

YUNJISUAN
YINGYONG JICHU

普通高等学校规划教材

云计算 应用基础

主编 刘黎明 杨 晶



西南交通大学出版社

普通高等学校规划教材

云计算应用基础

主 编 刘黎明 杨 晶

副主编 王 娟 屠晓云 蒋占生

张 磊 岳小冰 郭春璐



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

本书系统地介绍了近年来 IT 行业最热的云计算技术。全书共 8 章,分为三篇。第一篇是云计算概论,具体包括云计算概念、云计算标准、云计算商业模式、云安全、云计算的应用和创新以及云计算的未来发展。第二篇是云计算技术及架构,具体包括云计算架构及关键技术、基础设施即服务(IaaS)、平台即服务(PaaS)、软件即服务(SaaS)。第三篇是云计算应用及实例,具体包括 ISDM、Hadoop 和 Openstack 云平台应用。

本书内容紧跟云计算发展前沿,由初级的概念到具体的案例,循序渐进,不仅可作为高校的云计算课程教材或参考书,也可作为云计算科研人员 and 爱好者的自学及能力提高的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

云计算应用基础 / 刘黎明, 杨晶主编. — 成都:
西南交通大学出版社, 2015.1
ISBN 978-7-5643-3617-2

I. ①云… II. ①刘… ②杨… III. ①计算机网络—
高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 302772 号

普通高等学校规划教材

云计算应用基础

主编 刘黎明 杨晶

责任编辑 李芳芳
特邀编辑 刘东霖
封面设计 何东琳设计工作室

出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	成都中铁二局永经堂印务有限责任公司
成 品 尺 寸	185 mm × 260 mm
印 张	20
字 数	501 千
版 次	2015 年 1 月第 1 版
印 次	2015 年 1 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-3617-2
定 价	42.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

云计算虽然只是 Google CEO 埃里克·施密特博士当年在 SUN 担任 CTO 时偶然想到的，但在当今时代已经是耳熟能详的名词了，它逐渐成为 IT 领域最流行的发展趋势，并形成一個具有无限商机的产业链。最早从企业层次提出 Cloud Computing 的是 DELL，将其真正运用到实际的是 IBM-Google 并行计算项目和亚马逊 EC2 产品，在这之后越来越多的公司、媒体及技术人员，众多的硬件制造商、基础设施运营商开始研发和创新，也进一步推动了云计算的产业发展。

云计算是一种新兴的商业计算模型和服务模式，它继个人计算机、互联网之后，被称作第三次 IT 浪潮。程序和数据不再运行和存放在个人台式计算机上，相反，一切都托管到“云”中，用户可以随时随地访问自己的程序和数据，按需付费随心所欲享有云中资源。

云计算的基础需要良好的网络宽带，然后访问非本地的数据处理、存储和信息服务等技术的成熟，巨大的需求量和各大公司的成功案例的推动，使云计算发展至今有了具体的业务模型和运营理念。我们用业界最简单的说明来解释云计算的服务理念：就像家里平时水、电、气的供应，打开水龙头或开关就可以使用，而不需要自己耗费巨资去搭建一个水塔设备及电路。你可以向企业付费按需购买，减少硬件等其他设施的浪费。

云计算可以提供软件即服务（SaaS）、平台即服务（PaaS）和基础设施即服务（IaaS），资源本身能够按照用户的需求进行灵活配置，与移动互联网、物联网等交叉渗透并慢慢融合，具有网络化、智能化等特征。

本书共 8 章，分为三篇，第一篇是云计算概论，具体包括云计算概念、云计算标准、云计算商业模式、云计算安全、云计算的应用和创新以及云计算的未来发展。第二篇是云计算技术及架构，具体包括云计算架构及关键技术、基础设施即服务（IaaS），平台即服务（PaaS），软件即服务（SaaS）。第三篇是云计算应用及实例，具体包括 ISDM、Hadoop 和 Openstack 云平台应用。

本书采用理论与实践相结合的编写模式，力求专业与精准，章节结构兼顾逻辑性、专业性和实践性。初入门的读者可以从头开始，了解云计算的概念、本质，逐步了解云计算的发展趋势、商业模式、技术架构。资深云计算人员可以更多关注第三篇，即云计算的应用。通过本书，不仅能获取云计算理论知识，实践云计算的技术及应用方法，而且能构建自己的云平台，助您“云中翱翔”。

