

信息科学技术学术著作丛书

云计算智能管理系统

倪志伟 倪丽萍 伍章俊 王会颖 著



科学出版社

信息科学技术学术著作丛书

云计算智能管理系统

倪志伟 倪丽萍 伍章俊 王会颖 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统介绍云计算环境下智能管理系统构建的关键技术和方法,探讨在云计算环境下进行大数据管理、集成学习、数据流挖掘等方面的难点问题。主要内容包括云计算智能管理系统的特点、架构,云计算环境下智能优化算法的实现及其在云服务部署中的应用,云计算环境下特征抽取、分类、聚类、数据流挖掘、集成学习、文本挖掘等算法的实现,云平台下针对大数据的存储、查询、分析和挖掘技术。基于上述理论,以知识管理系统、农业气象商务智能系统为应用实例,说明在云计算下如何实施智能管理系统。

本书适合关注云计算、智能管理系统发展的科研人员、IT 人员,以及企事业单位的管理人员阅读,并可供相关专业的本科生和研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

云计算智能管理系统/倪志伟等著. —北京:科学出版社,2018. 2

(信息科学技术学术著作丛书)

ISBN 978-7-03-056575-4

I. ①云… II. ①倪… III. ①云计算 IV. ①TP393.027

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 028909 号

责任编辑:魏英杰 / 责任校对:桂伟利

责任印制:张 伟 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 2 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2018 年 2 月第一次印刷 印张:20 3/4

字数:419 000

定价:120.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《信息科学技术学术著作丛书》序

21 世纪是信息科学技术发生深刻变革的时代,一场以网络科学、高性能计算和仿真、智能科学、计算思维为特征的信息科学革命正在兴起。信息科学技术正在逐步融入各个应用领域并与生物、纳米、认知等交织在一起,悄然改变着我们的生活方式。信息科学技术已经成为人类社会进步过程中发展最快、交叉渗透性最强、应用面最广的关键技术。

如何进一步推动我国信息科学技术的研究与发展;如何将信息技术发展的新理论、新方法与研究成果转化为社会发展的推动力;如何抓住信息技术深刻发展变革的机遇,提升我国自主创新和可持续发展的能力?这些问题的解答都离不开我国科技工作者和工程技术人员的求索和艰辛付出。为这些科技工作者和工程技术人员提供一个良好的出版环境和平台,将这些科技成就迅速转化为智力成果,将对我国信息科学技术的发展起到重要的推动作用。

《信息科学技术学术著作丛书》是科学出版社在广泛征求专家意见的基础上,经过长期考察、反复论证之后组织出版的。这套丛书旨在传播网络科学和未来网络技术,微电子、光电子和量子信息技术、超级计算机、软件和信息存储技术、数据知识化和基于知识处理的未来信息服务业、低成本信息化和用信息技术提升传统产业,智能与认知科学、生物信息学、社会信息学等前沿交叉科学,信息科学基础理论,信息安全等几个未来信息科学技术重点发展领域的优秀科研成果。丛书力争起点高、内容新、导向性强,具有一定的原创性,体现出科学出版社“高层次、高质量、高水平”的特色和“严肃、严密、严格”的优良作风。

希望这套丛书的出版,能为我国信息科学技术的发展、创新和突破带来一些启迪和帮助。同时,欢迎广大读者提出好的建议,以促进和完善丛书的出版工作。

中国工程院院士

原中国科学院计算技术研究所所长



前 言

智能管理系统是管理系统智能化、集成化、协同化、网络化的产物,通过运用优化算法、机器学习、模式识别和数据挖掘等智能方法提高管理系统的决策水平和应用能力。近年来随着移动互联网、物联网等新兴技术的发展,面对不断涌现的海量数据,传统智能管理系统在决策能力和效率上还存在着一定不足。云计算是一种新兴的计算模式,具有高可用性、低成本、可扩展性和处理大数据的能力,基于云计算的智能管理系统不但可以提高智能管理系统的灵活性、分析决策能力,还可以降低系统构建的成本,满足用户个性化需求。

