（China Mobile）等公司已经建立了云计算中心。在中国的云计算项目中，清华大学成

为首家加入合作的大学。2008年初，IBM与无锡市政府共同成立了无锡市软件园的云计算中心，并在中国推出了云计算的商业应用。2008年7月，Rising启动了云计算计划。2009年，VMware vForum首次将开放云计算的概念引入中国，VMware也在北京清华大学的研发中心开发和部署云计算的核心技术。

2010年10月18日，《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》发布，将云计算定位为“十二五”规划战略新兴产业之一。中华人民共和国工业和信息化部与国家发展和改革委员会联合发布了《关于做好云计算服务创新发展试点示范工作的通知》，北京、上海、深圳、杭州、无锡相继推出云计算服务创新工作，让中国的云计算从政府云开始发展。

云计算在中国拥有巨大的市场潜力。自2009年以来，中国一直是个人电脑的最大消费国。云计算将成为绿色IT、节能减排最重要的手段。这将增加它的灵活性和可持续性，也可以促进和谐社会的建设。云计算是整个IT行业的重组，这是中国从IT大国转型为IT强国的重要机遇。

1.2.2 云计算的发展趋势

在过去的几年里，我们看到了云计算的快速发展。自2015年以来，云计算更快地进入各个行业，触及到每个人的生活、工作等方方面面，并激发更多的创新。云计算被视为下一场技术革命，它将使工作方法和商业模式发生彻底改变，成为商业创新的引擎。根据云计算的特点和现状，云计算有以下发展趋势^[13]：

(1) 大数据与云计算融合。近年来，大数据产业迎来了井喷式发展。面对大数据存储需求的快速增长，我们如何解决这一问题？云计算无疑是最好的解决方案平台。首先，云计算可以提供灵活的扩展空间。同时，云计算还可以提供强大的计算能力，帮助企业挖掘数据的潜在价值。

(2) 云分析将充分发挥其优势。使用云计算可以帮助企业单方面分析数据并发现企业潜在的业务逻辑。云分析可以利用城市环境信息来改善城市居民的生活条件，提高他们的生活水平。企业的业务部门使用云分析在云中创建自己的数据库，并根据需求和预算选择数据库的大小和速度。

(3) 云计算让世界变得更智能。最近，人们看到很多东西变得“智能”：智能衣服，智能电器，智能汽车等。大多数智能设备软件都在云中运行。更多依赖云计算的智能设备将会变得更成熟，走进人们的生活，给人们的生活带来更多的乐趣。

(4) 云计算将推动物联网产业。工业机械通过物联网向云传输数据，获取使用信息，提高设备效率。

1.3 云计算的分类

根据服务类型的不同，云计算可以划分为以下三类：基础设施即服务 IaaS (Infrastructure as a Service)^[14]，平台即服务 PaaS (Platform as a Service)^[15] 和软件即服务 SaaS (Software as a Service)^[16]。

IaaS 指的是将硬件设施等基础资源封装成服务供用户使用，这些基础资源包括处理器（CPU）、内存、磁盘等。用户可以利用这些服务安装需要的操作系统（Windows 和 Linux）和应用软件。对用户来说，所用的这些硬件资源都是完备充足的，用户也无需自己管理和控制这些基础资源，这些硬件资源的管理是由云平台管理系统提供。IaaS 的优点在于允许用户根据自己的需要动态申请和释放资源，且收费标准是由资源的使用量来决定。目前比较典型的 IaaS 项目有 OpenStack, Eucalyptus 和 Amazon 云计算 AWS (Amazon Web Services) 中的弹性云 EC2。OpenStack 是一个开源的云计算管理平台项目，该项目由几个主要的组件组合起来完成具体的工作。OpenStack 几乎支持所有的云环境，其目的在于为云平台使用者提供一个简单、丰富、易扩充和标准统一的平台。目前，OpenStack 发展迅速，除受到 Rackspace 和 NASA 的大力支持外，国际大型企业如 Dell, Citrix, Cisco, Canonical 也对其提供帮助和支持。Eucalyptus 是一种开源的软件基础结构，用来通过计算集群或工作站群实现弹性的、实用的云计算。AWS 在云中提供高度可靠、可扩展、低成本的基础设施平台，为全球 190 个国家/区域内成百上千家企业提供支持。

PaaS 指的是将提供应用程序运行的平台当成一种服务。从逻辑上看，PaaS 位于 IaaS 和 PaaS 之间，它是对资源更深一层的抽象。PaaS 自身负责资源的动态扩充和容错管理，用户可以根据自身的爱好选择合适的平台，然后基于该平台开发相应的产品。比较典型的 PaaS 有 Google App Engine, 微软的云操作系统 Microsoft Windows Azure。

