

# 教育云

关键技术与应用

Key Technology and Application  
of Educational Cloud

杨宗凯 刘三女牙 张昭理 ○ 著



科学出版社

# 教育云

关键技术与应用

Key Technology and Application  
of Educational Cloud

杨宗凯 刘三女牙 张昭理 ○ 著

科学出版社

北 京

# 版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

## 内 容 简 介

本书详细介绍了“十二五”国家科技支撑计划项目“教育云规模化应用示范”的实施过程,分析了国家教育云的建设背景,详细介绍了项目组如何攻克教育云服务相关关键技术,研发可服务全国、分布合理、安全高效的国家教育云平台,探索公益性、市场化互补的教育云服务模式,整合优质教育资源,并开展多种形式的教育资源常规化、规模化应用示范。

本书可以使读者详细了解信息技术与教育教学融合的现状与趋势,了解教育云平台的建设和应用情况,促进新兴技术与教育的深度融合创新。

### 图书在版编目(CIP)数据

教育云关键技术与应用/杨宗凯,刘三女牙,张昭理著. —北京:科学出版社, 2018. 6

ISBN 978-7-03-057651-4

I. ①教… II. ①杨… ②刘… ③张… III. ①教育工作-信息化-研究  
IV. ①G43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 121756 号

责任编辑:吉正霞 安娜 / 责任校对:董艳辉

责任印制:彭超 / 封面设计:彬峰设计

**科学出版社** 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉中科兴业印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

开本: B5(720×1 000)

2018 年 6 月第 一 版 印张: 10 1/4

2018 年 6 月第一次印刷 字数: 204 000

定价: 62.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



---

杨宗凯, 华中师范大学校长, 国家数字化学习工程技术研究中心主任, 教育大数据应用技术国家工程实验室主任, 武汉市政府参事, 教育部高等学校教学指导委员会(教育技术专业教学指导分委员会)主任委员, 教育部教育信息技术工程研究中心主任, 国家语言资源监测与研究中心(网络媒体分中心)主任, 国家教育数字媒体与可视化知识服务学科引智(111)基地负责人。长期从事信息技术、教育技术领域的科研工作, 先后担任国际数字化学习标准化组织 ISO/IEC JTC1 SC36 WG6 联席主席, 全国信息技术标准化技术委员会教育技术分委员会(CELTSC)委员, 科技部国家“十五”科技攻关重大专项“网络教育关键技术及其示范工程”专家组成员, 国家“十一五”科技支撑计划“现代教育知识服务体系关键技术及示范工程”项目组责任专家, “十二五”国家科技支撑计划现代服务业领域总体专家组专家, 教育部“2020 年中国教育发展纲要”教育信息化建设专题组组长, 全国教师网联教师教育公共服务平台建设专家工作组组长。作为专家组组长, 牵头承担我国教育信息化领域的第一份国家级战略规划文件《教育信息化十年发展规划(2011—2020)》的编制工作, 并出版了《教育信息化十年发展规划(2011—2020)》解读(人民教育出版社, 2012 年)。

2003 年被评为湖北省有突出贡献的中青年专家, 2004 年初入选首批“新世纪百千万人才工程”国家级人选。曾获湖北省科技进步一等奖 2 项, 二等奖 1 项。发表高水平研究论文 80 余篇, 获得十余项发明专利, 承担教育信息化领域 2 项国际标准和 7 项国家标准研制工作。

# 前言

从世界形势来看,当今教育发展正面临信息化、国际化、知识经济和可持续发展等一系列挑战,尤其是教育的信息化与国际化在同一时间点不断汇聚、相互交织,不断促进教育体系的深刻变革。一方面,教育信息化加速了教育国际化,慕课和开放教育资源运动的发展,使教育不再受限于国家边界和学校围墙,学习者可以足不出户学习到全球最优质的课程。另一方面,教育国际化促进了教育信息化,教育国际交流持续加剧,使翻转课堂、泛在学习等先进信息化教学模式在全球范围内迅速普及,信息技术变革教学的步伐不断加快。面对这一发展形势,教育系统必须直面挑战,快速变革,才能跟上时代步伐。

