



工业和信息化普通高等教育“十二五”规划教材立项项目

21世纪高等教育计算机规划教材



云计算基础教程

Cloud Computing

■ 程克非 罗江华 兰文富 编著

— 紧跟云计算发展和应用现状

— 普及云计算基础知识

— 突出云计算实践应用



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化部普通高等教育“十二五”规划教材立项项目

21世纪高等教育计算机规划教材

COMPUTER

云计算基础教程

Cloud Computing

■ 程克非 罗江华 兰文富 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, 罗江华, 兰文富编著
— 北京: 人民邮电出版社, 2013. 1
21世纪高等教育计算机规划教材
ISBN 978-7-115-29442-5

I. ①云… II. ①程… ②罗… ③兰… 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(2012)第229694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情况、云存储、云服务、虚拟化、云桌面、云安全、云计算主流解决方案、云
计算与移动互联网、云计算与物联网、高性能计算、虚拟化技术、分布式文件系统和逻辑卷管理、管理等内容。

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。

21 世纪高等教育计算机规划教材

云计算基础教程

-
- ◆ 编 著 程克非 罗江华 兰文富
责任编辑 刘 博
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
中国铁道出版社印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15 2013 年 1 月第 1 版
字数: 381 千字 2013 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-29442-5

定价: 32.80 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

很少有一种技术能够像云计算这样，在短短的两年间就产生如此巨大的影响力。Google、亚马逊、IBM 和微软等 IT 巨头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事日程，支持和反对的声音不绝于耳。那么，云计算到底是什么？本书将从高性能计算开始，对云计算的开源技术实践进行介绍。

本书分为 4 个部分：基础篇、技术篇、应用篇和实践篇。

基础篇简单介绍云计算的起源及其架构，同时对云计算中目前正在进行中的标准定义进行了较详细的说明。

技术篇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）进行了全面介绍。

应用篇总结了目前市场上存在的主要的商业云解决方案，对云计算技术、移动互联网技术和物联网的关系及现状进行了分析。

实践篇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、教育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，在此向他们表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 8 月

目 录

第一篇 基础篇

第 1 章 绪论	2	1.5.1 云计算的优势和带来的变革	21
1.1 云计算的概念与特征	2	1.5.2 云计算技术的优点	25
1.1.1 云计算的基本概念	2	1.5.3 云计算技术的缺点	27
1.1.2 云计算的基本特征	3	第 2 章 云计算架构及其标准化情况	28
1.2 云计算的简史	3	2.1 云计算架构	28
1.3 云计算的发展现状	6	2.1.1 云计算基础架构	28
1.3.1 市场规模分析	6	2.1.2 Sales Cloud 和 App Engine	30
1.3.2 业务模式分析	8	2.2 云计算国际标准化状况	31
1.4 云计算的发展趋势	20	2.3 云计算国内标准化状况	34
1.5 云计算的适用条件	21		

第二篇 技术篇

第 3 章 云存储	38	4.2.1 SaaS	49
3.1 云存储的概念	38	4.2.2 PaaS	50
3.2 云存储技术简介	39	4.2.3 IaaS	51
3.2.1 云存储的结构模型	39	4.3 云部署模型	53
3.2.2 云存储技术的两种架构	41	第 5 章 虚拟化	54
3.2.3 云存储的种类及适合的应用	42	5.1 虚拟化技术简介	54
3.3 云存储技术的应用及其面临的问题	44	5.2 虚拟化的意义	55
3.3.1 云存储的应用领域	44	5.3 虚拟化的架构	55
3.3.2 云存储技术面临的问题	44	5.4 虚拟化的业界解决方案	56
第 4 章 云服务	46	5.4.1 基于 VirtualBox 的虚拟化技术	56
4.1 云服务概述	46	5.4.2 基于 VMware 的虚拟化技术	58
4.1.1 云服务简介	46	5.4.3 基于 KVM 的硬件虚拟化技术	59
4.1.2 云服务的产生和发展	46	5.4.4 基于 Xen 的虚拟化系统	60
4.1.3 云服务的优缺点	47	第 6 章 云桌面	61
4.2 云服务的类型	48	6.1 虚拟桌面架构	61