云计算智能管理系统是对传统智能管理系统的创新和发展,其构建的核心在于如何利用云计算的高性能数据处理方式,设计出基于云计算的数据存储、查询、分析、挖掘和优化算法。

本书围绕云计算智能管理系统构建的关键技术和方法展开。探讨了云计算环境下的难点问题和相关解决方案如大数据分析和优化技术、集成学习、数据流挖掘、非结构化数据挖掘等,同时理论联系实际,以云计算下的知识管理、农业气象,以及社会商务智能系统为例,说明如何在云计算环境下构建新型智能管理系统。本书共6章:第1章概述传统的智能管理系统、云计算技术,以及在云计算环境下智能管理系统的体系架构和其中的关键理论和方法。第2章探讨云计算环境下的多种智能优化方法及其应用,包括云计算环境下的蚁群算法、鱼群算法及应用解决 SaaS 服务部署和动态选择问题。第3章研究云计算环境下的数据挖掘算法,包括云计算环境下的特征抽取、分类、聚类、数据流挖掘、集成学习和文本挖掘。第4章介绍大数据管理理论和处理模式,包括大数据的存储技术、查询和分析技术。第5章探讨云计算环境下知识管理系统的构建。第6章介绍云计算环境下的新型商务智能系统。各章内容相对独立又相互联系,较为系统地阐述了云计算智能管理系统的研究现状和未来发展趋势。

本书是合肥工业大学管理学院部分研究人员近年来在国家自然科学基金面上项目(71271071)“云计算环境下基于分形数据挖掘技术的商务智能系统的研究”、国家自然科学基金青年科学基金项目(71301041)“基于多重分形和文本数据流技术的网络金融信息动态挖掘研究”、国家自然科学基金重大研究计划培育项目(91546108)“大数据环境下协同商务智能构建中的关键技术研究”、国家自然科学基金重大项目(71490725)“面向大数据的商务分析与计算方法以及支撑平台研究”取得的研究成果的系统性总结。

在书稿的撰写过程中倪志伟教授负责策划和大纲的制订,并对全书修改。倪丽萍、伍章俊和王会颖参与书稿的撰写工作。书稿的撰写得到合肥工业大学智能管理研究所全体研究人员的支持和帮助,特别是李怀英、梁婷、李蓉蓉、吴晓璇、张琛、王超、唐李洋、荆婷婷、王萍、郭文阳、杨晓斌、庞闪闪、方清华、吴昊、尹道明、薛永坚、马驰宇、束建华等研究生。在此向他们表示衷心的感谢。

此外,在本书的撰写过程中,参考了国内外的相关研究成果,在此感谢涉及的所有专家和研究人员。

由于作者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请同行和读者批评、指正。

目 录

《信息科学技术学术著作丛书》序

前言

第1章 概述	1
1.1 云计算	1
1.1.1 云计算概述	1
1.1.2 云计算的参考架构	3
1.1.3 云计算的关键技术	6
1.2 智能管理系统	11
1.2.1 智能管理系统相关概念	11
1.2.2 智能管理系统结构	16
1.2.3 智能管理系统的特性与关键技术	18
1.3 基于云计算的智能管理系统	23
参考文献	32
第2章 云计算智能优化技术	35
2.1 智能优化算法概述	35
2.1.1 智能优化算法	35
2.1.2 蚁群算法	36
2.1.3 鱼群算法	39
2.2 云环境下智能优化算法	56
2.2.1 云环境下的蚁群算法	56
2.2.2 云环境下的鱼群算法	74
2.3 云环境下智能优化算法的应用	77
2.3.1 SaaS 服务动态选择问题	78
2.3.2 能耗感知的 SaaS 服务部署问题	91
2.4 本章小结	106
参考文献	107
第3章 云计算数据挖掘技术	111
3.1 云计算数据挖掘概述	111
3.1.1 数据挖掘相关概念	111

3.1.2	数据挖掘分布式并行处理模式	114
3.1.3	云计算数据挖掘	116
3.2	云环境下的挖掘算法	121
3.2.1	云环境下的特征抽取算法	121
3.2.2	云环境下的分类算法	130
3.2.3	云环境下的 CAP 聚类算法	136
3.2.4	云环境下的数据流分类挖掘算法	140
3.3	云环境下的集成挖掘算法	141
3.3.1	云环境下的集成分类算法	142
3.3.2	云环境下的聚类融合算法	144
3.4	云环境下的文本挖掘技术	149
3.4.1	SparkR 简介	149
3.4.2	分布式爬虫实现	150
3.4.3	文本分词及词频统计	150
3.4.4	文本挖掘算法	153
3.5	本章小结	155
	参考文献	156
第 4 章	云计算大数据管理技术	160
4.1	云计算大数据管理概述	160
4.1.1	云计算大数据管理技术阶段	160
4.1.2	大数据管理的基本流程	161
4.1.3	大数据处理模式	162
4.1.4	大数据系统管理基准	163
4.2	大数据存储技术	164
4.2.1	大数据存储	164
4.2.2	云存储模型	173
4.3	大数据查询和分析技术	176
4.3.1	大数据查询技术	176
4.3.2	大数据分析技术	182
4.4	大数据挖掘技术	191
4.4.1	非数据化数据挖掘及云计算大数据挖掘实例	192
4.4.2	数据流管理	194
4.5	本章小结	218