2015年5月,习近平主席在致国际教育信息化大会的贺信中强调:推动教育变革和创新,构建网络化、数字化、个性化、终身化的教育体系,建设“人人皆学、处处能学、时时可学”的学习型社会,培养大批创新人才,是人类共同面临的重大课题。

当前,云计算、大数据、人工智能、虚拟现实等新兴技术快速发展,强力渗透到经济社会各行业,传统的工业时代重点培养知识型、技能型人才的教育难以适应信息化时代对个性化、创新型人才的需求,如何革故鼎新、构建适应信息化社会需要的未来教育生态,是当今教育发展面临的重大挑战。

教育云是未来教育信息化的基础架构,建设国家教育云是我国教育信息化发展的必然要求。基于云计算技术建设教育资源公共服务平台和教育管理公共服务平台,已成为我国教育信息化发展的既定选择。2013年6月,由中央电化教育馆和华中师范大学等单位共同承担的“十二五”国家科技支撑计划项目“教育云规模化应用示范”正式开始实施。至2016年底,该项目顺利完成,突破了教育云关键技术,建设了可服务全国、分布合理、安全高效的教育云平台,聚合优质教育资源,并为全国教师和学生提供安全可靠的内容和应用服务。

教育云平台是教育生态系统得以运行的基本环境,为各类角色的活动提供空间和资源。生态系统中的各类角色通过学习活动、教学活动、科研活动和管理活动相互影响和相互作用,促进资源的流动和人际网络的形成。未来学生、未来教师、未来教育管理者是教育生态的活动主体,通过学生的自主学习和探究、教师的

指导教学和协同教研,以及教育管理者的服务等活动,推动数据流和信息流在教育生态系统中的运行,形成灵活、多元、优化,符合教育发展需要和人的发展需求的新型教育生态系统。

展望未来,以信息技术为支撑,引领教育模式、方法、工具、内容等一系列要素的全面创新与深刻变革,大力提升教育系统的内在品质,构建 21 世纪信息化时代的教育文化和教育新生态,应成为我国未来教育发展的战略。只有通过变革教育体系的流程、结构乃至理念、文化,才能使未来教育最终实现均衡、全纳、公平的优质教育,才能使人人可以获得终身学习的机会,为每个学生的发展提供无限可能。

