

# 云计算：

## 从基础架构到最佳实践

祁伟 刘冰 路士华 冯德林 编著

- ◎ 源自云数据中心一线架构与运维专家的倾情力作
- ◎ 揭秘企业级云数据中心（IaaS）基础架构、经典案例、最佳实践
- ◎ 虚拟化、云存储、无阻塞网络、大数据处理相关技术一书网尽
- ◎ 理论联系实际，实用价值高



TP393  
201.361

# 云计算：从基础架构到最佳实践

祁 伟 刘 冰 路士华 冯德林 编 著



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书定位于企业级私有云数据中心的规划、实施与运维服务体系建设,并配合实践用例系统地介绍国内外云计算进展和数据中心向云计算的演变趋势,以及实现云计算特征的关键技术。本书分为4篇,第1篇系统介绍云计算背景、原理、数据中心发展趋势、主流架构等;第2篇介绍服务器虚拟化技术;第3篇介绍云计算架构,重点内容有私有云资源平台架构、服务交付架构、运维流程架构、IaaS最佳实践等;第4篇介绍Hadoop平台,主要内容有分布式文件系统(HDFS)、分布式计算框架(MapReduce)、分布式非关系型数据库(HBase)3个平台的搭建、部署、原理、使用、编程等。

本书既注重原理与架构的讲解,又注重实践操作,力求使读者能够理论联系实际。本书采用的均是当前业界主流的技术与产品,既有商用平台,也有开源平台,并围绕这些平台提供了丰富的应用示例,这些例子均来自于云数据中心一线架构与运维,具有较高的实用价值。作者基于多年的技术积累和经验编写本节,相信能帮助读者快速获得相关知识。

本书非常适合从事传统IT模式云计算、虚拟化、Hadoop工作的初中级运维工作者,从事云计算技术研究的企事业单位开发人员学习和参考,同时也适合高校计算机相关专业的专科、本科和研究生学习使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

云计算:从基础架构到最佳实践/祁伟编著. —北京:清华大学出版社,2013  
ISBN 978-7-302-33121-6

I. ①云… II. ①祁… III. ①计算机网络 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第151399号

责任编辑:杨作梅  
装帧设计:杨玉兰  
责任校对:李玉萍  
责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者:北京鑫丰华彩印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.75 字 数:575千字

版 次:2013年8月第1版 印 次:2013年8月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:48.00元

产品编号:049440-01

# 前 言

计算机技术的发展经历了从大型主机(MainFrame)、个人计算机(Personal Computer)、客户机/服务器(Client/Server)计算模式,到今天互联网计算模式的演变。我们有幸经历了这一过程,从20世纪80年代MainFrame主机的哑终端使用方式,到今天广泛流行的互联网Web应用模式,正所谓“合久必分,分久必合”。今天,个人电脑、移动设备、智能手机正以前所未有的速度爆炸式增长,这主要得益于互联网,尤其是Web 2.0的发展。这些计算能力有限的轻量化设备正逐渐蜕化为终端的角色,计算需求更多地依赖于通过互联网连接的远程服务器资源。

作为计算资源的提供者,需要拥有足够的计算能力。其最大的挑战是如何具备超高的计算性能、海量的数据存储和网络吞吐能力,以及近乎无限的扩展能力。今天,要满足这些需求不会也不可能回到大型主机的计算模式上(通常称为向上扩展,Scale-Up),而是从服务器集群化的计算模式(通常称为向外扩展,Scale-Out)寻找突破。从2005年开始接触并引入服务器虚拟化技术,到今天平均单台物理服务器可承载超过30个以上虚拟服务器,虚拟化技术对应用的整合能力令人惊叹。我们也较长时间地关注分布式计算模式,并对Hadoop进行过多方面的测试,分布式计算与分布式存储相结合为资源扩展提供了无限的潜力。

今天,使用智能化终端设备,可以从互联网获取多种多样的资源和服务。由于互联网庞大、复杂的结构,人们习惯将互联网上提供的资源以云团标识。而以互联网方式直接获得计算资源和存储资源的服务也就顺理成章地称为云计算。本书将以虚拟化技术和分布式技术为主,介绍云计算“云端”资源的架构及最佳实践,望广大读者能从中受益。

