

Broadview
www.broadview.com.cn

IBM

虚拟化与云计算

「虚拟化与云计算」小组 著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

IBM

虚拟化与云计算

主审：陈滢

著者：王庆波 金漳 何乐 赵阳
(以加入研究团队的时间先后为序)

邹志乐 吴玉会 杨林

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京•BEIJING

内 容 简 介

本书系统阐述了当今信息产业界最受关注的两项新技术——虚拟化与云计算。云计算的目标是将各种IT资源以服务的方式通过互联网交付给用户。计算资源、存储资源、软件开发、系统测试、系统维护和各种丰富的应用服务,都将像水和电一样方便地被使用,并可按量计费。虚拟化实现了IT资源的逻辑抽象和统一表示,在大规模数据中心管理和解决方案交付方面发挥着巨大的作用,是支撑云计算伟大构想的最重要的技术基石。本书以在数据中心采用服务器虚拟化技术构建云计算平台为主题,全面地勾画出虚拟化与云计算的产生背景、发展现状和关键技术等。本书体系完整,内容丰富,有助于广大读者理解信息产业今后发展的大脉络。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟化与云计算 / 《虚拟化与云计算》小组著. —北京:电子工业出版社, 2009.10
ISBN 978-7-121-09678-5

I. 虚… II. 虚… III. ①虚拟技术—研究②计算机网络—研究 IV. TP391.9 TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第183285号

策划编辑:郭立、刘皎

责任编辑:郭立

文字编辑:刘皎

印 刷:北京机工印刷厂

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开 本:700×1000 1/16 印张:17.25 字数:256千字

印 次:2009年10月第1次印刷

印 数:4000册 定价:45.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至zits@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

序

在世界日趋变平变小的今天，每一个国家在享受全球化浪潮带来的机遇时，自我保护能力也随之降低。不然，源起美国不良信用房贷的一场经济危机何以给中国内地的中小企业造成影响？因世界的扁平，我们受益于在全球加速流动的各种资源，然而资源的分配始终是不平均的，且永远处于动态变化，我们时刻面临着挑战——创造更大的价值，拥有更多的资源。因此，我们必须学会好好地管理这个变化中的世界，或者说，世界需要变得更智慧，让我们继续享受全球化带来的好处，同时使环境资源得到更有效的利用、经济继续增长、实现人类的可持续性发展。这就是IBM公司在2009年初向全球提出的人类共同的愿景——“智慧的地球”。当高速发展的信息技术融入整个世界的运转，人类可以更透彻地感知这个世界，并实现全面的互联互通，所产生的海量信息转化为人类对世界更深刻的洞察，指导人类更智慧地管理地球上的一切系统，比如“智慧的能源”、“智慧的医疗”、“智慧的交通”、“智慧的城市”等。

信息技术自身同样需要变得更加智慧来应对复杂的未知世界。虚拟化与云计算作为“智慧的信息技术”的重要组成部分，已成为当今信息产业领域最受瞩目的新兴概念。虚拟化这项将引起信息技术变革、促使产业格局重新划分、改变企业和个人使用信息资源方式的先进技术越来越受到业界和科研部门的重视，云计算也从一个新兴事物逐渐渗透到信息产业的各个领域。在产业界，各大公司投入大量资源研究和开发云计算产品，其新兴技术和产品正在不断涌

现，传统的信息服务产品也在向云计算模式转型。在研究领域，学术会议纷纷增加了云计算专题。这一切都极大地推进了云计算技术的发展。

作为一家不断自我创新的百年企业，IBM公司以其对科技趋势、产业进步和世界发展的领先视角，一直在新技术的研究与应用领域走在世界的前沿。IBM中国研究院通过整合IBM全球的技术优势，采用先进的数学模型分析复杂的问题，再以虚拟化和云计算作为基础架构，实现实时、快速的计算和处理，从而形成对世界更深刻的认知和洞察，支持人类做出更准确的判断和预测，产生更有效的决策和反应。这种与实践结合的理念将研发部门和行业应用紧密联系起来，使研究成果对行业产生真正的价值。

