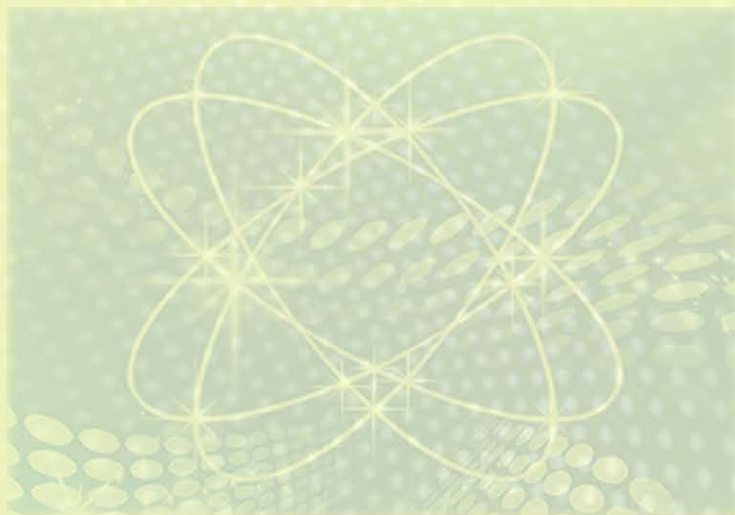


云计算基础与实践教程



前 言

随着云计算技术及产业的迅猛发展，社会对云计算技术人才的需求成倍增加。一方面，云计算已经成为信息资源用户进行信息交互与存储的重要模式，并成为大数据处理和深度挖掘的主要平台；另一方面，越来越多的公司认识到云计算在信息社会中的地位和作用，希望在新一轮信息技术革命中生存与发展，纷纷将云计算作为公司发展的重要战略。同时，国家高度重视云计算产业在国民经济中的重要作用，将其作为调整产业结构、发展国民经济的重要战略产业。企业信息技术人员、高校计算机类专业学生和社会大众渴望学习云计算知识与技术，急需一批通俗易懂、快速入门的读物或教材。联创中控（北京）科技有限公司在云计算方面有多年的技术积累和应用实践。本书结合云计算最新技术趋势和联创中控（北京）科技有限公司的长期实践，对云计算应用技术进行系统的讲解，为云计算实践提供思路和建议。

本书在内容安排上力求循序渐进、理论与实践相结合，解释抽象的概念和专业术语时尽量用通俗易懂的语言、容易接受和理解的事例进行说明，实用性较强。

本书共分为九章。第一章主要介绍云计算的基本概念、特征及实际应用；第二章至第六章深入讨论云存储、云服务、虚拟化、大数据、云安全等相关知识和主流解决方案，第七章介绍基于云计算的物联网相关技术和实例；第八章、第九章给出 OpenStack 和 CloudStack 两种开源云平台部署与应用技术，供读者实践参考。

本书只是云计算入门级的读物，阅读完本书后，读者需要结合自己的项目要求，不断对相应云平台进行部署与应用实践，才能真正掌握云计算应用开发技术。

本书的第一章至第四章和第八章由陈君华编写，第五章、第六章由陈小龙编写，第七章、第九章由邱发林编写。全书由陈君华统稿审校。参与本书编写的还有计海锋、施霖、张小刚、夏姜虹等几位技术专家，余扬、邓兰梅、岳娜等几位同学也参与了本书部分代码测试仿真与绘图。感谢联创中控（北京）科技有限公司提供优质的云平台。

本书的出版得到云南省高校物联网应用技术重点实验室建设项目、昆明市中青年学术和技术后备人才项目和高水平民族大学建设项目的资助，同时云南大学出版社的赵红梅、蒋丽杰等老师等对本书的顺利出版做了大量工作，在此表示感谢。此外，本书在编写过程中，参考了众多相关书籍和网络资料，在此对相关书籍和资料的作者一并表示感谢！

由于编者水平有限，书中难免有不当的地方，恳请同行专家和广大读者朋友不吝赐教。

目 录

第一章 云计算	(1)
1.1 云计算概述	(1)
1.1.1 云计算简史与发展	(1)
1.1.2 与云相关的基本概念	(3)
1.1.3 云计算的分类	(7)
1.1.4 云计算的基本特征	(8)
1.2 云计算技术架构	(11)
1.2.1 软件即服务	(12)
1.2.2 平台即服务	(15)
1.2.3 基础设施即服务	(18)
1.2.4 云计算管理层	(21)
1.2.5 云计算架构示例	(23)
1.3 云计算的适用条件	(25)
1.3.1 云计算的优点	(25)
1.3.2 云计算的缺点	(28)
1.4 云计算的发展趋势和影响	(28)
第二章 云存储	(30)
2.1 云存储的概念	(30)
2.2 云存储技术简介	(31)
2.2.1 云存储的结构模型	(31)
2.2.2 云存储技术的两种架构	(33)
2.2.3 云存储的分类	(34)
2.2.4 存储虚拟化	(35)
2.2.5 Apache Hadoop	(36)
2.2.6 云存储技术面临的问题与隐患	(44)
2.3 云存储的应用领域	(46)

