



上海市科学技术协会
上海科技发展基金会

“晨光计划”资助出版

彭俊杰 著

云计算

科技领域的第四次技术革命

节能与

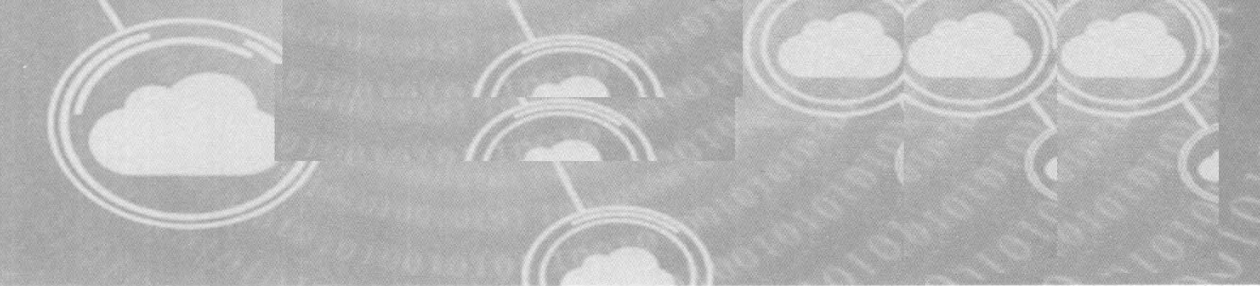
颠覆传统使用习惯 渗透生活方方面面

资源调度

创新智慧 灵活高效
飞速发展 翻天覆地



上海科学普及出版社



云计算节能与资源调度

彭俊杰 著

上海科学普及出版社

图书在版编目(CIP)数据

云计算节能与资源调度 / 彭俊杰著. —上海: 上海科学普及出版社, 2019
ISBN 978-7-5427-7672-3

I. ①云… II. ①彭… III. ①云计算—资源管理—研究 IV. ①TP393.027

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第274448号

策划统筹 蒋惠雍

责任编辑 俞柳柳

装帧设计 赵斌

云计算节能与资源调度

彭俊杰 著

上海科学普及出版社出版发行

(上海中山北路832号 邮政编码200070)

<http://www.pspsh.com>

各地新华书店经销 上海盛通时代印刷有限公司印刷

开本 710×1000 1/16 印张 21.25 字数 300 000

2019年11月第1版 2019年11月第1次印刷

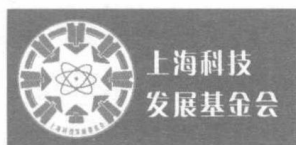
ISBN 978-7-5427-7672-3

定价: 58.00元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题

请向工厂联系调换

联系电话: 021-37910000



上海科技发展基金会 (www.sstdf.org) 的宗旨是促进科学技术的繁荣和发展, 促进科学技术的普及和推广, 促进科技人才的成长和提高, 为推动科技进步, 提高广大人民群众的科学文化水平作贡献。本书受上海科技发展基金会资助出版。

“上海市科协资助青年科技人才出版科技著作晨光计划”出版说明

“上海市科协资助青年科技人才出版科技著作晨光计划”（以下简称“晨光计划”）由上海市科协、上海科技发展基金会联合主办，上海科学普及出版社有限责任公司协办。“晨光计划”旨在支持和鼓励上海青年科技人才著书立说，加快科学研究和传播，促进青年科技人才成长，切实推动建设具有全球影响力的科技创新中心。“晨光计划”专门资助上海青年科技人才出版自然科学领域的优秀首部原创性学术或科普著作，原则上每年资助10人，每人资助一种著作1500册的出版费用（每人资助额不超过10万元）。申请人经市科协所属学会、协会、研究会，区县科协，园区科协等基层科协，高等院校、科研院所、企业等有关单位推荐，或经本人所在单位同意后直接向上海市科协提出资助申请，申请资料可在上海市科协网站（www.sast.gov.cn）“通知公告”栏下载。

云计算节能与资源调度





目 录

第一章 云计算概述

- 云计算简介 / 3
- 相关技术 / 7
- 云计算的分类 / 10
- 云计算的特点与优势 / 14
- 云计算的产业意义 / 20
- 云计算面临的困难与挑战 / 23