IBM中国研究院在虚拟化与云计算领域从事了多年的研究工作，积累了丰富的经验。虚拟化与云计算这两项技术将对信息产业产生深远的影响，然而目前国内外还缺乏一本系统、深入地介绍相关技术的图书。我们不仅希望探索前沿的领域，创造更先进的技术，我们还希望将研究成果产业化，先进技术被广泛掌握，为中国社会的持续发展建立人才储备，本书正是基于这样的理念精心创作而成的。本书融入了我们在相关领域的经验，系统、清晰、全面地介绍了虚拟化和云计算的概念、架构、关键技术及最新研究动向，希望能帮助大家更好地了解虚拟化和云计算。

“智慧的地球”是一个美好的愿景，也赋予了我们光荣的使命——创造更多智慧的技术，培养更多智慧的人才，共建一个更加智慧的地球。



李实恭 博士

IBM大中华区首席技术官

IBM中国研究院院长

序 二

“虚拟化”和“云计算”，这两个当下很时新，同时的确是标志着计算机技术发展进入一个新阶段的概念，在本书中被具体地联系起来了。

我想，希望能搞清楚这两个概念及它们之间关系的人不会少，例如，我在2008年底教育信息存储暨校园下一代数据中心建设与应用大会上试着以“云计算、虚拟化、海量单增信息系统”为题讲过，2009年1月在北京大学深圳研究生院试着以“云计算、网格、虚拟化——概念及其关系”为题也讲过，但与现在这本书的角度和深度相比，那些都是皮毛了。

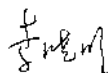
在本书中，虚拟化和云计算这两个抽象的概念，通过数据中心这个具体事物的构建与管理的需求有机地联系了起来。这是本书具有独特意义的要点。

读这本书，会发现简洁和实用是其鲜明的特点。篇幅不长，对要介绍的内容的层次把握得较好，几乎囊括了虚拟化和云计算所有重要的概念，但没有陷于过多的实现细节。在这个意义上，这本书是比较好读的，有一定计算机专业知识的人都可能饶有兴趣地读下去，得到的收获是对有关领域的宏观把握，这不仅对在业界把握技术走向的管理人员有用，对在大学把握研究方向的教授有用，而且对具体从事虚拟化和云计算技术研究与开发的人员也同样有用。

书中也有不少很有特色的具体内容。例如关于虚拟器件的阐述，我感到是本书的一个亮点。相关的内容零零碎碎在其他材料中也能看到一些，但明确地提出虚拟器件的管理是数据中心虚拟化的主要线索，并加以系统

的阐述，看来还是第一次。而通过几个实例来引入云计算，并尝试对其内涵与外延给出比较准确的刻画，与其他几个相关的概念进行区别，尽管不能说人人都会同意，也不一定都是很精辟，但所携带的信息和认识无疑对读者是很有帮助的。另外难能可贵的是，尽管作者都来自于IBM中国研究院，但书中对业界动态的介绍也体现了全面性和客观性。

本书的作者都是在第一线工作的青年研究人员，他们的工作背景一方面使得书中的内容体现了很强的实践性，同时字里行间也充满了对所从事工作的自豪和激情。在紧张的工作之余能花时间编写出这样一本很及时的书来，与广大读者分享他们的认识与经验，令人欣喜，我向他们表示祝贺。我相信这本书会使许多人受益，也祝愿我们的作者能在虚拟化和云计算技术的发展中不断有新的心得和贡献。



李晓明 博士

北京大学教授

北京大学网络所所长

2009年8月于北京大学

作者序

当我们写作者序时，本书的撰写已接近尾声，整个写作历程耐人回味。本书的作者大多是长期从事分布式计算和数据中心管理的研究人员，随着对虚拟化技术认识的逐渐加深，我们更加相信虚拟化技术将会在不远的将来给数据中心管理带来深刻的变革。怀着这样一份对未来的憧憬，我们于2005年在IBM中国研究院正式成立了虚拟化技术研究部。当时业界对虚拟化技术和大规模数据中心管理还缺乏深刻的认识，也未掌握成熟的方法，我们将研究重点放在应用虚拟化技术来简化服务部署、提高运行维护效率、降低管理复杂性、提升资源利用率，从而打造节能环保的数据中心。