第三章 云服务	(50)
3.1 云服务概述	(50)
3.1.1 云服务简介	(50)
3.1.2 云服务的产生和发展	(51)
3.1.3 云服务的优缺点	(51)
3.2 云服务的类型	(52)
3.2.1 软件即服务	(52)
3.2.2 平台即服务	(54)
3.2.3 基础设施即服务	(56)
3.2.4 其他服务	(58)
3.3 云服务的四种模式	(58)
3.3.1 公共云	(59)
3.3.2 私有云	(61)
3.3.3 社区云	(65)
3.3.4 混合云	(67)
第四章 虚拟化	(70)
4.1 虚拟化技术简介	(70)
4.1.1 虚拟机的工作原理	(70)
4.1.2 虚拟化技术的特性	(71)
4.1.3 虚拟化的意义	(71)
4.2 虚拟化解决方案	(72)
4.2.1 VMware 虚拟化	(72)
4.2.2 Citrix Xen 虚拟化	(73)
4.2.3 Hyper-V 虚拟化	(73)
4.2.4 KVM 虚拟化	(76)
4.2.5 VirtualBox 虚拟化	(78)
4.2.6 虚拟化实例	(80)
4.3 桌面虚拟化架构	(91)
4.3.1 虚拟桌面基础架构	(93)
4.3.2 虚拟操作系统架构	(96)
4.3.3 桌面云的实现方案	(98)
第五章 大数据	(100)
5.1 大数据概述	(100)
5.1.1 大数据的内涵	(100)

5.1.2 大数据的本质	(101)
5.1.3 大数据技术的当前状态	(102)
5.1.4 大数据与云计算的关系	(103)
5.2 大数据技术	(104)
5.2.1 基础架构	(105)
5.2.2 数据采集	(106)
5.2.3 数据存储	(107)
5.2.4 数据计算	(110)
5.2.5 数据展现与交互	(114)
5.3 大数据技术的发展趋势	(116)
第六章 云安全	(118)
6.1 云计算安全概述	(118)
6.2 云安全技术	(120)
6.2.1 云安全架构	(120)
6.2.2 数据安全	(128)
6.2.3 应用安全	(130)
6.2.4 虚拟化安全	(132)
6.3 云安全的未来展望	(134)
第七章 云计算的物联网	(136)
7.1 物联网与云计算的关系	(137)
7.2 物联网云概述	(138)
7.2.1 物联网云的概念与架构	(139)
7.2.2 物联网云的使用模式	(140)
7.2.3 IBM 物联网云实例	(143)
7.3 云计算在物联网行业的应用	(145)
7.3.1 智能电网云	(145)
7.3.2 智能交通云	(146)
7.3.3 医疗健康云	(148)
7.3.4 智慧农业云	(149)
7.3.5 智慧物流云	(151)
7.3.6 智慧环保云	(152)
7.3.7 智能安防云	(154)
7.3.8 智能工业云	(155)
7.4 物联网与云计算结合将面临的一些问题	(156)