本书以基础架构讲解和案例开发(部分案例源代码可从官方网站下载)为主,全书共分为4篇,共13章。

第1篇由第1章组成,属于概述篇,系统地介绍国内外云计算的背景、进展、原理、架构、产品、服务,以及数据中心向云计算的演变趋势。

第2篇由第2章至第6章组成,属于虚拟化篇,详细介绍虚拟化的历史、背景、原理、产品,并以商用VMware平台为例,介绍其基础架构、重要特性、主要功能、编程接口等;以开源KVM为例,介绍其主要特色、命令接口使用、编程开发等内容。

第3篇由第7章至第10章组成,属于云计算架构篇,介绍私有云数据中心的资源平台架构、云计算服务交付架构、云计算运维流程架构、云数据中心网络架构、云数据中心共享存储基础架构,并通过案例介绍规划、设计和搭建一个支持端到端交付的IAAS私有云的方法。

第4篇由第11章至第13章组成,属于Hadoop篇,主要介绍分布式文件系统(HDFS)、分布式计算框架(MapReduce)、分布式非关系型数据库(HBase)的背景、架构、原理、功能、使用方式、编程接口,并通过几个示例演示使用这些平台的方法。

本书在编写过程中得到了微软、戴尔、思科、EMC、Oracle、华为、浪潮、中国电信、宏杉、BMC等公司以及部分高校、研究所不同程度的支持,或提供资料,或展开技术交流,或提供产品试用,这里一一表示感谢;本书能够问世,也感谢一直以来支持我们的家人和



朋友。

本书在编写过程中，参考了部分专著，也参考了一些期刊和网站的最新内容，限于篇幅不能一一列出，在此向相关作者表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免存有疏漏和错误，还请业内专家和广大读者包涵并不吝指教。

编者

# 目 录

## 第 1 篇 概 述

第 1 章 云计算概述 .....	1	1.6 Hadoop .....	16
1.1 从案例看云计算 .....	2	1.6.1 Hadoop 的构造 .....	17
1.2 从服务产品看云计算 .....	4	1.6.2 HDFS 文件系统 .....	18
1.2.1 Amazon 云计算服务简介 .....	4	1.6.3 MapReduce 计算架构 .....	20
1.2.2 Google 云计算服务简介 .....	6	1.6.4 Hadoop 的局限 .....	21
1.2.3 Salesforce 云计算服务简介 .....	8	1.7 互联网云计算 .....	21
1.2.4 云计算服务 .....	8	1.8 传统 IT 云计算 .....	22
1.3 计算模式的演变 .....	9	1.9 虚拟化 .....	23
1.4 “云端”计算 .....	11	1.9.1 资源池化 .....	23
1.5 并行计算 .....	12	1.9.2 动态资源调度 .....	25
1.5.1 MPI 函数 .....	13	1.10 有关云计算的参考资料 .....	28
1.5.2 MapReduce 算法 .....	14	1.11 小结 .....	29
1.5.3 MPI 的遗留问题 .....	15		

## 第 2 篇 虚 拟 化

第 2 章 拥抱虚拟化 .....	31	2.3.7 存储资源 .....	46
2.1 为什么选择虚拟化 .....	32	2.3.8 资源管理 .....	47
2.1.1 当前困境 .....	32	2.3.9 分布式服务 .....	49
2.1.2 虚拟化带来的价值 .....	32	2.4 其他虚拟化平台 .....	51
2.1.3 可选的虚拟化架构 .....	33	2.4.1 Hyper-V 平台 .....	51
2.2 虚拟化技术 .....	36	2.4.2 KVM 平台 .....	54
2.2.1 虚拟化概述 .....	36	2.4.3 XEN 介绍 .....	56
2.2.2 虚拟化特性 .....	37	2.4.4 VirtualBox 介绍 .....	57
2.2.3 服务器虚拟化分类 .....	38	2.4.5 OpenVZ 介绍 .....	58
2.3 VMware 与虚拟化功能介绍 .....	39	2.4.6 非主流虚拟化平台 .....	58
2.3.1 VMware 介绍 .....	39	2.5 小结 .....	59
2.3.2 vSphere 组件 .....	40		
2.3.3 物理拓扑 .....	41	第 3 章 虚拟化实践进阶 .....	61
2.3.4 虚拟数据中心 .....	42	3.1 基于 VMware 的 IaaS 架构 .....	62
2.3.5 计算与内存资源 .....	43	3.1.1 VMware 数据中心架构 .....	62
2.3.6 网络资源 .....	44	3.1.2 目标与定位 .....	65
		3.2 环境准备 .....	66