参考文献	219
第 5 章 云计算知识管理系统	221
5.1 云计算知识管理概述	221
5.1.1 云计算对知识管理的影响	221
5.1.2 云计算知识管理的现状	224
5.1.3 云计算知识管理的体系结构	226
5.2 云计算知识服务匹配	227
5.2.1 服务匹配	227
5.2.2 基于本体的服务匹配与搜索	229
5.2.3 云计算知识服务匹配与搜索方法	230
5.2.4 制造云知识服务匹配实现	234
5.3 云计算知识服务组合	235
5.3.1 云计算知识服务动态组合相关概念	236
5.3.2 云计算知识服务动态组合模型	239
5.3.3 云计算知识服务动态组合策略	240
5.4 云制造虚拟企业知识管理系统	253
5.4.1 云制造虚拟企业知识管理体系结构	253
5.4.2 云制造虚拟企业知识服务	254
5.4.3 云制造虚拟企业知识共享	259
5.4.4 云制造虚拟企业知识管理关键技术	260
5.5 本章小结	263
参考文献	264
第 6 章 云计算商务智能系统	269
6.1 云计算商务智能系统概述	269
6.1.1 云计算商务智能的现状	269
6.1.2 云计算商务智能体系结构	270
6.1.3 云计算商务智能发展趋势	272
6.2 云计算数据仓库	274
6.2.1 云计算数据仓库设计	274
6.2.2 云计算数据预处理	287
6.2.3 云计算数据管理	289
6.3 SaaS BI 多租户技术	290
6.3.1 SaaS 多租户相关知识	290
6.3.2 多租户业务流程定制	293
6.3.3 多租户服务定制	297

6.3.4 多租户演变模型构建	307
6.4 农业气象商务智能系统	315
6.4.1 建设背景	315
6.4.2 系统目标	315
6.4.3 系统结构	316
6.5 本章小结	318
参考文献	318

第 1 章 概 述

智能管理系统兴起于 20 世纪 90 年代,是人工智能与管理系统的的发展和融合,利用机器学习、数据挖掘、模式识别、优化算法等多项人工智能技术,开发设计出来的能够满足多层次、多方面、多阶段的用户管理需求的新一代计算机管理系统。云计算(cloud computing)是一种新兴的计算模式,是由并行处理、分布式处理、网格计算等多项技术融合发展而成的,具有高可用性、可扩展性、按需服务、成本低廉等多项优势,其一切皆服务的思想、处理大数据的能力吸引了各个领域的关注,成为研究热点。随着云计算的发展,智能管理系统不仅能降低建造成本和维护成本,还将表现出更大的灵活性和更广泛的适用性;不仅能提供定制服务满足个性化需求,还具有处理海量数据,以及更强的复杂数据分析和深层次知识发现能力。本章首先介绍云计算的基本概念、参考架构和关键技术,然后阐述智能管理系统的发展和关键技术,最后对基于云计算的智能管理系统进行分析和概述。

1.1 云 计 算

1.1.1 云计算概述

随着科学技术的飞速发展,互联网、无线终端、物联网和移动网络等技术日趋成熟,各行各业每时每刻都会产生海量的交互信息。这些海量数据和数据处理方式的多样化、访问形式异构等都给传统的计算模式带来很大的冲击。传统的计算模式已经不能满足需求,云计算作为一种新型的计算模式应运而生。