全书共分 10 章,杨宗凯负责第 1~2 章、第 7~10 章的撰写,刘三女牙负责第 5~6 章的撰写,张昭理负责第 3~4 章的撰写。

杨宗凯

2018 年 1 月于桂子山

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| <b>第 1 章 建设国家教育云的背景</b> | 1  |
| 1.1 国家政策背景              | 1  |
| 1.2 教育云要解决的问题           | 3  |
| 1.3 相关技术的现况与发展趋势        | 5  |
| 1.4 价值链分析               | 10 |
| 1.5 产业链分析               | 11 |
| 1.6 国内外教育云发展现况          | 12 |
| 1.7 建设国家教育云的条件          | 24 |
| <b>第 2 章 教育云架构与整体设计</b> | 31 |
| 2.1 教育云总体架构             | 31 |
| 2.2 教育云建设路径             | 32 |
| 2.3 教育云平台建设目标与技术指标      | 34 |
| <b>第 3 章 教育云相关标准规范</b>  | 35 |
| 3.1 教育资源标准              | 35 |
| 3.2 基础教育教学资源元数据         | 38 |
| 3.3 职业教育教学资源元数据         | 41 |
| <b>第 4 章 教育云服务关键技术</b>  | 44 |
| 4.1 教育云资源共建共享技术         | 45 |
| 4.2 教育云环境下基于知识地图的海量资源管理 | 47 |
| 4.3 云端一体化学习环境           | 49 |
| 4.4 教育云环境下交互智能教育        | 53 |
| 4.5 云端教学过程评价技术          | 54 |
| 4.6 基于教育云空间的学习赋能技术      | 55 |
| 4.7 面向教育资源的绿色安全保障体系     | 58 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <b>第 5 章 教育云平台建设</b>     | 62  |
| 5.1 建设国家教育云平台            | 62  |
| 5.2 互联互通的教育云体系           | 64  |
| 5.3 平台建成开通               | 66  |
| <b>第 6 章 教育云优质资源共建共享</b> | 68  |
| 6.1 教育资源建设机制和评价机制        | 69  |
| 6.2 优质教育资源整合指南和目录体系      | 74  |
| 6.3 整合优质教育资源             | 79  |
| 6.4 教育云教学应用模式研究与培训教材     | 85  |
| <b>第 7 章 教育云服务模式</b>     | 89  |
| 7.1 公益性与市场化互补的服务模式       | 90  |
| 7.2 教育云资源组织管理服务模式        | 94  |
| 7.3 教育云资源提供服务模式          | 105 |
| 7.4 教育云资源应用服务模式          | 111 |
| 7.5 教育云资源采购服务模式          | 114 |
| <b>第 8 章 教育云大规模应用</b>    | 116 |
| 8.1 教育云规模化应用典型模式         | 116 |
| 8.2 教育云商业模式              | 118 |
| 8.3 教育云应用 1:空间应用示范       | 120 |
| 8.4 教育云应用 2:资源应用示范       | 122 |
| 8.5 教育云应用 3:教学模式应用示范     | 129 |
| 8.6 教育云应用 4:网络协作教研示范     | 139 |
| 8.7 教育云应用 5:机制探索示范       | 144 |
| <b>第 9 章 成果推广和应用前景</b>   | 146 |
| 9.1 创新性成果                | 146 |
| 9.2 成果推广和应用前景            | 148 |
| <b>第 10 章 教育信息化未来展望</b>  | 150 |
| <b>参考文献</b>              | 154 |

# 第1章 建设国家教育云的背景

## 1.1 国家政策背景

### 1. 建设国家教育云是落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》的重要举措

《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》重点领域“7. 信息产业及现代服务业”中提出,“以应用需求为导向,重视和加强集成创新,开发支撑和带动现代服务业发展的技术和关键产品,促进传统产业的改造和技术升级”<sup>①</sup>,并进一步在该领域的优先主题“(40)现代服务业信息支撑技术及大型应用软件”中提出,“重点研究开发金融、物流、网络教育、传媒、医疗、旅游、电子政务和电子商务等现代服务业领域发展所需的高可信网络软件平台及大型应用支撑软件、中间件、嵌入式软件、网格计算平台与基础设施,软件系统集成等关键技术,提供整体解决方案”<sup>①</sup>。本书基于的项目将落实上述总体部署,建设覆盖全国、分布合理、开放开源的基础云环境,汇聚整合各级各类数字教育资源(项目期内主要汇聚基础教育和职业教育资源),并通过试点创建公益性服务和市场化服务互补的国家教育云服务模式,利用互联网、卫星广播等多种传输渠道面向全社会共享优质资源,为构建“全民学习、终身学习”的学习型社会提供重要支撑。

### 2. 建设国家教育云是加快教育信息化进程、带动教育现代化的重要举措

教育信息化是优化教育结构、合理配置教育资源、促进教育公平、提高教育质量、实现教育科学发展的有效途径,是推进素质教育和培养

---

<sup>①</sup> 国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年),<http://www.most.gov.cn/kjgh/>