3.2.1	基础环境介绍.....	66	5.2.2	虚拟化网络管理.....	130
3.2.2	虚拟化节点部署.....	67	5.2.3	其他管理.....	135
3.2.3	客户端部署.....	70	5.3	脚本编程.....	137
3.2.4	虚拟化管理平台部署.....	71	5.3.1	虚拟主机状态检测.....	137
3.3	虚拟主机创建的实践.....	74	5.3.2	创建虚拟主机.....	140
3.3.1	虚拟主机创建.....	74	5.3.3	批量复制虚拟主机.....	142
3.3.2	虚拟主机编辑.....	77	5.3.4	自动化备份.....	143
3.3.3	操作系统部署.....	81	5.3.5	自动警告接口.....	145
3.3.4	虚拟网络设置.....	82	5.4	PowerCLI 与 WebService.....	147
3.4	简单虚拟主机管理.....	86	5.4.1	PowerCLI.....	147
3.4.1	虚拟主机导入.....	86	5.4.2	WebService.....	152
3.4.2	虚拟主机导出与快照.....	88	5.4.3	Java SDK 开发.....	153
3.4.3	性能监控.....	89	5.5	小结.....	156
3.5	小结.....	91	<b>第 6 章</b>	<b>开源虚拟化平台.....</b>	<b>157</b>
<b>第 4 章</b>	<b>虚拟化高级管理.....</b>	<b>93</b>	6.1	KVM 详解.....	158
4.1	集群管理.....	94	6.1.1	KVM 的主要功能及意义.....	158
4.1.1	集群创建.....	94	6.1.2	环境准备与 KVM 安装.....	159
4.1.2	为集群添加物理主机.....	103	6.1.3	KVM 虚拟主机管理.....	160
4.1.3	资源池管理.....	104	6.2	KVM 的命令.....	165
4.2	共享存储池.....	106	6.2.1	qemu-img.....	165
4.2.1	共享存储.....	106	6.2.2	qemu-kvm.....	168
4.2.2	案例：iSCSI 共享存储 搭建.....	109	6.2.3	virsh.....	170
4.3	虚拟主机高级应用.....	112	6.3	脚本与 API 接口.....	175
4.3.1	虚拟主机批量部署.....	112	6.3.1	脚本实践：虚拟化交互式 创建.....	175
4.3.2	虚拟主机热迁移.....	113	6.3.2	脚本实践：虚拟主机状态 监测.....	177
4.4	多租户及自助管理.....	116	6.3.3	Libvirt 接口介绍.....	179
4.4.1	多租户案例.....	116	6.4	KVM 虚拟平台开发案例.....	180
4.4.2	用户自助服务.....	118	6.4.1	需求与架构.....	180
4.5	小结.....	120	6.4.2	插件配置与调用模块设计.....	181
<b>第 5 章</b>	<b>虚拟化编程.....</b>	<b>121</b>	6.4.3	用户交互模块设计.....	183
5.1	ESX 命令详解.....	122	6.4.4	帮助模块设计.....	183
5.1.1	命令行管理接口介绍.....	122	6.4.5	运行与测试.....	184
5.1.2	ESX 命令列表.....	125	6.5	小结.....	186
5.2	命令管理实践.....	127			
5.2.1	虚拟主机管理.....	127			

