



21 世纪高等院校
云计算和大数据人才培养规划教材

徐文义 曾志 主编
周永福 彭树宏 殷美桂 副主编

云计算 基础架构与实践

STEP
01 基于项目导向、任务驱动
的项目化教学

STEP
02 基于工作过程，教、学、做
一体化的教学理念

STEP
03 以技能训练和提高职业素养
为教学目标

The Infrastructure
and Practice of
Cloud Computing



中国工信出版集团


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



21 世纪高等院校
云计算和大数据人才培养规划教材

徐文义 曾志◎主编
周永福 彭树宏 殷美桂◎副主编

云计算 基础架构与实践



The Infrastructure
and Practice of
Cloud Computing

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

云计算基础架构与实践 / 徐文义, 曾志主编. -- 北京: 人民邮电出版社, 2017. 4
21世纪高等院校云计算和大数据人才培养规划教材
ISBN 978-7-115-44765-4

I. ①云… II. ①徐… ②曾… 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(2017)第022387号

内 容 提 要

本书系统地介绍了云计算基础架构与实践相关知识, 全书共分为5个项目, 项目1主要介绍了云计算的概念与发展趋势、云计算的架构内涵与关键技术、云计算基础架构等内容; 项目2主要介绍了共享存储模型、磁盘存储阵列、存储网络、共享文件系统等内容; 项目3主要介绍了网络总体架构、接入层网络、主机网络虚拟化、OpenFlow网络流量平面等内容; 项目4主要介绍了云接入技术、桌面云和VMware View桌面云等内容; 项目5主要介绍了私有云和CloudStack私有云平台。同时, 针对每个项目内容设计了多个实训任务, 通过练习和操作实践, 帮助读者巩固所学的内容。

本书可以作为高校计算机相关专业的教材, 也可以作为计算机从业人员和爱好者的参考用书。

-
- ◆ 主 编 徐文义 曾 志
 - 副 主 编 周永福 彭树宏 殷美桂
 - 责任编辑 桑 珊
 - 执行编辑 左仲海
 - 责任印制 焦志炜

 - ◆ 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>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16.25 2017年4月第1版
字数: 413千字 2017年4月河北第1次印刷
-

定价: 45.00 元

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

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广字第8052号

云计算技术与应用专业教材编写委员会名单

(按姓氏笔画排名)

- | | |
|-----|----------------|
| 王培麟 | 广州番禺职业技术学院 |
| 王路群 | 武汉软件工程职业学院 |
| 王新忠 | 广州商学院 |
| 文林彬 | 湖南大众传媒职业技术学院 |
| 石龙兴 | 广东轩辕网络科技股份有限公司 |
| 叶和平 | 广东科学技术职业学院 |
| 刘志成 | 湖南铁道职业技术学院 |
| 池瑞楠 | 深圳职业技术学院 |
| 李洛 | 广东轻工职业技术学院 |
| 李颖 | 广东科学技术职业学院 |
| 肖伟 | 南华工商学院 |
| 吴振峰 | 湖南大众传媒职业技术学院 |
| 余明辉 | 广州番禺职业技术学院 |
| 余爱民 | 广东科学技术职业学院 |
| 张小波 | 广东轩辕网络科技股份有限公司 |
| 陈剑 | 广东科学技术职业学院 |
| 陈统 | 广东轩辕网络科技股份有限公司 |
| 林东升 | 湖南铁道职业技术学院 |
| 罗保山 | 武汉软件工程职业学院 |
| 周永福 | 河源职业技术学院 |
| 郑海清 | 南华工商学院 |
| 钟伟成 | 广州番禺职业技术学院 |
| 姚幼敏 | 广东农工商职业技术学院 |
| 徐文义 | 河源职业技术学院 |
| 殷美桂 | 河源职业技术学院 |
| 郭锡泉 | 清远职业技术学院 |
| 黄华 | 清远职业技术学院 |
| 梁同乐 | 广东邮电职业技术学院 |
| 彭勇 | 湖南铁道职业技术学院 |
| 彭树宏 | 惠州学院 |
| 曾志 | 惠州学院 |
| 曾牧 | 暨南大学 |
| 廖大强 | 南华工商学院 |
| 熊伟建 | 广西职业技术学院 |

序

信息技术正在步入一个新纪元——云计算时代。云计算正在快速发展，相关技术热点也呈现百花齐放的局面。2015年3月，国务院印发的《关于促进云计算创新发展培育信息产业新业态的意见》提出，到2017年，我国云计算服务能力大幅提升，创新能力明显增强，在降低创业门槛、服务民生、培育新业态、探索电子政务建设新模式等方面取得积极成效，云计算数据中心区域布局初步优化，发展环境更加安全可靠。到2020年，云计算技术将成为我国信息化重要形态和建设网络强国的重要支撑。