创新型人才的必然要求,是教育现代化的必由之路和重要标志(黄荣怀,2011)。进入21世纪以来,中央把信息化上升为国家战略,胡锦涛同志2010年7月强调:以教育信息化带动教育现代化,已成为新时期教育事业改革发展的重大战略任务。习近平主席2013年3月在参加全国政协十二届一次会议科协、科技界委员联组讨论时指出:移动互联网、智能终端、大数据、云计算、高端芯片等新一代信息技术发展将带动众多产业革命和创新,必须予以高度重视。刘延东同志2012年9月在全国教育信息化工作电视电话会议上讲话时指出:“信息技术的全面渗透深刻影响着教育理念、模式和走向,教育发展必须适应信息化时代的特征。在教育大国向教育强国迈进的进程中,加快教育信息化既是事关教育全局的战略选择,也是破解教育热点难点问题的紧迫任务。”<sup>①</sup>国家有关部门实施了农村中小学现代远程教育工程、农村义务教育薄弱学校改造计划、西部大学校园计算机网络建设工程等一系列重大工程,教育信息化发展步入快车道。特别是近年来,教育信息化被提升到新的战略高度,开始从分散建设向整体规划、统筹推进转型,促进教育改革发展的作用日益凸显(祝智庭,2011)。

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》提出,“信息技术对教育发展具有革命性影响,必须予以高度重视”<sup>②</sup>,把教育信息化专设一章,列为十个重大发展项目之一重点推进。2012年是教育信息化发展历程中具有重要里程碑意义的一年。教育部牵头组建了国家发展和改革委员会、财政部、科学技术部、工业和信息化部、国家广播电影电视总局等中央9部门分工协作的教育信息化推进工作部际协调小组,完成了教育信息化顶层设计,形成了层次递进、任务明确、目标清晰的新时期教育信息化工作战略部署和总体安排,确立了以“信息技术与教育教学深度融合”为核心理念、以“应用驱动、机制创新”为基本思路的推进教育信息化工作的指导思想,并组织召开了新中国成立以来第一次全口径的全国教育信息化工作电视电话会议,刘延东同志出席会议并发表了重要讲话,全面动员和系统部署了各项工作。

新时期的教育信息化顶层设计包括三个层面,促进优质资源共建共享和利用是各层面的重点工作。一是2020年前,贯彻落实《教育信

---

① 刘延东出席全国教育信息化工作电视电话会议, [http://www.gov.cn/ldhd/2012-09/05/content\\_2217594.htm](http://www.gov.cn/ldhd/2012-09/05/content_2217594.htm)

② 国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年), [http://old.moe.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/info\\_list/201407/xxgk\\_171904.html](http://old.moe.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/info_list/201407/xxgk_171904.html)

息化十年发展规划(2011—2020年)》。十年规划提出,实施“优质数字教育资源建设与共享行动”,“到2015年,基本建成以网络资源为核心的教育资源与公共服务体系,为学习者可享有优质数字教育资源提供方便快捷服务”<sup>①</sup>。二是“十二五”期间,重点推进“三通两平台”建设,即推进“宽带网络校校通”“优质资源班班通”“网络学习空间人人通”,并建设“教育资源公共服务平台”和“教育管理公共服务平台”。本书所基于项目的核心工作即是建设其中的“教育资源公共服务平台”,促进数字教育资源共建、共享和应用,通过试点促进优质资源的有效应用,推进学校教学模式和学习方式创新。三是2012~2013年,着力推进七项重点工作,“建设教育资源公共服务平台”是七项重点工作之一,本书所基于项目的实施即是落实该项重点工作的具体举措。