第二章 云计算相关技术

- 虚拟化技术 / 27
- 典型的云计算技术与平台 / 38

第三章 节能与资源调度

- 绿色云计算的意义 / 65
- 节能介绍 / 68
- 云计算节能研究现状 / 71
- 云计算节能调度 / 80

云应用节能 / 85

第四章 云计算资源部署

技术背景 / 93

负载预测技术 / 95

前提与技术基础 / 97

基于预测的云计算资源部署 / 99

实验结果与分析 / 108

第五章 IO 密集型应用建模与节能

IO 密集型应用的特点 / 117

IO 密集型应用的特征模型 / 122

IO 密集型应用的判定算法 / 125

IO 密集型应用的迁移 / 128

针对 IO 密集型应用的模型应用策略 / 131

实验与验证 / 140

第六章 CPU 密集型应用模型与策略

应用任务类型分类 / 157

CPU 密集型应用模型原则和流程 / 159

CPU 密集型应用模型分析 / 161

基于 CPU 密集型应用的调度处理策略 / 166

基于 CPU 密集型与不同类型应用的混合处理 / 169

实验与讨论 / 175

第七章

应用识别模型及资源分配策略

云计算应用类型识别模型 / 199

云环境下的应用识别算法 / 207

基于应用类型的资源分配策略 / 213

基于应用类型的虚拟机部署策略 / 221

实验与结果分析 / 226

第八章

基于应用类型的资源调度策略

典型应用特点分析 / 245

应用识别模型 / 249

混合应用的调度策略 / 252

基于应用负载的虚拟机动态调整策略 / 264

实验结果与分析 / 272

参考文献 / 305

后记 / 327

第一章

云计算概述

云计算是近些年最受关注的新 IT 技术之一，也是一种全新的计算模式或 IT 服务模式，它能极大地提高全社会的资源使用效率，并且完全颠覆了人们传统的 IT 使用习惯，被称为人类历史上第四次 IT 技术革命。到底什么是云计算，它又有何特点，将会如何改变人类社会呢？本章将从云计算的定义开始介绍云计算的一些基本概念、特点及应用前景等。



云计算简介

“云计算”（Cloud Computing）作为一种新的基于虚拟资源池的大规模分布式计算模式，2007 年底被首先提出，对于到底什么是云计算，可以找到从不同角度给出的不下数十种定义。目前相对比较认可的是美国国家标准与技术研究院（NIST）的定义：云计算是一种按使用量付费的模式，这种模式提供可用的、便捷的、按需的网络访问，进入可配置的计算资源共享池（资源包括网络、服务器、存储、应用软件、服务），这些资源能够被快速提供，只需投入很少的管理工作，或服务供应商进行很少的交互。云计算是分布式计算（Distributed Computing）、并行计算（Parallel Computing）、网格计算（Grid Computing）、效用计算（Utility Computing）、Web service 等技术相互融合、演进和不断发展的产物。云计算通过虚拟化技术可以把互联网上的异构的主机如普通的个人计算机（Personal Computer，简称 PC）和高性能的服务器连接起来，使其获得超级计算机的计算能力和存储能力，但是其成本远远小于超级计算机，并且提高了网络上整体资源的利用率。

云计算通过虚拟化技术来整合数据中心的各种 IT 资源，以互联网为媒介对外提供高可扩展的基础设施即服务（Infrastructure-as-a-Service，简称 IaaS）、平台即服务（Platform-as-a-Service，简

称 PaaS)、软件即服务 (Software-as-a-Service, 简称 SaaS) 甚至任意 IT 服务 (X-as-a-Service, 简称 XaaS), 如软件开发、系统测试、系统维护和各种丰富的应用服务等, 就像水和电一样方便地被使用, 并可按量计费。对于用户而言, 只需要通过互联网, 就可按需申请资源, 不需要关心“云”的内部实现细节, 从而减少用户对硬件设施的维护、环境的搭建等所耗费的精力, 只需专心投入自己的业务, 因此给用户带来了极大的便利。

云计算按照服务模式和体系结构的层次分为三类: 基础设施即服务 (IaaS)、平台即服务 (PaaS)、软件即服务 (SaaS), 图 1-1 给出的是云计算层次示意图, 图 1-2 给出的是云计算架构示意图。