第八章 OpenStack 部署与应用	(158)
8.1 OpenStack 概述	(158)
8.1.1 云服务提供商的概念架构	(159)
8.1.2 OpenStack Compute 架构	(160)
8.1.3 OpenStack Image Service	(165)
8.1.4 OpenStack Object Storage	(167)
8.1.5 OpenStack 发展现状	(169)
8.1.6 OpenStack 优势	(170)
8.2 OpenStack 安装部署	(171)
8.2.1 Keystone 安全认证服务	(171)
8.2.2 安装 Glance 镜像服务	(179)
8.2.3 安装 Nova 虚拟机管理系统	(183)
8.2.4 安装 Neutron 虚拟网络服务	(190)
8.2.5 安装 Dashboard Web 界面	(196)
8.2.6 安装 Cinder 块存储服务	(197)
8.2.7 安装 Swift 存储服务	(205)
8.3 OpenStack 管理工具的使用	(215)
8.3.1 用户管理	(215)
8.3.2 资源配置管理	(219)
8.3.3 网络管理与安全组的使用	(220)
8.3.4 镜像与虚拟机的管理	(225)
8.3.5 磁盘的使用	(230)
8.4 OpenStack 运行维护	(232)
8.4.1 故障排除	(233)
8.4.2 OpenStack 监控	(243)
第九章 CloudStack 部署与应用	(252)
9.1 CloudStack 概述	(252)
9.1.1 CloudStack 简介	(252)
9.1.2 CloudStack 功能与特性	(253)
9.1.3 CloudStack 主要组成部分	(253)
9.1.4 CloudStack 架构	(257)
9.1.5 CloudStack 网络	(258)
9.2 CloudStack 安装	(265)
9.2.1 CloudStack 安装	(265)
9.2.2 系统运行的初步检查	(278)

9.2.3	CloudStack 重装	(280)
9.2.4	基础网络区域的创建与配置	(281)
9.2.5	高级网络区域的创建与配置	(282)
9.3	CloudStack 使用	(285)
9.3.1	ISO 和模板的使用	(285)
9.3.2	虚拟机实例的使用	(288)
9.3.3	访问控制	(292)
9.3.4	磁盘与快照的使用	(297)
9.3.5	服务方案的使用	(299)
9.3.6	域和账户的使用	(304)
9.3.7	项目的使用	(308)
9.4	CloudStack 开发	(311)
9.4.1	Linux 开发环境安装及配置	(311)
9.4.2	使用 Eclipse 调试 CloudStack	(315)
9.4.3	CloudStack 的 API 开发	(317)
9.6	CloudStack 部署 Q&A	(321)

第一章 云计算

云计算（Cloud Computing）是当今计算机领域的热门领域，其独特之处在于它几乎可以提供无限廉价存储和计算能力，且发展极为迅速。它包括的技术种类丰富，大到云计算数据中心架构设计，小到虚拟机网络模式设置，而且云计算开源社区发展活跃，它不断融合新的技术，创新出新的应用。

中国云计算的出现相对较晚，但发展非常迅猛。阿里巴巴、中国移动等公司先后建立了云计算中心。在中国的“云计算”计划中，清华大学是第一家参与合作的高校。2008年初，IBM 与无锡市人民政府合作建立了无锡软件园云计算中心，开始了云计算在中国的商业应用。2008年7月，瑞星推出了“云计算”计划。2009年，VMware 在中国召开的vForum 用户大会，第一次将开放云计算的概念带入中国。而 VMware 在北京清华园的研发中心，也如火如荼地进行着云计算核心技术的研发和布阵。

《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》（国发〔2010〕32号）将云计算定位为“十二五”战略性新兴产业之一。工信部、发改委同时联合印发《关于做好云计算服务创新发展试点示范工作的通知》，确定在北京、上海、深圳、杭州、无锡五个城市先行开展云计算服务创新发展试点示范工作，让中国的云计算的火焰率先从政府云开始熊熊燃烧。

1.1 云计算概述

1.1.1 云计算简史与发展

1983年，太阳电脑（Sun Microsystems）提出“网络是电脑”（The Network is the Computer）。2006年3月，云计算的鼻祖之一亚马逊公司为大家曾经称为网格计算的东西，取了一个新名称“弹性计算云”（Elastic Computing Cloud, EC2），并取得了商业上的成功。

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（SES San Jose 2006）上首次提出“云计算”的概念，“云”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，是一些可以自我维护 and 管理的虚拟计算资源。Google “云端计算”源于 Google 工程师克里斯托弗·比希利亚所做的“Google 101”项目。

2007年10月，Google 与 IBM 开始在美国大学校园，包括卡内基梅隆大学、麻省理工学院、斯坦福大学、加州大学伯克利分校及马里兰大学等，推广云计算的计划。该计划希望能降低分布式计算技术在学术研究方面的成本，并为这些大学提供相关的软硬件设备及

技术支持（包括数百台个人电脑及 BladeCenter 与 System x 服务器，这些计算平台提供 1600 个处理器，支持包括 Linux、Xen、Hadoop 等开放源代码平台），而学生则可以通过网络开发各项以大规模计算为基础的研究计划。

2008 年 1 月 30 日，Google 宣布在台湾启动“云计算学术计划”，将与台湾“台大”“交大”等学校合作，将这种先进的云计算技术大规模、快速地推广到校园。

