

YUNJISUAN
ZAI DAXING QIYE ZHONG DE YINGYONG



云计算

在大型企业中的应用

沐连顺 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

YUNJISUAN
ZAI DAXING QIYE ZHONG DE YINGYONG

云计算

在大型企业中的应用

沐连顺 主编

 中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书共分 11 章,从云计算的概念入手,以电力企业中的云计算作为分析对象,提出电力企业对云计算的整体认识和落地实现的规划,进而提出资源池的概念定义和成熟度模型。通过分析资源池的相关技术和电力企业资源池设计方案,向读者介绍电力企业对资源池的理解和实现的有关认识。通过云计算在大型企业中的发展实例,可使读者对云计算有一个完整的认识。

本书可作为 IT 服务培训、咨询的参考用书,也可供对云计算感兴趣的读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

云计算在大型企业中的应用/沐连顺主编. —北京:中国电力出版社, 2014.5

ISBN 978-7-5123-3393-0

I. ①云… II. ①沐… III. ①计算机网络—应用—企业管理 IV. ①TP374.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 007488 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 5 月第一版 2014 年 5 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 17.25 印张 301 千字

印数 0001—3000 册 定价 68.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

《云计算在大型企业中的应用》

编写人员名单

主 编 沐连顺

副主编 吴国良 毕 巍 杨 宁

参 编 桂 胜 杨永艳 王勇刚 雒宏哲

梁宝庆 潘雷鸣 凌 智 冯 鹏

序



2006年8月9日，Google首席执行官埃里克·施密特（Eric Schmidt）在搜索引擎大会首次提出“云计算”（Cloud Computing）的概念，从此揭开了信息化领域一个全新的篇章。在那个时代，“云”还是一个美好的愿景，相关配套技术还没有成熟。互联网企业以“敢为天下先”的精神，经过五六年努力，逐步让大家看到“云”如何才能落地。但在企业网领域，由于异构环境的种类繁多复杂，实现“云”的难度远高于互联网企业，所以大型企业私有云的建设相比互联网企业存在很大的滞后。

欧美国家的商业环境相对成熟，至2010年各类“公有云”服务开始雨后春笋般出现，企业从公有云购买“云服务”成为首选。而在国内，由于环境的滞后，包括安全顾虑等因素，迟至2010年国内大型企业才开始“云计算”的试水。国家电网公司就是国内首批尝试“私有云”建设的大型央企之一。经过近三年的努力，我们终于欣喜地看到从PaaS层的“统一开发平台”到IaaS层的“硬件资源池”开始初具规模；同时，在分布式存储池、企业高端存储池、网络池、平台软件池、可视化平台服务、GIS平台服务和企业SaaS服务等领域在做技术储备。

国家电网公司的“云计算”战略和实践，虽然在国内不是最早成型的企业“私有云”，但让我们耳目一新的地方在于他们不仅在PaaS层面进行了“统一开发平台”勇敢尝试，同时在IaaS层面的“软硬件资源池”建设也给大家带来新的启迪：他们不再仅仅停留在服务器虚拟化层面，而是真正在实践把基础架构从应用系统束缚中解放出来。这条道路对于企业“私有云”必然是艰辛而漫长的，但是一朝成型肯定会给整个行业带来基础架构革命性的应用方式。

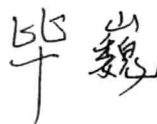
难能可贵的地方在于，电网企业愿意把自己的规划和实践经验向社会公众开放，给其他有志于此的大型企业带来理念与经验的分享，给国内企业“私有云”建设添砖加瓦，让一个企业的经济效应充分转化为社会效应。

博思软件（BMC Software）公司作为国际上专注于数据中心领域的平台软件和咨询厂商，在“云计算生命周期管理（cloud lifecycle management）”和“软

件定义的数据中心（software defined data centre）”前沿阵地拥有独特的视角和专业能力，我们愿意把自己多年沉淀积累的经验和解决方案无私奉献给国内广大企业，共同推动国内企业“私有云”建设迈入发展的快车道，在基础架构领域带来一场革新，帮助我们国家的各类企业用最短时间缩短与欧美国家“私有云”领域的差距。

在此，我们衷心预祝《云计算在大型企业中的应用》成功出版发行！同时也对电网企业的无私奉献精神表示崇高的敬意！

博思软件（BMC Software）北亚区首席顾问

Handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters '毕' and '巍'.