### 3. 建设国家教育云是落实我国教育信息化十年规划阶段目标的重要举措

经过多年的努力,我国教育信息化建设取得了重要突破,数字教育资源的开发与应用取得重要进展,覆盖各级各类教育的数字教育资源体系雏形初步显现。但是,我国教育信息化还处于初步应用整合阶段,优质教育信息资源总量不足、结构性短缺、多头管理、重复建设、标准不统一、共建共享有效机制尚未形成等问题没有得到根本改观,教育信息化服务能力和服务水平还很欠缺,信息技术在教育中应用方式还很单一,技术与教育的融合还处于浅层次,教育信息化服务机制亟须创新(桑新民,2011)。为此,《教育信息化十年发展规划(2011—2020年)》明确提出到2015年,我国教育信息化建设目标要实现技术全面应用、资源广泛共享、基础能力全面覆盖,以促进信息技术与教育教学深度融合、提高教育质量、促进教育公平、推进教育理念与教学方法创新。

## 1.2 教育云要解决的问题

为实现教育信息化十年规划所确定的2015年战略目标,教育云把解决以下四个方面的重难点问题作为确定目标任务的基本需求。

### 1. 突破“信息孤岛”,推动资源广泛共享

2004~2014年,我国教育资源建设已经取得巨大成绩,但各级各类

<sup>①</sup> 教育部关于印发《教育信息化十年发展规划(2011—2020年)》的通知, [http://old.moe.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/s3342/201203/xxgk\\_133322.html](http://old.moe.gov.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/s3342/201203/xxgk_133322.html)

教育资源仍然主要在局域网内使用甚至以光盘或硬盘的形式使用,严重影响资源共享,同时也形成了重复投资、低水平建设。宽带、泛在网络的发展,云服务模式的日臻完善为突破“信息孤岛”,实现优质教育资源的广泛共享提供了新的机遇。利用技术优势,推动资源共享,可以减少低水平重复建设投入,激发专业队伍制作资源的积极性,把广大教师从一般的课件制作中解放出来,集中精力通过搞好教学设计与教学实施,提高教育教学质量(杨宗凯,2014a)。

## 2. 改变教育资源应用和服务水平不高的现状,方便学校和师生选用

尽管我国教育资源建设呈现出蓬勃发展的良好态势,但资源信息呈现庞杂,学校和师生要想找到真正想用的资源比较困难(祝智庭,2011)。例如:我国各种类型的网络教育网站名称五花八门,数量众多且良莠不齐,利用百度搜索“教育资源网站”共计得到 3040 万条信息。许多教师反映,一节课的资源要用好几倍的时间去查找,所以,只好不用或少用,或者上公开课时才用。利用推送、数据挖掘等技术,一方面建立国家专门的教育信息资源综合平台,对教育单位现有的教育资源和国家各种工程、计划所形成的信息资源进行整理、分类、加工,并利用网络为教师、学生和社会有需求人员提供权威的、可靠的教学信息及学习服务。另一方面可以改变资源上传下载的方式,建立与学校、个人需求相关联的基于网络学习空间的推送服务,将带给学校和师生使用方便的良好感受,提高教育资源的有效使用水平。

## 3. 改变应用方式单一的局面,建立教育云常规化规模化应用模式

我国各级各类教育都在逐步重视教育资源应用,但目前资源应用方式单一,多数应用为演示型、讲授式,没有充分发挥信息技术对于提高教学质量的作用。这与国际上正在兴起的信息技术带来的教育革命相比,差距明显。教育云为广泛分享工具和应用服务提供了技术支撑,同时可以帮助更多的用户降低使用成本,推动更广泛和深入的交流与应用(祝智庭,2013)。采用网络学习空间,推广智能工具和应用服务,创建地区连片应用、日常教学中经常应用的典型,引导教育与技术深度融合中创新人才培养,让我国各级各类教育教师教得更好,学生学得更活。

## 4. 转变单纯依靠项目建设方式,构建基本公益服务与个性化增值服务互补的教育云发展模式

过去十年我国教育资源建设主要依靠政府项目投入。这种建设方式对实现教育资源的从无到有,产生了巨大的作用,但对于形成资源建

设的可持续发展机制仍显不够(李克东,2008)。把单纯依靠项目建设的方式转变为政府引导、学校使用、多方参与建设的新机制,是改变资源建设投入不足、更新乏力、建设与应用脱节状况的关键。所以依靠政府已经投入和进一步投入的公益性资源,结合社会特别是企业开发的多种优质资源,形成公益服务与市场化选择相结合的资源服务机制尤为重要。教育云通过全国范围内的互联互通,不仅给用户带来方便,也可以降低开发企业进入教育市场的成本,让利于使用者。