6.1.1	基本概念	61
6.1.2	VDI 与基于服务器计算的桌面	61
6.1.3	VDI 与传统本地桌面	63
6.1.4	利用 VDI 节省成本和能源	64
6.2	桌面云与传统个人计算机	65
6.3	桌面云的实现方案	66
6.3.1	桌面云和无盘工作站的区别	67
6.3.2	桌面云的现状	67
6.3.3	桌面云需要解决的问题	68

第三篇 应用篇

第 8 章 云计算主流解决方案

8.1	Google 云计算方案	76
8.1.1	简介	76
8.1.2	GFS	76
8.1.3	并行数据处理 MapReduce	77
8.1.4	分布式锁服务 Chubby	77
8.1.5	分布式结构化数据表 Bigtable	77
8.2	Amazon 弹性计算云 EC2 方案	78
8.2.1	简介	78
8.2.2	Amazon Web Services	78
8.2.3	弹性计算云 EC2	78
8.2.4	简单存储服务 S3	79
8.2.5	数据库服务 SimpleDB	79
8.3	IBM 云计算 BlueCloud 方案	80
8.3.1	简介	80
8.3.2	云计算架构	80
8.3.3	云计算相关产品	81
8.4	Oracle 云计算方案	82
8.4.1	简介	82
8.4.2	Oracle 云计算战略	82
8.4.3	Oracle PaaS	83
8.4.4	Oracle IaaS	84
8.5	微软云计算 Windows Azure 方案	84

第 7 章 云安全

7.1	云计算的安全问题	69
7.2	云计算安全的技术手段	69
7.2.1	云安全框架	69
7.2.2	数据安全	70
7.2.3	应用安全	71
7.2.4	虚拟化安全	73
7.3	云计算安全的非技术手段	74

8.5.1	简介	84
-------	----	----

8.5.2	微软云计算参考架构	87
-------	-----------	----

8.6	Platform 云计算方案	87
-----	----------------	----

8.6.1	简介	87
-------	----	----

8.6.2	Platform ISF 计算服务	88
-------	-------------------	----

第 9 章 云计算与移动互联网

9.1	移动互联网的发展概况	90
9.2	云计算助力移动互联网发展	91
9.2.1	简介	91
9.2.2	移动互联网的“端”、“管”、“云”	91
9.2.3	移动互联网云计算的挑战	92
9.3	移动互联网云计算产业链分析	93
9.4	移动互联网云计算技术的现状	94

第 10 章 云计算与物联网

10.1	概述	97
10.1.1	物联网的概念	97
10.1.2	物联网的网络架构	98
10.1.3	物联网的技术体系	99
10.1.4	物联网与云计算的关系	101
10.2	云计算在典型物联网行业中的应用	103
10.2.1	智能电网云	103
10.2.2	智能交通云	104
10.2.3	医疗健康云	107

第四篇 实践篇

第 11 章 从高性能计算开始110

- 11.1 对称多处理110
- 11.2 大规模并行处理机110
- 11.3 集群系统111
- 11.4 消息传递接口112
 - 11.4.1 MPICH112
 - 11.4.2 OpenMP114
- 11.5 集群系统的管理与任务117
 - 11.5.1 XCAT 简介117
 - 11.5.2 XCAT 的配置117
 - 11.5.3 使用 XCAT 安装计算节点119
 - 11.5.4 使用 XCAT 管理计算节点121
- 11.6 PBS122
 - 11.6.1 PBS 的安装123
 - 11.6.2 PBS 的配置123
 - 11.6.3 PBS 的作业管理124
- 11.7 MAUI127
- 11.8 Ganglia128
 - 11.8.1 Ganglia 的安装128
 - 11.8.2 Ganglia 的配置128
 - 11.8.3 Ganglia 的资源监控129
- 11.9 Nagios133
 - 11.9.1 Nagios 的安装133
 - 11.9.2 Nagios 监控端的配置134
 - 11.9.3 Nagios 被监控端的配置139
 - 11.9.4 Nagios 的资源监控139