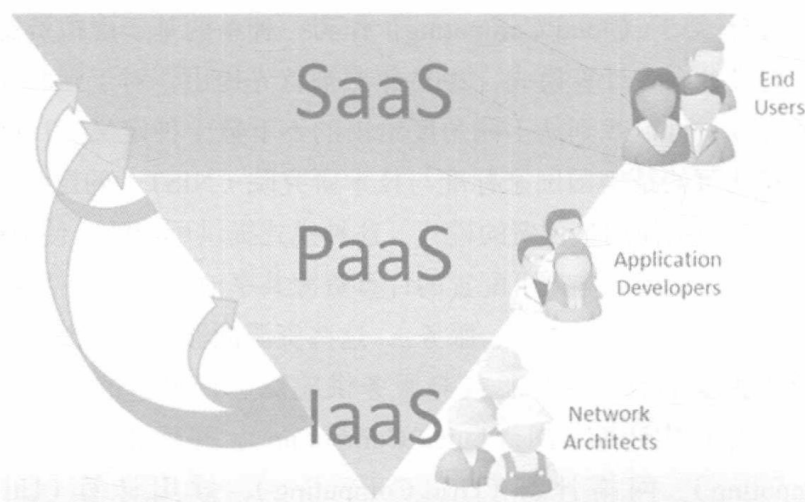


图 1-1 云计算三层服务结构

基础设施即服务 (IaaS) 是云计算的基础层, 主要是指硬件设备, 主要包括计算机、交换机、路由器、防火墙、网络、存储设备等, 主要利用虚拟化技术将各种 IT 资源整合成一个“资源池”, 即通过虚拟化技术可以将形形色色的计算设备统一虚拟化为虚拟资源池中的计算资源, 将存储设备统一虚拟化为虚拟资源池中的存储资源, 将网络设备统一虚拟化为虚拟资源池中的网络资源, 通过网络向用户提供计算能力、存储能力、网络能力、负载

均衡和网络安全等 IT 基础设施类服务，也就是能在基础设施层面提供的服务。当用户订购这些资源时，数据中心管理者直接将订购的份额打包提供给用户，用户可以在 IaaS 上运行任何软件，包括操作系统和应用程序。在国外，典型的服务商有亚马逊公司，它提供弹性计算云（Elastic Computing Cloud，简称 EC2）和简单存储服务（Simple Storage Service，简称 S3）。国内则有阿里云、百度云、浪潮等公司，分别提供云主机、云存储、云服务器等 IaaS 服务。

平台即服务（PaaS）是中间件，处于基础设施即服务的上层，是云平台为应用程序提供云端运行的服务。如果以传统计算机架构中“硬件+操作系统/开发工具+应用软件”的观点来看待，那么云计算的平台层应该提供类似操作系统和开发工具的功能。实际上也的确如此，PaaS 可以通过互联网为用户提供一整套开发、运行和运营应用程序的支撑平台。一般由云服务商提供用户应用程序的运行环境（一般是特定的开发语言和工具，例如 Java、Python、Net 等），用户利用开发语言和工具进行应用程序的开发，再将应用程序部署到云服务上运行。PaaS 负责底层资源的动态扩

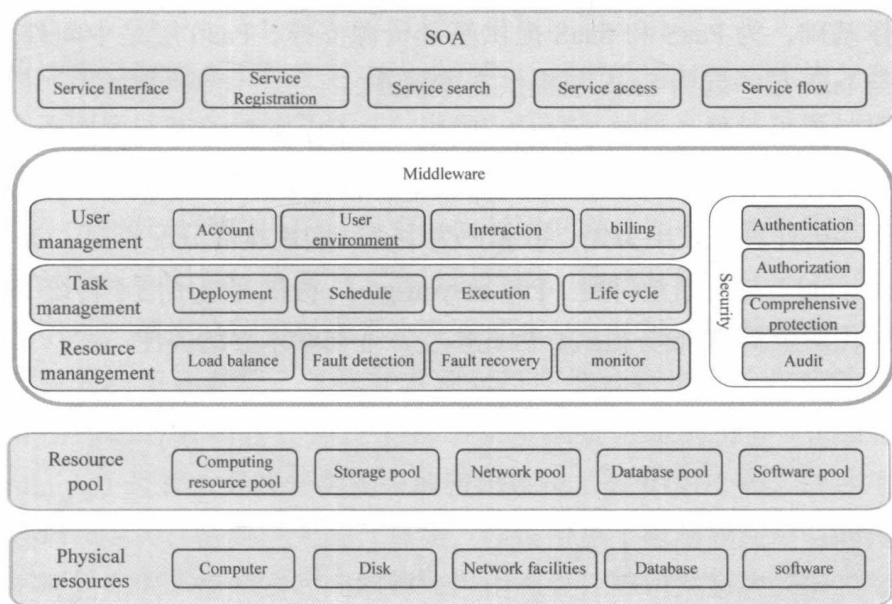


图 1-2 云计算架构示意图



展、容错管理、负载均衡、应用安全和服务监控等工作，因此客户只需关注应用软件的开发，按需申请资源，减少投入成本。国外典型的 PaaS 服务有 Google 公司的 GAE（Google App Engine）。GAE 平台支持 Python 和 Java 两种语言，开发者使用 GAE 平台可以快速开发各种应用。在国内有新浪网研发的 Sina App Engine（简称 SAE）云计算平台，也是一个公有云平台。SAE 主要以超文本预处理器（PHP）+ 关系型数据库管理系统（Mysql）为开发环境，并开始支持 Python、Java 语言。