2013 年 12 月 10 日

自序



笔者写成此书之时，中国云计算已经经过了从2010年到2013年的高速发展期，进入了技术的攻坚阶段和成果应用的深水区。在这几年的发展间，期望、热情与泡沫同在。表面上，“云计算”三个字风光不再——论坛上不再是满篇讨论云计算的帖子，云计算概念不再是申请课题的利器，行业专家对云计算未来发展的预测失去了兴趣，但人们开始意识到云计算给最终用户带来简单和方便。人们不再着迷于云计算光鲜亮丽的外表，而是开始盘算建设云计算的投资回报率和背后的风险。这些并不代表云计算的衰败，反而是云计算的建设者和用户走向成熟和理性的标志。云计算的理念已经深入人心，共享、简单获取、弹性成为人们共同认可而又共同期待的价值。当人们意识到真正的“云计算”是一个可以实现的美好梦想，就会脚踏实地，从基础建设开始走过艰辛的初级阶段。

时间如大浪淘沙，一大批打着云计算旗号的服务供应商站起来又倒下去，政府大力投资的云计算项目也落入“叫好不叫座”的境地，中国公有云的建设似乎陷入了低谷。但与此同时，企业私有云的建设却蓬蓬勃勃地开展起来。中国云计算之路，将是以私有云带动公有云、最终走向混合云的道路。

当人们认识到云计算带来的首先是意识形态和行为模式的革命，然后才是技术和工具的革命；当资源池的建设者们不再纠结于为什么虚拟化平台比硬件还贵、资源池管理系统和虚拟化管理工具到底有什么差异，转而开始关注资源池支撑了多大比例的企业应用、关注资源池今年为企业节省了多少开支的时候，这将是云计算在企业中落地的真正开端。

本书编写团队2012年组建，大部分编者经历了国家电网公司资源池从无到有的过程，从起初的摸着石头过河到如今本书的出版，资源池架构体系逐渐清晰。对比互联网企业相对统一的资源结构，大型企业的资源结构种类多，受长期信息化建设中的遗留资产影响，云资源池建设中需要更多考虑资源结构复杂性、服务的业务应用形式多样性带来的问题。本书抛砖引玉，以期提供一个适合国内大型企业建设云资源池的参考实例，希望可以为推动云计算在大型企业中的快速发展献一份力。

对本书的编写团队来说，编写过程也是建设大型企业资源池经验教训的梳理过程，在网络虚拟化新技术应用、资源柔性化及弹性调度、虚拟化环境安全防护等领域经历了理解、摸索、实践、总结，既辛苦又充满了乐趣。经历了这些过程，我们的团队更加成熟了，对新技术的理解也更加深入了，本书尝试总结了很多新技术与现有环境的结合应用，希望可以给致力于资源池建设的同行们一些借鉴和启发。

本书在编写过程中，尽可能地照顾到不同层次不同专业的读者，力求给读者提供完整、正确和深入的云计算知识，使之成为大型企业信息化系统管理者、建设者、维护者的日常工作的案头参考书。在大型企业中建设综合性云资源池是一个实践与探索的过程。由于时间仓促，书中难免有疏漏和不当之处，在此敬请读者批评指正。

编 者

2013 年 12 月 11 日

前言



若干年前云计算已经成为当前时代的主题，国外互联网巨头更是把云计算从“基础架构即服务（IaaS）”、“平台即服务（PaaS）”到“应用即服务（SaaS）”等三个领域实现了落地，国内互联网巨头在过去两年也迎头赶上。但在企业私有云领域，由于基础架构的复杂性和异构种类的繁多，比之互联网企业的进展缓慢很多。

国家电网公司从 2010 年开始，通过研究互联网企业的成功经验，同时结合企业自身的特色，展开了企业私有云的研究和落地实践。经过三年的摸索和努力，终于在 2013 年度推出了自身私有云在“基础架构即服务（IaaS）”领域的落地——云计算资源池^❶。本书即是基于上述背景，通过总结提炼电力企业在云计算资源池领域相关实践，系统阐述了这个领域的前沿技术和电力企业的实践内容，希望给国内大型企业提供参考意见。

本书在总结资源池概念和实现方式的基础上，首次系统性地提出了云计算资源池的定义和其在云计算中的定位，概要描述了资源池相关的前沿技术，资源池成熟度模型、设计和运营管理，云资源池管理系统等内容。本书首次提出了资源池与虚拟化的关系和差异，以及资源池建设和核心设计理念。本书旨在通过总结电力企业在资源池建设中的经验和教训，为其他大型企业的云计算资源池建设和基础架构转型提供方法和指引。

本书从 2012 年 12 月开始筹划，到 2013 年 12 月定稿，一共历时近一年。这期间除了中电普华公司所投入的巨大人力、物力和财力，业内众多单位给予了我们极为重要的支持。在本书付梓之时，特表示最诚挚的感谢。