2008 年 2 月 1 日，IBM 宣布在中国无锡太湖新城科教产业园为中国的软件公司建立全球第一个云计算中心。

2008 年 7 月 29 日，雅虎、惠普和英特尔宣布一项涵盖美国、德国和新加坡的联合研究计划，推出云计算研究测试床，推进云计算的发展。该计划要与合作伙伴创建 6 个数据中心作为研究试验平台，每个数据中心配置 1400 ~ 4000 个处理器。这些合作伙伴包括新加坡资讯通信发展管理局、德国卡尔斯鲁厄大学 Steinbuch 计算中心、美国伊利诺伊大学香槟分校、英特尔研究院、惠普实验室和雅虎。

2008 年 8 月 3 日，美国专利商标局网站信息显示，戴尔申请“云计算”（Cloud Computing）商标，此举旨在加强对这一未来可能重塑技术架构的术语的控制权。

2010 年 3 月 5 日，Novell 与云安全联盟（CSA）共同宣布一项供应商中立计划，名为“可信任云计算计划”（Trusted Cloud Initiative）。

2010 年 7 月，美国国家航空航天局和包括 Rackspace、AMD、Intel、戴尔等支持厂商共同宣布“OpenStack”开放源代码计划，微软在 2010 年 10 月表示支持 OpenStack 与 Windows Server 2008 R2 的集成，而 Ubuntu 已把 OpenStack 加至 11.04 版本中。

2011 年 2 月，思科系统正式加入 OpenStack，重点研制 OpenStack 的网络服务。

2012 年 3 月，中国电信在运营商中第一家成立了云计算分公司。

2012 年 4 月，微软推出云存储服务 Sky Drive，同月谷歌推出云存储服务 Google Drive。

2012 年 5 月，360 云盘正式版上线。

2012 年 7 月，腾讯推出微云网盘。

2012 年 9 月，百度发布百度云服务平台。

2013 年初，中国电信云计算数据中心规划了“4 + 2”布局，“4”指北京、上海、广州、成都四个云资源池，“2”指内蒙古、贵州南北两个核心。同年 8 月，中国电信内蒙古云计算基地正式对外服务，是亚洲最大的云计算园区。

2014 年 5 月，微软宣布 Office 365 正式落地中国，用户熟悉的 Office 套件、即时通讯、协作组件将首次作为云服务提供给中国企业用户及政府机构，由世纪互联负责运营。

2014 年 7 月，包括中国电信、中国移动、BAT、华为、京东、世纪互联等 19 家云服务商的 35 项云服务通过“可信云服务认证”。

2015 年 3 月，李克强总理在政府工作报告中提出，“制定‘互联网+’行动计划，推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现代制造业结合，促进电子商务、工业互联网和互联网金融健康发展，引导互联网企业拓展国际市场”。

2016 年 1 月，IBM 宣布放弃咨询业务，转型认知计算和云平台。

2016 年 7 月，GE 与微软携手合作，Predix 平台登陆 Azure 云平台。

2016 年 11 月，甲骨文云服务借腾讯云落地中国。

.....

从以上事件可以看出，云计算主要经历了四个阶段才发展到如今比较成熟的水平，这四个阶段依次是电厂模式、效用计算、网格计算和云计算。

1. 电厂模式阶段

电厂模式就好比是利用电厂的规模效应，来降低电力的价格，并让用户使用起来更方便，且无需维护和购买任何发电设备。

2. 效用计算阶段

1960 年左右，当时计算设备的价格是非常高昂的，远非普通企业、学校和机构所能承受，所以很多人产生了共享计算资源的想法。1961 年，人工智能之父麦肯锡在一次会议上提出了“效用计算”这个概念，其核心借鉴了电厂模式，具体目标是整合分散在各地的服务器、存储系统以及应用程序来共享给多个用户，让用户能够像把灯泡插入灯座一样来使用计算机资源，并且根据其所使用的量来付费。但由于当时整个 IT 产业还处于发展初期，很多强大的技术还未诞生，比如互联网等，所以虽然这个想法一直为人所称道，但是总体而言“叫好不叫座”。

3. 网格计算阶段

网格计算研究如何把一个需要非常巨大的计算能力才能解决的问题分成许多小的部分，然后把这些部分分配给许多低性能的计算机来处理，最后把这些计算结果综合起来攻克大问题。可惜的是，网格计算在商业模式、技术和安全性方面的不足，使其并没有在工程界和商业界取得预期的成功。