经过几年的实践，我们开创了应用虚拟器件技术管理信息服务和数据中心的完整方法，其中部分成果已经成为IBM内部和产业界的标准；研发了一系列与之配套的管理工具，用于虚拟器件的制作、激活、部署、动态资源调度、运行时管理等。利用这些方法和工具，我们将凝聚了IBM多年经验的软件产品和最佳实践解决方案封装成基于虚拟器件的虚拟化解决方案，并通过快捷部署激活工具简化应用上线过程，为用户提供更稳定、更可靠的服务，为管理人员提供更简捷、更智慧的管理模式。

云计算是近年来兴起的新理念，目标是将计算和存储简化为像公共的水和电一样易用的资源，用户只要连上网络即可方便地使用，按量付费。云计算提供了灵活的计算能力和高效的海量数据分析方法，企业不需要构建自己专用的数据中心就可以在云平台上运行各种各样的业务系统，这种创新的计算模式和商业模式吸引了产业界和学术界的广泛关注。我们所从事的虚拟化研究是云计算的基石，是云计算最重要的支撑技术。凭借在虚拟化领域积累的经验，我们在2008年将研究范畴扩展到云计算，部门更名为虚拟化与云计算研究部，这给我们的研究工作提供了更大舞台，也提出了更多的挑战。作为IBM公司内部最早开展云计算研究的部门，在过去的几年里，我们在国内外的会议和杂志上发表论文十几篇，申请国际专利二十余项，研究成果已经融入到IBM的多款云计算产品和解决方案中。

作为长期工作在产业前沿的研究团队，我们到国内各大高校做了一些虚拟化和云计算的主题演讲，也发表了一些中文论文，并有部分英文论文被译成中文，但这些零散的资料很难系统地论述相关知识。确实，目前虚拟化技术仍处于普及阶段，需要人们更多地了解和接受，而云计算的概念就像它的名字本身一样，似乎仍被云雾笼罩，让人难识其真面目。于是，我们决定写一本专门介绍虚拟化和云计算的图书，让广大同行和读者了解本领域最新的技术成果，共同感受信息产业变革带来的机遇与挑战。在写作过程中，我们力求用严谨的语言来阐述概念，用科学的精神来介绍技术，从大局的角度介绍业界动态。在紧张的科研工作之余，我们齐心协力，终于完成了这本富有创新挑战的专业著作。

本书的写作由王庆波统筹协调和脉络把握，陈澄负责整体审阅和统稿，金津负责项目管理。各章执笔者的分工如下：第1章金津；第2章、第7章赵阳；第3章、第4章何乐；第5章邹志乐、金津；第6章邹志乐；第8章吴玉会；杨林重新创作了第2章、第5章。

本书撰写历时半年多，其间经历了创作、审阅、讨论、修订、再审阅、再讨论、再修订等数次迭代。仅是打印装订成册的正式“审阅版本样书”就有7版之多，我们都为团队成员的敬业精神、创作激情、协作能力和执行力感到骄傲和自豪。拿到印刷前的最后清样之时，整个创作团队兴奋不已，这样一部凝聚了IBM中国研究院虚拟化与云计算研究部的心血之作，终于要和广大读者见面了。

作为全球第一本系统、全面介绍虚拟化与云计算的新著，它首次为广大读者勾勒出虚拟化和云计算的来龙去脉，揭示这些抽象、浪漫的名字背后的技术细节。如果本书能够为企业的技术主管和研发人员揭示未来信息产业的发展方向，能够将高校教师和学生带入一个新的科学技术领域，能够启发立志创业的人士找到时代赐予的机遇，我们将感到由衷的欣慰。

