



工业和信息化普通高等教育“十三五”规划教材立项项目

计算机规划教材

COMPUTER

云计算基础教程

(第2版)

Cloud Computing

程克非 罗江华 兰文富 刘锐 编著

- 全面论述云计算的起源、架构等原理和技术
- 提供云计算主流解决方案，与实际应用场景相结合
- 以开源的云解决方案为主体，及时、准确反映最新成果及趋势



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材立项项目
教育计算机规划教材

COMPUTER

云计算基础教程

(第2版)

Cloud Computing

程克非 罗江华 兰文富 刘锐 编著



人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

云计算基础教程 / 程克非等编著. — 2版. — 北京:
人民邮电出版社, 2018.12
21世纪高等教育计算机规划教材
ISBN 978-7-115-47689-0

I. ①云… II. ①程… III. ①云计算—高等学校—教材 IV. ①TP393.027

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第001068号

内 容 提 要

本书介绍了云计算的基本概念、原理及实际应用,分为基础篇、技术篇、应用篇和实践篇4篇。主要内容包括:绪论、云计算架构及其标准化、云存储、云服务、虚拟化、云安全、云计算主流解决方案、云计算与移动互联网及物联网、云计算与大数据、高性能计算、虚拟化技术、分布式文件系统和云计算管理与服务等。

本书结合具体实例来讲解相关概念及原理,实用性较强,适合作为大学高年级和研究生云计算课程教材,也可作为云计算研究开发人员、爱好者的参考用书。

◆ 编 著 程克非 罗江华 兰文富 刘 锐

责任编辑 张 斌

责任印制 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

固安县铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 17.25

2018年12月第2版

字数: 440千字

2018年12月河北第1次印刷

定价: 55.00元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

很少有一种技术能够像云计算这样，从概念诞生之初就产生了巨大的影响。经过多年的发展和沉淀，它对信息和通信产业的吸引力仍旧没有减弱。Google、亚马逊、IBM 和微软等国际 IT 巨头以及国内大大小小的互联网企业都在以前所未有的速度和规模推动云计算技术和产品的普及，一些学术活动迅速将云计算提上议程，支持和反对的声音不绝于耳。从最开始的云盘、云桌面等云服务，发展到现在的超大规模数据中心，云计算正在真正发挥它的光和热，推动信息化技术不断发展。那么，云计算到底是什么？本书将从高性能计算开始，介绍云计算的开源技术实践。

本书第 1 版在经历了 4 个年头后，部分内容已经有些过时和不太实用，本次特对其进行了修订。

修订版保留了原书的基本结构，分为 4 个部分：基础篇、技术篇、应用篇和实践篇。

基础篇包含第 1 章绪论和第 2 章云计算架构及其标准化。简单介绍云计算的起源及其架构，同时对目前云计算中的标准化情况进行了较详细的说明。

技术篇包含第 3~6 章，主要是对云计算环境下采用和适应的技术（包括存储体系、服务体系、虚拟化技术、云桌面技术和云安全）进行全面介绍。

应用篇包含第 7~9 章。总结了目前市场上存在的主要商业云解决方案以及部分知名的开源解决方案，分析了云计算技术、移动互联网技术和物联网的关系及现状，最后详细介绍云计算和大数据之间千丝万缕的联系。

实践篇包含第 10~14 章，以开源的云解决方案为主体，从高性能计算开始，对云计算环境的基础构建进行了初步的建设尝试，以便为读者构建自己的私有云、企业云提供一定的启发和帮助。

本书中部分文字的输入、图的绘制及对书中测试样例进行上机验证的工作是由王楠、周谦、蔡泓、解万富等研究生完成的；本书的编写得到了 IBM 中国公司，重庆邮电大学计算机科学与技术学院、通信工程学院、教务处、网管中心和计算科学实验室等部门的大力支持。在修订版编制过程中，新加入的实验内容主要由陈旭东、邓先均、罗昭、文先芝、张航等人完成，部分实验用数据由贵州力创科技发展有限公司、贵州移动通信信令数据应用工程技术研究中心友情提供。因篇幅有限，其他单位和个人不再一一列出。在此谨向所有支持和参与本书编写、修订的单位和个人表示诚挚的谢意。

编者

2018 年 5 月

第一篇 基础篇

第1章 绪论.....2

- 1.1 云计算的概念与特征.....2
 - 1.1.1 云计算的基本概念.....2
 - 1.1.2 云计算的基本特征.....2
- 1.2 云计算的简史.....3
- 1.3 云计算的发展现状.....4
 - 1.3.1 市场规模分析.....4
 - 1.3.2 业务模式分析.....6
- 1.4 云计算的发展趋势.....17
 - 1.4.1 国内外总体发展趋势.....17
 - 1.4.2 云计算的未来发展方向.....18
- 1.5 云计算的适用条件.....19
 - 1.5.1 云计算的优势和带来的变革.....19
 - 1.5.2 云计算技术的优点.....23
 - 1.5.3 云计算技术的缺点.....25

本章习题.....25

第2章 云计算架构及其标准化.....26

- 2.1 云计算架构.....26
 - 2.1.1 云计算基础架构.....26
 - 2.1.2 阿里云和 Node.js.....28
- 2.2 云计算国际化状况.....30
- 2.3 云计算国内标准化状况.....33