4. 云计算阶段

云计算的核心与效用计算和网格计算非常类似，也是希望 IT 技术能像使用电力那样方便，并且成本低廉。但与效用计算和网格计算不同的是，2014 年在需求方面已经有了一定的规模，同时在技术方面也已经基本成熟。

1.1.2 与云相关的基本概念

在说云之前先介绍虚拟技术的发展史。20 世纪 50 年代 IBM 虚拟大型计算机，那时计算机都是一个房间或几个房间那样的大小，成本费用极其高昂，对一般的中小企业来说，使用大型计算机，除了成本高，资源利用率也低，根本不符合中小企业发展的需求。IBM 推出了虚拟技术，解决了这一难题。在 x86 普及以前，个人很少会使用计算机，x86 的普及解决了产品的成本问题，但仍然存在着资源利用率不高等问题。1999 年，VMware 发布了首款针对 x86 平台的虚拟产品，使成本可以降到更低，资源利用率更高。

虚拟机是运行在计算机上由软件隔离成的另外一个系统，具有封装性、独立性、隔离性、兼容性，且独立于硬件。在网络上，无法分辨出虚拟机跟实体机。直至今日，虚拟大型解决方案不仅可以对服务器进行虚拟化，还可以对整个 IT 基础架构进行虚拟化。那么，什么是云？云是一种为提供自助服务而开发的虚拟环境，即提供服务 + 整合资源 = 云。

1. 云计算

对于云计算，有上百种解释，下面三种解释得到了大部分同行的认可。

(1) 云计算是一种商业计算模型，是分布式计算（Distributed Computing）、并行计算（Parallel Computing）、效用计算（Utility Computing）、网络存储（Network Storage Technologies）、虚拟化（Virtualization）、负载均衡（Load Balance）、热备份冗余（High Available）

等传统计算机和网络技术发展融合的产物。它将计算任务分布在大量计算机构成的资源池上，使用户能够按需获取计算力、存储空间和信息服务。它可以将按需提供自助服务汇聚成高效池，以服务形式交付使用。就像你平时使用的自动售货机，你输入你的需求，就能够得到你想要的，而不需要通过其他任何部门及个人去协调处理，这将极大地提高工作效率。

(2) 狭义的云计算是指 IT 基础设施的交付和使用模式，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。也有人将这种模式比喻为从单台发电机供电模式转向电厂集中供电的模式。它意味着计算能力也可以作为一种商品进行流通，就像煤气、水和电一样使用 IT 基础设施，取用方便，费用低廉。最大的不同在于，它是通过互联网进行传输的。

(3) 广义的云计算是指服务的交付和使用模式，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。

2. 云服务

云提供三种层面的服务：基础架构即服务（IaaS）、平台即服务（PaaS）、软件即服务（SaaS）。未来将会出现各种各样的云产品。通常所说的云服务，其实就是指云的三种层次服务中的一种。

(1) SaaS。提供给客户的服务是运营商运行在云计算基础设施上的应用程序，用户可以在各种设备上通过客户端界面访问，如浏览器。消费者不需要管理或控制任何云计算基础设施，包括网络、服务器、操作系统、存储等。

(2) PaaS。提供给消费者的服务是把客户采用提供的开发语言和工具（例如 Java，Python，.Net 等）、开发的云计算 SPI 关系图或收购的应用程序部署到供应商的云计算基础设施上。客户不需要管理或控制底层的云基础设施，包括网络、服务器、操作系统、存储等，但客户能控制部署的应用程序，也可能控制运行应用程序的托管环境配置。

(3) IaaS。提供给消费者的服务是对所有设施的利用，包括处理、存储、网络和其他基本的计算资源，用户能够部署和运行任意软件，包括操作系统和应用程序。消费者不管理或控制任何云计算基础设施，但能控制操作系统的选择、储存空间、部署的应用，也有可能获得有限制的网络组件（防火墙、负载均衡器等）的控制权。

3. 云主机

云主机是云基础架构即服务层次的一个产品，通过划分出虚拟的各种基础架构资源来虚拟出一个完全独立的主机。拥有自己的操作系统，完全不受其他主机的影响。

云跟云计算、云服务、云主机又是什么关系呢？

如果把云比喻成一个公司的话，那么云计算就是公司的规章制度，云服务就是公司的各个部门，而云主机就是公司某部门的一个职员。

4. 云存储

云存储是在云计算概念上延伸和发展出来的一个新概念，是指通过集群应用、网络技术或分布式文件系统等功能，将网络中大量各种不同类型的存储设备通过应用软件集合起来协同工作，共同对外提供数据存储和业务访问功能的一个系统。当云计算系统运算和处理的核心是大量数据的存储和管理时，云计算系统中就需要配置大量的存储设备，那么云