为进一步推动信息产业的发展，服务于信息产业的转型升级，教育部颁布的《普通高等学校高等职业教育（专科）专业目录（2015年）》中设置了“云计算技术与应用（610213）”专业，国家相关职能部门正在组织相关高职院校和企业编制专业教学标准，这将更好的指导高职院校的云计算技术与应用专业人才的培养。作为高层次IT人才，学习云计算知识、掌握云计算相关技术迫在眉睫。

本套教材由广东轩辕网络科技股份有限公司策划，联合全国多所高校一线教师及国内多家知名IT企业的高级工程师编写而成。全套教材紧跟行业技术发展，遵循“理实一体化”“任务导向”和“案例驱动”的教学方法；围绕企业实际项目案例，注重理论与实践结合，强调以能力培养为核心的创新教学模式，加强学生对内容的掌握和理解。知识内容贴近企业实际需求，着眼于未来岗位的要求，注重培养学生的综合能力及良好的职业道德和创新精神。通过学习这套教材，读者可以掌握服务器、虚拟化、数据存储和云安全等基本技术，能够成为在生产、管理及服务第一线，从事云计算项目实施、开发、运行维护、基本配置、迁移服务等工作的高技能应用型专门人才。

本套教材由《云计算技术与应用基础》《云计算基础架构与实践》《云计算平台管理与应用》《云计算虚拟化技术与应用》《云安全防护技术》《云计算数据中心运维与管理》六本组成。六本教材之间相辅相成，承上启下，紧密结合。教材以高技能应用型专门人才培养为目标，将能力与创新融合为一体，为云计算产业培养和挖掘更多的人才，服务于各行各业，从而促进和推动云计算产业建设的蓬勃发展。

相信这套教材的问世，一定会受到广大教师的青睐与学生的喜欢！

云计算技术与应用专业教材编写委员会

前言

当前,云计算的应用已经带来了深远的影响,将来必将彻底改变IT产业的架构和运行方式。在云计算变革中,传统互联网数据中心(IDC)已逐渐被成本更低、效率更高的云计算数据中心所取代,绝大多数软件将以服务方式呈现,甚至连大多数游戏都在“云”里运行,呼叫中心、网络会议中心、智能监控中心、数据交换中心、视频监控中心和销售管理中心等架构在“云”中可获得更高的性价比。通过云计算这种创新的计算模式,用户可随时获得近乎无限的计算能力和丰富多样的信息服务,其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。毋庸置疑,信息技术正在步入一个新纪元——云计算时代。

云计算正在快速的发展,相关技术热点也呈现出百花齐放的局面,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。云计算作为新一代IT技术变革的核心,必将成为广大学生、科技工作者构建自身IT核心竞争能力的战略机遇。因而,作为高层次IT人才,学习云计算知识、掌握云计算相关技术迫在眉睫。可是当前,国内外关于云计算的资料还相当少,缺乏系统、完整的论述。目前,我国急需全面、系统地讲解云计算的教材,以普及云计算知识,推广云计算应用,解决云计算的实际问题,进而培养高层次的云计算人才。

在这样的背景下,作者从云计算的理论探索和应用实践两个方面来撰写本书,适合对云计算具有初步认识,希望全面、深入了解云计算知识,并进行云计算实践的计算机相关专业的学生使用。本书根据高等职业教育的特点,基于“项目引导、任务驱动”的项目化教学方式编写而成,体现了“基于工作过程”“教、学、做”一体化的教学理念,本书具有以下特点。

(1) 体现“项目引导、任务驱动”的教学特点。从实际应用出发,采用“项目引导、任务驱动”的方式,通过“提出问题”→“分析问题”→“解决问题”→“拓展提高”四步展开。

(2) 体现“教、学、做”一体化的教学理念。以学到实用技能、提高职业能力为出发点,以“做”为中心,“教”和“学”都围绕着“做”,在学中做,在做中学,从而完成知识学习、技能训练和提高职业素养的教学目标。

(3) 本书体例采用项目、任务形式。全书设有五个项目,每一个项目再明确若干任务。

(4) 体现实用性和可操作性。实用性使学生能学以致用;可操作性保证每个项目/任务能顺利完成。本书的讲解力求通俗易懂,让学生感到易学、乐学,在宽松环境中理解知识、掌握技能。

(5) 紧跟行业技术发展。本书着力于当前主流技术和新技术的讲解,与行业联系密切,使所有内容紧跟行业技术的发展。

(6) 书中相关任务操作对实验环境的要求比较低,采用常见的设备和软件即可完成,便于实施。为了方便操作和保护系统安全,本书中的大部分任务操作均可在虚拟机中完成,所用的工具软件均可在互联网上下载。

本书的参考学时为56学时,其中实践环节为36学时,建议采用理论实践一体化教学模式,各项目的参考学时参见下面的学时分配表。

项目	课程内容	学时分配	
		讲授	实训
项目 1	云计算的认知与体验	4	4
项目 2	云计算存储架构部署	4	6
项目 3	云计算网络架构部署	4	6
项目 4	桌面云设计与部署	4	10
项目 5	私有云设计与部署	4	10
课时总计		20	36