本章习题.....36

第二篇 技术篇

第3章 云存储.....38

- 3.1 云存储的概念.....38
- 3.2 云存储技术简介.....39
 - 3.2.1 云存储的结构模型.....39
 - 3.2.2 云存储技术的两种架构.....41
 - 3.2.3 云存储的种类及适合的应用.....42

3.3 云存储技术的应用及其面临的问题.....44

- 3.3.1 云存储的应用领域.....44
- 3.3.2 云存储技术面临的问题.....45
- 3.3.3 云存储安全问题.....46
- 3.3.4 私有云存储.....46
- 3.3.5 个人云盘关闭.....48

本章习题.....48

第4章 云服务.....49

- 4.1 云服务概述.....49
 - 4.1.1 云服务简介.....49
 - 4.1.2 云服务的产生和发展.....49
 - 4.1.3 云服务的优缺点.....50

4.2 云服务的类型.....51

- 4.2.1 SaaS.....52
- 4.2.2 PaaS.....53
- 4.2.3 IaaS.....54

4.3 云部署模型.....56

本章习题.....56

第5章 虚拟化.....57

- 5.1 虚拟化技术简介.....57
- 5.2 虚拟化的意义.....58
- 5.3 虚拟化的架构.....58
- 5.4 虚拟化的业界解决方案.....59
 - 5.4.1 基于 VirtualBox 的虚拟化技术.....59
 - 5.4.2 基于 VMware 的虚拟化技术.....61
 - 5.4.3 基于 KVM 的硬件虚拟化技术.....62
 - 5.4.4 基于 Xen 的虚拟化系统.....63