## 第3篇 云计算架构

第7章 云计算基础架构.....	187	8.5 共享存储架构.....	238
7.1 基础架构概述.....	188	8.6 小结.....	239
7.2 云计算资源架构.....	188	第9章 云计算网络架构.....	241
7.2.1 资源需求.....	188	9.1 网络总体架构.....	242
7.2.2 物理资源置备.....	190	9.2 接入层网络.....	245
7.2.3 资源池规划.....	192	9.2.1 物理架构.....	245
7.3 云计算服务交付.....	194	9.2.2 逻辑隔离.....	247
7.3.1 服务目录制订.....	194	9.2.3 关于 VLAN.....	250
7.3.2 性能与容量管理.....	196	9.3 主机网络虚拟化.....	252
7.3.3 可用性管理.....	197	9.3.1 虚拟交换机.....	253
7.3.4 持续性管理.....	198	9.3.2 分布式虚拟交换机.....	257
7.3.5 服务水平管理.....	198	9.4 网络流量平面.....	259
7.3.6 安全管理.....	199	9.4.1 IP 数据平面.....	259
7.3.7 服务度量.....	200	9.4.2 控制平面.....	261
7.3.8 自服务管理.....	200	9.4.3 管理平面.....	262
7.4 云计算运维流程建设.....	201	9.4.4 主机流量平面.....	262
7.4.1 实施指导.....	201	9.5 小结.....	263
7.4.2 实施路径.....	203	第10章 IaaS 最佳实践.....	265
7.4.3 配置流程管理.....	205	10.1 私有云基础架构方案.....	266
7.4.4 变更流程管理.....	206	10.1.1 私有云实施动力与目标.....	266
7.4.5 服务台与事件流程管理.....	206	10.1.2 演进路线与逻辑架构.....	267
7.4.6 问题流程管理.....	207	10.1.3 存储资源.....	268
7.4.7 团队管理.....	208	10.1.4 计算资源.....	272
7.5 小结.....	208	10.1.5 网络资源.....	274
第8章 云计算存储架构.....	209	10.1.6 虚拟化及自助服务设计.....	275
8.1 共享存储模型.....	210	10.2 IaaS 实施实践.....	275
8.2 磁盘存储阵列.....	212	10.2.1 环境准备.....	276
8.2.1 磁盘存储介质.....	212	10.2.2 存储实施.....	276
8.2.2 RAID 磁盘组.....	214	10.2.3 网络实施.....	277
8.2.3 存储逻辑单元.....	218	10.2.4 虚拟化及服务器实施.....	278
8.3 存储网络.....	220	10.2.5 管理平台实施.....	278
8.3.1 FC 存储网络.....	221	10.3 演示与验证.....	282
8.3.2 IP 存储网络.....	227	10.3.1 终端用户体验.....	282
8.3.3 存储虚拟化网关.....	232	10.3.2 运维与业务管理人员体验.....	284
8.4 共享文件系统.....	232	10.3.3 高级管理体验.....	287
8.4.1 集群文件系统.....	233	10.4 小结.....	289
8.4.2 网络文件系统.....	237		

## 第 4 篇 Hadoop

<b>第 11 章 分布式云存储</b> .....291	12.2.1 环境准备..... 333
11.1 分布式文件系统.....292	12.2.2 Java 环境安装..... 334
11.1.1 什么是分布式文件系统.....292	12.2.3 SSH 配置..... 334
11.1.2 分布式文件系统的特点.....293	12.2.4 Hadoop 的安装..... 335
11.1.3 常见分布式文件系统.....293	12.2.5 Hadoop 的启动与测试..... 336
11.1.4 Windows DFS 部署.....295	12.3 MapReduce 开发接口..... 338
11.2 Hadoop 的 HDFS 平台.....299	12.3.1 MapReduce 编程框架..... 338
11.2.1 Hadoop 介绍.....299	12.3.2 统计访问量的 Java 示例..... 340
11.2.2 HDFS 的设计原则.....302	12.3.3 Streaming 机制示例..... 343
11.2.3 HDFS 的架构与组成.....303	12.4 小结..... 347
11.2.4 HDFS 的数据存取流程.....307	<b>第 13 章 非关系型数据库</b> ..... 349
11.3 HDFS 伪分布式部署.....308	13.1 NoSQL..... 350
11.3.1 环境与基础信息配置.....308	13.1.1 NoSQL 介绍..... 350
11.3.2 Java 安装与部署.....310	13.1.2 NoSQL 原理..... 351
11.3.3 SSH 配置.....310	13.1.3 NoSQL 项目..... 352
11.3.4 HDFS 的部署.....312	13.2 HBase 的基础操作..... 353
11.3.5 HDFS 的测试.....314	13.2.1 Hadoop 的 HBase..... 353
11.4 HDFS 的控制与编程.....315	13.2.2 HBase 的安装与部署..... 354
11.4.1 HDFS 的命令集.....315	13.2.3 HBase 的常用命令..... 356
11.4.2 HDFS 的命令实践.....319	13.2.4 HBase 的命令实践..... 357
11.4.3 HDFS 的编程接口.....320	13.3 HBase 的数据模型与架构..... 360
11.4.4 HDFS 的编程示例.....322	13.3.1 HBase 的数据模型..... 360
11.5 小结.....325	13.3.2 HBase 的表与区域..... 361
<b>第 12 章 分布式云计算</b> .....327	13.3.3 HBase 的系统架构..... 362
12.1 MapReduce 简介.....328	13.4 HBase 的应用实践..... 364
12.1.1 MapReduce 的原理.....328	13.4.1 HBase 的开发接口..... 364
12.1.2 Hadoop 的 MapReduce.....329	13.4.2 HBase 应用开发实践..... 366
12.1.3 MapReduce 控制与命令.....330	13.5 小结..... 370
12.2 MapReduce 集群部署.....332	