感谢 VMware、华为、思科、IBM 和 HP 的技术团队，对本书的撰写提供很多参考意见和技术资料。特别感谢 BMC 公司技术团队提供了全程的支持，尤其是全书核心观点和框架的指导和撰写工作。

❶ 云计算资源池，是“基础架构即服务（IaaS）”的一种实现方式，具体定义请参考 2.1 节。

即便我们竭尽全力，即便我们获得上述这么多单位和个人的热忱帮助，我们深知我们的作品仍有诸多不完善之处，我们会基于电力企业云计算的实践，在未来不断更新本书内容，争取将相关内容成系列出版，为广大国内企业的云计算之路提供电力企业的经验与教训！

编 者

2013 年 12 月

目 录



序
自序
前言

1 云计算概述	1
1.1 云计算的演进过程	1
1.2 云计算的概念和价值	10
1.3 云计算的现状和趋势	15
2 资源池在云计算中的定位和价值	20
2.1 资源池的概念和价值	20
2.2 资源池在云计算中的定位与价值	23
2.3 资源池在电力云中的定位与价值	24
3 资源池关键技术	30
3.1 X86 服务器虚拟化	30
3.2 小型机虚拟化	37
3.3 存储虚拟化	46
3.4 网络虚拟化	51
3.5 分布式存储	58
3.6 大二层网络	68
4 电力云资源池概述	77
4.1 企业为什么需要资源池	77
4.2 资源池应具备的能力	79
4.3 资源池技术要求	85

4.4	资源池投资回报分析	87
5	电力云资源池基础架构	94
5.1	资源池总体架构	95
5.2	资源池服务器域架构	101
5.3	资源池存储域架构	124
5.4	资源池网络域架构	132
5.5	资源池其他配套设施	137
6	应用入池	139
6.1	应用入池分析	139
6.2	应用入池设计	140
6.3	应用入池实施	144
6.4	应用入池示例	148
6.5	总结	152
7	资源池管理系统	154
7.1	资源池管理系统能力目标	154
7.2	资源池管理系统业务模型	157
7.3	资源池管理系统关键技术	165
7.4	资源池管理系统部署模式	185
7.5	基于角色的资源池统一工作台	186
8	资源池运营管理	195
8.1	传统数据中心的运营和理论框架	195
8.2	资源池数据中心的运营管理模式	198
8.3	资源池数据中心岗位变化	203
9	资源池带来的安全挑战和应对措施	205
9.1	资源池建设带来的挑战概述	205
9.2	网络环境应对策略	217
9.3	虚拟化系统自身安全的应对策略	223
9.4	云化后的数据安全	239

9.5	资源池管理平台的应对策略	244
9.6	安全基线的保持与管理	246
9.7	安全与代价的平衡	249
10	案例分析	251
10.1	某大型保险集团	251
10.2	某大型国有银行	252
10.3	某电信运营商	253
10.4	某电信设备制造商	254
10.5	电信运营商某省分公司	255
10.6	某互联网企业	256
11	资源池应用前景展望	258
11.1	技术发展趋势	258
11.2	行业应用展望	259
	参考文献	261

云计算概述

很少有一种概念能够像“云计算”这样，在短短两三年的时间内对信息技术行业产生如此巨大的冲击。Google、Amazon、IBM 和微软等传统 IT 巨头们都把云计算看作决定未来成败的“战略高地”，以前所未有的速度和规模推动云计算技术和产品的普及。中国本土的 IT 企业在本轮 IT 产业浪潮中充分认识到了云计算对未来信息技术可能的影响力，纷纷推出自己的云战略。与此同时，众多大型企业也开始通过构建企业私有云来解决企业信息化进程中遇见的各种问题。

几年前支持者和反对者还在喋喋不休地争论，而如今业界已对云计算高度认同。那么到底什么是云计算？云计算是如何产生的？它有哪些价值？发展现状特别是在大型企业中的应用现状如何？本章将分析这些问题，目的是帮助读者对云计算形成一个初步的认识。

1.1 云计算的演进过程

本节从云计算三层服务和虚拟化技术两个维度对云计算的演进过程进行阐述，从而进一步说明云计算的发展是社会经济和需求的推动、技术的进步以及商业模式转换共同作用的结果。

1.1.1 云计算服务的演进过程

根据美国国家标准与技术研究院（national institute of standards and technology, NIST）的定义，当前云计算服务可分为 3 个层次，分别是：基础设施即服务（infrastructure as a service, IaaS）、平台即服务（platform as a service, PaaS）和软件即服务（software as a service, SaaS）。云计算的发展也可以分别从这 3 个层次来观察。云计算服务类型如图 1-1 所示。