本书由徐文义、曾志任主编，周永福、彭树宏、殷美桂任副主编。曾志编写了项目1、项目2，彭树宏编写了项目3，徐文义编写了项目4、项目5，周永福、殷美桂编写了项目4的知识准备部分。在本书的编写过程中，得到了广东轩辕网络科技股份有限公司的支持，在此表示深深的感谢。

由于编者水平有限，书中不妥或错误之处在所难免，殷切希望广大读者批评指正。同时，恳请读者一旦发现错误，于百忙之中及时与编者联系，以便尽快更正，编者将不胜感激，E-mail: xwy_wise@sina.com。

编者
2016年11月

目 录 CONTENTS

项目 1 云计算的认知与体验 1

1.1	项目背景	1	1.4.9	云计算服务交付	19
1.2	项目分析	1	1.4.10	云计算运维流程建设	23
1.3	学习目标	1	1.5	项目实施	28
1.4	知识准备	2	任务 1-1:	初识云计算	28
1.4.1	云计算的基础概述	2	任务 1-2:	绘制云计算架构图	29
1.4.2	云计算的分类	3	任务 1-3:	VMware 虚拟机的安装与使用	30
1.4.3	云计算的发展趋势	4	1.6	拓展提高: 微软、谷歌、亚马逊、VMware 云计算介绍	33
1.4.4	云计算的总体架构	6	1.6.1	微软云计算介绍	33
1.4.5	云计算架构的关键技术	7	1.6.2	谷歌云计算介绍	34
1.4.6	云计算核心架构的竞争力衡量维度	14	1.6.3	亚马逊云计算介绍	35
1.4.7	云计算解决方案的典型架构场景	14	1.6.4	VMware 云计算介绍	35
1.4.8	云计算资源基础架构	17	1.7	习题	36

项目 2 云计算存储架构部署 38

2.1	项目背景	38	2.4.6	NAS 存储系统扩展应用	63
2.2	项目分析	38	2.5	项目实施	63
2.3	学习目标	40	任务 2-1:	在 Windows Server 中搭建 SAN 存储服务 (iSCSI)	63
2.4	知识准备	40	任务 2-2:	在 Linux Server 中搭建 NAS 存储服务 (NFS)	72
2.4.1	共享存储模型	40	2.6	拓展任务: FreeNAS 开源存储系统部署及应用	81
2.4.2	磁盘存储阵列	42	2.7	习题	91
2.4.3	存储网络	50			
2.4.4	共享文件系统	56			
2.4.5	共享存储架构	61			

项目 3 云计算网络架构部署 93

3.1	项目背景	93	任务 3-1:	安装与配置 ESXi Server 服务器	107
3.2	项目分析	93	任务 3-2:	安装与配置 Virtual Center Server 服务器	112
3.3	学习目标	93	任务 3-3:	VMware VSS 和 VDS 配置及策略	118
3.4	知识准备	94	任务 3-4:	Floodlight 部署及应用	127
3.4.1	VMware vSphere 总体架构	94	3.6	拓展提高: SDN 控制平面介绍	139
3.4.2	接入层网络	95	3.6.1	单一控制器控制平面	140
3.4.3	主机网络虚拟化	98	3.6.2	多控制器控制平面	141
3.4.4	基于 OpenFlow 的 SDN 组网技术	100	3.7	习题	143
3.4.5	Floodlight 控制器	102			
3.4.6	OpenFlow 网络流量平面	104			
3.5	项目实施	107			

项目 4 桌面云设计与部署 144

4.1	项目背景	144	任务 4-2: 安装与配置 Virtual Center Server 服务器	169
4.2	项目分析	144	任务 4-3: 安装与配置 View Connection Server 服务器	175
4.3	学习目标	144	任务 4-4: 连接虚拟桌面	178
4.4	知识准备	145	4.6 拓展提高: 桌面云中的安全问题及解决方法	195
4.4.1	云接入	145	4.7 习题	197
4.4.2	桌面云	145		
4.4.3	VMware View 介绍	149		
4.5	项目实施	163		
	任务 4-1: 配置 VMware View 域环境	163		

项目 5 私有云设计及部署 199

5.1	项目背景	199	任务 5-3: 在 CloudStack 中通过虚拟机模板创建虚拟机	240
5.2	项目分析	199	5.6 拓展提高: CloudStack 与 OpenStack 的比较	247
5.3	学习目标	199	5.6.1 OpenStack 介绍	247
5.4	知识准备	200	5.6.2 OpenStack 与 CloudStack 的比较	247
5.4.1	私有云	200	5.6.3 总结	249
5.4.2	CloudStack 介绍	206	5.7 习题	249
5.5	项目实施	210		
	任务 5-1: 在 VMware 中安装 CentOS 6.8 操作系统	210		
	任务 5-2: 在服务器中安装 CloudStack 软件	222		