# 第1篇 概述

## 第1章

### 云计算概述

#### 【内容提要】

本章是对云计算进行概念性介绍，试图从外在形态到内部结构等多种视角认识云计算，并展示云计算的本质特征和历史演进。

#### 本章要点：

- 云计算的特征
- 云计算的支撑技术
- 云计算落地的主要形态



云计算已成为近年来非常热门的一个词，其涵义阐述可谓众说纷纭。对于云计算的认识，有的侧重于运营模式、有的侧重于技术架构和技术产品。基于技术的观点，有的强调并行集群、有的强调虚拟化。不同的企业更是根据自己的商业应用，有的强调服务器、有的强调用户端、有的强调网络、有的强调存储。

给云计算下一个广泛认同的定义也许是一件困难的事，但每个人都会在心中有一个“云计算”的景象，它是各自在各自不同场景下对云计算的真实感受。

## 1.1 从案例看云计算

先从几个真实的案例认识一下什么是云计算。

### 案例一：

2008年3月19日，美国国家档案馆公开了希拉里·克林顿在1993—2001年作为第一夫人期间的白宫日程档案。这些档案具有极高的社会关注度与新闻时效性，华盛顿邮报希望在第一时间上传互联网，以便公众查询。但这些档案都是不可检索的PDF文件，若想将其转换为可以检索并便于浏览的文件格式，需要进行再处理。而以华盛顿邮报当时所拥有的计算能力，需要超过一年的时间才能完成全部档案的格式转换工作。显然，这样的效率不能满足新闻的时效性和公众对于信息的期盼。因此，华盛顿邮报将这个档案的转换工程交给Amazon EC2(Elastic Compute Cloud)。Amazon EC2同时使用200个虚拟服务器实例，在9个小时内将所有的档案转换完毕，以最快的速度将这些第一手资料呈现给读者。华盛顿邮报在9个小时内使用了1407小时的虚拟服务器机时，仅需要向Amazon公司支付144.62美元的费用。

### 案例二：

Giftag是一款Web 2.0应用，其以插件的形式安装在Firefox和IE浏览器上。互联网用户在浏览网页时，可以利用这个插件将心仪的商品加入到由Giftag维护的商品清单中。这个应用一经推出，便广泛流行起来，注册用户数量激增，每天Giftag的服务器都要响应数以百万计的请求，并存储用户提交的海量信息，服务器很快就不堪重负。为此，Giftag将应用迁移到Google App Engine(GAE)平台，基于GAE开放的API，Giftag可以利用Google具有可伸缩性的计算处理性能响应高峰期的用户请求，利用Google的分布式数据库存储用户数据。Giftag从一个初创的Web 2.0应用平稳过渡到一个稳定的、持续增长的网络服务。在这一过程中，Giftag公司避开了高昂的基础设施投入风险和Web应用复杂的软件配置。在GAE平台上，Giftag可以将自己的精力集中于应用本身，而将诸如服务器动态扩展、数据库访问、负载均衡等各个层次的问题交给GAE平台来解决。正是由于GAE将Web应用所需的基础功能作为服务提供给了Giftag，才使得其可以专注于应用的开发和优化。

### 案例三：

哈根达斯是著名的冰激凌供应商，其加盟店遍布世界各地。公司需要一个CRM(客户关系管理)系统对所有的加盟店进行管理。当时哈根达斯用Excel表单来管理和跟踪主要的加盟店，用Access数据库来存储协议加盟店的数据，通过虚拟专用网(VPN)来访问数据库。