5.5 云桌面.....64

- 5.5.1 虚拟桌面架构.....64
- 5.5.2 桌面云与传统 PC.....68
- 5.5.3 桌面云的实现方案.....69

5.6 网络虚拟化.....71

5.7 网络设备的虚拟化.....71

本章习题.....72

第6章 云安全.....73

6.1 云计算的安全问题.....73

6.2 云安全分类.....73

6.2.1 位置安全.....73

6.2.2 信息安全.....74

6.3 云安全的技术手段.....74

6.3.1 云安全框架.....74

6.3.2 数据安全.....76

6.3.3 应用安全.....76

6.3.4 虚拟化安全.....78

6.4 云安全的非技术手段.....79

本章习题.....80

第三篇 应用篇

第7章 云计算主流解决方案.....82

7.1 Google 云计算技术.....82

7.1.1 GCP.....82

7.1.2 GFS.....82

7.1.3 并行数据处理 MapReduce.....83

7.1.4 分布式锁服务 Chubby.....83

7.1.5 分布式结构化数据表 Bigtable.....84

7.2 Amazon 云计算方案.....84

7.2.1 简介.....84

7.2.2 AWS.....84

7.2.3 弹性计算云.....85

7.2.4 Amazon 简单存储服务.....85

7.2.5 数据库服务 SimpleDB.....86

7.3 阿里云云计算方案.....86

7.3.1 简介.....86

7.3.2 飞天操作系统.....87

7.3.3 盘古分布式文件系统.....88

7.3.4 伏羲分布式调度系统.....88

7.4 Oracle 云计算方案.....90

7.4.1 简介.....90

7.4.2 Oracle 云计算战略.....90

7.4.3 Oracle PaaS.....92

7.4.4 Oracle IaaS.....93

7.5 微软云计算 Microsoft Azure 方案.....93

7.5.1 简介.....93

7.5.2 微软云计算参考架构.....96

7.6 开源云计算解决方案.....96

7.6.1 Proxmox VE 简述.....96

7.6.2 OpenNebula 简述.....97

7.6.3 Hadoop 简述.....97

7.6.4 OpenStack 简述.....98

本章习题.....98

第8章 云计算与移动互联网、物联网.....99

8.1 云计算与移动互联网.....99

8.1.1 移动互联网的发展概况.....99

8.1.2 云计算助力移动互联网发展.....100

8.1.3 移动互联网云计算产业链分析.....102

8.1.4 移动互联网云计算技术的现状.....104

8.2 云计算与物联网.....105

8.2.1 物联网概述.....106

8.2.2 物联网与云计算的关系.....109

8.2.3 云计算在典型物联网行业中的应用.....111

本章习题.....116

第9章 云计算与大数据.....117

9.1 概述.....117

9.1.1 大数据的概念.....117

9.1.2 大数据发展概况.....118

9.1.3 大数据发展趋势.....119

9.1.4 云计算与大数据的关系.....121

9.2 大数据的应用.....123

9.2.1 大数据产业链.....123

9.2.2 大数据处理核心技术.....124

9.2.3 大数据应用领域.....128

本章习题.....131

第四篇 实践篇

第 10 章 从高性能计算开始133

10.1 对称多处理133

10.2 大规模并行处理机133

10.3 集群系统134

10.4 消息传递接口136

10.4.1 MPICH136

10.4.2 OpenMP138

10.5 集群系统的管理与任务140

10.5.1 XCAT 简介140

10.5.2 XCAT 的配置141

10.5.3 使用 XCAT 安装计算节点141

10.5.4 使用 XCAT 管理计算节点143

10.6 PBS144

10.6.1 PBS 的安装146

10.6.2 PBS 的配置146

10.6.3 PBS 的作业管理147

10.7 Maui149

10.8 Ganglia150

10.8.1 Ganglia 的安装150

10.8.2 Ganglia 的配置151

10.8.3 Ganglia 的资源监控151

10.9 Nagios155

10.9.1 Nagios 的安装156

10.9.2 Nagios 监控端的配置156

10.9.3 Nagios 被监控端的配置160

10.9.4 Nagios 的资源监控160

10.10 高性能计算的应用165

本章习题166

第 11 章 以虚拟化技术为前提167

11.1 VMware 虚拟机167

11.1.1 VMware 虚拟机的安装167

11.1.2 虚拟机的创建167

11.1.3 虚拟机的启动 (Ubuntu)168

11.1.4 ESXi 的配置与管理169

11.2 VirtualBox 的安装与配置173

11.2.1 VirtualBox 的安装173

11.2.2 虚拟机的创建174

11.3 Xen 的安装与配置174

11.3.1 Xen 的安装175

11.3.2 Xen 的配置177

11.3.3 资源分配177

11.3.4 虚拟机的创建与使用178

11.4 KVM 与 QEMU180

11.4.1 内核模块的配置与安装181

11.4.2 虚拟硬盘的创建181

11.4.3 资源的分配182

11.4.4 虚拟机的创建与启动182

11.4.5 虚拟机资源的重分配183

11.4.6 虚拟机的迁移184

本章习题185

第 12 章 以分布式文件系统为基础186

12.1 网络块设备186

12.1.1 网络块设备及其实现

GNBD186

12.1.2 GNBD 的配置187

12.2 HDFS188

12.2.1 HDFS 概述188

12.2.2 HDFS 的构建与配置189

12.3 GlusterFS191

12.3.1 GlusterFS 简介191

12.3.2 GlusterFS 的特点192

12.3.3 GlusterFS 的架构和工作
流程简介192

12.4 NFS193

12.4.1 NFS 简介193

12.4.2 NFS 的安装与配置194

12.5 LVM 和 RAID194

12.5.1 LVM 简介194

12.5.2 RAID 简介194

12.5.3 LVM 的创建195

12.6 LVM 环境下的 RAID197

12.6.1 将分区标识为 RAID 分区197

12.6.2 建立 RAID 设备及定义
RAID 盘197

12.6.3 格式化 RAID 设备.....198

12.6.4 让 RAID 设备在每次重启
都生效.....198

12.6.5 挂载 RAID 设备.....198

本章习题.....198

第 13 章 以管理为核心.....199

13.1 Libvirt.....199

13.1.1 Libvirt 简介.....199

13.1.2 Libvirt 的主要目标.....199

13.1.3 Libvirt 的主要功能.....199

13.1.4 Libvirt 的架构及
工作方式.....200

13.1.5 Libvirt 现在支持
的虚拟机.....201

13.2 Proxmox.....201

13.2.1 Proxmox 简介.....201

13.2.2 Proxmox 的使用方法.....202

13.2.3 Proxmox VE 4.0 简介.....204

13.3 OpenStack.....205

13.3.1 OpenStack 简介.....205

13.3.2 Fuel.....208

13.3.3 OpenStack 安装.....209

本章习题.....218

第 14 章 以服务为目的..... 219

14.1 云计算的服务..... 219

14.2 Hadoop 生态系统概述..... 220

14.2.1 Hadoop 的主要优点..... 220

14.2.2 Hadoop 的核心组件..... 221

14.3 Hadoop 平台构建..... 230

14.3.1 环境准备..... 230

14.3.2 安装 JDK..... 231

14.3.3 安装 Hadoop..... 231

14.3.4 在 Eclipse 上配置 Hadoop
开发环境..... 236

14.3.5 Hive 安装配置..... 240

14.3.6 HBase 安装配置..... 245

14.3.7 安装 ZooKeeper..... 246

14.3.8 Hadoop 集群配置 HA 高可用
集群（High Cluster）..... 248

14.4 WordCount 案例..... 252

14.5 DNS 解析案例..... 256

本章习题..... 263

结束语..... 264

参考文献..... 265

第一篇 基础篇

作者从 2002 年开始从事高性能计算的研究，那时的计算机还不能支持虚拟化技术，为了在 Linux 操作系统上运行 Windows 应用程序，费了不少精力。如 Wine，在 Linux 环境上加入 Windows 运行时库支持；反过来，在 Windows 上运行 Linux 应用程序则几乎不可能，除非使用源码重新编译。这些技术不能完全满足应用程序在同一个机器上的运行，直到虚拟化技术出现。虚拟化技术以在机器上直接虚拟操作系统需要的硬件环境的方式安装操作系统，通过宿主系统和虚拟系统之间的虚拟共享通道完成文件和信息的交换。但这样的技术在当时硬件落后的计算机上运行效率实在太低，很难真正应用。到了今天，硬件计算能力增强，主机的计算能力大多数都处于闲置状态，CPU 也从硬件层次提供虚拟化支持，我们何不考虑利用这种现状，特别是在教学实验和办公网络环境中，用集中的少量主机资源，通过降低用户端的计算资源，以瘦终端的方式来总体降低使用成本和节约能源呢？我们可不可以考虑将计算作为一种像水电一样的资源，按需提供给需要的用户呢？这些需求仅仅是虚拟化的支持是远远不够的，还需要大量的辅助技术才能完成，云计算由此产生。基础篇包含第 1 章绪论和第 2 章云计算架构及其标准化，将从云计算的基础以及发展现状开始，对目前开源环境下的虚拟化技术和云计算技术进行实践性介绍。本篇首先介绍云计算的起源和基础架构，再介绍云计算的标准化情况。希望通过这样的方式帮助有需要的读者了解云计算技术，轻松搭建自己的“私有云”环境。