计算系统就转变成为一个云存储系统，所以云存储是一个以数据存储和管理为核心的云计算系统。

5. 云游戏

云游戏是以云计算为基础的游戏方式。在云游戏的运行模式下，所有游戏都在服务器端运行，并将渲染完毕后的游戏画面压缩后通过网络传送给用户。在客户端，用户的游戏设备不需要任何高端处理器和显卡，只需要具备基本的视频解压能力就可以了。

6. 云安全

云安全（Cloud Security）是一个从“云计算”演变而来的新名词。云安全的策略构想是使用者越多，每个使用者就越安全，因为如此庞大的用户群，足以覆盖互联网的每个角落，只要某个网站被挂马或某个新木马病毒出现，就会立刻被截获。“云安全”通过网状的大量客户端对网络中软件行为的异常监测，获取互联网中木马、恶意程序的最新信息，推送到 Server 端进行自动分析和处理，再把病毒和木马的解决方案分发到每一个客户端。

7. 物联网

物联网作为物联网应用的一种最新实现及交付模式，由普加智能信息公司首次提出并实现产业化。其特征在于将传统物联网中传感设备感知的信息和接受的指令连入互联网中，真正实现网络化，并通过云计算技术实现海量数据的存储和运算。

8. 医疗云

医疗云是在医疗护理领域采用现代计算技术，使用“云计算”的理念来构建医疗保健服务的系统。这种医疗保健服务系统能有效地提高医疗保健的质量、控制成本和提供便捷访问的医疗保健服务。

9. 教育云

教育云指云计算在教育领域中的迁移，是未来教育信息化的基础架构，包括教育信息化所需的一切硬件计算资源，这些资源经虚拟化之后，向教育机构、教育从业人员和学员提供一个良好的平台，该平台的作用就是为教育领域提供云服务。教育云包括“云计算辅助教学”（Cloud Computing Assisted Instructions, CCAI）和云计算辅助教育（Clouds Computing Based Education, CCBE）等多种形式。

10. 平台

平台是相对于基础设施之上的一个层次，提供统一的、通用的应用程序接口。用户不需要购买和管理计算机系统，只需在平台之上根据所提供的接口需求部署所需的应用程序。基于平台，用户可以更为容易地部署他们的应用，而不用在购买和管理底层软硬件上投入成本。谷歌公司的应用程序引擎是这方面的一个典型例子。通过这一应用程序引擎，用户可以创建他们的网络应用程序并把程序部署在谷歌公司提供的网络服务器当中。

11. 服务

这里所说的服务不同于软件即服务（SaaS）中的服务，不是产品提供给用户的形式。云计算服务是设计用来支持计算机之间通过网络相互协作的软件，可以被云计算的其他组成部分所访问的网络服务。微软公司正在试图实现一种软件加服务的模式（Software plus Services, S + S），把网络服务和本地软件的优势结合起来，组成传统软件和远程服务相结合的应用，进而在不同平台间提供一致的、无缝的用户体验。

12. 应用程序

云计算中的应用程序是指那些通常不需要在本地计算机上而只是在互联网上运行的应用程序。这种应用程序运行于互联网之上，省去了用户安装、维护等麻烦，体现了云计算的典型特征。

13. 客户端

云计算的客户端（终端）是用来访问云计算服务的软硬件设备。比如，它可以是任何一种基于 Symbian、Android 或者 iPhone 的智能手机，或者是一个专门设计用来访问云计算服务的设备，或是一台带有浏览器的普通个人计算机。

作为公众，需要鉴别哪些是真云，哪些是假云。为此，刘鹏教授提出判断是不是云计算的三条参考标准，供大家参考。

(1) 用户所需的资源不在客户端而来自网络。这是云计算的根本理念所在，即通过网络提供用户所需的计算力、存储空间、软件功能和信息服务等。

(2) 服务能力具有分钟级或秒级的伸缩能力。如果资源节点服务能力不够，但是网络流量上来，这时候需要平台在一分钟或几分钟之内，自动地动态增加服务节点的数量，从 100 个节点扩展到 150 个节点。能够称之为云计算，就需要足够的资源来应对网络的尖峰流量，哪怕是突然出现了“贾君鹏”这样的热点。过了一阵子，流量下来了，服务节点的数量随着流量的减少而减少。现在有的传统 IDC 自称也能提供伸缩能力，但需要几个小时之后才能提供给用户。问题是网络流量是不可预期的，不可能等那么久。