为了能把这些内容及时展现给读者，成书难免仓促，如有遗漏和讹误，请各位专家和读者不吝指教。希望广大读者能够从本书中获益。

前言

在过去的半个多世纪，信息技术的发展，尤其是计算机和互联网技术的进步极大地改变了人们的工作和生活方式。大量企业开始采用以数据中心为业务运营平台的信息服务模式。进入新世纪后，数据中心变得空前重要和复杂，这对管理工作提出了全新的挑战，一系列问题接踵而来。企业如何通过数据中心快速地创建服务并高效地管理业务？怎样根据需求动态调整资源以降低运营成本？如何更加灵活、高效、安全地使用和管理各种资源？如何共享已有的计算平台而不是重复创建自己的数据中心？业内人士普遍认为，信息产业本身需要更加彻底的技术变革和商业模式转型，虚拟化和云计算正是在这样的背景下应运而生的。

虚拟化技术很早就计算机体系结构、操作系统、编译器和编程语言等领域得到了广泛应用。该技术实现了资源的逻辑抽象和统一表示，在服务器、网络及存储管理等方面都有着突出的优势，大大降低了管理复杂度，提高了资源利用率，提高了运营效率，从而有效地控制了成本。由于在大规模数据中心管理和基于互联网的解决方案交付运营方面有着巨大的价值，服务器虚拟化技术受到人们的高度重视，人们普遍相信虚拟化将成为未来数据中心的重要组成部分。

虽然虚拟化技术可以有效地简化数据中心管理，但是仍然不能消除企业为了使用IT系统而进行的数据中心构建、硬件采购、软件安装、系统维护等环节。早在大型机盛行的20世纪五六十年代，就是采用“租

借”的方式对外提供服务的。IBM公司当时的首席执行官Thomas Watson曾预言道：“全世界只需要五台计算机”，过去三十年的PC大繁荣似乎正在推翻这个论断，人们常常引用这个例子，来说明信息产业的不可预测性。然而，信息技术变革并不总是直线前进，而是螺旋式上升的，半导体、互联网和虚拟化技术的飞速发展使得业界不得不重新思考这一构想，这些支撑技术的成熟让我们有可能把全世界的数据中心进行适度的集中，从而实现规模化效应，人们只需远程租用这些共享资源而不需要购置和维护。

云计算是这种构想的代名词，它采用创新的计算模式使用户通过互联网随时获得近乎无限的计算能力和丰富多样的信息服务，它创新的商业模式使用户对计算和服务可以取用自由、按量付费。目前的云计算融合了以虚拟化、服务管理自动化和标准化为代表的大量革新技术。云计算借助虚拟化技术的伸缩性和灵活性，提高了资源利用率，简化了资源和服务的管理和维护；利用信息服务自动化技术，将资源封装为服务交付给用户，减少了数据中心的运营成本；利用标准化，方便了服务的开发和交付，缩短了客户服务的上线时间。

虚拟化和云计算技术正在快速地发展，业界各大厂商纷纷制定相应的战略，新的概念、观点和产品不断涌现。云计算的技术热点也呈现百花齐放的局面，比如以互联网为平台的虚拟化解解决方案的运行平台，基于多租户技术的业务系统在线开发、运行时和运营平台，大规模云存储服务，大规模云通信服务等。云计算的出现为信息技术领域带来了新的挑战，也为信息技术产业带来了新的机遇。然而，真正系统、全面地阐述云计算概念和技术及虚拟化在云计算中的发展和应用的书却是寥寥无几。本书作为全球第一本介绍虚拟化和云计算的图书，正好弥补了这一空白，为对云计算和虚拟化技术感兴趣的人员讲述相关的知识和理论。

本书前4章着重介绍数据中心管理和虚拟化技术，后4章着重介绍云计算的概念和动态。下面简要介绍一下各章的主要内容。

第1章介绍了数据中心的构建与管理。首先讲述了数据中心的概念、历史和发展情况，随后介绍构建数据中心的最佳实践方法和数据中心的管理维护，最后分析了新一代数据中心的需求和挑战。

第2章对虚拟化技术进行了概述。首先介绍虚拟化技术的定义，以及常见的虚拟化技术；接着，鉴于服务器虚拟化的重要性，着重讨论服务器虚拟化的概念、支撑技术、特点、性能和优势；最后对其他类型的虚拟化技