1.1 云计算的概念与特征

1.1.1 云计算的基本概念

云计算 (Cloud Computing) 是在分布式计算 (Distributed Computing)、并行计算 (Parallel Computing) 和网格计算 (Grid Computing) 的基础上发展而来的, 是一种新兴的商业计算模型。它是在 2007 年第三季度由谷歌 (Google) 公司提出的一个新名词, 但仅仅过了半年多, 其受关注程度就超过了网格计算。

同时, 云计算容易与并行计算、分布式计算和网格计算混淆。云计算是网格计算、分布式计算、并行计算、效用计算 (Utility Computing)、网络存储技术 (Network Storage Technologies)、虚拟化 (Virtualization)、负载均衡 (Load Balance) 等传统计算机技术和网络技术发展融合的产物, 它旨在通过网络把多个成本相对较低的计算实体整合成一个具有强大计算能力的完美系统, 并借助 SaaS、PaaS、IaaS、MSP 等先进的商业模式把这强大的计算能力分布到终端用户手中。云计算的一个核心理念就是通过不断提高“云”的处理能力减少用户终端的处理负担, 最终使用户终端简化成一个单纯的输入/输出设备, 并能按需享受“云”的强大计算处理能力。

目前, 对云计算的认识还在不断发展变化中, 其定义有多种说法。现阶段广为接受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。

因此可以说, 狭义的云计算是指 IT 基础设施的交付和使用模式, 是指通过网络以按需、易扩展的方式获得所需的资源 (如硬件、平台、软件)。提供资源的网络被称为“云”。“云”中的资源在使用者看来是可以无限扩展的, 并且可以随时获取, 按需使用, 随时扩展, 按使用付费。这种特性经常被称为像使用水和电一样使用 IT 基础设施。

广义的云计算是指服务的交付和使用模式, 是指通过网络以按需、易扩展的方式获得所需的服务。这种服务可以是 IT 和软件、互联网相关的, 也可以是任意其他的服务。

1.1.2 云计算的基本特征

在 1.1.1 小节中参考了 NIST 制定的云计算的标准定义, 该定义指出了云计算“必

不可少”的5个特征,下面是这5个基本特征的含义。

(1) 自助式服务

消费者无须同服务提供商交互就可以得到自助的计算资源能力,如服务器的时间、网络存储等(资源的自助服务)。

(2) 无处不在的网络访问

借助不同的客户端通过标准的应用对网络访问的可用能力。

(3) 划分独立资源池

根据消费者的需求来动态划分或释放不同的物理和虚拟资源,这些池化的供应商计算资源以多租户的模式来提供服务。用户并不控制或了解这些资源池的准确划分,但可以知道这些资源池在哪个行政区域或数据中心,包括存储、计算处理、内存、网络带宽及虚拟机个数等。

(4) 快速弹性

快速弹性是一种快速、弹性地提供和释放资源的能力。对于消费者,提供的这种能力是无限的(就像电力供应一样,对用户是随需的、大规模资源的供应),并且可在任何时间以任何量化方式购买。

(5) 服务可计量

云系统对服务类型通过计量的方法来自动控制和优化资源使用,如存储、处理、带宽及活动用户数。资源的使用可被监测、控制及可对供应商和用户透明报告(即付即用的模式)。

云软件可充分借助于云计算的范式优势来面向服务,聚焦于无状态的、松耦合、模块化及语义解释的能力。

1.2 云计算的简史

追根溯源,云计算与并行计算、分布式计算和网格计算有着千丝万缕的关系,更是虚拟化、效用计算、SaaS、SOA等技术混合演进的结果。那么,几十年来,云计算是怎样一步步演变过来的呢?回顾云计算的发展历程,可以把云计算的发展简史划分为如下3个阶段。

1. 第一阶段

2006年之前属于发展前期,虚拟化技术、并行计算、网格计算等与云计算密切相关的技术各自发展,其商业化和应用也比较单一和零散。

1959年6月,克里斯托弗·斯特雷奇(Christopher Strachey)发表关于虚拟化的论文,虚拟化是今天云计算基础架构的基石。1997年,南加州大学教授拉姆纳特·切拉潘(Ramnath Chellappa)提出云计算的第一个学术定义,认为计算的边界可以不是技术局限,而是经济合理性。1999年,马克·安德森(Marc Andreessen)创建了第一个商业化的IaaS(Infrastructure as a Service,基础设施即服务)平台——Loud Cloud。2004年,谷歌(Google)发布MapReduce论文。Hadoop就是Google集群系统的一个开源项目的总称,主要由HDFS、MapReduce和Hbase组成。其中,HDFS是Google File System(GFS)的开源实现,MapReduce是Google MapReduce的开源实现,HBase是Google Big Table的开源实现。