本书由刘黎明、杨晶任主编，王娟、屠晓云、蒋占生、张磊、岳小冰、郭春璐任副主编。刘黎明负责本书的统筹策划，杨晶负责本书的组织编写。其中第 1 章由王娟、屠晓云编写，

第 2, 3, 4 章由杨晶编写, 第 5 章由张磊编写, 第 6 章由王娟编写, 第 7 章由蒋占生、郭春璐、岳小冰编写, 第 8 章由屠晓云编写。蒋占生、杨熙萍等人参与资料整理工作, 全书由杨晶统稿审定。

本书编写过程中, 中国长城计算机深圳股份有限公司和南阳理工学院云计算实验室都给予了大力协助与支持, 在此对他们表示真诚的感谢!

由于云计算是一个比较新的领域, 而且编写时间仓促, 加之作者水平有限, 书中难免有疏漏和不当之处, 恳请读者批评指正。意见和建议请联系我们 y_yangjing@163.com。我们将密切跟踪云计算的发展, 吸收您的意见, 适时编撰本书的升级版本。

编 者

2015 年 1 月

目 录

第一篇 云计算概论

第 1 章 云计算概念及发展	1
1.1 云计算概念	1
1.2 云计算标准	5
1.3 云计算商业模式	10
1.4 云安全	17
1.5 云计算的应用与创新	23
1.6 云计算的未来	30
1.7 小 结	39

第二篇 云计算技术及架构

第 2 章 云计算架构及关键技术	40
2.1 云计算体系结构	40
2.2 云计算关键技术	49
2.3 云计算与 SOA、分布式计算等相关技术的关系	72
2.4 小 结	82
第 3 章 基础设施即服务 (IaaS)	84
3.1 IaaS 概述	84
3.2 IaaS 核心技术	89
3.3 IaaS 产品与服务	111
3.4 小 结	118
第 4 章 平台即服务 (PaaS)	119
4.1 PaaS 的基本概念	119
4.2 PaaS 关键技术	126
4.3 典型 PaaS 平台	132
4.4 小 结	137

第 5 章 软件应用即服务 (SaaS)	138
5.1 SaaS 概述	138
5.2 SaaS 的价值	143
5.3 SaaS 的实现	149
5.4 典型 SaaS 平台介绍	152
5.5 小 结	158

第三篇 云计算应用及实例

第 6 章 ISDM 云平台	159
6.1 ISDM 平台介绍	159
6.2 ISDM 平台准备工作	160
6.3 ISDM 平台安装和配置	164
6.4 ISDM 平台备份与恢复	177
6.5 ISDM 自助服务管理	183
6.6 ISDM 服务管理	195
6.7 小 结	202
第 7 章 开源 Hadoop 应用	203
7.1 Hadoop 概述	203
7.2 Hadoop 核心组件	207
7.3 Hadoop 集群	220
7.4 Hadoop 其他组件	229
7.5 应用案例	241
7.6 小 结	249
第 8 章 Openstack 技术及应用	250
8.1 Openstack 简介	250
8.2 Openstack 架构	253
8.3 Openstack 部署	265
8.4 Openstack 开发	300
8.5 小 结	314

第一篇

云计算概论

第 1 章 云计算概念及发展

1.1 云计算概念

Wiki 定义：云计算是一种通过 Internet 以服务的方式提供动态可伸缩的虚拟化资源的计算模式。云计算(Cloud Computing)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)等传统计算机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。Cloud Computing 的一个核心理念就是通过不断提高“云”的处理能力，进而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。

1.1.1 云计算的发展历程

1. 云计算的发展阶段

云计算的发展主要经历了四个阶段：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，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

在 1960 年左右，计算机设备的价格非常高昂，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,其核心思想借鉴了电厂模式,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,并且按需付费。但由于当时整个IT产业还处于发展初期,很多强大的技术尚未诞生,比如互联网等,所以虽然这个想法一直为人称道,但是总体而言“叫好不叫座”。

3) 网络计算阶段

网络计算是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,然后把这些小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。由于网络计算在商业模式、技术和安全性方面的不足,网络计算并没有在工程界和商业界取得预期的成功。