(3) 具有较之传统模式 5 倍以上的性能价格比优势。云计算之所以是一种划时代的技术，就是因为它将数量庞大的廉价计算机放进资源池中，用软件容错来降低硬件成本，通过将云计算设施部署在寒冷和电力资源丰富的地区来节省电力成本，通过规模化的共享使用来提高资源利用率。国外代表性云计算平台提供商达到了惊人的 10 ~ 40 倍的性能价格比提升。国内由于技术、规模和统一电价等问题，暂时难以达到同等的性能价格比，我们暂时将这个指标定为 5 倍。拥有 256 个节点的中国移动研究院的云计算平台已经达到了 5 ~ 7 倍的性能价格比提升，其性能价格比随着规模和利用率的提升还有很大的提升空间。

这三条标准相当于三张滤网，可以一层层地滤掉那些不属于云计算范畴的东西。让我们用该标准来检验下面这些是不是云计算：

PC 系统：第一关过不了，因用户所需的资源都在客户端，所以不属于云计算范畴。

iPhone 应用软件：如果下载到 iPhone 上就能独立运行，与外界只是通信关系，则过不了第一关；如果是依托网络平台运行，计算和数据资源来自网络，iPhone 端只是个访问界面，则有可能进入云计算范畴。

Web 网站：过了第一关，但若还过可伸缩性这一关，会很难过性能价格比这一关。

上网本：能过第一关，但它本身只是个终端，如果只是用于上网，则在传统范畴；如果用于与云计算设施交互，只可划入云计算范畴。

广告联盟：难过第二关。将不同网站的广告组织在一起，就构成了广告联盟。发布一个广告，可以出现在众多网站上。不过，由于公众对广告的点击率不高，广告联盟不需要有太多的可伸缩性，也不容易做到，因为参与者都是众多小网站。

超级计算中心：如果规模够大，勉强能过第二关，但性价比不好，过不了第三关。超级计算机都是很昂贵的，在性价比上没有优势。我们认为不是云。

在线 Office：规模化运作后容易达到云计算的要求。例如，今天大家看到的百汇 Office，还有 Google 的 DOCS 也是。

在线 CRM：规模化运作后容易达到云计算的要求。提供给用户一个月使用成本是几十块钱，这个远远优于我们使用传统模式，是云。

IaaS：像亚马逊租用机器的服务，所以这种性价比也非常好，租用一个虚拟机 1 小时只要 0.1 美元，也是云。

PaaS：如微软的 Azure，可免费提供 25GB 存储空间，必定有非常好的性价比，也是云。

云安全：规模化运作后容易达到云计算的要求。比如 360 安全卫士，提供给用户完全免费的服务，之所以能够这样，是因为有很高的性价比。

另外，云计算和其他超级计算的区别如下：

(1) 与网格计算的区别。云计算是一种生产者—消费者模型，云计算系统采用以太网等快速网络将若干集群连接在一起，用户通过因特网获取云计算系统提供的各种数据处理服务。网格系统是一种资源共享模型，资源提供者亦可以成为资源消费者，网格侧重研究的是如何将分散的资源组合成动态虚拟组织。云计算和网格计算的一个重要区别在于资源调度模式。云计算采用集群来存储和管理数据资源，运行的任务以数据为中心，即调度计算任务到数据存储节点运行。而网格计算，则以计算为中心。计算资源和存储资源分布在因特网的各个角落，不强调任务所需的计算和存储资源同处一地。由于网络带宽的限制，网格计算中的数据传输时间占总运行时间的很大一部分。

(2) 与传统超级计算机的区别。从 TOP500 对超级计算机的排名方式可以看出，传统的超级计算机注重运算速度和任务的吞吐率。以运算速度为核心进行计算机的研究和开发。而云计算则以数据为中心，同时兼顾系统的运算速度。传统的超级计算机耗资巨大，远超主流云计算技术以及相应的云终端现状及发展趋势。

1.1.3 云计算的分类

按照部署方式或归属分类，云计算可分为四种：公共云、私有云、社区云和混合云。

1. 公共云

企业/机构利用外部云为企业/机构外的用户服务，即企业/机构将云服务外包给公共云的提供商，为公众提供开放的计算、存储等服务，在公共云计算方式下，专门的服务商拥有服务器，部署和运营云服务，个人将信息托管在服务商那里，按需为计算和存储等付费，如 Amazon EC2、Google Apps、Windows Azure、百度的搜索和各种邮箱服务等。