2. 第二阶段

2006—2009年属于技术发展阶段,云计算、云模式、云服务的概念开始受到各个厂家和各个标

准组织的关注，认识逐渐趋同，并结合传统的并行计算、虚拟化及网格计算等业务，使云计算的技术体系日趋完善。

2006 年，亚马逊（Amazon）公司相继推出在线存储服务 S3 和弹性计算云 EC2 等云服务，Sun 公司推出基于云计算理论的“Black Box”计划。2007 年 11 月，IBM 公司首次发布云计算商业解决方案，推出“蓝云（Blue Cloud）”计划。2008 年 1 月，Salesforce.com 推出了按需应变平台 DevForce，Force.com 平台是世界上第一个平台即服务的应用。同年 9 月，谷歌（Google）公司推出 Google Chrome 浏览器，将浏览器彻底融入云计算时代。2009 年 11 月，中国移动的云计算平台“大云”计划启动。

3. 第三阶段

2010 年至今属于技术与应用得到高度重视和飞速发展的阶段。这一阶段非常重要的一点是云计算得到政府、企业的高度重视和逐步认同，其技术和应用得到了飞速发展。

2010 年 1 月，微软（Microsoft）公司正式发布 Microsoft Azure 云平台服务。2012 年，私有云、公共云、混合云以及开放云等所有类似云快速发展。SAP 已经为亚马逊 Web 服务（AWS）运行其商务智能应用程序提供了认证，让企业更灵活、更节省成本地使用这个应用程序和基础设施。欧洲核子研究中心使用 OpenStack 私有云解决大数据和效率低的难题。2016 年，微软宣布，由世纪互联运营的 Microsoft Azure 已正式支持红帽企业 Linux；脸书（Facebook）牵手微软，使用其 Office 365 应用。

1.3 云计算的发展现状

1.3.1 市场规模分析

1. 国际云计算发展状况

2016 年，全球公共云服务市场规模约 2086 亿美元，较 2015 年增长 17%。云计算市场年增长率已连续 4 年稳定保持 17% 左右的较高增长速度（见图 1-1，数据来源：Gartner）。

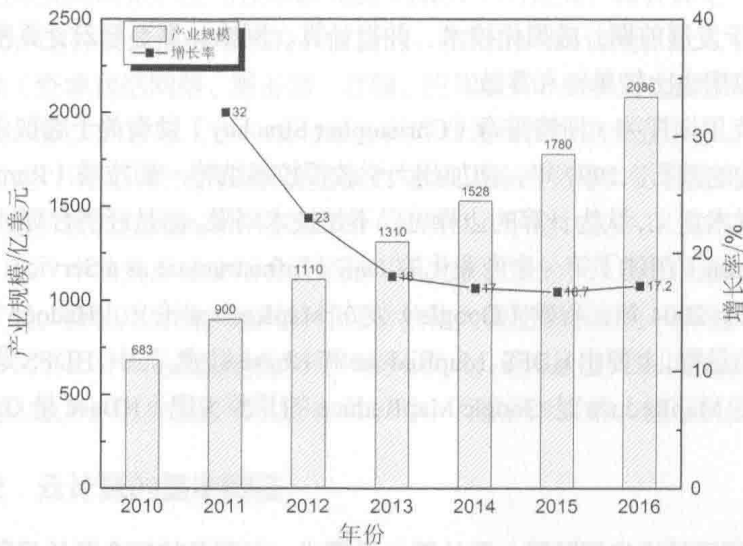


图 1-1 2010—2016 年全球公共云服务市场规模及增长情况

(1) 美国在全球云计算市场的领导地位进一步巩固

作为云计算的“先行者”，北美地区仍占据市场主导地位（见图 1-2，数据来源：Gartner）。2015 年，美国云计算市场占据全球 56.5% 的市场份额，增速达 19.4%，预计未来几年仍将以超过 15% 的速度快速增长。从服务商来看，亚马逊 AWS 2015 年收入近 79 亿美元，增速超过 50%，服务规模超过全球 IaaS 领域第 2~15 名厂商总和的 10 倍，数据中心分布于美国、欧洲、巴西、新加坡、日本和澳大利亚等地，服务全球 190 多个国家和地区。欧洲作为云计算市场的重要组成部分，以英国、德国、法国等为代表的西欧国家占据了 21% 的市场份额，近两年增长放缓，2015 年增速仅 4.2%，其中西班牙等国家出现负增长。2015 年，日本云计算市场全球占比为 4.2%，增速为 7.9%，预测未来几年增速会小幅上升，但仍低于北美国家。预计未来美国与欧洲、日本云计算市场的差距将进一步扩大。

AWS 作为全球无可置疑的云计算领导者，在营收绝对值遥遥领先于其他云计算厂商的情况下，依然保持了很高的增速，2015 财年营收同比增长 70%，营业利润同比增长 182%，2016 财年中报可以看到，AWS 营收同比增长 61%，达到 55 亿美元，营业利润同比增长 165%，达到 13 亿美元，从半年报的数据有理由推测，未来 AWS 依然会保持非常高的增速（见图 1-2）。

