

A Practical Guide to Cloud Computing:

Strategy Blueprint and Technical Architecture

云计算实践之道

战略蓝图与技术架构

「虚拟化与云计算小组」 编著



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

A Practical Guide to Cloud Computing:

Strategy Blueprint and Technical Architecture

云计算实践之道 战略蓝图与技术架构

• 主审：陈 滢

• 著者：『虚拟化与云计算小组

王庆波 金 津 何 乐 赵 阳 邹志乐 吴玉会

杨 林 田瑞雄 谢苏苏 操保华 王 仕

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书着眼于云计算的战略蓝图与技术架构，对云计算的具体实践进行系统地探讨：首先介绍云计算的基本概念、特征与分类、本质与优势以及其产生的原动力；接着从战略角度展示云计算在各个行业中的应用与价值；在此基础上梳理云计算使用者与提供商在实施时的一般方法与步骤；随后从技术角度描述云计算的架构层次以及其中的关键技术与挑战；最后介绍业界主要云计算提供商的相关产品及特点。本书体系完整、内容丰富，紧扣云计算发展的前沿，是一本指导云计算实践与落地的佳作。

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

云计算实践之道：战略蓝图与技术架构/虚拟化与云计算小组编著. —北京：电子工业出版社, 2011.1

ISBN 978-7-121-11676-6

I. ①云… II. ①虚… III. ①计算机网络 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第164331号

策划编辑：郭立、刘皎

责任编辑：高洪霞

特约编辑：顾慧芳

印 刷：三河市鑫金马印装有限公司
装 订：

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：720×1000 1/16 印张：20.5 字数：311千字

印 次：2011年5月第2次印刷

印 数：5001~8000册 定价：35.00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zlt@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

推荐语1

毋庸置疑，云计算正推动着信息技术向社会化、集约化和专业化加速转型。云计算促进了信息技术多条产业链之内和之间的资源聚合、信息共享和协同工作，为我们通往面向服务的计算时代开辟了全新的道路。云计算同样促进了“核心简单，边缘丰富”的互联网向“网络丰富，边缘简单，交互智能”的云计算中心的演化。而且通过软件的动态重用和柔性重组，云计算中心支撑了服务流程的优化与重构并提升了资源的利用效率。

与该团队的前一本书《虚拟化与云计算》相比，《云计算实践之道》更进一步反映了云计算在这一年间的变化和发展。尤其值得一提的是，该书涵盖了鲜有涉及但又至关重要的行业实践内容，这就使本书与市场上其他相关书籍明显区别开来了。本书既包含云计算战略分析，也有具体的实施步骤；既提供了一套完整、翔实的云计算方法论，也可以作为实践中的宝贵模版。希望读者们能以这本书为基础，绘制出云计算的美好蓝图。

李德毅 院士
中国工程院

推荐语2

IBM Global Technology Services (GTS) has made significant investment in the Cloud domain to help the China market understand and utilise the power of cloud computing technology. Many clients have already deployed IBM cloud offerings to transform their IT delivery infrastructure and influence their Business outcomes. The results of these cloud projects will typically shorten IT delivery times, increase systems flexibility and align costs more precisely to business outcomes.

I recommend this book to you to help explore these ideas and understand how cloud technology and solutions can be used to help achieve your business objectives.



Bernard Elharrar
General Manager, Global Technology Service
IBM Greater China Group

推荐序

当前，信息技术已经深入到各行各业，并在提升人类管理地球智慧的过程中发挥着基础性的作用。信息技术自身同样需要变得更加智慧来应对复杂的世界，“云计算”则代表了信息技术当前发展的新阶段。从宏观的角度来看，这也是经济发展规律的必然结果。社会经济从最开始的自给自足状态，渐渐发展到社会分工和标准化的出现；然后随着规模的扩大，产业链进一步细分和重组，用户可以获得丰富多样的、高度可定制的服务和产品。信息技术也是一样，用户将逐渐告别自己购买设备，自主开发和管理的阶段，转而采用云计算技术来获得更加高性价比和个性化的信息服务。