1.1 项目背景

近年来，云计算作为一个新的技术趋势已经得到了快速的发展。云计算提供的服务，从根本上已经彻底改变了当前的工作方式，也改变了传统软件工程企业的思路。云计算是一个动态的技术，各种崭新的云计算应用概念也被提出来，比如智慧城市、虚拟化、公共云、私有云、云存储等。只有对云计算有了认知，才能更好地展望云计算的发展趋势，掌握与体验新近出现的云计算应用，最终理解云计算应用所带来的优势。

云计算以其部署迅速、资源利用率高、易管理等特性深受市场关注，对于渴望降低成本和提高业务敏捷性的公司来说，云计算的出现为企业带来了新的活力。从使用者的角度分析，不同用户对云的需求迥异，需求的多样化对云计算基础架构提出了更高的要求。

虽然云计算目前并没有统一的概念，但是总体上都具备商业服务的理念，在 XaaS 的倡导下，可以进一步探讨云计算面向服务的架构（SOA）的实现。

1.2 项目分析

云计算是新一代 IT 模式，它能在后端庞大的云计算中心的支撑下为用户提供更方便的体验和更低廉的成本。虽然云计算涉及了很多产品与技术，表面上看起来的确有点纷繁复杂，但是云计算本身还是有迹可循和有理可依的，从系统架构层面来讲，云计算是由服务和管理两大部分组成的。只有真正地理解云计算的基础架构，才能充分考虑整个平台的延展性和可扩充性，从而帮助用户以最小的成本来搭建具有高度伸缩性的平台。

1.3 学习目标

1. 知识目标

- (1) 掌握云计算的基本概念、系统架构、分类，了解云计算的发展趋势；
- (2) 了解云计算的关键技术、资源架构、服务支付等；
- (3) 了解云计算给 IT 服务管理带来的影响和变更。

2. 能力目标

- (1) 能解释导致成功接受云计算的典型步骤，并说明它对组织的意义；
- (2) 能从节源、开流的角度衡量分析云计算框架的优劣；
- (3) 能熟练使用百度、Google 等搜索系统；
- (4) 能熟练使用 Visio 绘图软件绘制云计算架构图；

(5) 能熟练安装与使用 VM 虚拟机软件。

1.4 知识准备

1.4.1 云计算的基础概述

1. 云计算的基本概念

目前, 云计算没有统一的定义。云计算的定义主要包括如下几种:

(1) 维基百科将云计算定义为: 云计算将 IT 相关的能力以服务的方式提供给用户, 允许用户在不了解提供服务的技术、没有相关知识以及设备操作能力的情况下, 通过 Internet 获取需要的服务。

(2) 中国云计算网将云计算定义为: 云计算是分布式计算 (Distributed Computing)、并行计算 (Parallel Computing) 和网格计算 (Grid Computing) 的发展, 或者说是这些科学概念的商业实现 (云计算发展历程如图 1-1 所示)。

(3) 在综合多个云计算的定义之后, 我们给“云”下了如下定义: 云是一个包含大量可用虚拟资源 (例如硬件、开发平台以及 I/O 服务) 的资源池。这些虚拟资源可以根据不同的负载动态地重新配置, 以达到更优化的资源利用率。这种资源池通常由基础设施提供商按照服务等级协议 (Service Level Agreement, SLA) 采用用时付费 (Pay2Per2Use, PPU) 的模式开发管理。

综上所述, “云计算”是分布式计算、并行计算和网格计算的发展, 或者说是这些计算机科学概念的商业实现。正如云计算概念指出的, 云计算一方面是虚拟化技术 (Virtualization)、效用计算 (Utility Computing)、XaaS (包括 IaaS、PaaS、SaaS 等) 等技术混合演进并跃升的结果; 另一方面是并行计算 (Parallel Computing)、分布式计算 (Distributed Computing) 和网格计算 (Grid Computing) 的发展, 或者说是这些计算机科学概念的商业实现。

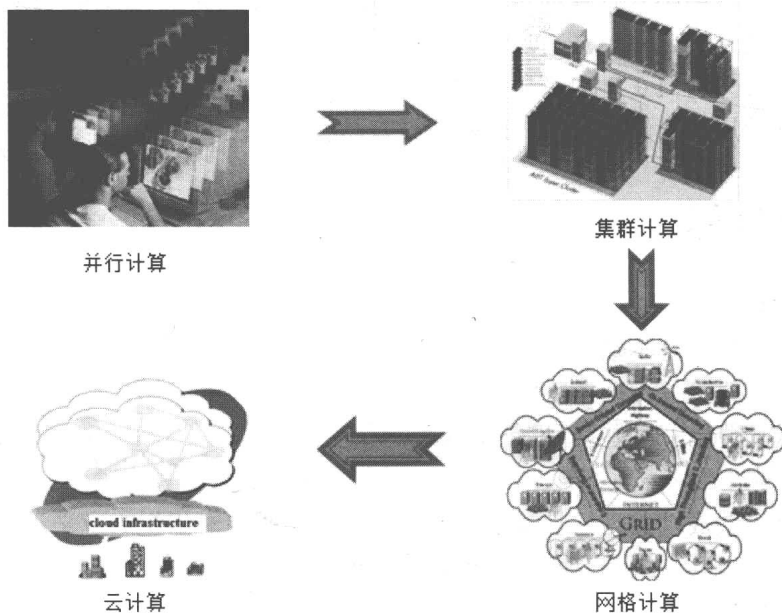


图 1-1 云计算发展历程

2. 云计算的特点

通过了解云计算的各个特点，能更加深刻地理解云计算的概念。

(1) 超大规模。“云”具有相当的规模，Google 云计算已经拥有了 100 多万台服务器，Amazon、IBM、微软、Yahoo 等的“云”均拥有几十万台服务器。企业私有云一般拥有数百上千台服务器。“云”能赋予用户前所未有的计算能力。