因此，公司急需一个能够让分布在各地的员工沟通协作的解决方案，并且该方案应该能够根据不同的需求进行灵活配置。哈根达斯公司选择了 Salesforce CRM 企业版，应用系统在不到 6 个月的时间就上线了。哈根达斯公司用更少的成本获得了超预期的效果。如果哈根达斯公司要搭建自己的 CRM 平台，传统的做法是先聘请一支专业的顾问团队研究公司的业务流程，建模分析并提出咨询报告。然后再雇用一家 IT 外包公司，进驻自己的公司对平台进行开发。同时，还需要购买服务器、交换机、防火墙、各种各样的软件，以及租用带宽等。哈根达斯公司采用如同在超市选购商品一样选择自己需要的功能模块，让 Salesforce.com 进行定制集成一个属于自己的 CRM 系统，系统的上线和维护也将由 Salesforce.com 的专业团队负责。

上述案例如果说是典型的云计算应用，我们就可以从用户的视角归纳出一些云计算的关键特征。

- 网络是实现云计算的基础。云计算是伴随互联网的进步而发展的。当互联网用户的网络传输速度普遍在 14.4kbps 拨号接入等低速网络带宽时，没有人会考虑采用云计算。云计算时代的用户将严重依赖网络。只有网络通畅才能按需向用户提供服务。
- 云计算提供按需分配和使用计算资源、存储资源和应用软件资源的能力。用户根据实际需求向服务商动态购买计算资源、存储资源和应用软件资源，而不是直接采购软硬件系统。

以网络为基础，按需分配和使用计算资源、存储资源和应用软件资源，这是一个再朴素不过的逻辑。因此，云计算的出现是自然的，更是必然的。云计算并不是突然出现的，可以找出其发源和演变的历史轨迹。

- 电厂模式。从其他行业取经对 IT 行业本身发展是不可或缺的一步。在 IT 界，“电厂模式”的概念有着深远的影响，许许多多的 IT 人在不断地实践着这个理念。电厂模式的意思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。
- 效用计算。在 20 世纪 60 年代，计算设备的价格非常昂贵，很多人就产生了共享计算资源的想法。人工智能之父麦肯锡 1961 年在一次会议上提出了“效用计算”(utility computing)的概念，其目标是整合分散在各地的服务器、存储系统以及应用程序，将其共享给多个用户，让用户能够像把灯泡插入灯座一样来使用计算机资源，并且根据其使用量来付费。但由于当时互联网等很多强大的技术还未诞生，尽管这个想法一直都为人称道，但难以将其变为现实。
- 网格计算。网格计算中的网格含义是“grid”，其英文原意就是来源于电力的格。网格计算主要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相对低性能的计算机来处理，最后把这些计算结果综合起来。网格计算没能在工程界和商业界取得预期的成功，普遍认为是由于其过于技术化，忽略了普通用户的现实需求。

今天的云计算与前面的电厂模式、效用计算、网格计算何其类似，都是希望 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，今天许多关键性的支撑技术日渐成熟，用户的需求也渐成规模。

让我们借助尼古拉斯·卡尔在《大转变》中有关电力发展史的描述再讲述一下“电厂模式”：“开始因为直流电传输距离短，所以发电机成为很多需要使用电力的企业和个人的选择，但是由于长距离传输交流电技术的不断成熟，英特尔的关于电厂的想法成为了现实；之后由于电厂规模不断增大，电力的价格也随之降低，而且使用起来更方便；最后，电厂模式成为了主流。”回过头来再审视一下 IT 技术的发展，会与电力技术的发展相似吗？发电机好比现在的机房及基础设施，交流电技术好比现在的互联网，而电厂和云计算数据中心更是何其相似。

“电厂模式”的愿景是美好的，只要接入网络，企业和个人就能按需使用计算资源、存储资源和应用软件资源，同时卸去了维护系统的重担，而且价格低廉。但现实是：要真正实现“电厂模式”，绝不是一朝一夕的事情。

## 1.2 从服务产品看云计算

上述云计算用户案例涉及的 Amazon EC2、Google App Engine(GAE)、Salesforce.com 也可以说是当前比较典型的云计算服务产品了。现在我们认识一下这些云计算服务产品。