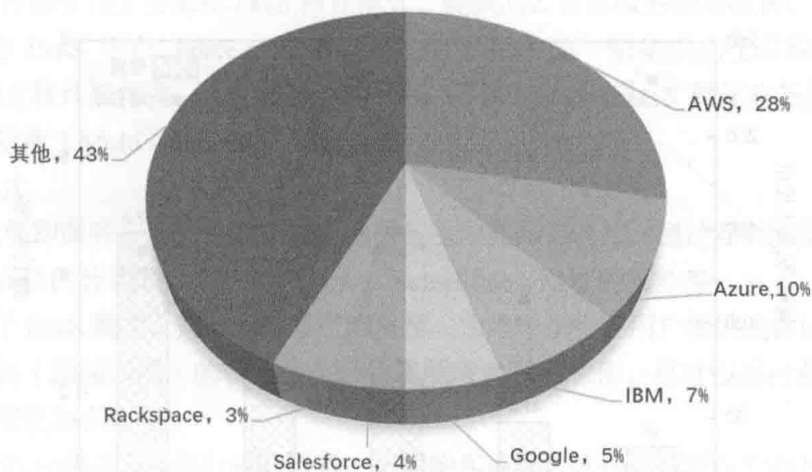


图 1-2 全球云计算市场份额

(2) 以中国、印度为代表的云计算新兴国家高速增长

2015 年亚洲云计算市场全球占比为 12%，保持快速增长，其中印度增速达 35%，中国市场全球占比已由 2012 年的 3.7% 上升到 5%。金砖国家中的巴西、俄罗斯、南非云计算市场占有率总和仅为 3% 左右，但增速较快，且市场潜力较大，预计未来几年市场会进一步扩大。

2. 国内云计算的市场规模

我国云计算市场总体保持快速发展态势。根据中国信息通信研究院发布的《云计算白皮书（2016 年）》，2015 年我国云计算整体市场规模达 378 亿元，整体增速为 31.7%。其中专有云市场规模为 275.6 亿元人民币，年增长率为 27.1%，2016 年增速达到 25.5%，市场规模达到 346 亿元人民币左右（见图 1-3）。

我国公共云服务逐步从互联网向行业市场延伸（见图 1-4），2015 年市场整体规模约为 102.4 亿元人民币，比 2014 年增长 45.8%，增速略有下滑。2016 年国内公共云服务市场保持高速增长态势，市场规模达到近 150 亿元人民币。

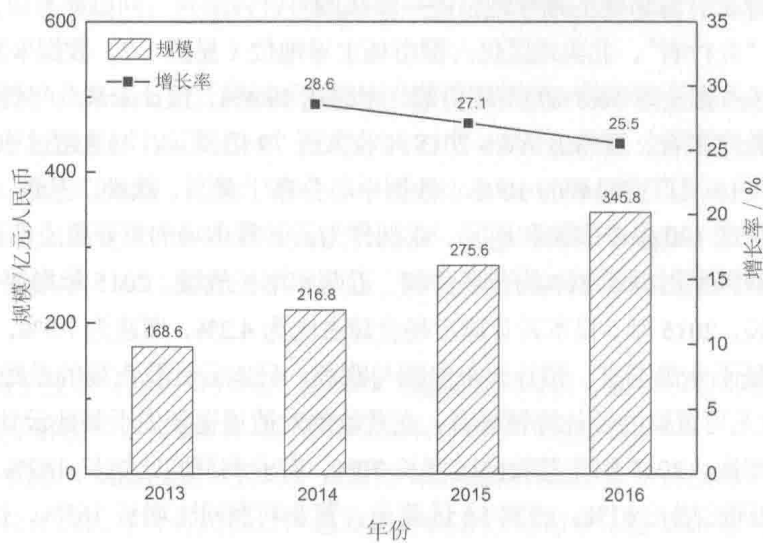


图 1-3 2013—2016 年中国专有云市场规模及增长情况

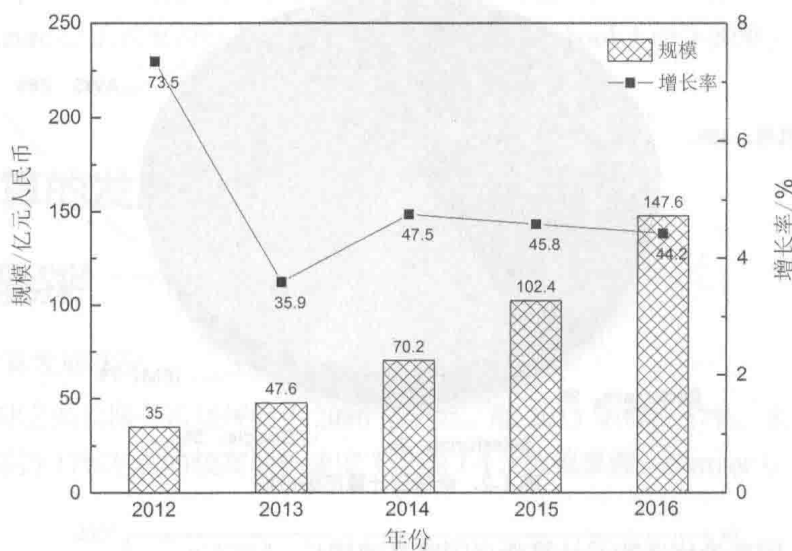


图 1-4 2012—2016 年中国公共云市场规模及增长情况

1.3.2 业务模式分析

1. 云计算的业务模式

在云计算环境下，包括软件、平台、基础架构等在内都将以服务的形式提供给用户。按照云计算的业务交付模式，分为基础设施即服务（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）。