软件即服务（SaaS）处于最高层，是一种通过互联网提供软件服务的软件应用模式，在这种模式下，用户不需要再花费大量投资用于硬件、软件和开发团队的建设，只需要支付一定的租赁费用，就可以通过互联网享受到相应的服务，而且整个系统的维护也由服务提供商负责，例如 ERP 软件、内容管理系统等。SaaS 通常从云端通过互联网提供软件应用程序到用户浏览器，作为基于 Web 的应用程序运行。在国外，比较有名的是 Salesforce 公司的 CRM（Client Relationship Management）在线客户关系管理服务；在国内则有八百客、金蝶友商网和用友伟库网等。

从图 1-1 和图 1-2 中可以看出，IaaS 是云计算底层的资源支撑基础，为 PaaS 和 SaaS 提供基础资源支撑，PaaS 层是中间件，与 IaaS 层一起为 SaaS 层提供支撑服务。

作为一种全新的 IT 服务模式，云计算旨在实现大规模的分工协作与资源共享，以达到低成本、低能耗、高效率的计算目标。云计算以效用为先，以客户为中心，实现按需分配资源（On-demand）与按用量付费（Pay-as-you-go），提供完全不同于传统 IT 时代的全新 IT 服务模式，因此广受产业与学术界的关注。



相关技术

分布式计算

分布式计算是相对于集中式计算而言的，本身是一种计算形式。它是随着社会需求和科学研究发展的需要带来的产物。对于某些问题的解决，采用传统的集中式计算，很有可能在可接受的时间内不能得到所要求的结果，因此必须采用其他手段来实现。分布式计算是解决传统集中式计算受限问题的有效手段之一，它将应用分解成多个粒度更小的子问题，分配给通过网络连接分布在不同区域的多台计算机进行处理，从而达到提高整体计算处理能力、解决复杂大型问题的目的。

分布式计算应用项目很多，如利用世界各地成千上万志愿者的计算机的闲置计算能力，通过因特网，搜索分析来自外太空的电讯号，寻找隐蔽的黑洞，并探索可能存在的外星智慧生命、寻找最大的梅森素数；寻找并发现对抗艾滋病病毒及治疗其他恶劣疾病的有效药物；寻找生物学家模拟蛋白质的折叠（protein folding）过程；寻找最为安全的密码系统，如 RC-72 等。这些项目都很庞大，需要巨大的计算量，仅仅由单个电脑或在短时间内不可能完成。虽然这些问题都可以由超级计算机来解决，但超级计算机的造价和维护费用高昂，一般的科研组织难以承受，而作

为一种廉价的、高效的、维护方便的计算方法——分布式计算却可以轻松解决此类难题。

与其他算法相比，分布式计算可以共享资源，平衡多台计算机上的负载，并根据不同计算机的资源特点分配负载。

并行计算

并行计算（Parallel Computing）也称平行计算，是相对于串行计算而言的，是指同时使用多种计算资源解决计算问题的过程，是提高计算机系统计算速度和处理效率的一种有效手段。其基本思想是用多个处理器来协同求解同一问题，即将待求解的问题分解成若干个可以独立完成的部分，各部分均由一个独立的处理机来并行计算。并行计算系统既可以是专门设计的、含有多个处理器的超级计算机，也可以是以某种方式互连的若干台独立计算机构成的集群。通过并行计算集群完成数据的处理，再将处理的结果返回给用户。

并行计算可分为时间上的并行和空间上的并行。为利用并行计算，通常计算问题表现为以下特征：

- 将工作分离成离散部分，有助于同时解决；
- 随时并及时地执行多个程序指令；
- 多计算资源下解决问题的耗时要少于单个计算资源下的耗时。

网格计算

网格计算也是一种分布式计算。它通过利用大量异构计算机的未用资源，将其作为嵌入在分布式基础设施中的一个虚拟的计算机集群，为解决大规模复杂的计算问题提供的一个模型。网格计算的焦点放在支持跨管理域计算的能力，这使它与传统的计算机集群或传统的分布式计算相区别。

网格计算的设计目标是解决单一超级计算机难以解决的问题，