第 12 章 以虚拟化技术为前提144

- 12.1 VMware 虚拟机144
 - 12.1.1 VMware 虚拟机的安装144
 - 12.1.2 虚拟机的创建144

12.1.3 虚拟机的启动 (Ubuntu)145

12.1.4 ESXi 的配置与管理146

12.2 VirtualBox 的安装与配置152

12.2.1 VirtualBox 的安装152

12.2.2 虚拟机的创建153

12.3 Xen 的安装与配置153

12.3.1 Xen 的安装154

12.3.2 Xen 的配置157

12.3.3 资源分配158

12.3.4 虚拟机的创建与使用159

12.4 KVM 与 QEMU163

12.4.1 内核模块的配置与安装163

12.4.2 虚拟硬盘的创建164

12.4.3 资源的分配165

12.4.4 虚拟机的创建与启动165

12.4.5 虚拟机资源的重分配167

12.4.6 虚拟机的迁移169

第 13 章 以分布式文件系统和
逻辑卷管理为基础171

13.1 GNBD 网络块设备及其实现171

13.2 GNBD 环境下的冗余磁盘阵列171

13.2.1 冗余磁盘阵列简介171

13.2.2 GNBD 的配置172

13.2.3 检验 RAID 的效果173

13.3 GFS174

13.3.1 GFS 简介174

13.3.2 GFS 需要的安装包174

13.3.3 GFS 的安装与配置174

13.4 NFS176

13.4.1 NFS 简介176

13.4.2 NFS 的安装与配置176

13.5 LVM177

13.5.1 LVM 简介	177	14.1.5 Libvirt 现在支持的虚拟机	185
13.5.2 安装 LVM	177	14.2 VCL	185
13.5.3 创建 LVM	178	14.2.1 VCL 简介	185
13.6 LVM 环境下的 RAID 镜像	179	14.2.2 VCL 的体系架构	186
13.6.1 将分区标识为 RAID 分区	180	14.2.3 VCL 的功能实现	188
13.6.2 建立 RAID 设备及定义 RAID 盘	180	14.2.4 VCL 的安装与配置	188
13.6.3 查看 RAID 的定义情况	181	14.2.5 VCL 的使用方法	189
13.6.4 格式化 RAID 设备	181	14.3 Proxmox	204
13.6.5 让 RAID 设备在每次重启 都生效	181	14.3.1 Proxmox 简介	204
13.6.6 挂载 RAID 设备	182	14.3.2 Proxmox 的使用方法	205
13.6.7 逻辑卷快照	182	14.4 OpenNebula	210
第 14 章 以管理为核心	183	14.4.1 OpenNebula 简介	210
14.1 Libvirt	183	14.4.2 OpenNebula 的特点和优势	210
14.1.1 Libvirt 简介	183	14.4.3 OpenNebula 的安装与配置	212
14.1.2 Libvirt 的主要目标	183	结束语	219
14.1.3 Libvirt 的主要功能	183	参考文献	220
14.1.4 Libvirt 的架构及工作方式	184	部分引用资源	224

图

图 1-1 2008~2012 年市场趋势	6
图 1-2 2008 年和 2010 年的市场规模	7
图 1-3 2007~2010 年的全球云计算服务器	7
图 1-4 2009 年北美和欧洲企业硬件市场规模	7
图 1-5 2007~2009 年中国计算机产量	8
图 1-6 2009 年前 11 个月中国软件产业收入	8
图 1-7 多租户软件实例示意	10
图 1-8 国外云计算生态系统现状	10
图 1-9 云应用在中国	15
图 1-10 云应用在中国的使用情况	15
图 1-11 国内云计算生态系统	16
图 1-12 云计算产业结构中的角色	23
图 2-1 云计算的架构	28
图 2-2 Sales Cloud 的架构	31
图 2-3 App Engine	31