SaaS 指的是将特定应用的软件功能封装成服务，提供给用户使用。对于这种服务，用户无需了解软件是如何设置、开发和运行，而只需购买该服务并了解基本的操作即可。典型的 SaaS 例子是电子邮件，用户只要购买电子邮件服务并会基本的使用即可，而无需关心电子邮件通信的原理，基于何种协议，也不需要自己专门搭建电子邮件服务器。目前，著名的 SaaS 在线服务项目有 GitHub 公司的 GitHub, Atlassian 公司的管理软件 JIRA, Salesforce 公司提供的在线客户关系管理 CRM (Client Relationship Management) 服务。

简单来说，上面的这三种服务（IaaS, PaaS 和 SaaS）可以用图 1-1 来表示。

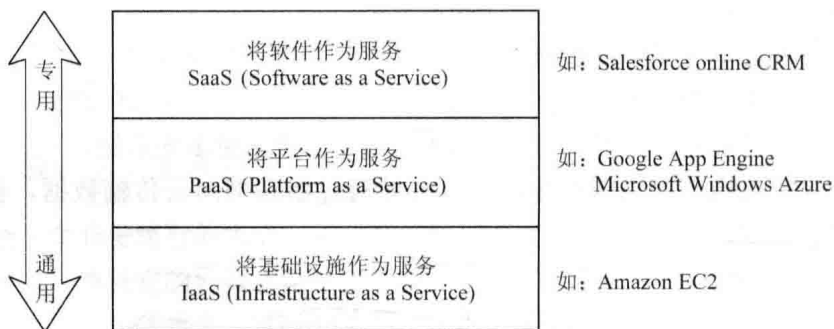


图 1-1 云计算的服务类型

云计算根据部署方式分类可分为公有云、私有云和混合云^[17]，如图 1-2 所示。

公有云面向外部用户的需求，通过开放网络提供云计算服务，主要用户是创业公司

和个人。提供公有云服务的公司如 IDC, Google, Salesforce 等。私有云指政府或者大型企业根据自己的需求,按照云计算架构搭建自己的平台提供云计算服务,主要用户是政府和大型企业。公有云和私有云的主要区别在于对数据的掌控。如采用公有云服务的创业公司和个人必须将数据托管于云计算服务商的数据中心,创业公司和个人对数据的控制力度减弱。一旦服务商的数据中心遭遇自然灾害、黑客攻击和人为因素导致数据的丢失,将对创业公司和个人造成无法挽回的损失。而私有云在数据安全、数据备份等方面有更多更好的优势,且对数据中心掌控力强。混合云指兼顾以上两个云服务,如 Amazon Web Server 等既为企业内部也为外部用户提供云计算服务。总的来说,这三种云的主要区别可参照表 1-1 所示。

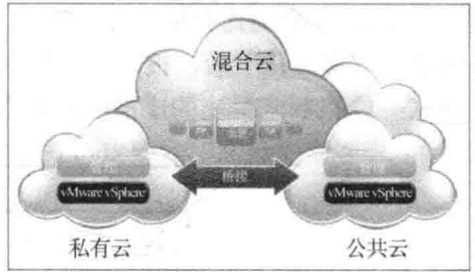


图 1-2 公有云、私有云和混合云

表 1-1 公有云、私有云和混合云的主要区别

云类型	安全性	QoS	成本	扩展性	核心属性
公有云	低	中	数据风险, 成本较高	低	共享
私有云	高	强	维护成本较高	高	专有
混合云	高	差	学习成本较高	中	个性化配置

从云平台的架构和使用方式上去划分,云计算可分为虚拟化架构^[18]和分布性架构^[19]。虚拟化架构类似于将数据中心的一台服务器“分割”为多台虚拟机,目的是用来处理各种任务。这些虚拟机往往有不同的配置以满足各种需求,如阿里云虚拟服务器和亚马逊虚拟服务器都可归结为这个架构,虚拟化架构如图 1-3 所示。