云计算并不是革命性的新发现,而是随着技术的演化逐步发展而来的。20 世纪 60 年代,McCarthy 曾经提到^[1]:计算迟早会成为一种公用基础设施。把计算看作传统的水、电、煤气一样的公共基础设施,按需收费,收费低廉,取用方便,这就是云计算的基本雏形。2007 年,云计算概念一经提出就立刻吸引了科研、政府、商业等多领域的关注。云计算已经成为无可争议的计算机科学发展趋势和热点之一。

1. 云计算演化

云计算的发展主要经历了四个阶段^[2-4]。

① 电厂模式阶段。该阶段利用规模效应,正如电厂一般,增大规模来降低电力的价格,提高用户使用的便捷性。

② 效用计算阶段。该阶段借鉴电厂模式思想,为了充分利用价格高昂的基础设施,提出共享计算资源的理论,将散布在各地的计算资源通过技术手段整合起来共享给用户使用,用户按照使用量的多少来付费。

③ 网格计算阶段。该阶段的思想是将一个大问题分割成很多小部分交付给性能较低的计算机来执行,最后将执行的结果再汇总起来攻克大问题。由于资源管理和调度的成本比较高,网格计算并没有得到预期的成果。

④ 云计算阶段。云计算的目的也是将信息服务像电力一样廉价、便捷地提供给用户,但与前三阶段不同的是,云计算是一种基于互联网的计算方法,其更强调大规模资源池的分享,通过分享提高资源复用率,并利用规模经济降低运行成本。目前云计算的需求也发展到了一定规模,有较好的发展前景。

2. 云计算概念

云计算作为新兴的计算机技术,国内外很多组织机构和学者对它进行了探索和研究,并提出很多种云计算的定义。

定义 1.1 云计算是一种计算模式,它通过互联网将动态易扩展的,并且通常是虚拟化的资源作为服务来提供^[3]。

定义 1.2 云计算是一种新型的计算模式,通过互联网将各种服务,包括资源、数据,以及应用提供给用户。云计算还是一种基础架构管理的方法论,将云中的大量的计算资源映射组成虚拟资源池,动态、弹性地将虚拟资源分配给用户使用^[5]。

定义 1.3 云计算是一种模式,它能够根据无处不在的、方便的、按需的网络访问来配置计算资源的共享资源池(这种资源包括网络、服务器、存储、应用和服务),并能够以最小的代价,以服务提供者不参与的方式快速获取或释放。云计算模式具有六个基本特征、三个服务模型和四个部署模型^[6]。

定义 1.4 云计算是一种计算方式,它基于互联网,按需求将共享的软硬件资源和信息提供给计算机或其他设备^[7]。

从以上定义可以看出,云计算的内涵主要包含三点。

① 采用虚拟化技术形成虚拟资源池,虚拟资源能够提高资源的利用率并具有灵活的资源调度能力,能动态、弹性地将资源提供给用户。

② 采用“一切皆服务”的思想,将资源、应用、信息知识作为服务,推送给用户,在云计算的模型架构中,主要分为三层服务,从上到下依次为软件即服务、平台即服务和基础设施即服务。

③ 用户按需选择服务,个性化定制服务。

3. 云计算特征

云计算主要有以下六方面的特征。

① 高可扩展性。云计算提供这样一种机制,能够根据实际需求,快速弹性地对资源进行动态增减,以满足用户对资源的应用需求。

② 虚拟化。虚拟化技术能够将上层的服务与底层的硬件分离。该技术在云中的应用主要是以虚拟机为粒度对基础设施资源进行虚拟化,将一台主机分割成多个单元进行管理和利用,有利于对资源进行整合和统一管理,便于更加灵活地进行资源调度和充分利用。

③ 大数据的快速处理能力。云计算的诞生和发展与大数据的客观需求有着密不可分的联系。云计算环境中拥有着成百上千个同时高速运行的节点,这为大数据的快速处理提供了计算基础。云计算同时又是并行处理、网格计算、分布处理等多种技术融合的结果,这为大数据的快速处理提供了手段。

④ 服务按需自助选择。用户可以根据自身实际情况的需要,个性化定制服务,自行选择一个或多个相关服务。用户可以通过互联网对资源和应用进行自助选择,人-云交互即可实现服务选择,而不需要和服务提供者进行沟通。

⑤ 服务质量(quality of service, QoS)。云计算服务采用面向市场的商业模式,这就对服务提供者在服务质量方面有较高的要求^[8]。在提供服务时,根据不同服务水平,按照服务水平协议(service level agreement, SLA)进行收费,如果提供方没有达到应有的服务水平,则按照约定向用户赔款。