## 1.3 相关技术的现况与发展趋势

### 1.3.1 教育领域发展趋势

针对国内区域教育现状和区域教育信息化现状及发展目标,教育云的建设与应用主要工作可以分为三个方面:

首先,利用云技术建设教育云基础设施和公共服务平台,形成整合汇聚各级各类教育资源和提供先进教育资源服务的能力。

其次,整合优化既有教育资源。对目前教育信息化的各种资源进行整合开发利用,充分挖掘潜力,提高资源的利用率。集约散落在不同教育部门和各个环节中的软硬件资源,提高其重复利用率,杜绝闲置和浪费。教育信息化公共服务平台的资源集约还包括人力资源、信息资源、安全保障、培训服务、办公空间和经费投入等多领域的集约。通过虚拟化技术,包括服务器虚拟化、应用虚拟化、桌面虚拟化,将各种硬件及软件资源虚拟化成一个或多个资源池,并通过系统管理平台对这些虚拟资源进行智能化、自动化的管理和分配。

最后,提供先进的教育资源服务。通过多层次的自助服务门户为最终用户即资源的使用者提供数据及应用服务,资源使用者可以通过自助服务门户浏览和申请使用教育资源,并可以按自己的需要对资源进行下载、重新整合和展现。同时,教育应用开发商或资源提供者也可以通过自助服务门户上载教育应用或资源到教育私有云服务平台上,而教育云服务的运营者或管理者,可以通过该自助服务门户对用户、资源、计费进行统一管理。

### 1.3.2 领域覆盖范围

从用户的角度分析,教育云的服务对象包括以下几类用户:

(1) 受教育者,如幼儿、中小學生、大学生、研究生、留学生、在职人员等。

(2) 家长。

(3) 教育从业人员,如老师、助教、教研人员等。

(4) 教育机构,如幼儿园、中小学、大学、培训机构等。

(5) 教育行政部门及其直属单位,如教育部(厅、局)、教育委员会、教育部考试中心、教育部留学服务中心、教育部学位与研究生教育发展中心等。

(6) 其他相关部门。

不同用户对教育云的应用服务有不同的关注点,具体如下:

(1) 受教育者,主要关注的是如何能够获取高品质的教育服务,如何能够方便地和同学、老师、家长沟通交流,如何能够快速获取最全面的培训、考试、留学等方面信息,如何能够方便地进行终身学习等方面。

(2) 家长,主要关注的是如何保证孩子受教育的质量,如何能够方便地实现家校互动,了解孩子的情况,保证孩子的安全等方面。

(3) 教育从业人员,主要关注的是如何提高自身教育水平,如何提高备课和讲课的质量和效率,能够方便地了解学生,加强与学生的交流互动等方面。

(4) 教育机构,主要关注的是如何提高教育教学和人才培养质量,提高教育服务质量,提高日常教务管理能力,提升资源使用效率,降低教育信息化成本等方面。

(5) 教育行政部门及其直属单位,主要关注的是如何聚合并共享教育资源,缔造教育服务系统,提升教育管理水平,促进义务教育均衡发展 and 各级各类教育协调发展,提高教育质量,促进教育公平,推进教育创新等方面。