术做了简要介绍。

第3章介绍虚拟化的关键技术。首先介绍如何创建虚拟器件和虚拟化解决方案；然后描述如何部署虚拟化服务，包括部署、激活虚拟器件及将现有服务迁移到虚拟化环境等；最后介绍了运行、维护虚拟化数据中心的关键技术。

第4章对虚拟化技术的业界动态进行了介绍，主要涉及IBM、VMware、Xen/Citrix和Microsoft等几个虚拟化厂商。内容涉及每个厂商的简介、产品线及产品的特性等。

第5章对云计算技术进行了概述。首先介绍云计算的概念，对云进行分类，而且为了使读者清晰地了解云计算，在后面还针对云计算与其他相似概念进行了辨析；然后分析云计算的优势及为信息产业带来的变革；最后讨论云计算产生的源动力。

第6章着重介绍云架构。定义云架构的不同层次，分析每个层次的核心功能和技术挑战，并通过示例加深读者对每个层次的理解。

第7章概述云计算的关键技术与挑战。介绍云计算中的关键技术，包括已有的研究成果和目前的发展状况，然后讨论了一系列经典问题在云计算中所面临的新挑战。

第8章介绍云计算的业界动态，主要涉及几个领先的云计算厂商，包括IBM、Amazon、Google、Salesforce.com和Microsoft。介绍每个厂商的云计算产品线，分析其产品的功能和特点，使读者能够对主要的云计算厂商和产品有个总体认识，对业界的最新动态有较为全面的了解。

在附录中我们列出了2009年超级计算机的世界排名。有兴趣的读者可以通过本书最后的参考文献获取更多的虚拟化和云计算的知识。

在编写本书时，我们力图使不同职业和背景的读者都能从本书中获益。

如果您是企业的技术负责人或数据中心运行维修人员，您将更深刻体会到虚拟化和云计算技术为企业IT部门、信息系统规划和数据中心运行维修带来的深刻变革。我们提供的技术讨论、产品比较和案例分析，将有助于您在脑海中勾画下一步的战略。

如果您是从业的技术研发人员，您能系统地了解虚拟化和云计算的产生背景、发展现状、技术要点和未来趋势。通过本书的梳理，能够更加准确地把握业界前沿的科技和理念，认清信息业界发展的大脉络，形成适用于产业未来的大局观。

如果您是大专院校计算机及相关专业的学生，您将获得无法从现有课本中得到的技术知识。本书将为您打开一扇通往未来的窗户，帮助您拓宽视野，完善知识结构，储备适用于未来信息产业的知识和技能。

本书适合于从头至尾阅读，也可以按照喜好和关注点挑选独立的章节阅读。我们希望本书的介绍能加深您对虚拟化与云计算的理解，获得您所期待的信息。

为了便于与广大读者进行交流，本书设立了博客和电子邮箱，分别是：

博客网址：<http://blog.sina.com.cn/vccbook/>

电子邮箱：vccbook@sina.com

我们将在博客中提供相应的幻灯片资料和可能存在的内容更新等。期待与您更进一步的交流。

致 谢

本书从构思、写作、修订到出版，得到了许多同事和朋友的无私帮助，在此我们要对他们致以最衷心的感谢。

首先感谢IBM中国研究院优越和宽松的研究氛围，让我们在科研工作之余，能够抽出时间来撰写本书，这种以创新为本的公司理念激发出我们很多的创作灵感。同样，如果没有来自同事们的睿智见解和热情鼓励，我们根本就不可能完成此书。