### 1.2.1 Amazon 云计算服务简介

在开展云计算服务之前，亚马逊(Amazon.com)是美国最大的基于 B2C 的电子商务公司。为了满足旺季的销售需要，Amazon 不得不购买很多服务器以应对超常的客户访问量。但是旺季过去之后，这些服务器就处于闲置状态而得不到充分的利用。为了让这些服务器能够得到充分的利用，Amazon 开始尝试将这些物理服务器虚拟成虚拟服务器，并以在线交易的形式租给愿意花钱购买虚拟服务器的客户，这就是今天 Amazon 云计算服务的雏形。

#### 1. Amazon EC2

Amazon Elastic Computing Cloud(EC2，亚马逊弹性计算云)是 Amazon 向公共用户出租虚拟机的商业化服务。任何用户只需要创建一个账号，并绑定有效的信用卡，即可获得一台完全属于自己的虚拟服务器。

用户登录服务界面，选择希望虚拟服务运行的“Region”和“zone”后(相当于选择运行虚拟服务的数据中心)，就可以创建自己的虚拟服务器了。

虚拟服务器的创建过程很简单，只需按照 EC2 的提示一步一步进行即可。EC2 提示用户选 CPU 个数、内存容量、硬盘容量等配置参数；然后，EC2 会询问用户需要安装的操作系统，如 Windows 或 Linux；更进一步，用户可以根据 EC2 提供的工具创建一个个性化的操作系统，这个个性化的操作系统可能是修改过内核模块的 Linux 操作系统，或者预装了一些软件的 Windows 操作系统等。另外，用户可以通过一个简单的防火墙界面，设置虚拟服务器的网络安全策略。

上述创建过程完成后，用户只需单击 Launch 按钮，EC2 就开始进行虚拟服务器的部署了。几分钟之内，用户就可以对其进行访问了。在使用过程中，用户还可以结合监控服务，对虚拟机的资源使用状况(例如 CPU、网络等)进行实时的观察。除此以外，用户还可以为某项性能指标设定阈值，一旦某项指标超过了阈值，EC2 会自动为用户再分配一台虚拟机。

因此，通过监控和联动操作，用户能够获得可弹性伸缩的能力。

EC2 提供的虚拟服务器在用户看来是一台完全独立的服务器，用户甚至感觉不出这是一台虚拟的服务器。通过 EC2 所提供的服务，用户不仅可以非常方便地申请所需要的计算资源，而且可以灵活地定制所拥有的资源，如用户拥有虚拟的所有权限，可以根据需要定制操作系统，安装所需的软件。最后，用户可以根据业务的需求自由地申请或者终止资源使用，而只需为实际使用的资源数量付费。

EC2 的虚拟服务器与拥有一台传统意义上的服务器还是存在一些值得注意的差别。

EC2 由 Amazon Machine Image (AMI)、EC2 虚拟机实例和 AMI 运行环境组成。AMI 是一个用户可定制的虚拟机镜像，是包含了用户的所有软件和配置的虚拟环境，是 EC2 部署的基本单位。AMI 被部署到 EC2 的运行环境后就产生了一个 EC2 虚拟机实例，由同一个 AMI 创建的所有实例都拥有相同的配置。需要注意的是，EC2 虚拟机实例内部并不保存系统的状态信息，存储在实例中的动态信息将随着它的终止而丢失。用户需要借助 Amazon 的数据持久化服务保存用户数据，这些服务包括 Amazon Simple Storage Service(S3, 亚马逊简单存储服务)、Amazon SimpleDB(亚马逊简单数据库)、Amazon Simple Queue Service(SQS, 亚马逊简单队列服务)。

## 2. Amazon S3

Amazon Simple Storage Service (S3)是云计算平台提供的可靠的网络存储服务。通过 S3，个人用户可以将自己的数据放到存储云上，通过互联网进行访问和管理。同时，Amazon 公司的其他服务也可以直接访问 S3。

作为云平台上的存储服务，S3 具有与本地存储不同的特点。S3 采用的按需付费方式节省了用户使用数据服务的成本。S3 既可以单独使用，也可以同 Amazon 公司的其他服务结合使用。云平台上的应用程序可以通过 REST 或者 SOAP 接口访问 S3 中的数据。以 REST 接口为例，S3 中的所有资源都有唯一的 URI 标识符，通过向指定的 URI 发出 HTTP 请求，就可以完成数据的上传、下载、更新或者删除等操作。