(2) 虚拟化。云计算支持用户在任意位置、使用各种终端来获取应用服务。所请求的资源来自“云”，而不是固定的有形的实体。应用在“云”中某处运行，但实际上用户无需了解、也不用担心应用运行的具体位置。只需要一台笔记本或者一部手机，就可以通过网络服务来实现我们需要的一切，甚至包括超级计算这样的任务。

(3) 高可靠性。“云”使用了数据多副本容错、计算节点同构可互换等措施来保障服务的高可靠性，使用云计算比使用本地计算机可靠。

(4) 通用性。云计算不针对特定的应用，在“云”的支撑下可以构造出千变万化的应用，同一个“云”可以同时支撑不同的应用运行。

(5) 高可扩展性。“云”的规模可以动态伸缩，满足应用和用户规模增长的需要。

(6) 按需服务。“云”是一个庞大的资源池，用户按需购买；“云”可以像自来水、电、煤气那样计费。比如一个视频网站，刚成立或空闲期只需买几千点的计算量；成功推广或用户高峰期，买几亿点。

(7) 极其廉价。由于“云”的特殊容错措施可以采用极其廉价的节点来构成“云”，“云”的自动化集中式管理使大量企业无需负担日益高昂的数据中心管理成本，“云”的通用性使资源的利用率较之传统系统大幅提升，因此用户可以充分享受“云”的低成本优势，经常只要花费几百美元、几天时间就能完成以前需要数万美元、数月时间才能完成的任务。

(8) 安全。云计算提供了最可靠、最安全的数据存储中心，用户不用再担心数据丢失、病毒入侵等麻烦。

(9) 方便。云计算对用户端的设备要求很低，使用起来很方便，而且支持各种各样的设备，可以轻松实现不同设备间的数据与应用共享。

1.4.2 云计算的分类

从服务方式角度来划分的话，云计算大体上可分为三种：为公众提供开放的计算、存储等服务的“公有云”，如百度的搜索和各种邮箱服务等；部署在防火墙内，为某个特定组织提供相应服务的“私有云”；以及将以上两种服务方式进行结合的“混合云”，如图 1-2 所示。

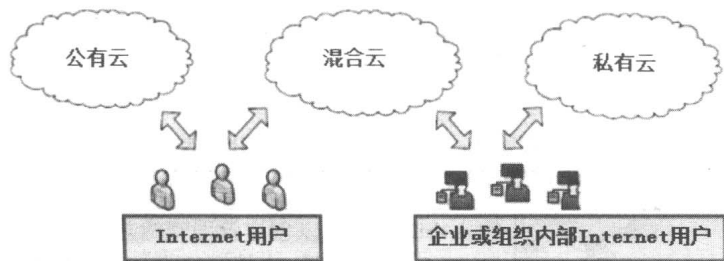


图 1-2 云计算从服务方式角度的分类

从技术的角度来讲，云计算可分为四层：HaaS（硬件即服务）、IaaS（基础设施即服务）、PaaS（平台即服务）和 SaaS（软件即服务），并有逐步向 XaaS 发展的态势，如图 1-3 所示。

软件即服务 SaaS (Software as a Service)	如: Salesforce online CRM 服务
平台即服务 PaaS (Platform as a Service)	如: Google App Engine
基础设施即服务/硬件即服务 IaaS (Infrastructure as a Service) / HaaS (Hardware as a Service)	如: Amazon EC2/S3/SQS 服务

图 1-3 云计算 XaaS 服务层划分

1.4.3 云计算的发展趋势

Google 公司公布其三大关键技术 GFS、MapReduce 和 BigTable 以后, 各大 IT 厂商 (包括 Microsoft、IBM、Amazon 等) 和研究机构都争相对云计算展开了各自的研究, 并实现或提供云计算服务、云计算产品与云计算解决方案, 云计算技术已经成为了 IT 界最受关注和发展最快的技术。总体来说, 云计算的资源相对集中, 主要以数据中心的形式对资源虚拟化后提供底层资源的使用, 并不强调虚拟组织 (Virtual Organization, VO) 的概念。

云计算未来主要有两个发展方向: 一个是构建与应用程序紧密结合的大规模底层基础设施, 使得应用能够扩展到很大的规模; 另一个是通过构建新型的云计算应用程序, 在网络上提供更加丰富的用户体验。第一个发展趋势能够从现有的云计算研究状况中体现出来, 在云计算应用的构造上, 很多新型的社会服务型网络, 如 Facebook 等, 已经体现了这个发展趋势, 而在研究上则更加注重如何通过云计算基础平台将多个业务融合起来。