什么是云计算？不同的人从不同的角度来看，说法不尽相同。我们认为，就社会发展对信息技术的需求来看，云计算本质上就是面向减少初期投资、降低运营成本、实现规模效益、产生新创价值等需求而在计算技术和商业模式上的创新发展。云计算契合了当前信息系统发展的新需求，将成为大规模的智慧解决方案中的基础性信息技术，并在支持信息系统基础架构、组建操作平台、开发运行新型应用等方面提供集成的、便捷的、快速的手段。

经过近几年的发展，云计算作为智慧信息技术的重要组成部分，得到了产业界和学术界的高度关注。各大公司投入大量资源研究和开发云计算产品，而各行各业的用户也在纷纷关注、甚至已经开始采纳云计算，从而实现传统的信息服务和产品向云计算模式的转型。学术会议纷纷增加了云计算专题，一些高校也增设了云计算相关课程。这一切都极大地推进了云计算的发展。

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，在新技术的研究与应用领域一直的世界前沿。IBM中国研究院从产业和学术的双重视角，在云计算领域从事了多年的研究工作，积累了丰富的经验。主要研究成果包括中小企业的公共服务云，大规模的资源管

理云，分析优化云以及云计算和物联网的有效整合等。中小企业的公共服务云为服务提供商、运营商提供低成本、高效率、可扩展及高安全性的运营环境，帮助中小企业加快业务创新的步伐；大规模的资源管理云旨在高效地进行资源管理和优化，让广大用户更快捷、更经济地享受到信息技术创新带来的便利；分析优化云服务从企业累积的数据中发掘出深刻的认知和洞察，进而能够有效地将数据和分析结果在企业内部或更大范围内共享，产生更大的价值；云计算与物联网紧密结合，可以实时、快速地分析和处理物联网产生的海量数据，从而帮助人们做出更准确的判断和预测，产生更有效的决策。

云计算将对信息产业产生深远的影响，然而目前国内系统介绍云计算实践的书籍还相当缺乏。继去年成功出版《虚拟化与云计算》一书之后，作者团队应邀再次撰写完成新作《云计算实践之道——战略蓝图与技术架构》。该书全面地介绍了云计算的行业应用、实施步骤及最新技术进展，更进一步融入了我们在相关领域的合作与实践经验，希望此书能帮助大家更好地理解云计算。



李实恭 博士

IBM中国研究院院长

IBM大中华区首席技术官

作者序

在我们写这则作者序时，《云计算实践之道—战略蓝图与技术架构》的撰写已接近尾声，整个创作历程真是耐人回味。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，我们更加坚信它将会在不远的将来为数据中心的的管理带来深刻变革。怀着这样的理想和憧憬，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如何使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和产业界的标准。我们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的过程，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，目标是简化计算、存储甚至应用等IT资源的使用，用户只要连上网络即可方便地使用，并按量付费。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的舞台，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，我们在2009年10月写作完成了小组的第一本专著《虚拟化与云计算》，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。该书在2009年“第一届中国云计算研讨会”上举行了新书首发仪式，并于2010年3月在台湾地区出版了该书的繁体修订版《云端策略》。

在《虚拟化与云计算》和《云端策略》出版以后，我们通过各种渠道收到了很多读者的积极反馈，也得到了很多鼓励。在此后的一年里，“云计算”这个概念可以说是越来越热，并且被提升到了国家战略的层面，我们也受邀在全国的十几所高校进行了相关的技术讲座，还接受了媒体的采访。在与业内同行、高校同学和读者网友们进行交流的时候，我们发现，大家的大量问题集中在云计算的实践领域，比如：“云计算对我所在的行业有什么好处？”“我如何规划及实施云计算？”“采纳云计算的风险在哪里？”等等。现有的书籍无法完全解答，我们需要进一步的积累与思索。