4) 云计算阶段

云计算的核心思想与效用计算和网络计算非常类似,也是希望IT技术能像使用电力那样方便,并且成本低廉。但与效用计算和网络计算相比,需求方面已经有了一定的规模,技术方面也已经基本成熟。

2. 云计算的发展历史

1983年,Sun Microsystems^①公司提出“网络是电脑”(“The Network is the computer”)。

2006年3月,亚马逊(Amazon)推出弹性计算云(Elastic Compute Cloud, EC2)服务。

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)首次提出“云计算”(Cloud Computing)的概念。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、加州大学柏克莱分校及马里兰大学等,推广云计算的计划,这项计划希望能降低分散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,这些计算平台将提供1 600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宣布在我国台湾启动“云计算学术计划”,将与台湾台大、交大等学校合作,将这种先进的大规模、快速计算技术推广到校园。

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1 400~4 000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。

^① 创建于1982年。主要产品是工作站及服务器。1986年在美国成功上市。1993进入财富500强。开发了Java第一个通用软件平台,2009年4月20日甲骨文以现金收购Sun微系统公司,交易价格达74亿美元。

2008 年 8 月 3 日, 美国专利商标局网站信息显示, 戴尔正在申请“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。戴尔在申请文件中称, 云计算是“在数据中心和巨型规模的计算环境中, 为他人提供计算机硬件定制制造”。

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。

1.1.2 云计算的概念

1. 云计算狭义定义

狭义云计算是指 IT 基础设施的交付和使用模式, 通过网络以按需、易扩展的方式获得所需的资源 (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水电一样使用 IT 基础设施。

2. 云计算广义定义

广义云计算是指服务的交付和使用模式, 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。

美国国家标准与技术研究院 (NIST) 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), 这些资源能够被快速提供, 只需投入很少的管理工作, 或服务供应商进行很少的交互。“云计算”概念被大量运用到生产环境中, 国内的“阿里云”、“华为云”、“百度云”与云谷公司的XenSystem, 以及在国外已经非常成熟的 Amazon、VMware、Intel、Microsoft 和 IBM, 各种“云计算”的应服务范围正日渐扩大, 影响力也无可估量。

云计算常与网格计算、效用计算、自主计算相混淆。

□ 网格计算: 分布式计算的一种, 由一群松散耦合的计算机组成的一个超级虚拟计算机, 常用来执行一些大型任务。

□ 效用计算: IT 资源的一种打包和计费方式, 比如按照计算、存储分别计量费用, 像传统的电力等公共设施一样。

□ 自主计算: 具有自我管理功能的计算机系统。

事实上, 许多云计算部署依赖于计算机集群 (但与网络的组成、体系结构目的、工作方式大相径庭), 也吸收了自主计算和效用计算的特点。

1.1.3 云计算的基本特征

通过使计算分布在大量的分布式计算机上，而非本地计算机或远程服务器中，企业数据中心的运行将与互联网更相似。这使得企业能够将资源切换到需要的应用上，根据需求访问计算机和存储系统。

好比是从古老的单台发电机模式转向了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、水电一样，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。

互联网上的云计算服务特征和自然界的云、水循环具有一定的相似性，通常云计算服务应该具备以下几条特征：

- ☐ 基于虚拟化技术快速部署资源或获得服务。
- ☐ 实现动态的、可伸缩的扩展。
- ☐ 按需求提供资源、按使用量付费。
- ☐ 通过互联网提供、面向海量信息处理。
- ☐ 用户可以方便地参与。
- ☐ 形态灵活，聚散自如。
- ☐ 减少用户终端的处理负担。
- ☐ 降低了用户对于 IT 专业知识的依赖。

企业云使用场景旨在描述最为典型的云用例，并非要列出云环境下的所有情况。根据 *Cloud Computing Use Cases White paper*，云计算的应用场景主要包括以下几种：

(1) 用户—云：用户接入云上运行的应用和服务。这类应用通常包括 Z-mail 和网站。用户的数据在云中存储和管理，用户只需要知道自己的接入密码，无需知道底层架构的细节，只要能够上网，就能够得到自己的数据。