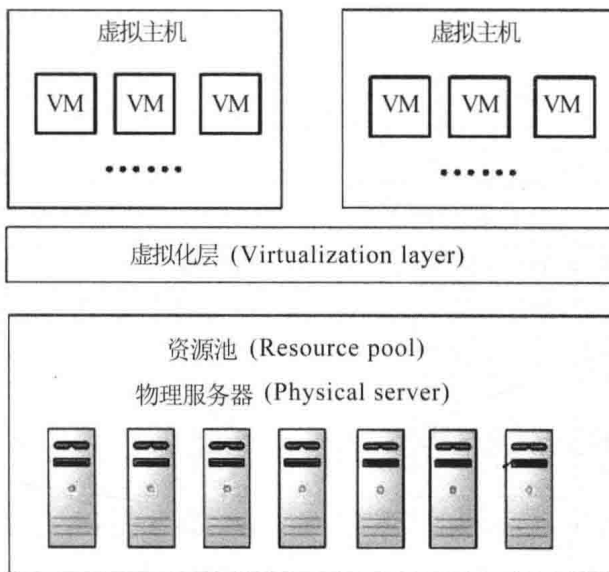


图 1-3 虚拟化云计算平台的架构

图 1-3 表明, 数据中心的服务器被整合在一起, 以“资源池”的形式存在, 这些资源被“虚拟化”后, 被“分割”为不同配置的虚拟机以满足不同用户的需求。图 1-4 是从 I/O 机制来描述的虚拟化云计算平台构架。

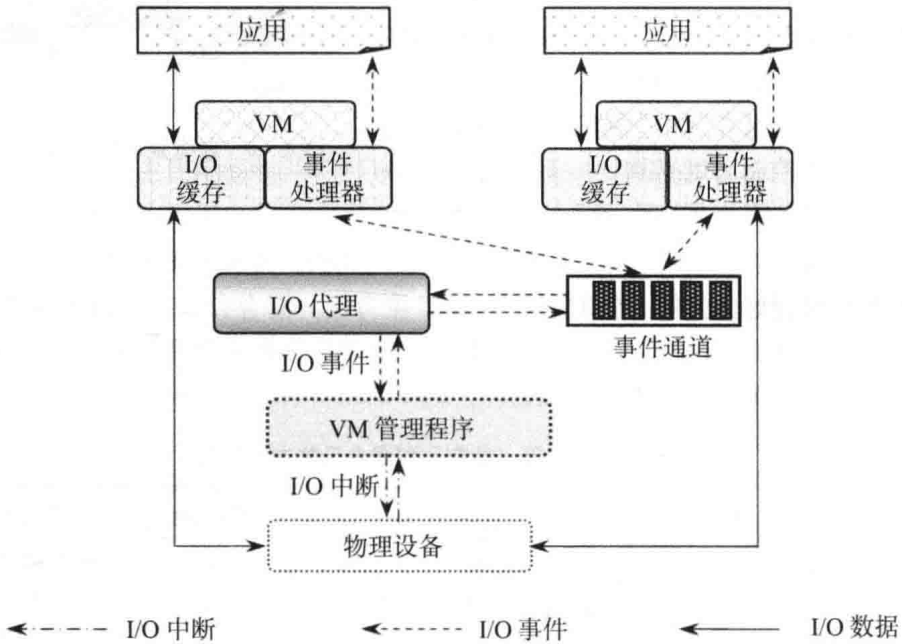


图 1-4 虚拟化云平台中的 I/O 机制框图

图 1-4 中, VM Hypervisor 也叫虚拟机监视器 (Virtual Machine Monitor), 它是所有虚拟化技术的核心。VM Hypervisor 是一种运行在操作系统与物理服务器 (Physical Devices) 之间的一个中间软件层, 它允许多个应用共享一套基础物理设施,

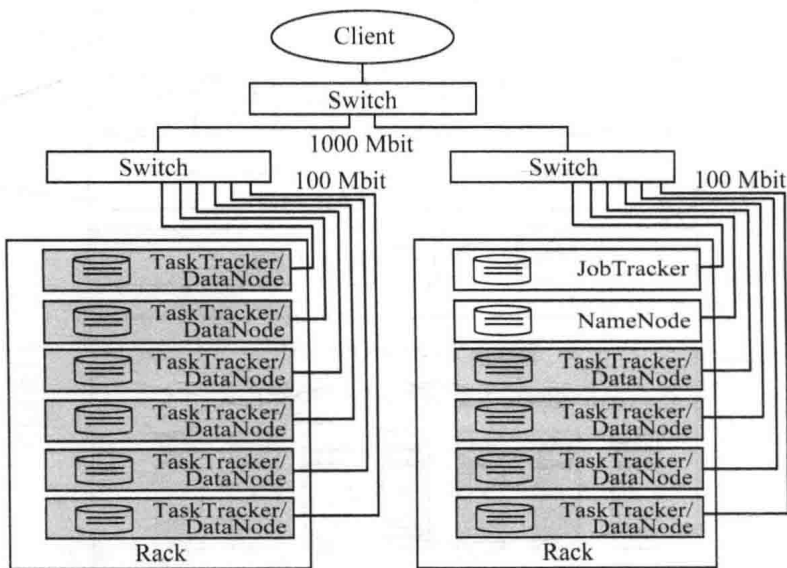


图 1-5 Hadoop 云平台架构图

其主要功能是非中断地支持负载迁移。此外, VM Hypervisor 协调虚拟机对物理服务器的访问以及对虚拟机之间施加保护。

Hadoop^[20]是一种典型的分布式架构,这种架构将大量的计算节点“聚合”在一起,以达到在较短的时间内处理数以千万计甚至亿计的信息,达到和“高性能服务器”同样强大的网络服务。图 1-5 表示的是 Hadoop 云平台架构图。