（1）IaaS 模式

IaaS 是指基础设施即服务，是提供 IT 基础设施（包括存储、硬件、服务器、网络带宽等设备）出租服务的业务模式。服务提供者拥有该设备，并负责运行和维护。客户提出需求并获取满足自身需求的 IT 基础设施服务。具有代表性的公司和业务有 Amazon 的 EC2、Verizon 的 Terremark 等。

Amazon 部署了大量冗余的 IT 资源和存储资源，为了充分利用闲置的 IT 资源，Amazon 将弹性计算云建立起来并对外提供效能计算和存储租用服务，包括存储空间、带宽、CPU 资源及月租费。月租费与电话月租费类似，存储空间、带宽按容量收费，CPU 根据运算量时长收费。例如，弹性计算云 EC2 让用户自行选择服务器配置来按需付费计算机处理任务。由于是按需付费，相比企业自己部署 IT 硬件资源及软件资源便宜得多，Amazon 也成为最成功的 IaaS 服务商之一。

美国电话电报公司（AT&T）提供按使用量付费的公用运算服务，供企业弹性使用 IT 资源并能随时取得所需的处理及储存能力。

NTT DoCoMo 与 OpSource 合作推出基于安全的数据中心及可靠的可扩展网络的云计算解决方案，利用公共云为每个用户提供虚拟化的私有云，使用户在虚拟化的私有环境中完成计算和应用服务，可实现在线购买，目前提供按小时计费的模式。

(2) PaaS 模式

PaaS 是指平台即服务，将软件开发环境、部署研发平台作为一种服务，以租用的模式提交给用户，具有代表性的公司和业务有 Google 的 GAE 及 Salesforces 的 Force.com 等。

Google 的云计算平台主要采用 PaaS 商业模式，提供的云计算服务按需收费。

Salesforce 的 PaaS 平台 Force.com 是运行在互联网上的一组集成的工具和应用程序服务。Salesforce 联合独立软件提供商，开发出基于其平台的多种 SaaS 应用，扩展其业务范围，使其成为多元化软件服务供货商（Multi Application Vendor）。

(3) SaaS 模式

SaaS 是指软件即服务，由软件供应商或者服务供应商部署软件，通过互联网提供软件服务的分发模式，具有代表性的公司和业务有阿里软件、Salesforce、微软的邮件等。

阿里软件基于 SaaS 模式，充分利用互联网资源，面向中小企业用户提供先尝试后购买、用多少付多少、无须安装（即插即用）的软件服务，实现低成本在线软件，可以根据行业、区域为中小企业管理软件做大规模需求定制。

Salesforce 让客户通过云端执行商业服务，不用购买或部署软件，按照订户数和使用时间对客户收费。

微软构建及运营公共云的应用和服务，同时向个人用户和企业客户提供云服务。例如，微软向最终使用者提供 Online Services 和 Windows Live 等服务。

上述服务模式的变更对现有产业有以下影响。

① 现有软件行业面临转型压力。

• 从产品销售模式转向在线服务模式。软件销售收入是传统软件企业的主要收入来源，目前，软件行业正由产品销售向 SaaS 模式发展，SaaS 将成为未来软件行业的主流模式。它在硬件投资、软件投资和运营成本上相对于传统模式都具有很大的优势，如表 1-1 所示。

表 1-1 不同模式下企业的软件使用成本

正 版	盗 版	SaaS
购买硬件	购买硬件	不需购买
购买软件	低价/免费盗版软件	不需购买
雇用 IT 人员	雇用 IT 人员	支付 SaaS 服务费

• 软件需要符合多租户架构。传统的软件和应用建立在单实例、单用户的基础上，未来为满足更多租户的使用需求，需要符合并行运算特点，满足多租户 SaaS 的软件架构，以更好地体现云计算高效率、低成本的优势。图 1-5 为多租户模式下可能的几种软件结构。