如何能够更好地回答读者们提到的上述问题，成为我们肩负的一份责任，也促使我们在研究中用心思考、专心积累。在这一年中，有几位新同事加入了IBM中国研究院虚拟化与云计算研究部，给团队注入了新鲜的血液；我们开发了新的技术及原型系统，参与了全球技术团队的云计算产品策划与研发；我们与销售部门、服务部门配合参与了多个云计算客户实施项目；我们与几所高校共同设立了云计算的合作科研。我们分别获得了IBM全球研究贡献奖和IBM全球研究杰出贡献奖；《虚拟化与云计算》获得了51CTO 2009年最受读者喜爱的IT原创图书奖，我们也因此书获得了电子工业出版社2009年优秀作者奖；与此同时，我们不断地积累经验并整理思路，并于今年春季开始创作这本

《云计算实践之道—战略蓝图与技术架构》，并邀请IBM全球技术服务部门的资深专家王仕加入我们的写作团队。

本书着力从战略蓝图、实施路线、技术架构等方面为读者解答云计算的各类问题。在《虚拟化与云计算》的基础上，我们加深阐述了我们对于云计算本质及优势的理解，增加了云计算的行业实践，以及云计算的实施两大部分内容，从而解答读者对于云计算的收益、实施场景、实施方法以及实施要点等问题。同时，在过去的一年中，云计算无论从技术上还是从产业上都发生了非常大的变化，又有大量新的产品和技术涌现出来。为此我们更新了云计算的技术架构、关键技术、技术挑战、业界动态等几个章节，力图为读者反映云计算在学术界、产业界的最新动态。

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。在拿到印刷前的最后清样之时，整个创作团队兴奋不已，又一部凝聚了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。希望读者们能够从书中获得对于云计算的清晰、实用、有指导性的认识。为了能把这些内容及时展现给读者，成书难免仓促，如有遗漏和纰误，请各位专家和读者不吝指教。

值此IBM中国研究院建院15周年之际，我们也把本书作为一份礼物献给我们的研究院。祝我们的研究院秉承严谨的研究作风、开拓创新的态度、坚持解决现实问题的工作准则，迎接更加辉煌的未来。

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，云计算正是在这样的背景下应运而生的。

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，人们也常常引用这个例子，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，从而实现规模化经济效应。人们只需远程租用这些共享资源，从而消除企业为了使用信息技术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。

云计算是这种构想的代名词，它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。

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实施方法和步骤的书却是寥寥无几。本书作为第一本介绍云计算实践的图书，正好弥补了这一空白，为对云计算感兴趣的读者讲述相关的知识、理论和案例。

本书前3章着重介绍云计算的概念、行业应用和实施方法，后3章着重介绍云计算的架构、技术和业界动态。下面简要介绍一下各章的主要内容。

第1章对云计算进行了概述。首先从四个典型案例出发，介绍了云计算的概念，对云进行分类，针对云计算与其他相关概念进行了辨析以加深读者的理解；接着介绍了云计算的本质以及带来的好处；随后讨论了云计算产生的原动力；最后论述了云计算对相关产业带来的变革。

第2章包含了一系列云计算的行业实践，即云计算在各个行业中的应用场景。我们重点介绍云计算在政府、银行、电信、物流、医疗、制造、互联网、教育等八个行业中的运用，分别讨论了每个行业对于信息服务需求的特点，以及云计算在该行业的典型使用场景。希望能够帮助读者认识到云计算如何在一个行业中发挥出其力量。

第3章介绍了云计算的实施。首先将需要实施云计算的角色类型分为云计算的使用者和云计算的运营者两类，随后介绍了两类的实施步骤：规划、实施、运维。希望读者通过这一章的阅读，能够根据自己的需求构建实施云计算的可行性评估和执行方案。