概括地说, 云计算未来的发展将会体现在:

(1) 目前为止, 走在前端的用户会放弃将 IT 基础设施作为资本性开支的做法, 取而代之的是其中的 40% 会被作为服务来购买。此外, 云计算将应用程序从那些特定的架构中解放出来, 构建服务。

(2) 云计算已成为不可阻挡的发展趋势, 我们国家的信息安全也将面临严重的威胁, 必须研发具有自主核心技术的云计算平台。

① 有关国计民生的大量信息将掌控在国外服务提供商手中, 众多敏感和热点信息对于国外政府和厂商来说毫无机密可言。

② 大量社会和经济活动依赖于这些云计算服务, 可能被中断从而蒙受巨大的损失。

③ 云计算平台可能会形成不良信息的发布平台。

就云计算平台的研发, 未来可以针对以下几大平台 (见表 1-1, 各具优势与特点) 有选择地开展。

表 1-1 各云计算平台特点比较

项目名称	责任者	描述
AbiCloud	Abiquo 公司平台	(1) abiCloud 可以创建管理资源并且可以按需扩展, 具有强大的 Web 界面管理, 支持 VMware、KVM 和 Xen (2) abiNtense, 类似于 Grid 的架构, 可用来减少大量高性能计算的执行时间 (3) abiData 由 Hadoop、HBase、Pig 开发而来, 可以用来搭建分析大量数据的应用, 是低成本的云存储解决方案

项目名称	责任者	描述
Eucalyptus	加利福尼亚大学	Amazon EC2 的一个开源实现, 与商业服务接口兼容, 依赖于 Linux 和 Xen 进行操作系统虚拟化
Hadoop	Apache 基金会	模仿 Google 体系开发的一个开源项目, 主要包括 Map/Reduce 和 HDFS 文件系统
MongoDB	10gen	可用于创建自己的私有云, 类似于 App Engine 的一个软件栈, 提供与 App Engine 类似的功能, 可使用 Python 以及 JavaScript 和 Ruby 语言开发应用程序。还可使用沙盒概念隔离应用程序, 并且使用它们自己的应用服务器的许多计算机 (在 Linux 上构建) 提供一个可靠的环境
Enomalism 弹性计算平台		可编程的虚拟云架构, EC2 风格的 IaaS, 功能类似于 EC2 的云计算框架。基于 Linux, 同时支持 Xen 和 KVM。与其他纯 IaaS 解决方案不同的是, 提供了一个基于 TurboGears Web 应用程序框架和 Python 的软件栈
Nimbus	网格中间件 Globus	Nimbus 由网格中间件 Globus 提供, Virtual Workspace 演化而来, 与 Eucalyptus 一样, 提供 EC2 的类似功能和接口

(3) 云计算的发展必将对产业链产生重要的影响。

① 对于服务器厂商而言。

云计算及数据中心都将对服务器系统的需求急剧膨胀, 市场前景巨大。

② 对于终端设备厂商而言。

• 网络化的云计算为终端设备, 特别是小型移动设备的多元化、个性化发展提供了重要机遇。

• 云计算将推动普适计算发展。

③ 对于软件产业而言。

• 随着计算、数据及服务网络化, Google、Amazon 等网络服务提供商会根本改变软件的使用模式。

• 微软还能够独霸桌面系统吗? 需要 Windows 这样重量级的桌面环境吗?