感谢曲民慷慨地对本书的每一部分提出了宝贵的修订意见，并使本书的语言变得更加流畅；感谢张煜、尹大力、田瑞雄认真审阅了本书的大部分章节，并提出了深刻的见解。感谢多年来一直和我们工作在一起的吴朱华、晋晋、温志广、陈靓等同事；感谢IBM中国研究院的蒋忠波、张剑鸣、张斌花费了宝贵的时间来阅读本书的部分章节，我们从他们的建议中获得了很多有益的帮助；感谢王浩所领导的团队使我们了解了更多的数据中心能耗管理方面的知识；感谢李影所领导的研究团队在远程管理和应用可伸缩性方面给予的热情支持；与沈晓卫在虚拟化与云计算方面的讨论使我们获益匪浅；感谢孙伟和郭常杰与我们分享了SaaS和多租户技术；正是与黄莹所领导的云平台研发团队的紧密合作，加深了我们在该领域的认识；感谢研究院系统维护部门的周英、许继涛等同事帮助我们了解数据中心的日常运营；感谢IBM全球技术服务部门的资深构架师杨杰使我们了解了更多的Web 2.0和云计算的案例，以及蔡妍和蒋聚昉与我们分享的网络架

构和数据中心构建方面的经验；感谢多年来一直和我们工作在一起的访问学生，他们的激情和活力为我们的工作增添了很多乐趣。

感谢多年来和我们工作在一起的IBM全球研发团队。通过和他们在虚拟化和云计算领域的合作，我们积累了大量的实践经验和对行业的认知，否则本书只能是纸上谈兵。他们是：软件部WebSphere品牌的WebSphere CloudBurst Appliance和WebSphere Application Server Hypervisor Edition研发团队，以及WebSphere性能分析团队；软件部战略组的OVF标准制定和虚拟器件设计部署团队；Watson研究中心的虚拟化运行时管理研究团队和IBM RC2研发团队；软件部Lotus品牌的虚拟化实施团队；软件部Tivoli品牌的TPM、ITM、TADDM、TSAM研发团队；软件部DB2品牌的DB2器件研发团队；系统与技术部的Director/Ensemble和Xen研发团队。

感谢一直以来身处政府、通信、教育、互联网等行业的合作伙伴，与他们的紧密合作使得我们一直走在时代的前沿。

感谢石贝贝帮助我们完成视频录制和部分文字整理工作。感谢汤竹、李国兰、张晓敏在出版流程上的大力协助。

我们要向电子工业出版社博文视点团队表示感谢。感谢郭立总经理的亲自审阅，并与我们分享对图书创作的理解，激发了我们出好书、出精品书的决心。感谢刘皎在创作、编辑、出版过程中对我们一如既往的热情支持。感谢与我们合作的编辑人员，他们细致耐心的工作使本书能够顺利出版。

还有很多人与我们分享了对虚拟化和云计算的理解，阅读了本书的审阅稿，并提出了宝贵的意见，在此特别感谢。

最后，感谢家人对我们一如既往的支持，他们是我们努力工作和快乐生活的动力源泉。

免责声明

读者在阅读本书内容之前，应仔细阅读本声明。凡以任何方式阅读或直接、间接使用本书内容者，均视为对本声明全部内容的认可和接受。

1. 本书所有内容仅代表本书作者的个人观点，与IBM公司的立场无关。IBM公司不对本书内容的准确性、可靠性或完整性提供任何明示或暗示的保证。对于任何因直接或间接采用、转载本书内容而造成的损失，本书作者和IBM公司均不承担责任。

2. 本书作者或IBM公司对本书所引用资料的版权归属和权利的瑕疵情况不承担核实责任。如任何单位或个人认为本书涉嫌侵犯其合法权益，应及时向本书作者提出书面意见并提供相关证明材料和理由，本书作者在收到上述文件后将采取相应措施。

3. 本书所引用的资料涉及到了非IBM公司产品，这些资料是从相应产品供应商所提供的说明或其他可公开获得的资料中获取的。本书作者或IBM公司没有对这些产品进行测试，也无法确认其性能的准确性、兼容性或任何其他关于非IBM公司产品的声明。有关非IBM公司产品的性能等问题应当向这些产品的供应商咨询。

4. 本书所引用资料的作者不因本书的引用行为而与本书作者或IBM公司之间产生任何关系或关联。

5. 本免责声明以及其修改权、更新权及最终解释权均属本书作者所有。