(2) 企业—云—用户：企业使用云来将自己的数据和服务提供给终端用户。当终端用户与企业进行交互时，企业接入云，获取和处理数据，并将结果发送给用户。这里的用户可能是企业内部人员也可能是外部客户。

(3) 企业—云：公共云上的应用和服务与企业内部 IT 能力集成。该场景可能会是云计算发展早期阶段最常用的场景，在该场景下，企业使用云服务作为内部应用。同时企业在该场景中具有绝对控制力。企业主要通过云服务获得如下资源：

- ☐ 使用云存储作为企业数据的备份或存储。
- ☐ 使用云中的虚拟机作为额外计算资源以在线处理峰值负载。
- ☐ 使用云中的应用（SaaS）作为企业应用（如邮件、CRM 等）。
- ☐ 使用云数据库作为企业应用的一部分，这一点对于合作伙伴之间的数据库共享而言尤为方便。

(4) 企业—云—企业：公共云上的应用和服务被产业链上不同位置的合作者交互使用。该场景下，两家企业使用同一个云，以达到企业应用之间的互操作。

(5) 私有云：云建设在企业内部，并通过防火墙与外界隔离。该场景的独特之处在于，云位于企业内部，因此对于大企业尤为有用。在私有云中，计算能力覆盖整个企业，并根据需要进行分配。

(6) 云服务提供商的转换：云应用和服务的使用者改变云服务供应商。该场景涉及不同的云服务提供商，具体情况可能是添加额外的提供商，也可能是用另一个提供商的服务完全代替原有服务。在这里，云计算所具备的开放性和标准化将能使这种改变对于用户的影响降至最小。一般而言，改变云服务提供商需要开放客户端、安全、SLAs、虚拟机的通用文件格式，以及云存储和中间件的通用 APIs。具体地，该应用又分为以下 4 种：

- ☐ 改变 SaaS 服务提供商。
- ☐ 改变中间件提供商。
- ☐ 改变云存储提供商。
- ☐ 改变虚拟机主机服务提供商。

(7) 混合云：不同的云（公共云和私有云）协同工作，通过云之间的代理协调数据、应用、用户信息、安全性能以及其他细节。对于混合云的用户而言，并不会意识到所接入的云的不同，只要能够提供所需的服务即可。

1.2 云计算标准

随着云计算业务的快速发展，标准化一直是业界讨论的热点，在国际上出现了众多的云计算标准组织。本节从国际云计算标准化的现状出发，分析了云计算标准化的方向，并对未来云计算标准化的前景进行了展望。

1.2.1 云计算标准的意义

标准是产业发展的制高点，对战略性新兴产业之一的云计算来说，加快云计算标准制定对推动我国云计算技术、产业及应用发展具有重要的战略意义。

1. 从国家战略层面

从国家战略层面来讲，标准已日益成为国家发展战略资源和国际竞争力的核心因素。云计算顺应了当前全球范围内整合计算资源和服务能力的需求，是当前国际信息技术竞争的战略制高点。因此，是否掌握自主的云计算标准将影响到未来我国在国际信息技术领域上的竞争力。

2. 从产业发展层面

从产业发展和布局层面讲，制定云计算标准有利于指导云计算产业的合理布局和健康发展。当前我国各级政府纷纷建设云计算中心，全国各地都在推进相应的云计算计划，但我们逐渐发现云计算发展存在缺少顶层设计、难以发挥协同优势等问题，不符合云计算最大限度

共享资源、弹性使用的特征。因此，没有标准，云计算产业就难以得到规范健康的发展，难以形成产业的规模化、集群化和可持续性。

3. 从企业应用层面

对于提供服务的企业来说，制定统一的云计算标准可以使提供的服务标准化。而对于购买服务的企业来说，便于企业选择自己需要的云服务。因此，云计算标准的制定就打通了提供云服务与购买云服务企业之间的瓶颈，就能快速推进云计算在企业中的深入应用，发挥云计算的核心优势，为企业提供的最大的价值。