• 大量中小软件企业面临着工作平台、工作对象及工作方式的重组和革新。

• 服务化的软件产业面临着全新机遇。

综上所述, 云计算对中小企业发展的影响巨大, 我国必须发展自己的云计算技术与系统。

(1) 中小企业创造了国内生产总值的 55.6%, 开发了 80% 以上的新产品, 申请了 65% 的国家专利, 提供了 75% 以上的就业岗位。

(2) 信息化的创新平台及管理平台代价高昂、维护困难, 对于中小企业负担沉重。

(3) 云计算可以为中小企业的信息化带来切实好处, 如图 1-4 所示。

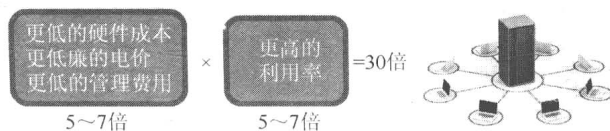


图 1-4 云计算所获得的回报

- 信息化业务及管理平台部署到云计算平台上。
- 极大地降低了投资成本、管理成本及维护成本。

1.4.4 云计算的总体架构

从云计算的相关定义可知，对用户而言，云计算更多地体现的是它所能提供的服务。图 1-5 为云计算的总体架构，共分为服务和和管理两大部分。



图 1-5 云计算架构

在服务方面，主要以提供用户基于云的各种服务为主，共包含三个层次：其一是**软件即服务 (Software as a Service, SaaS)**，这层的作用是将应用主要以基于 Web 的方式提供给客户；其二是**平台即服务 (Platform as a Service, PaaS)**，这层的作用是将一个应用的开发和部署平台作为服务提供给用户；其三是**基础架构即服务 (Infrastructure as a Service, IaaS)**，这层的作用是将各种底层的计算（如虚拟机）和存储等资源作为服务提供给用户。从用户角度而言，这三层服务，它们之间的关系是独立的，因为它们提供的服务是完全不同的，而且面对的用户也不尽相同。但从技术角度而言，云服务这三层之间的关系并不是独立的，而是有一定依赖关系的，比如一个 SaaS 层的产品和服务不仅需要用到 SaaS 层本身的技术，而且还依赖 PaaS 层所提供的开发和部署平台或者直接部署于 IaaS 层所提供的计算资源上。此外，PaaS 层的产品和服务也很有可能构建于 IaaS 层服务之上。

在管理方面，主要以云管理层为主，它的主要功能是确保整个云计算中心能够安全和稳定的运行，并且能够被有效地管理。

1. 软件即服务 SaaS

SaaS 为商用软件提供基于网络的访问。SaaS 为企业提供一种降低软件使用成本的方法——按需使用软件而不是为每台计算机购买许可证。SaaS 给软件厂商提供了新的机会。尤其是 SaaS 软件厂商可以通过四个因素提高 ROI（投资回报）：提高部署的速度、增加用户接受率、减少支持的需要、降低实现和升级的成本。

2. 平台即服务 PaaS

PaaS 提供对操作系统和相关服务的访问。通过 PaaS 这种模式，用户可以在一个提供 SDK（Software Development Kit，软件开发工具包）、文档、测试环境和部署环境等在内的开发平台上非常方便地编写和部署应用，而且不论是在部署，还是在运行的时候，用户都无需为服务器、操作系统、网络 and 存储等资源的运维而操心，这些繁琐的工作都由 PaaS 云供应商负责。

而且 PaaS 在整合率上面非常惊人,比如一台运行 Google App Engine 的服务器能够支撑成千上万的应用,也就是说, PaaS 是非常经济的。PaaS 主要面对的用户是开发人员。

3. 基础架构即服务 IaaS

基础架构,或称基础设施(Infrastructure),是云的基础。它由服务器、网络设备、存储磁盘等物理资产组成。在使用 IaaS 时,用户并不实际控制底层基础架构,而是控制操作系统、存储和部署应用程序,还在有限的程度上控制网络组件的选择。

通过 IaaS 这种模式,用户可以从供应商那里获得他所需要的计算或者存储等资源来装载相关的应用,并只需为其所租用的那部分资源进行付费,而同时这些基础设施繁琐的管理工作则交给 IaaS 供应商来负责。

然而,从技术角度看,云计算提供的服务都是以接口的方式暴露给开发人员,目前网络服务通常都是基于 SOA 架构,基于 SOA 的云计算模型如图 1-6 所示。

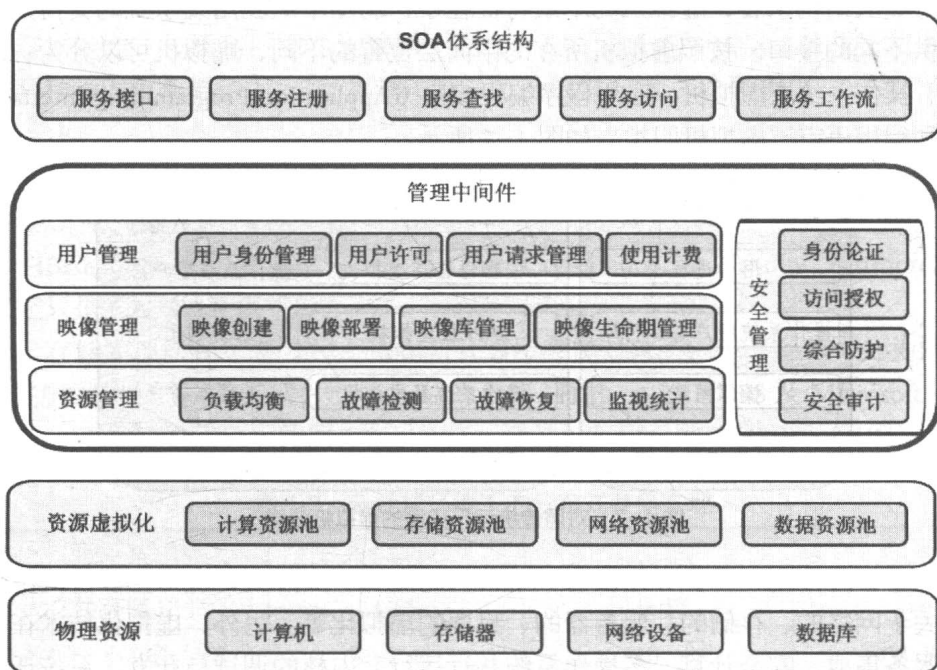


图 1-6 基于 SOA 的云计算体系结构 (SUN 公司, 2009)