⑥ 价格低廉。云计算节约成本主要有两点:一是用户按需付费,只对需要的资源和应用付费,同时用户不用承担服务的更新、管理等维护费用;二是用户可以直接租赁云平台中的计算、存储、网络相关资源,可以省去昂贵的服务器等基础设施的建设和维护等各项费用,降低用户成本。

1.1.2 云计算的参考架构

1. 云计算的参考架构

云计算的表现形式是一系列服务的集合,如何部署和运用云计算技术需要了解其基本的参考架构。图 1.1 给出了一种通用的云计算参考架构。

图 1.1 中给出的基本架构可以从如下几个角度进行理解。

(1) 云计算的部署模式^[3,9-11]

① 私有云(private cloud)。私有云的基础设施是单个企业或组织建立和使用的,部署在企业内部,也可部署在主机托管场所,即采用托管式专用模式。在私有云部署模式下,企业能够完全控制基础设施和在其上部署的应用程序,拥有极高的安全性,但投资较大。

② 社区云(community cloud)。社区云的基础设施一般面向一个或多个组织,多个组织之间拥有着相同的安全、政策、需求或目的等特征,基础设施为多个组织共享。

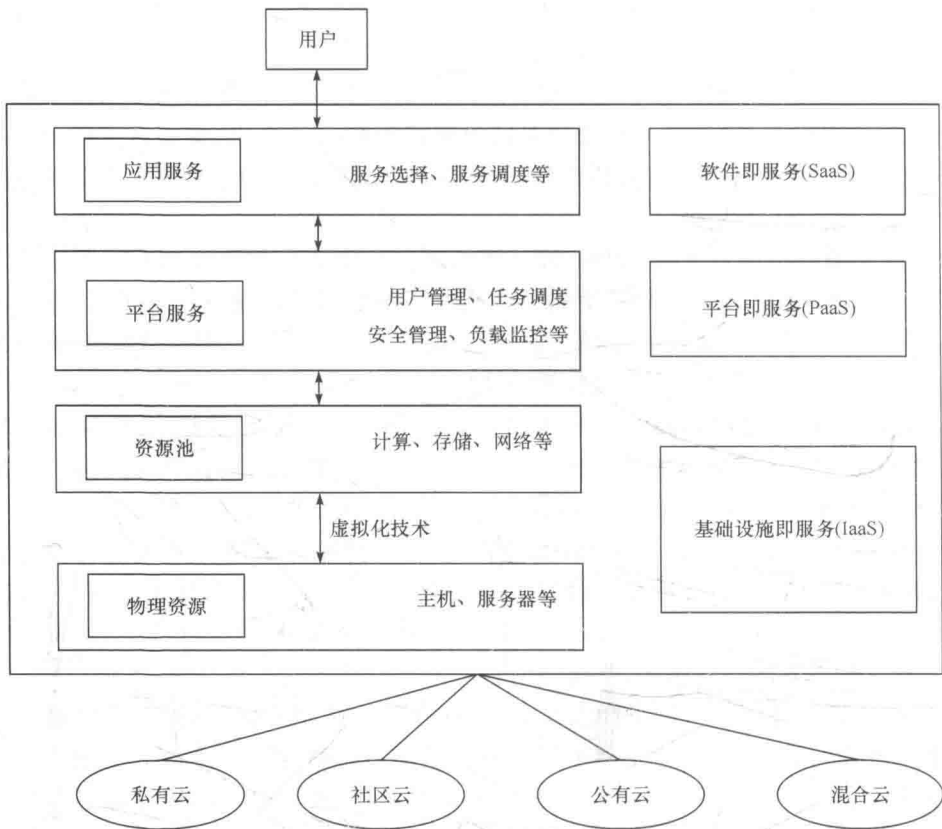


图 1.1 云计算框架图

③ 公有云(public cloud)。公有云的基础设施由专业的第三方大型机构建立。该机构把云服务提供给中小企业或个人。这种部署模式存在较严重的安全性问题,但降低了用户成本,用户不用负担昂贵的基础设施建设费用和应用维护费用,只需按需租赁其中的基础设施,并承担租赁费用。