1.2.2 云计算标准化进程

目前国际、国内不少组织已经开始研究和探讨云计算标准化，都试图在未来的云计算核心技术发展中获得一定的话语权。

无论对于云计算的应用方和提供方来说，标准都是至关重要的。标准鼓励竞争，应用方因此可以根据成本以及创新来选择合适的服务商；标准也有助于为服务商提供一个平台，使得各个服务商可以共同提供产品，提供服务，不论他们提供的是公共云、私有云、社区云还是混合云的模式，都是如此。在云计算标准方面，全球范围内的云计算标准化工作已经全面启动，已经有 30 多个标准组织宣布加入云计算标准的制定行列，并且这个数字还在不断增加。其中主要的标准组织有：美国国家标准与技术研究院（NIST）、结构化信息标准推进组织（OASIS）、分布式管理任务组织（DMTF）、存储工业协会（SNIA）、开放网格论坛（OGF）、云安全联盟（CSA）、开放云联合会（OCt）。各家标准组织从自身发起时确立的目标出发，专注于云计算不同领域的标准制定。

NIST 的目标是提供技术指导和推广技术标准在政府和工业领域的有效和安全应用，它提出了云计算的定义，针对美国联邦政府的云架构、安全和部署策略，专注于美国联邦政府的云标准、云接口、云集成和云应用开发接 V1 等。2011 年 7 月，NIST 发布了云计算标准路线图，调研了目前与云计算的安全、可移植性、互操作性标准/模式/研究案例有关的标准布局，并在此基础上确定了云计算的现有标准、标准方面的差距、标准工作方面的优先领域等。

OASIS 成立于 1993 年，属于非营利联合会组织，目标是推动全球信息社会的开发、融合和应用开放标准。OASIS 在软件开发领域的影响力很大，提交了著名的 XML 和 Web Services 标准。

DMTF 的目标是联合整个 IT 行业协同起来开发、验证和推广系统管理标准，帮助全世界范围内简化管理，降低 IT 管理成本，目前主机操作系统及硬件级的管理接口规范都来自 DMTF 标准，所以该组织是极具影响力的团体。

其他标准组织也颇有建树，在存储、网格计算、节能降耗、安全等各方面都制定了世界认可的标准，发布了众多对云计算建设有很好参考价值的白皮书。

这 7 家标准组织的成员几乎囊括了美国云计算产业所有巨头，这些企业在市场上有着竞争关系，同时在引导产业发展制定标准方面也有着合作的需求。云计算标准规范的逐步完善，将降低产业上下游环节的适配成本，有利于专业分工，避免寡头垄断上下游，有利于中小企业寻找切入市场的机会，保持市场创新活力。

在确定、修改云计算标准以及征集需求和标准建立过程中，NIST 始终牵头发展，驱动创新和技术进展，会同国际同行们，确定、讨论标准优先领域，并达成共识。正如云计算概念、四大应用模式和三大服务模式也是由 NIST 明确提出并被写入《联邦云计算发展战略》一样，NIST 还会更进一步地建立、评估以及修改阶段性的云计算发展路线图。

NIST 下一步要协同业界确定一系列的“目标”行业，确定执行云计算标准的优先驱动力以及行动指南。最终，使得技术研发成果成为行业标准、行业指南，并产生新的技术需求。

五年来美国的云计算发展，是在“需求”推动下逐渐步入轨道，在其云计算市场的发展过程中，大企业扮演了“第一推动力”的角色，而联邦政府则通过资源配置、政策协调等方式担当了“加速器”的角色。从云计算概念的推出到市场的有序发展，全球仅用了 5 年的时间，云计算无疑是未来 10 年 IT 产业的关键技术，是新一代互联网、物联网、移动互联平台的基础和中枢神经。虽然各国政府都非常重视云计算的发展，许多国家已经将其纳入国家发展战略，但到目前为止，真正在政府内部广泛应用云计算的只有美国联邦政府，将云计算概念、应用模式、服务模式、发展路线图以及标准制定在其发展战略中具体明确的也只有美国。由此，从大规模应用到提供规范化服务、从产业发展到政府推动，云计算在美国已正式迎来了规模化发展的开端。

1.2.3 云计算标准及 SLA

1. 云计算标准

云计算标准化是云计算推广和应用的基本前提和真正云计算的终极目标。但是，云计算标准化所包含的内容非常广泛，从软件开发的标准化、网格计算的标准化到资源管理接口的标准化。同时云计算的技术架构分不同的层次，从上到下有业务逻辑层、应用层、分布式文件和操作系统层、虚拟化层、硬件层和数据中心基础设施。要实现云计算标准化，理论上就要实现这五个层次上的标准化，这样的结果非常复杂。由于云计算标准化基本目标是实现云的可移植性（Portability）、可互操作性（Interoperability）和安全性（Security），因此把云计算标准化的内容锁定到最重要和最紧迫的方面。具体来讲，需要云计算标准化的主要内容有：