上图中 Hadoop 云平台是由两个机架构成的机群,图中的 JobTracker 和 NameNode 是主节点,都独占一个服务器。JobTracker 节点负责任务的调度(如可以设置不同的调度策略),状态跟踪。NameNode 节点负责文件的命名空间,客户端对文件的访问。其他的节点是从节点,可以有多个,如 DataNode 节点,DataNode 节点主要负责任务的执行和管理存储的数据。

1.4 云计算与网格计算、物联网

1.4.1 云计算与网格计算

云计算是从网格计算发展而来的。网格计算提供了云计算支持的基本框架。网格计算侧重于提供计算能力和存储能力,而云计算则侧重于在此基础上提供抽象的资源和服务。它们有以下相似之处:

(1) 良好的数据处理能力。两者都可以通过互联网在本地计算机上进行计算,可移动到网络计算机,并获得访问数据或计算能力。

(2) 创建自己的虚拟资源池和资源,并使用动态可伸缩性,服务可以快速、轻松地被获得,并且在某些情况下它是自动的。两者都可以通过添加新的节点或分配新的计算资源来增加计算数量,根据需要分配和回收 CPU 和网络带宽。系统存储容量根据用户数量、实例数量和给定时间传输的数据进行调整。

(3) 两者都涉及多用户和多任务,这意味着许多用户可以执行不同的任务访问一个或多个应用程序实例。

云计算和网格计算除了有许多相似之处,它们的区别也很明显。区别如下:

(1) 网格计算侧重于资源共享,强调将工作负载转移到远程可用的计算资源。云计算强调隐私,任何人都可以访问自己的私有资源。网格计算侧重于并行的、集中式的计算需求,并且很难自动伸缩。云计算侧重于事务应用程序,在这些应用程序中,可以自动或半自动地扩展大量单独的请求。

(2) 网格架构是在网络上尽可能多地聚合分布式资源,以支持具有挑战性的应用程序或完成特定任务。它使用网格软件将大型项目分解为独立的、不相关的子任务,然后由每个计算节点计算。云计算通常是通用应用程序设计的。云计算资源相对集中,底层资源以 Internet 形式提供和使用。

(3) 对待异质概念是不同的。网格计算屏蔽的异构系统使用的中间件,力图使用户面向同样的环境,把困难留在中间件,让中间件去完成任务,实现跨组织、跨信任域和跨平台的复杂异构环境中的资源共享和协同解决方案。在云计算中,不同的服务使用不

同的方法处理异构类型，通常使用镜像实现或服务机制来解决异构问题。

1.4.2 云计算与物联网

物联网和云计算都是基于互联网的。可以说，互联网是他们之间的纽带。物联网通过传感器网络将因特网扩展到物理世界，最终的目标是智能地管理物质世界。

物联网的这一使命也决定了它必须得到大型计算平台的支持。云计算本质上是一个用于大规模数据处理的计算平台。因此，云计算技术是物联网所涵盖的技术领域之一。随着物联网的发展，物联网的未来必然会产生大量的数据，传统的硬件架构服务器将无法满足不同数据管理和处理的要求。

如果将云计算应用到物联网的传输层和应用层，那么使用物联网的云计算将大大提高操作效率。可以说，如果物联网被用作主机，云计算就是它的处理器。

1.5 云计算的主要特征

云计算是从并行计算、分布式计算和网格计算发展而来的。它自动将大型计算处理器分解为网络中的小型子程序，并将它们提交给多个服务器上的大型系统进行搜索、计算和分析。最后，将结果返回给用户。使用这种技术，WEB 服务提供者可以在几秒钟内处理数十亿条消息，并提供与超级计算机相同的强大网络服务。云计算为用户提供按需服务模型，用户可以通过网络访问应用程序所需的硬件和软件资源。综上所述，云计算有几个重要的特点：