### 1.3.3 相关技术现状与趋势

云计算(cloud computing)是在2007年才诞生的新名词,但仅仅过了半年多,其受到关注的程度就超过了网格计算,如图1.1所示。

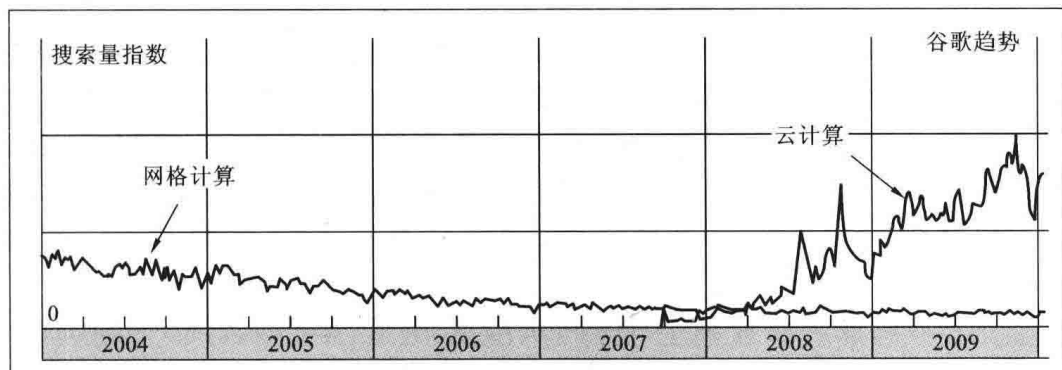


图 1.1 云计算和网格计算在 Google 中的搜索趋势

云计算是一种商业计算模型,它将计算任务分布在大量计算机构成的资源池上,能够按需获取计算力、存储空间和信息服务(祝智庭, 2012)。这种资源池称为“云”。“云”是一些可以自我维护 and 管理的虚拟计算资源,通常是一些大型服务器集群,包括计算服务器、存储服务器和宽带资源等。云计算将计算资源集中起来,并通过专门软件实现自动管理,无须人为参与。用户可以动态申请部分资源,支持各种应用程序的运转,无须为烦琐的细节而烦恼,能够更加专注于自己的业务,有利于提高效率、降低成本和技术创新。之所以称为“云”,是因为它在某些方面具有现实中云的特征:云一般都较大;云的规模可以动态伸缩,它的边界是模糊的;云在空中飘忽不定,无法也无须确定它的具体位置,但它确实存在于某处。之所以称为“云”,还因为云计算的鼻祖之一亚马逊公司给网格计算(grid computation)取了一个新名称“弹性计算云”(elastic computing cloud),并取得了商业上的成功。

云计算是并行计算(parallel computing)、分布式计算(distributed computing)和网格计算的发展,或者说是这些计算科学概念的商业实现。云计算是虚拟化(virtualization)、效用计算(utility computing)、将基础设施作为服务 IaaS(infrastructure as a service)、将平台作为服务 PaaS(platform as a service)和将软件作为服务 SaaS(software as a service)等概念混合演进并跃升的结果。

从研究现状上看,云计算具有以下特点:

(1) 超大规模。“云”具有相当的规模,Google 云计算已经拥有 100 多万台服务器,亚马逊、IBM、微软和 Yahoo 等公司的“云”均拥有几十万台服务器。“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、使用各种终端获取服务。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，但实际上用户无须了解应用运行的具体位置，只需要一台笔记本或一个 PDA，就可以通过网络服务来获取各种能力超强的服务。

(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更加可靠。

(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，同一片“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，像自来水、电和天然气那样计费。

(7) 降低成本。“云”的特殊容错措施使得可以采用较低成本的节点来构成云；“云”的自动化管理使数据中心管理成本大幅降低；“云”的公用性和通用性使资源的利用率大幅提升；“云”设施可以建在电力资源丰富的地区，从而大幅降低能源成本。因此“云”具有前所未有的性能价格比。