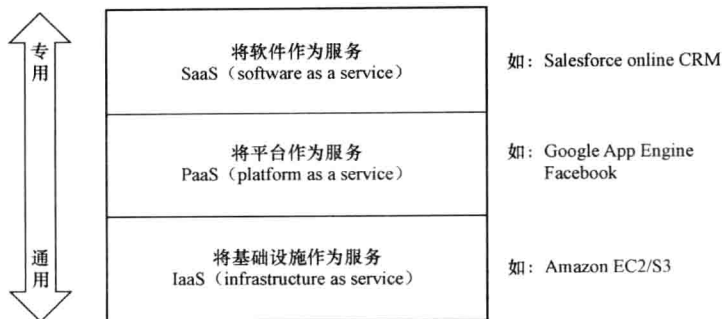


图 1-1 云计算的服务类型

1. 亚马逊——“基础设施即服务”的领导者

在基础设施即服务领域，消费者使用“基础计算资源”，例如，处理能力、存储空间、网络组件或中间件。消费者能掌控操作系统、存储空间、已部署的应用程序及网络组件（例如，防火墙、负载均衡器等），但并不掌控云基础架构。这一领域的典型厂商和产业霸主是总部位于西雅图的亚马逊。成立于 1994 年的亚马逊是一家跨国电子商务企业，公司业务起始于在线书店，是全球最大的互联网在线零售商之一，但这个电商巨头还有另外一项占据市场主导地位的业务——面向企业的公有云服务部门。

亚马逊的主营业务是 B2C (business to customer) 电子商务，用户流量并不是均匀分布在全球，在某些特定的时段（例如，圣诞节），流量会急剧攀升，所以亚马逊在 IT 资源的投资上会面临一个尴尬的局面——花大价钱购置的服务器、存储、带宽只是为了应对突发的高峰流量，而在其他大部分时间里，这些资源利用率可能都不到一半。在这种情况下，亚马逊设计了云服务 AWS (amazon web service)，这项服务主要是想把平时闲置的 IT 资源利用起来，有那么点“变废为宝”的意思。

2006 年 3 月，亚马逊发布了亚马逊简易储存服务 S3 (amazon simple storage service)。S3 通过 REST API 方式提供服务，应用程序开发人员使用这些 API 将图片、视频、音乐和文档等数字资产以对象的形式存储到亚马逊的服务器中，S3 是近年来十分火爆的云存储服务的开山鼻祖。

2006 年 8 月，亚马逊发布弹性计算云 (amazon elastic compute cloud, EC2) 的 Beta 版本。随后的两年内，亚马逊对 EC2 进行了持续的改进，添加了近十种实例类型和弹性块存储 (elastic block store, EBS) 等新的功能特性，并于 2008 年 10 月摘下 Beta 标签，正式对公众提供服务。随后的一年内亚马逊又为 EC2

添加了负载均衡、自动伸缩和性能监控等新的服务特性，此时 EC2 已经十分完善并将竞争对手远远甩在身后。

2011 年，亚马逊开始对公众提供 Oracle 数据库服务。

2012 年 12 月初，首届亚马逊云计算大会（AWS re:Invent 2012）在拉斯维加斯举行，会上亚马逊发布了数据仓库服务 Redshift 和数据集成服务 Data Pipeline。Redshift 是一个大规模并行数据仓库，能够简单快捷地分析上 PB 的数据，而成本只有传统数据仓库解决方案的十分之一。Data Pipeline 则用来在不同 AWS 计算与存储服务之间移动数据。另外，亚马逊还为海量数据分析服务定制了高内存 EC2 实例和高存储 EC2 实例。

在 2013 年 11 月的第二届云计算大会上，亚马逊发布了 WorkSpaces、AppStream 等新服务产品。WorkSpaces 是一套完整的云端桌面计算服务，借助这一服务，企业用户可以非常便捷地为终端用户提供基于云端的桌面体验，而不需要担忧采购或部署硬件以及安装复杂软件。WorkSpaces 将承担软/硬件管理与维护等所有繁重工作，保障企业用户可以关注于为终端用户提供高质量桌面体验。AppStream 是一套灵活、低延迟的流式云计算服务，开发者可以从云端流式传输高质量的视频到终端设备。借助这一服务，内容在云端渲染，而终端用户可以在自己的设备上享受到高清流畅且响应迅速的内容体验。