④ 混合云(hybrid cloud)。混合云是结合私有云、社区云和公有云中的两种或三种,合并而成,融合其优点,但对部署方式的提供者有较高的要求。混合云部署模式有助于提供按需的、外部供应的扩展,如在私有云资源不足时,公有云可以对私有云进行扩充,保证维持一定的服务水平。

在选取选用何种部署方式时需要考虑企业自身情况,如果是临时需要某种功能的软件,适合选用公有云的部署模式,临时租赁服务提供者所提供的服务,降低成本;如果是长期永久性的服务,可以部署在私有云或社区云上,也可以部署在私有云和社区云组成的混合云上;如果对安全系数要求特别高,则应尽量避免使用公有云。

(2) 云计算的服务模式

云计算从下往上依次为基础设施即服务、平台即服务和软件即服务。对于三层服务模式,下层为上层提供服务和环境支持的同时,三层模式均可直接面向用户提供服务。

① 基础设施即服务(infrastructure as a service, IaaS)。该层次将基础设施作为交付用户的对象,用户可以按照需求对计算、网络、存储等基本的计算资源进行定制选择。在基础设施上,用户可以部署和运行操作系统等任意应用程序。IaaS由大量计算机、服务器、存储设备、网络等基础设施组成,其核心技术是虚拟化技术,利用虚拟化技术将内存、计算能力、存储能力、I/O设备、网络整合在一个虚拟资源池中,为整个云计算提供资源服务。这种服务模式的优势在于,用户只需按实际需求租赁计算资源和存储资源,就可以动态弹性地调整,降低用户开销和资源浪费程度。

② 平台即服务(platform as a service, PaaS)。该层次以中间件作为交付用户的对象,提供给用户编程测试环境和程序运行环境,能够满足用户个性化的配置环境变量、构建部署中间件等。中间件是连接上层应用和底层硬件的一类软件,包括一组服务,中间件在云中的应用能够大大减少云的开发和部署难度。该层次提供的服务包括资源管理、安全管理、负载监控、用户管理、任务调度等多种专业的服务。

③ 软件即服务(software as a service, SaaS)。该层次以软件作为交付用户的对象,提供用户自选应用软件的环境。在该层次,软件提供者将应用软件部署在云计算平台上,用户通过云平台统一接口按需选择应用软件服务,并按照使用服务时间的长短、选择服务数量的多少和对服务质量的要求高低向服务提供者付费。这种服务模式的优势在于,用户仅需利用终端接入网络,操作云统一接口界面使用服务即可,其他各个部件对用户完全透明;服务商提供专业服务的运营和维护,保障用户的服务质量;用户不用花大价钱购买设备,只需花费一定金钱租赁设备、购买服务。SaaS对中小企业和个人来说,花少量的钱、使用先进的技术、享有专业的服务保障。

2. 云计算的用户角色

在云计算模式中,存在着多类用户角色,这里将其抽象为最终用户、服务提供者和云提供者^[12]。最终用户是包括政府、企业、个人等各类云服务的使用者。服务提供者是将服务部署在云计算平台上,向用户提供服务并收取费用的提供商。云提供者专指提供云基础设施的大型企业,如IBM、Amazon等。这三类用户角色在云计算平台上相互交互,相互协调,其具体表现方式如表1.1所示。

表 1.1 云计算中用户角色与云平台的交互

类别	最终用户	服务提供者	云提供者
IaaS	根据需要租赁资源(计算、存储、网络等)	管理基础设施资源	建设基础设施
PaaS	开发、部署中间件,配置环境变量,运行应用软件	开发应用软件,用户管理、资源管理、任务管理等	提供基础设施资源
SaaS	选择并使用云平台中的应用软件服务	安装部署、维护应用软件服务	提供基础设施资源