(1) 支持异构基础资源。在云计算的基础上，可以构建不同的应用平台。也就是说，它可以兼容各种类型的硬件和软件资源，包括在网络环境中的三种类型的设备，即计算（服务器）、存储（存储设备）和网络（交换机、路由器等）；基于软件的资源，包括独立操作系统、中间件、数据库等。

(2) 支持动态资源扩张。支持基础资源动态调整和网络冗余，指云计算环境可以添加、删除、修改任何资源节点，或任何资源节点的异常停机都不会导致云环境中的各种服务中断，也不会导致用户数据丢失。这里的资源节点可以是计算节点、存储节点和网络节点。资源的动态流动意味着资源调度机制是在云计算平台下实现的，资源可以转移到需要的地方。如果整个系统业务得到改善，则可以启动并合并到系统中，以增加整个云平台的负载能力。当整体业务负荷较低时，业务可以集中其他闲置资源并可以转移到节能模式。因此，当资源利用增加时，其他资源是绿色低碳的。

(3) 支持异构多服务系统。在云计算平台上，可以同时运行许多不同类型的服务。异构性意味着业务是不同的、不存在的或以前定义过的，但是用户可以创建和定义自己的服务。这也是云计算和网格计算的一个重要区别。

(4) 支持海量信息处理。底层云计算需要各种基本的硬件和软件资源，而在顶层，它需要能够同时支持各种异构服务。然而，对于一个特定的企业，通常有大量的用户。因此，云计算必须面对大量的信息交换，这需要一个高效、稳定的海量数据通信/存储系统作为支撑。

(5) 按需分配,按数量计费。按需分配是指支持动态资源扭转一个云计算平台外部特性。云计算平台可以通过虚拟分割技术实现计算资源的同构和量化,提供一台计算机和数千台计算机的计算能力。基于金额的结算来源于效用计算,在云计算平台上实现按需分配之后,即用即付也成为云计算平台提供服务收费的有效形式。

简而言之,云计算起源于互联网,云计算实质上是将计算能力集中在互联网上,并通过互联网提供服务。没有网络,大规模集中计算能力、服务的类型和可用性将受到很大影响。集群计算等是受限于网络的计算模型,它们难以提供基于 WEB 的服务,所以它们不能被称为云计算。

1.6 云计算的机遇和挑战

随着云计算技术的发展,其带来的好处可归纳如下:

(1) 优化产业布局。进入云计算时代后,IT 产业将进行一次产业升级。一些小规模公司的数据中心将被淘汰,规模较大、效益更好、资源配置更合理的大规模数据中心将出现。这种升级将之前分散的、低效能、高能耗的模式转变为集中、资源友好、高能效的模式。

(2) 细化专业分工。云计算带来的另一个好处就是细化专业分工,让专业的人做专业的事。这样一方面可以提高工作效率,另一方面也可以降低 IT 行业的能耗。此外,云计算也给现有 IT 行业带来新的就业岗位,一些基于云计算的高科技公司也就应运而生。

(3) 提高资源利用率^[21]。传统的数据中心很难在资源的有效使用和提供用户的服务质量 (Quality of Service, QoS)^[22] 之间找到一个平衡点。相关研究表明^[23],为保证用户的服务质量,数据中心服务器 CPU 利用率绝大部分时间在 50% 以下。在云计算中,通过虚拟化技术可实现资源的动态供给,从而提高数据中心资源的利用率。

(4) 降低初期投资开销。云计算由于提供 IaaS, PaaS 和 SaaS 服务,用户可以从下面三方面节约成本。第一,用户不需要购买相应的硬件设备和软件;第二,用户节省了软件安装、调试、运行和维护的费用;第三,用户在使用这些云服务提供商提供的资源时,按实际使用量付费。需要多少,就使用多少,从而避免资源的浪费。

(5) 减少管理费用。有了云计算平台后,所有的升级工作都是由服务商来完成,用户不需要管理相应的硬件和软件,而只需关注自己的核心业务。因此,云计算带来的另一个好处就是提高了资源的管理效率,降低了管理费用。

(6) 提供可定制的个性化服务。云计算资源的动态性和可伸缩性可以方便地为用户提供个性化服务。因为云计算中的资源是以“资源池”的形式存在,当不同用户有不同需求的时候,云资源提供商可以方便地配置相应的服务供用户使用。

云计算虽然具有上述优点,但也面临一些挑战,总结起来,有以下几点:

(1) 高能耗问题^{[24][25]}。云计算数据中心包含成百上千,甚至上万的计算机,这些计算机每年的耗电量巨大。据统计^[26],全球数据中心的总数已超过 300 万个,耗电量占全球耗电量的 1.1%~1.5%。同样我国的数据中心也发展很快,总数已达到 40 万