云计算按照服务类型大致可以分为三类：将基础设施作为服务 IaaS、将平台作为服务 PaaS 和将软件作为服务 SaaS，如图 1.2 所示。

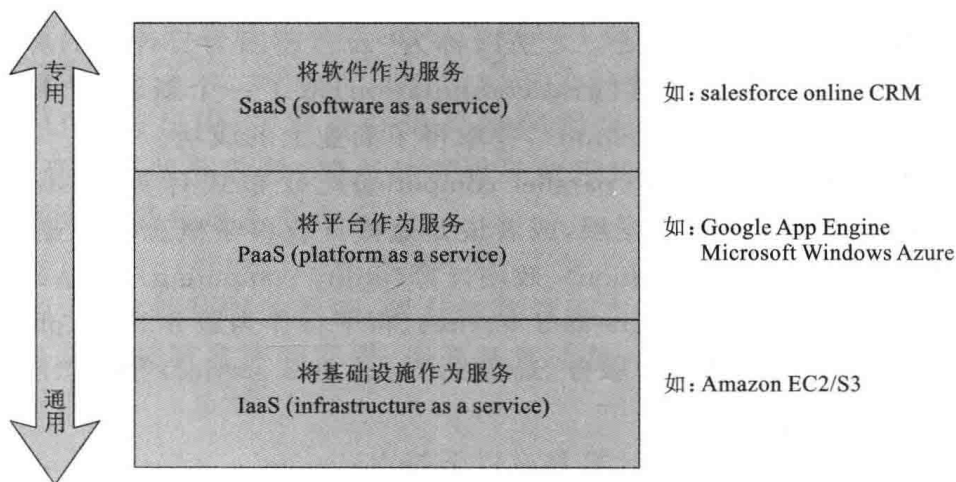


图 1.2 云计算的服务模型

IaaS 将硬件设备等基础资源封装成服务供用户使用,如亚马逊云计算 AWS(amazonweb services)的弹性计算云 EC2 和简单存储服务 S3。AWS 提供了在节点之间互通消息的接口简单队列服务 SQS (simple queue service)。IaaS 最大的优势在于它允许用户动态申请或释放节点,按使用量计费。IaaS 是由公众共享的,因而具有更高的资源使用效率。

PaaS 对资源的抽象层次更进一步,它提供用户应用程序的运行环境,典型的如 Google App Engine。微软的云计算操作系统 Microsoft Windows Azure(后更名为 Microsoft Azure)也可大致归入这一类。PaaS 自身负责资源的动态扩展和容错管理,但与此同时,用户的自主权降低,必须使用特定的编程环境并遵照特定的编程模型。

SaaS 的针对性更强,它将某些特定应用软件功能封装成服务,如 Salesforce 公司提供的在线客户关系管理 CRM(customer relationship management)服务。SaaS 既不像 PaaS 一样提供计算或存储资源类型的服务,也不像 IaaS 一样提供运行用户自定义应用程序的环境,它只提供某些专门用途的服务供应用调用。

随着云计算的深化发展,不同云计算解决方案之间相互渗透融合,同一种产品往往横跨两种以上类型。

由于云计算是多种技术混合演进的结果,其成熟度较高,又有大公司推动,发展极为迅速。Google、亚马逊、IBM、微软和 Yahoo 等大公司是云计算的先行者。云计算领域的众多成功公司还包括 VMware、Salesforce、Facebook、YouTube、MySpace 等。

在我国,云计算发展也非常迅猛,云计算产业分布见表 1.1。2008 年,IBM 先后在无锡和北京建立了两个云计算中心;世纪互联推出了 CloudEx 产品线,提供互联网主机服务、在线存储虚拟化服务等;中国移动研究院已经建立起 1024 个 CPU 的云计算试验中心;解放军理工大学研制了云存储系统 MassCloud,并以它支撑基于 3G 的大规模视频监控应用和数字地球系统。作为云计算技术的一个分支,云安全技术通过大量客户端的参与和大量服务器端的统计分析来识别病毒和木马,取得了巨大成功。瑞星、趋势科技、卡巴斯基、McAfee、Symantec、江民、Panda、金山、360 安全公司等均推出了云安全解决方案。