图 2-4 国际标准化工作研究的进展	32
图 3-1 云存储简易结构	39
图 3-2 云存储结构模型	40
图 4-1 云计算服务体系结构	48
图 4-2 IaaS、PaaS、SaaS 的层次关系及主要产品	48
图 5-1 虚拟化技术的一般性逻辑	56
图 5-2 使用 KVM 的虚拟化组件	59
图 5-3 Xen 结构	60
图 6-1 桌面云架构示例	66
图 7-1 云计算安全参考模型	70
图 8-1 IBM 云计算 6+1 解决方案	80
图 8-2 Oracle 云计算战略	82
图 8-3 Oracle 云解决方案	83
图 8-4 微软云计算的 3 种运营模式	85
图 8-5 微软的软件 + 服务战略	85
图 8-6 微软的公共云计算平台 Windows Azure Platform	86
图 8-7 微软云计算参考架构	87
图 8-8 Platform 计算服务	89
图 9-1 移动互联网的产业链构成	93
图 10-1 物联网网络架构	98
图 10-2 物联网技术体系	99
图 10-3 单中心、多终端连接	101
图 10-4 多中心、大量终端连接	102
图 10-5 信息应用分层处理、海量终端连接	102
图 10-6 基于资源管理域的智能电网云组成	104
图 10-7 云计算与物联网	106
图 11-1 MPICH 并行代码结构	113
图 11-2 OpenMP 的工作原理	115
图 11-3 PBS 的执行过程	123
图 11-4 集群系统资源负载百分比	129
图 11-5 集群系统资源使用总况	129
图 11-6 上一个小时集群系统的活动进程数	130
图 11-7 上一个小时集群系统处理器资源的占用情况	130
图 11-8 上一个小时集群系统内存资源占用情况	131
图 11-9 上一个小时集群系统内存资源占用情况	131
图 11-10 集群系统计算节点资源的使用情况	132
图 11-11 节点硬件与系统配置	132
图 11-12 Nagios 的主监控界面	139
图 11-13 节点服务故障	140
图 11-14 节点服务警告	140

图 11-15	节点服务监控	141
图 11-16	单个节点状态信息监控	141
图 11-17	组状态监控	142
图 11-18	节点运行状态监控	142
图 11-19	集群组总体监控信息	142
图 11-20	全部节点服务状态	143
图 11-21	节点进程信息	143
图 12-1	VMware 工作区	144
图 12-2	新建一个虚拟机	145
图 12-3	ISO 镜像路径	145
图 12-4	系统名称及其版本信息	145
图 12-5	磁盘空间分配	145
图 12-6	Ubuntu 安装界面	146
图 12-7	系统界面	146
图 12-8	安装向导页面	147
图 12-9	等待加载资源	147
图 12-10	接受协议	147
图 12-11	选择安装目标磁盘	148
图 12-12	准备安装	148
图 12-13	安装完成	148
图 12-14	以管理员身份登录	149
图 12-15	配置 IP	149
图 12-16	同意许可	149
图 12-17	.net 架构的下载与安装	150
图 12-18	登录客户端	150
图 12-19	配置界面	150
图 12-20	配置网卡	151
图 12-21	创建磁盘	151
图 12-22	新建虚拟电脑向导	152
图 12-23	配置名称和操作系统信息	152
图 12-24	分配内存	152
图 12-25	配置虚拟硬盘	153
图 12-26	信息预览	153
图 12-27	Xen 的两种运行方式	154
图 12-28	Xen 下的安装开始	155
图 12-29	检查 CPU 是否支持虚拟化	155
图 12-30	开始安装 Xen	156
图 12-31	编辑引导参数	156
图 12-32	检验安装成功与否	156
图 12-33	停止 Xen	157