从图 1-6 中不难看出,云计算至少包含四个层次:物理资源层、虚拟化资源层、管理中间件层和 SOA 体系结构层。物理资源层包括计算机、存储器、网络设施、数据库和软件等。虚拟化资源层是将大量相同类型的资源构成同构或接近同构的资源池。构建资源池更多的是采用虚拟化技术进行物理资源的集成和管理工作。管理中间件层负责对云计算的资源进行管理,并对众多应用任务进行调度,使资源能够高效、安全地为应用提供服务。SOA 体系结构层将云计算能力封装成标准的 Web Services 服务,并纳入 SOA 体系进行管理和使用,包括服务接口、服务注册、服务查找、服务访问和服务工作流等。管理中间件层和虚拟化资源层是云计算技术的最关键部分,SOA 体系结构层的功能更多依靠外部设施提供。

1.4.5 云计算架构的关键技术

1. 虚拟化技术,包括 VMware 等虚拟技术

虚拟化指的是计算、存储、网络等资源的一种逻辑表示,并不拘泥于这些资源的实现方

式、物理包装和物理位置等限制。

为使人们能够更加充分合理地利用计算资源，依据应用需求灵活地构建计算环境，通常可以采用虚拟化（Virtualization）技术对计算资源进行动态组织，从而提高计算资源的使用效率，真正实现透明、高效、可定制地按需使用计算资源。

这里提及的计算资源，主要包括 CPU、内存、数据资源、存储资源以及网络资源等，它们是资源聚合的基础。因此在资源发现的基础上，动态高效地对这些资源进行合理组织形成计算环境也是需要考虑的一个重要议题。

虚拟化技术是云计算实现的关键技术，通过虚拟化可以为应用提供灵活可变、可扩展的服务。自从 1998 年 VMware 将只有在大型机中采用的虚拟化技术引入 X86 平台至今，虚拟化已经产生了巨大变革。据 Gartner 的分析，2012 年虚拟化就成为了改变 IT 架构和运营的最重要的力量。

从系统层次结构来看，虚拟机的本质特征在于：利用下层应用或系统的支持为上层应用或系统提供不同的接口。按照虚拟机所在的中间层位置的不同，虚拟机可以分为：硬件抽象层虚拟机、操作系统层虚拟机、应用程序编程接口（Application Programming Interface, API）层虚拟机和编程语言层虚拟机四类，如图 1-7 所示。

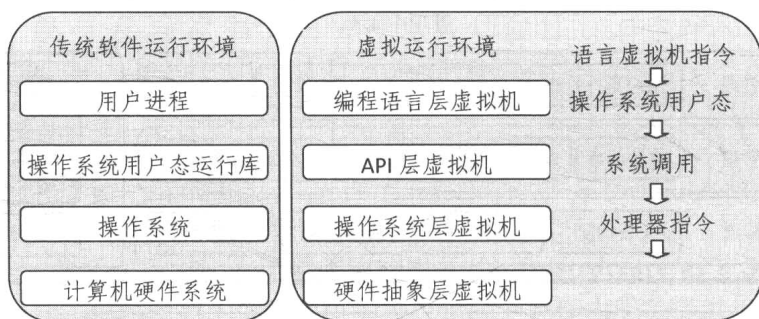


图 1-7 对照传统运行环境的虚拟机分类

迄今为止，虚拟化在工业界还没有一个公认的定义。实际上，虚拟化涉及的范围广泛，主要包括关于网络的、存储的、服务器的、桌面的虚拟化等。另外，虚拟化技术在很多重要领域（如服务集成、安全计算、多操作系统并行运行、内核的调试与开发、系统迁移等）都具有潜在的应用价值。计算系统虚拟化作为一种新型计算模式，可推动新一轮的科技进步，成为各国研究的热点。

虚拟化技术动态组织网络上各种可计算资源，隔离具体的硬件体系结构和软件系统，能够为满足不同应用需求构建高效的计算环境，提高计算资源的使用效率，发挥计算资源的聚合效能，使人们能够透明、高效、可定制地访问不同的计算资源，从而真正实现计算环境的灵活构建与按需计算。

2. 分布式海量数据存储，包括 Google 的 GFS 和 Hadoop

分布式系统应该是这样的系统：它运行在不具有共享内存的多台机器上，但在用户的眼里却像是一台计算机。分布式文件系统按网络的连接方式划分，可分为：DAS（Direct Attached Storage，直连存储）、NAS（Network Attached Storage，网络附属存储）和 SAN（Storage Area Network，存储区域网）。传统的存储方式大都采用 DAS 方式，各种存储设备通过诸如 IDE 或 SCSI 等 I/O 总线与服务器相连，效率较低。NAS 是一种存储设备，采用的协议包括 NFS（Sun UNIX）和 CIFS（Microsoft NT/Windows）。SAN 是一种利用 Fibre Channel 等互联协议连接起