（1）云计算互相操作和集成标准，涵盖不同云之间（如私有云和公有云之间、公有云和公有云之间、私有云和私有云之间）的互操作性和集成接口标准。

(2) 云计算的服务接口标准和应用程序开发标准,主要针对的是云计算与业务层面的交换标准,从业务层面如何调用、使用云服务。

(3) 云计算不同层面之间的接口标准,包括架构层、平台层和应用软件层之间的接口标准。

(4) 云计算服务目录管理、不同云之间无缝迁移的可移植性标准。

(5) 云计算商业指标标准,云计算用户提高资产利用率标准、资源优化和性能优化、评估性能价格比标准等。

(6) 云计算架构治理标准,包括设计、规划、架构、建模、部署、管理、监控、运营支持、质量管理和服务水平协议的标准。

(7) 云计算安全和隐私标准,数据的完整性,可用性,保密性,物理上和逻辑上的标准。

2. 云计算 SLA

ITIL v3 定义的术语服务水平协议 (SLA),用以描述提供商和客户之间的服务、文档目标以及具体的职责。为了使其变成一个安全的术语,SLA 应该为一个环境带来透明度,能够迭代变化更新,并通过指标的使用自动化,以便维护相互之间的信任。考虑到这些,云安全和法规遵从的关键点就和三个主要领域的风险相关:

(1) 资产所有权,包含数据保管、控制、拥有和返回权。

(2) 服务可用性、监控和响应,旨在衡量和成本相关的领域以及持续性的能力。

(3) 服务基线,比如易损性和配置管理的法规遵从或者安全评估。

编写一个 SLA 要覆盖上面这三个领域的风险,这样考虑四个控制领域(技术、流程、人员和地理)就容易了,并且可以基于可用性水平、保密性和完整性衡量。

1.2.4 云计算标准研究及要素

1. 云计算标准研究现状

1) 国外研究现状

目前,全球范围内的云计算标准化工作已经启动,全世界已经有 30 多个标准组织宣布加入云计算标准制定的行列。这些标准组织大致可分为 3 种类型:

□ 以 DMTF、OGF、SNIA 等为代表的传统 IT 标准组织或产业联盟,其原来专注于网络标准化,现在进行云计算的标准化工作。

□ 以 ITU、ISO、IEEE、IETF 等为代表的传统电信或互联网领域的标准组织。

□ 以 CSA、OCC、CCIF 等为代表的新兴标准组织。

2) 国内研究现状

云计算标准化工作是推动我国云计算技术、产业及应用发展,以及行业信息化建设的重要基础性工作之一。从 2009 年,工业和信息化部就将推动和促进云计算技术研发、产业发展和标准化工作作为重点工作内容之一,并组织中国电子技术标准化研究所、全国信息技术标准化技术委员会、SOA 标准工作组和工业和信息化部信息技术服务标准工作组启动了云计算相关技

术和服务标准的预研和规划工作。目前,已经初步制定了《云计算基础类标准》、《PaaS 平台规范》、《云数据存储和管理系列标准》、《弹性云计算服务接口标准》等相关标准并进行研讨。

2. 云计算标准研究要素

1) 调研国内外标准研究的现状

调研国内外相关标准组织和企业对云计算标准研究和制定的现状,借鉴其研究成果,同时为云计算能够在国际间应用打好基础。

2) 确定标准研究的组织

确定云计算标准研究和制定的组织,由国家相关部门组织协调,包括提供云计算服务的企业、购买云计算服务的企业、国际先进的提供云计算服务的相关企业等。在制定标准的过程中,充分考虑到云计算产业链的上下游企业,深入研究云服务的可移植性、互操作性和安全性,才能制定出科学、合理、便于推广的云计算标准。

3) 确定标准研究的内容

确定云计算标准研究的内容是云计算标准研究和制定的前提。根据云计算应用的三种模式(IaaS、PaaS、SaaS),云计算标准主要研究内容应该涵盖:

- 云计算互操作和集成标准,包括不同云之间的互操作性和集成接口标准。
- 云计算服务接口标准和应用程序开发标准,包括云计算与业务层面交换标准。
- 云计算不同层面间的接口标准,包括架构层、平台层和应用软件层之间的接口标准。
- 云计算商业指标标准,主要包括用户提高资产利用率的标准、资源优化和性能优化标准以及评估性能价格比的标准等。
- 云计算架构治理标准,包括设计、规划、架构、建模、部署、管理、监控、运营支持、质量管理和服务水平协议等标准。
- 云计算安全与隐私标准,与数据的完整性、可用性、保密性相关的物理和逻辑上的标准。

4) 确定标准研究的计划

确定了云计算标准研究的组织和研究的内容后,就应该制定云计算标准研究和制定的计划,组织中的各成员进行合理分工,按照云计算标准研究的计划进行工作,才能把云计算标准的研究和制定工作有效落实。

5) 阶段性发布研究的成果

阶段性的向社会发布云计算标准研究的成果,可以使云计算产业链上的不同企业持续关注云计算标准的研究情况,同时这些企业可以提出相关意见和建议,这样便于云计算标准在研究和制定过程中更为完善,而且有利于未来云计算标准的推广。

1.3 云计算商业模式

1.3.1 商业模式交付、部署模式

1. 交付模式

国家标准与技术研究院 (NIST) 制定了一套广泛采用的术语, 用于描述云计算的各方面内容。NIST 针对“云”定义了三大交付模式, 称为 I-S-P 模式:

- ❑ 架构即服务 (IaaS), 即将简单操作系统 (OS) 和储存功能作为一项服务来提供。
- ❑ 软件即服务 (SaaS), 即将整个商业应用作为一项服务来提供。
- ❑ 平台即服务 (PaaS), 允许在云中进行快速应用开发。

1) 基础设施即服务 (IaaS)

IaaS (Infrastructure as a Service): 基础设施即服务。对消费者提供处理、存储、网络以及基础计算资源的一种能力。其中, 消费者可以部署和运行任意软件, 包括操作系统和应用软件。消费者不必管理、控制云中的设施, 但必须在操作系统和存储上部署应用并且可以选择网络单元 (例如防火墙、负载平衡设备)。

IaaS 是一个纯粹的技术组件, 经常是一个服务的部署, 如谷歌、亚马逊按需提供的所谓“虚拟机”。这意味着所诉求的实际安装机器的过程和时间成本等没有了, 而是通过网络得到一个可用的机器。“虚拟机器”的意思在用户方面来讲, 就是服务集群的一部分或作为一个独立服务器上的计算网格的可用。在 IaaS 模式下, 每一个增长的需求是通过增加可用的资源来匹配的, 如果用户不再使用的话 (快速弹性), 这些资源可以释放。用户消费资源时可以记账, 这些账包括连接 CPU 的时长、每秒的指令数 (Mips)、带宽以及存储。

对于已存在的应用, 降低技术设施成本方式的能力其实就是通常所指的 IaaS。这些应用可以被安全地迁移到防火墙外, 部署到基础设施云上, 这是中小企业应用的一个趋势, 大型企业可以建立自己的私有云或通过服务商提供的虚拟私有云 (VPC)。目前, 只有世纪互联集团旗下的云快线公司号称要开拓新的 IT 基础设施业务, 但究其本质, 它只能实现主机托管业务的延伸, 很难与亚马逊等企业相媲美。

2) 平台即服务 (Paas)

PaaS (Platform as a Service): 平台即服务。PaaS 实际上是指将软件研发的平台作为一种服务, 以 SaaS 的模式提交给用户。因此, PaaS 也是 SaaS 模式的一种应用。但是, PaaS 的出现可以加快 SaaS 的发展, 尤其是加快 SaaS 应用的开发速度。消费者可以借助于云服务商所提供的编程语言和工具 (例如 Java, Python, .Net), 开发应用。消费者并不管理和控制云的基础设施、网络、服务器、操作系统或存储, 但消费者可以控制部署应用和对应用环境进行配置。

作为对 NIST 定义的一个扩展, PaaS 借助于一些简单的技术, 对操作系统或平台进行必