根据云计算用户角色的划分,三者相互协调,最终构成和谐的云生态环境。云计算基于用户角色的访问控制模型如图 1.2 所示。

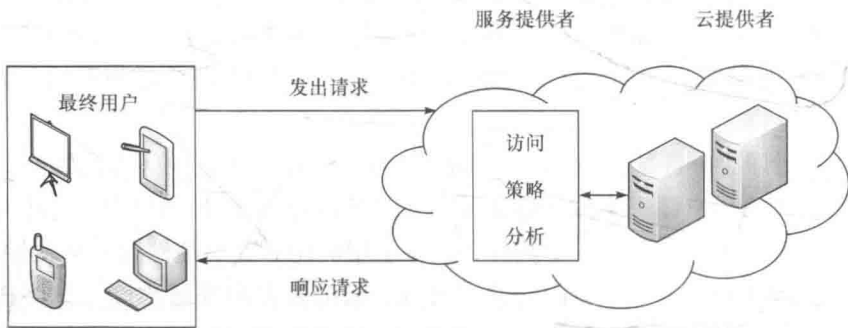


图 1.2 云计算的访问控制模型

在图 1.2 中,最终用户通过互联网门户、移动终端、无线网络等方式发出请求到云平台。云平台首先通过用户访问策略分析,识别用户需求,然后通过与云基础设施、中间件等部件的交互,向用户提供所需服务,发送响应请求。

1.1.3 云计算的关键技术

从技术层面讲,云计算是并行处理、分布式处理、网格计算等多项技术的共同融合和发展,同时也引入了虚拟化等新技术。作为一个新兴的概念,云计算还在起步阶段,存在很多关键技术需要研究和攻克。

(1) 虚拟化技术

虚拟化技术是在 20 世纪 60 年代由美国学者 Strachey 最早提出,当时由于计算机造价成本高,虚拟化技术受到广泛的关注与重视。随着计算机硬件技术的发展,计算机越来越廉价,虚拟化技术的研究和发展逐步缓慢。但云计算的兴起,又使得虚拟化技术重新得到各界各领域的重视。

虚拟化技术将 IT 资源抽象化、模拟化,在大型数据中心中发挥着巨大作用,是云计算技术的基础。虚拟化技术能够将上层应用和底层硬件相分离,广泛应用于基础设施即服务层。将物理资源利用虚拟化技术,分割为多个更小的单元,形成

虚拟资源池进行调控和管理,便于资源的充分利用和灵活调度。现在的虚拟化技术以虚拟机为粒度,可以实现虚拟机的智能部署,并能按实际情况进行动态迁移。

云计算中对虚拟化技术的应用可以分为三层^[3,13],如图 1.3 所示。底层提供最基本的虚拟化服务,中间层提供专业的控制管理和调度,顶层对虚拟化资源和策略统筹规划、统一管理。

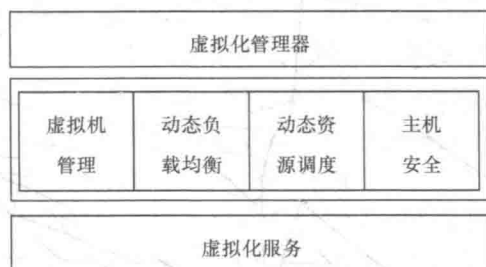


图 1.3 虚拟化技术层次结构

① 虚拟机管理。主要包括虚拟机的部署、启动、迁移、停止、删除等一系列操作。虚拟机的部署和迁移是研究热点。良好的虚拟机部署策略能够减少虚拟机迁移的次数,良好的虚拟机迁移策略能够使集群整体负载均衡和绿色节能。

② 动态负载均衡。云集群中实时负载是不断变化的,针对用户使用应用服务的高峰期和低谷期,通过增加或减少、开启或关闭等迁移虚拟机的手段,保证云集群的负载均衡。同时,也可以保证集群整体的吞吐率、响应时间,以及用户的服务质量水平。

③ 动态资源调度。当虚拟机内存不足或网络资源不足时,可以借用同节点中其他虚拟机暂时不用的同类资源来缓解。动态资源调度提高了虚拟资源的利用率。

④ 主机安全。主机安全机制保证了虚拟机运行环境的安全性可靠性,在云计算环境中,主机安全包括一系列方法和技术,如入侵检测等。

目前主流的虚拟化技术有 VMware Infrastructure、Xen 和 KVM 三种。VMware Infrastructure^[14]作为虚拟数据中心的操作系统之一,能够将离散的硬件资源整合起来,创建虚拟资源池。其优点在于具有节能的机制,运行较少的服务器,自动关闭不用的服务器;能够将资源整合起来,提高灵活性,降低成本。Xen^[15]能够创建更多的虚拟机,拥有先进的虚拟机监控系统(VMM)和系统管理软件(hypervisor)。KVM^[16]也称内核虚拟机,是基于 Linux 内核的一种虚拟机。

(2) 资源调度与管理

资源的调度与管理是对云计算中所有资源的调度与管理,包括多租户的管