	目 录
图 12-34 编辑 Xend 服务的配置文件	157
图 12-35 编辑 Xend 服务的网络	158
图 12-36 Xen 虚拟机的配置	158
图 12-37 Xen 虚拟机的配置文件	159
图 12-38 Xen 验证挂载	160
图 12-39 Xen 开始安装虚拟机	160
图 12-40 直接使用 virt-install 命令开始安装	161
图 12-41 选择语言	161
图 12-42 安装时的网络配置	161
图 12-43 RHEL 安装的欢迎界面	162
图 12-44 RHEL 安装中	162
图 12-45 RHEL 安装完成重启	162
图 12-46 进入 guest 虚拟机	163
图 12-47 成功加载 KVM 设备	164
图 12-48 安装 KVM	164
图 12-49 虚拟硬盘的创建	164
图 12-50 分配资源	165
图 12-51 虚拟系统管理器	165
图 12-52 新建虚拟机 1	166
图 12-53 新建虚拟机 2	166
图 12-54 虚拟机 BOOT 的顺序	167
图 12-55 启动后的界面	167
图 12-56 虚拟机创建完成	168
图 12-57 选择存储路径	168
图 12-58 拷贝镜像文件和配置文件	169
图 12-59 激活虚拟机配置文件	170
图 12-60 迁移后的虚拟机启动界面	170
图 13-1 启动 gnbd_serv 进程	172
图 13-2 导出 gnbd 设备	172
图 13-3 查看 gnbd_serv 信息	173
图 13-4 导入 gnbd-server	173
图 13-5 查看 gnbd-server 的导入状态	173
图 13-6 修改每个节点上的/etc/hosts 设置	174
图 13-7 使用 system-config-cluster 配置节点等	175
图 13-8 在各个节点上启动 dlm、ccsd、cman、fence 服务	175
图 13-9 在 gnbd-server 上导出设备	175
图 13-10 在各节点导入设备	175
图 13-11 GFS 创建完成	176
图 13-12 RAID 分区标识	180
图 13-13 创建 RAID 设备 md0	180

图 13-14 查看 RAID 设备	181
图 13-15 设置 RAID 设备在每次重启都生效	181
图 13-16 在/etc/fstab 中加载 RAID 设备	182
图 14-1 使用 Libvirt 的虚拟机管理方式	184
图 14-2 通过通用协议从本地 Libvirt 连接到远程 Libvirt	184
图 14-3 通用的 API 为虚拟机监控程序提供服务	185
图 14-4 VCL 的结构	186
图 14-5 基于 VCL 的实验体系架构	187
图 14-6 实际网络拓扑结构	187
图 14-7 VCL 的存储结构	188
图 14-8 VCL 的网络规划	189
图 14-9 用户的登录与登出	190
图 14-10 镜像订阅-1	190
图 14-11 镜像订阅-2	191
图 14-12 批量订阅	191
图 14-13 用户统计	192
图 14-14 用户属性设置	193
图 14-15 组映射	194
图 14-16 添加主机	194
图 14-17 添加 VM	195
图 14-18 映射 VM 和主机	196
图 14-19 计算机组管理	197
图 14-20 VMProfile 定制	198
图 14-21 编辑镜像	198
图 14-22 创建或更新镜像	199
图 14-23 镜像组管理	199
图 14-24 镜像组与计算机组映射	200
图 14-25 添加时间计划	200
图 14-26 编辑和添加各种组	201
图 14-27 查看时间表	201
图 14-28 定义权限节点	202
图 14-29 在权限节点内添加用户/组	202
图 14-30 在权限节点内添加资源组	203
图 14-31 维护期间暂停 VCL 云服务	203
图 14-32 Proxmox 的控制面板	205
图 14-33 在 Proxmox 的控制面板中查看群集	205
图 14-34 在 Proxmox 中添加设备模板	206
图 14-35 OpenVZ 官方模板	206
图 14-36 下载需要的模板到本地硬盘	207
图 14-37 上传本地模板到 Proxmox 服务器	207

	目 录
图 14-38 删除 OpenVZ 模板	207
图 14-39 创建 OpenVZ 虚拟机	208
图 14-40 OpenVZ 虚拟机的执行状态	208
图 14-41 从光盘镜像安装 (KVM)	209
图 14-42 启动创建好的 KVM 虚拟机	209
图 14-43 运行中的 KVM 虚拟机	209
图 14-44 Web 中的客户机运行界面	210
图 14-45 OpenNebula 所处的位置	210
图 14-46 准备 OpenNebula 前端	212
图 14-47 准备 OpenNebula 节点	212
图 14-48 OpenNebula 的安装目录	213
图 14-49 了解 OpenNebula 的安装依赖	213
图 14-50 创建和设置 one_auth	214
图 14-51 OpenNebula 第一次查询虚拟机	214
图 14-52 SSH Key 配置	215
图 14-53 配置 SSH 公钥	215
图 14-54 SSH 免密码登录, 自动接受新公钥	215
图 14-55 查看 oneadmin 用户信息	216
图 14-56 创建 oneadmin 组	216
图 14-57 修改 oned.conf 的 IM_MAD	216
图 14-58 修改 oned.conf 的 VM_MAD	216
图 14-59 用 onevnet 创建网络	217
图 14-60 当前虚拟网络设备列表	217
图 14-61 onehost 创建虚拟机	217
图 14-62 修改 image.one	217
图 14-63 使用 image.one 模板创建虚拟机镜像	218
图 14-64 从 ttylinux.one 创建虚拟机模板文件 node01.one	218
图 14-65 使用 node01.one 创建虚拟机	218