2. 社区云

它是大的公共云范畴内的一个组成部分，是指在一定地域范围内，由云计算服务提供商统一提供计算资源、网络资源、软件和服务能力所形成的云计算形式。即基于社区内的网络互连优势和技术易于整合等特点，通过对区域内各种计算能力进行统一服务形式的整合，结合社区内的用户需求共性，实现面向区域用户需求的云计算服务模式。

3. 私有云

通常由企业/机构自己拥有，特定的云服务功能不直接对外开放。部署在防火墙内，为某个特定组织提供相应服务的“私有云”，在私有云计算方式下，拥有自己的物理的或

虚拟的服务器，为自己提供服务，不支付服务费，如 Ebay 服务。对用户而言，私有云就好比是私家车，公共云则像是公交车。

4. 混合云

基于经济性、可用性等的考虑，将以上两种服务方式进行结合的“混合云”。

云计算按照服务类型和技术角度大致可分为四类：硬件即服务（HaaS）、基础设施即服务（IaaS）、平台即服务（PaaS）和软件即服务（SaaS）。有时 HaaS 也归为 IaaS。

1. IaaS

将硬件设备等基础资源封装成服务供用户使用。在 IaaS 环境中，用户相当于在使用裸机和磁盘，既可以让它运行 Windows，也可以让它运行 Linux。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。而 IaaS 是由公众共享的，因而具有更高的资源使用效率。

2. PaaS

提供用户应用程序的运行环境，典型的如 Google App Engine。PaaS 自身负责资源的动态扩展和容错管理，用户应用程序不必过多考虑节点间的配合问题。但与此同时，用户的自主权会降低，必须使用特定的编程环境并遵照特定的编程模型，只适用于解决某些特定的计算问题。

3. SaaS

针对性更强，它将某些特定应用软件功能封装成服务。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调用。

目前，云计算市场的 IaaS 领域，EMC、亚马逊的 EC2、Zimory、Elastichosts、浪潮、联想和方正科技等厂商就是代表；提供 PaaS 服务的厂商中，典型的有 IBM 的“蓝云”、微软的 Windows Azure、Force.com、谷歌的 APP Engine，以及国内的鹏博士、网宿科技等；最上面一层的 SaaS 领域，Google Docs、Salesforce CRM、SAP Business by Design、东软集团、用友、金蝶、金山、神州泰岳、北京讯鸟等皆为相应垂直领域的翘楚。

按照所服务的对象不同，云服务可以大致归类为：2G 云服务（由政府主导的政府云或公共云，主要用于电子政务或者服务中小企业的信息化）；2B 云服务（以企业私有云为代表，主要目的是为了节约企业内信息沟通方面的运营成本）；2C 云服务（那些面向个人用户的云服务）。

1.1.4 云计算的基本特征

从研究现状上看，被普遍接受的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，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上千台服务器。“云”能赋予用户前所未有的计算能力，无所不在的网络访问。

2. 虚拟化

云计算支持用户在任意位置，借助于不同的客户端来通过标准的应用获取应用服务。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，是一种对资源快速和弹性提供和同样对资源快速和弹性释放的能力。对消费者来讲，所提供的这种能力是无限的，就像电力供应一样；对用户来说，是随需的、大规模计算机资源的供应。

6. 按需服务

“云”是一个庞大的资源池，根据消费者的需求来动态地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。用户经常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，如包括存储、计算处理、内存、网络带宽及虚拟机个数等，用户可在任何时间以任何量化方式按需购买。

7. 服务可计量

云可以像自来水、电、煤气那样计费。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提供报告（即付即用的模式）。

8. 自助式服务

消费者无需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）。

9. 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，通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。云计算可以彻底改变人们未来的生活，但同时也要重视环境问题，这样才能真正为人类进步做贡献，而不是简单的技术提升。

10. 潜在的危险性

云计算服务除了提供计算服务外，还必然提供存储服务。但是云计算服务当前垄断在私人机构（企业）手中，而它们仅仅能够提供商业信用。对于政府机构、商业机构（特别像银行这样持有敏感数据的商业机构）选择云计算服务应保持足够的警惕。一旦商业用户大规模使用私人机构提供的云计算服务，无论其技术优势有多强，都不可避免地让这些私人机构以“数据（信息）”的重要性来挟制整个社会。对于信息社会而言，“信息”是至关重要的。另外，云计算中的数据对于数据所有者以外的其他用户，云计算用户是保密