第4章从云计算的体系架构的角度来对云计算技术和产品进行分类。本章首先定义了云架构的三个层次：基础设施层、平台层、应用层；对于基础设施层和平台层，分析了每个层次的核心功能和技术，并通过服务示例加深读者对每个层次的理解。对于应用层，分析了应用架构形式，以及基本的应用类别的特征和示例。

第5章在参阅了众多参考文献的基础上讨论云计算的关键技术与面临的挑战。对于每一个关键技术，如快速部署、资源调度等，都介绍了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6章介绍了云计算的业界动态，主要涉及几个领先的云计算厂商，包括IBM、Amazon、Google、Salesforce.com、Microsoft等，以及较成功的开源云计算产品。本章概要地介绍了每个厂商的云计算产品线，并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一个总体的认识，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本书的参考文献和索引。有兴趣的读者可以通过它们获取更多的云计算知识和资料。

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护人员，您将更深刻体会到云计算技术为企业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，认清信息技术发展的大脉络，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云计算的理解，获得您所期待的信息。

致谢

《云计算实践之道—战略蓝图与技术架构》这本书，从构思、写作、修订到出版，得到了许多同仁的无私帮助，在此要对他们致以最衷心的感谢。

首先感谢IBM中国研究院良好而宽松的研究氛围，能让我们在科研工作之余，抽出时间完成本书，这种以创新为本的研究氛围也激发了我们很多灵感。同事们的鼓励和鞭策激励着我们迎接更大的挑战。

本书在写作过程中得到了IBM中国研究院内多位同事的帮助：王健、孟繁晶参与并创作了企业云计算实施的战略规划与转型方面的内容；王浩、刘亮所领导的团队帮助我们了解了数据中心管理方面的知识；孙伟、郭常杰和高波分享了软件即服务和多租户技术；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；感谢多年来一直和我们在一起工作的吴朱华、晋普、温志广、陈靓、梁小川、张大伟、何铜、陈美清、王炳强等，以及多位访问学生，他们的创新激情给我们带来了活力；感谢袁媛、汤竹、张晓敏在出版流程上的大力协助。

本书作者在多年的工作中一直与IBM大中华区的其他部门有着深入的合作，这些合作让我们加深了对行业领域的认识。感谢IBM全球技术服务部的多位同事帮助我们了解了很多云计算实践案例、以及网络架构模式和数据中心构建方面的经验。感谢IBM全球业务服务部的咨询专家与我们分享关于云计算提供商战略规划的真知灼见。感谢IBM系统与科技部的实施专家与我们分享虚拟化与云计算的实施步骤以及云计算对硬件架构的需求等。

感谢多年来和我们一起工作的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行业认知，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，WebSphere性能分析团队，以及云平台研发团队；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、TSAM、ITM、TADDM研发团队；软件部DB2品牌的DB2器件研发团队；系统与科技部的Director/Ensemble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我们一直走在时代的前沿。

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、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力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的非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，无法确认其功能、性能、兼容性，也无法确保该产品完全具备声明的其他特性。

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。

目 录

CONTENTS

第1章 云计算概论.....	001
1.1 云计算的概念.....	002
1.1.1 走近云计算	003
1.1.2 云计算的定义.....	007
1.1.3 云计算的分类.....	012
1.1.4 相关概念辨析	018
1.2 云计算的优势	022
1.2.1 优化产业布局.....	022
1.2.2 推进专业分工.....	024
1.2.3 提升资源利用率	025
1.2.4 减少初期投资	027
1.2.5 降低运营成本	029
1.2.6 产生新创价值.....	030
1.3 云计算产生的原动力	030
1.3.1 芯片与硬件技术	033
1.3.2 资源虚拟化	034
1.3.3 面向服务架构.....	034
1.3.4 软件即服务	035
1.3.5 互联网技术	036
1.3.6 Web 2.0技术	037
1.4 云计算带来的变革.....	038
1.4.1 大势所趋的转型	038
1.4.2 新兴的产业链.....	040
1.5 小结.....	045