表

表 1-1 全球 IT 支出分类数据 (10 亿美元)	6
表 1-2 不同模式下企业的软件使用成本	9
表 1-3 各厂家及运营商云计算业务开展情况	11
表 1-4 中国云计算的生态环境总结	16
表 2-1 CCSA 标准动态	34
表 7-1 云安全关键内容	70
表 9-1 电信运营商移动云计算服务	95
表 9-2 服务提供商移动云计算服务	96
表 11-1 常用的 MPICH2 函数接口	113
表 11-2 XCAT 中的表	118

表 11-3	qstat 命令的参数	127
表 14-1	当前 Libvirt 支持的虚拟机	185
表 14-2	OpenNebula 的功能模块	211
表 14-3	OpenNebula 的混合云计算	211
表 14-4	OpenNebula 的云接口	212

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，使得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。本书将从云计算的基础及其应用开始，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的介绍，希望通过这样的方式可以帮助有需要的读者轻松搭建属于自己的“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 Google 提出的一个概念新名词, 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相混淆。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, 对于云计算的认识在不断发展变化中, 云计算仍没有普遍一致的定义。

为了向云计算的混沌世界中引入一些规则, 2009 年 4 月美国政府的国家标准与技术研究所 (NIST) 制定了云计算的标准定义和参考架构 (Cloud Computing Reference Architecture)。两者都以“特刊” (Special Publications) 方式发表, 且并非官方的美国政府标准, 而是意在为某些特定群体实践者和研究者提供指导。NIST 对于云计算定义主要在 NIST 主办的研讨会和公众意见基础之上形成, 不过目前仍处于草案阶段。

该文件草案将云计算定义为“一种无处不在、便捷且按需对一个共享的可配置计算资源 (如网络、服务器、存储、应用和服务) 进行网络访问的模式, 它能够通过最少量的管理及与服务供应商的互动实现计算资源的迅速供给和释放。”

这一定义指出了云计算五个“必不可少”的特征: 自助式服务, 无所不在的网络访问, 能够通过台式计算机、笔记本电脑和手机接入, 划分独立资源地, 多个用户和应用程序共享资源, 快速弹性, 可迅速根据需要弹性分配资源, 服务可计量。这五个特点的结合使云计算成为一种基础

设施或公用资源。

因此我们可以说，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。这种特性经常被称为像水和电一样使用 IT 基础设施。

广义的云计算是指服务的交付和使用模式，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 小节中我们参考了美国政府的国家标准与技术研究所（NIST）制定的云计算的标准定义草案，该草案定义指出了五个云计算“必不可少”的特征，下面我们来看看这五个基本特征的含义。

（1）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）。

（2）无所不在的网络访问。借助于不同的客户端来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。

（4）快速弹性。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），并且可在任何时间以任何量化方式购买的。

（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、模块化及语意解释的能力。

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？让我们回顾一下云计算的发展历程。

1959 年 6 月，Christopher Strachey 发表虚拟化论文，虚拟化是今天云计算基础架构的基石。

1961 年，John McCarthy 提出计算力和通过公用事业销售计算机应用的思想。

1962 年，J.C.R. Licklider 提出“星际计算机网络”的设想。

1965 年美国电报电话公司 WesternUnion 一位高管提出建立信息公用事业的设想。

1984 年，Sun 公司的联合创始人 John Gage 用“网络就是计算机”描述分布式计算技术带来的新世界，今天的云计算正在将这一理念变成现实。