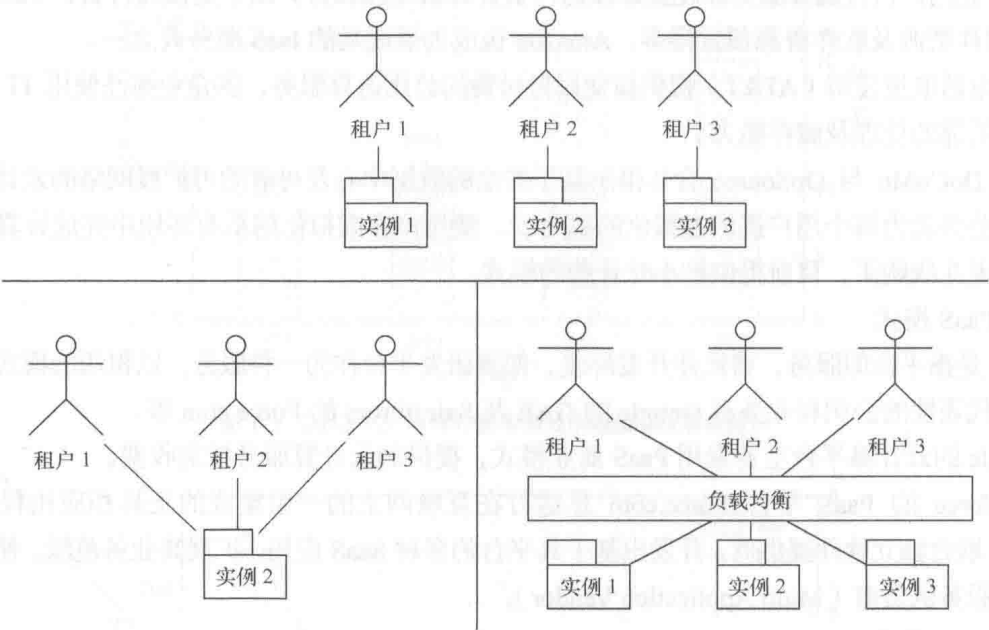


图 1-5 多租户软件实例示意

② 传统大型 IT 企业面临云转型压力。

云计算技术的出现使各大 IT 企业不得不做出变化、转型，以适应云计算的新型系统和商业模式。例如，微软作为传统的软件提供商，推出 Windows Azure 产品，作为企业云计算的“操作系统”，并通过创建或加强云中运行的应用（包括开发工具）和提供云计算服务平台，力求引领云计算的大潮；思科作为传统的网络提供商，推出基于思科网络服务器、存储和虚拟管理产品的云计算平台，希望在 IaaS 和 PaaS 市场扮演 IT 基础层供应商的角色；IBM 积极在全球布局云计算，目标是通过 IBM 的硬件和软件平台为其他企业提供云计算能力，借助云计算整合应用，构建动态、共享、高效的平台，实现智慧地球的构想。

2. 国外云计算产业发展现状

当云服务业从业者逐渐增多，云计算生态链日益完善时，越来越多的企业开始应用云计算，混合云就是其中可能的实现方式。据 2015 年的调研数据显示，虽然有 88%的企业使用公共云，但 68%的企业在云端仅运行不到 1/5 的企业应用，大多数企业未来会将更多的应用迁移到云端，并且 55%以上的企业表明目前至少有 20%以上的应用是构建在云兼容（Cloud Friendly）架构上的，可以快速转移到云端。图 1-6 所示为混合云市场发展趋势（来源：中国信息通信研究院云计算白皮书，2016 年）。

国外众多传统 IT 厂商具有非常强大的开发和业务提供能力，同时具备在该领域传统的技术实力，因此能够分别提供多种服务，如平台、系统集成、应用开发等。图 1-7 所示为国外云计算生态环境现状。

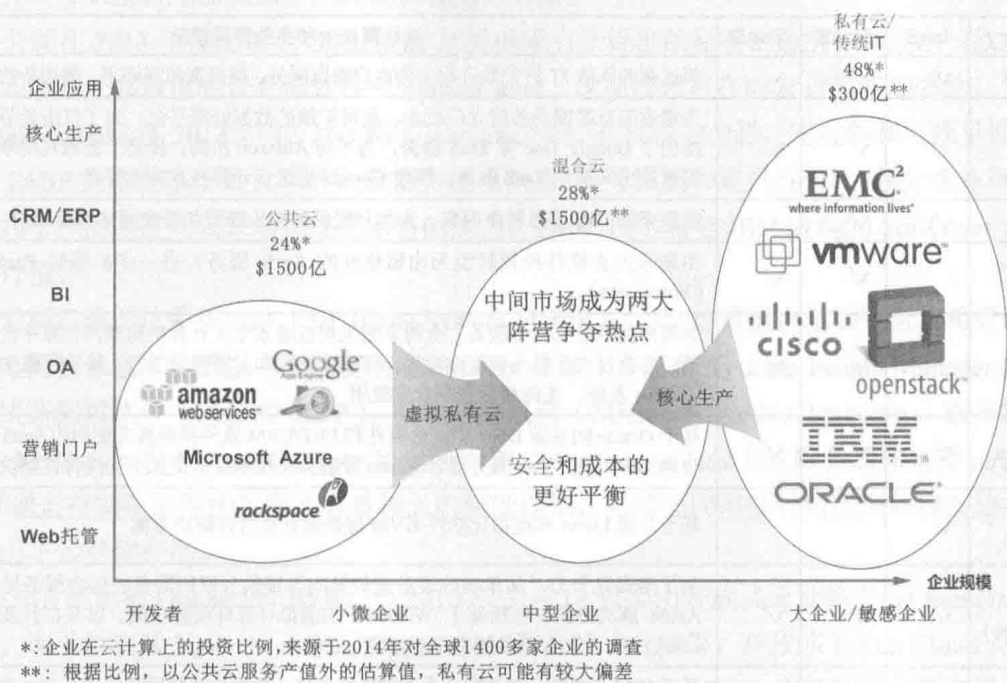


图 1-6 混合云市场发展趋势



图 1-7 国外云计算生态环境现状

各厂家及运营商在云计算业务上的开展情况如表 1-2 所示。

表 1-2 各厂家及运营商云计算业务开展情况

公司	IaaS	PaaS	SaaS	云计算技术和业务开展情况
AT&T	√		√	将原来的 IDC 服务转型为客户提供按使用付费的租赁服务, 由原来的资源出租转型为集成服务, 除了提供资源租赁外, 还提供 SaaS 业务 (应用托管包括 MS Exchange、Oracle 和 SAP 等)