亚马逊 AWS 是目前公有云市场的最大服务商，为大中小各型数十万家企业提供了完整的云服务。Gartner 的数据显示，亚马逊 AWS 的市场占有率是其他 14 家主要公司总和的五倍。去年亚马逊 AWS 部门营收接近 40 亿美元。虽然无法与电商部门超过 600 亿美元的销售额相提并论，但亚马逊 CEO 杰夫·贝佐斯（Jeff Bezos）却预计，未来 AWS 将成为亚马逊最大的业务。

2. 谷歌、脸书——“平台即服务”的先行者

在平台即服务领域，消费者使用主机操作应用程序。消费者掌控运作应用程序的环境（也拥有主机部分掌控权），但并不掌控操作系统、硬件或运作的网络基础架构。平台通常是应用程序基础架构。这一领域的代表公司是谷歌（Google）。

在企业初创阶段，谷歌获得的投资有限，只能自己攒机，但是很差的机器不可能满足服务器的高性能和稳定性要求，于是只有在已有基础上提高可靠性，利用很多廉价设备获得更高的性能。这就有了云计算的雏形。可以说，云计算技术架构的建设升级完善贯穿了谷歌公司的整个发展历程。在 2006 年之前，谷歌就已经拥有了成熟完整的云计算技术架构，不仅在硬件网络方面应用了自己设计的机架架构、服务器刀片、数据中心、全球网络连接，也在软件系统方面开发完善了操作系统、文件系统 GFS、并行计算架构 MapReduce、并行计算数

数据库 BigTable 以及开发工具等云计算系统关键部件。提出“云计算”是一个水到渠成的自然过程。与其说“云计算”是谷歌包装出来的用于引导产业技术发展趋势的概念，不如说是谷歌对自身发展经验和技术积累的系统性总结。

Google 的平台即服务产品为 Google App Engine，这是一个开发、托管网络应用程序的平台，它在 2008 年 4 月发布了第一个 Beta 版本，最初只支持 Python 作为开发语言。2009 年 4 月，Google App Engine 开始增加对 Java 的支持，并可以通过扩展机制支持 Groovy、JRuby、Scala 和 Clojure 等基于 JVM 的开发语言。2011 年 7 月，Google App Engine 开始增加对 Go 语言的支持，Go 语言是 Google 创建的语言，它与 C 语言类似，但是添加了诸如动态类型、反射、垃圾回收等高级特性。2013 年 10 月，Google App Engine 开始支持 PHP，这是被这个平台所支持的第四种语言。

App Engine 应用程序易于构建和维护，并且可随着通信量和数据存储需求增长而轻松扩展。在使用 Google App Engine 时，不需要维护任何服务器，只需上传应用程序，它便可以为用户提供服务。目前，Google App Engine 上已有 25 万活跃开发者，注册应用数量达到 100 万，每天带来了 75 亿次页面点击、5000 万次 Cloud SQL 查询，以及每月 2 万亿次数据库操作。

平台即服务领域另一个重要企业是脸书 (Facebook)。早在 2007 年 5 月，Facebook 便推出 FB 平台，把一种混合式 PaaS——Social Operating System 对外开放，并鼓励第三方将应用放到 Facebook 上。FB 平台是多租户 PaaS，并且具备非常原始的可编程能力（通过 FBML 和 FQL）。尽管 FB 平台的技术相对单薄，对开发人员有诸多限制，但是由于 Facebook 的巨大影响力和平台的开放性，FB 平台还是在短时间内吸引了大量应用，尤其是社会化游戏，从而极大地推动了开放式 PaaS 平台模式的发展。由于 Facebook FB 平台的发布时间早于 Google App Engine，所以在某种意义上，Facebook 是平台即服务的鼻祖。

近年来，平台即服务已经与以往发生了很大改变。在过去，PaaS 被定义为与应用开发、测试和开发相关的平台。实际上，市场研究机构 IDC 将 PaaS 解决方案细分为 APaaS（应用平台即服务）、DPaaS（数据库平台即服务）、IPaaS（集成平台即服务）。目前，PaaS 正在与基础设施即服务 (IaaS) 一起发生着改变。如今我们已经难以区分 IaaS 和 PaaS 的界线。亚马逊 AWS、微软和 Google 等大部分云服务提供商都在提供 PaaS 和 IaaS 选项。此外，这些服务已经变得相互依存，这意味着它们已经成为了一个单一的平台。在未来某一时刻，我们将无法单独区分 PaaS 和 IaaS 的概念，至少对于大型服务提供商来说是这样。

这一技术的发展趋势正在变得日益清晰：PaaS 和 IaaS 将成为一个统一的