为了保证数据服务的可靠性，S3 采用了冗余备份的存储机制，存放在 S3 中的所有数据都会在其他位置备份，保证部分数据失效不会导致应用失效。在后台，S3 保证不同备份之间的一致性，将更新的数据同步到该数据的所有备份上。

## 3. Amazon SimpleDB

Amazon SimpleDB 是一种支持结构化数据存储和查询操作的轻量级数据库服务。与传统的关系数据库不同，SimpleDB 不需要预先设计和定义任何数据库 Schema，只需定义属性和项，即可用简单的服务接口对数据进行创建、查询、更新或删除操作。

SimpleDB 是一种简单易用的、可靠的结构化数据管理服务，它能满足应用不断增长的需求，用户不需要购买、管理和维护自己的存储系统，是一种经济有效的数据库服务。SimpleDB 提供两种服务访问方式：REST 接口和 SOAP 接口。这两种方式都支持通过 HTTP 协议发出的 POST 或者 GET 请求访问 SimpleDB 中的数据。

需要注意的是，SimpleDB 毕竟是一种轻量级的数据库，与技术成熟、功能强大的关系数据库相比有些不足，SimpleDB 不能保证所有的更新都按照用户提交的顺序执行，只能保证每个更新最终成功，因此应用通过 SimpleDB 获得的数据有可能不是最新的。此外，



SimpleDB 的存储模型是以域、项、属性为层次的树状存储结构，与关系数据库的表的二维平面结构不同，因此在一些情况下并不能将关系数据库中的应用迁移到 SimpleDB 上。

#### 4. Amazon SQS

Amazon Simple Queue Service(SQS)是一种用于分布式应用的组件之间数据传递的消息队列服务，这些组件可能分布在不同的计算机上。利用 SQS 能够将分布式应用的各个组件以松耦合的方式结合起来，从而创建可靠的 Web 规模的分布式系统。松耦合的组件之间独立性强，系统中任何一个组件的失效都不会影响整个系统的运行。

消息和队列是 SQS 实现的核心。消息是可以存储到 SQS 队列中的文本数据，可以由应用通过 SQS 的公共访问接口执行添加、读取、删除操作。队列是消息的容器。SQS 是一种支持并发访问的消息队列服务，它支持多个组件并发的操作队列，如向同一个队列发送或者读取消息。消息一旦被某个组件处理，则该消息将被锁定，并且被隐藏，其他组件不能访问和操作此消息，此时队列中的其他消息仍然可以被各个组件访问。

SQS 采用分布式构架实现，每一条消息都可能保存在不同的机器中，甚至保存在不同的数据center里。这种分布式存储策略保证了系统的可靠性，但并不严格保证消息的顺序。另外，消息的传递可能有延迟，不能期望发出的消息马上被其他组件看到。

### 1.2.2 Google 云计算服务简介

Google 公司拥有目前全球最大规模的互联网搜索引擎，并在海量数据处理方面拥有先进的技术，如分布式文件系统 GFS、分布式存储服务 Datastore 及分布式计算框架 MapReduce 等。2008 年 Google 公司推出了 Google AppEngine (GAE) Web 运行平台，使用户的业务系统能够运行在 Google 分布式基础设施上。GAE 平台具有易用性、可伸缩性、低成本的特点。另外，Google 公司还提供了丰富的云端应用，如 Gmail、Google Docs 等。

GAE 不能让用户执行后台服务或分割自己的系统。它建立在既有的框架之上，并允许用户快捷地部署 Web 应用。与 EC2 不同，要使用 GAE，必须使用 Google 的框架，不能直接访问底层的虚拟机系统。因此，GAE 并不会在待机时间向你征收费用，只有在 CPU 实际处理时才会计费。

GAE 平台支持 Python 和 Java 两种编程语言。不论使用哪种语言平台，都需要使用 GAE 平台提供的一组类库。同时，GAE 平台还会赋予用户将数据存入一个独特数据库的能力，这个数据库类似于 SimpleDB，但是它允许用户自定义索引。GAE 同时还直接与许多 Google 的服务相集成。例如，用户可以用 Google 身份验证来取代自己的身份验证机制(或者与其他第三方的服务相集成)，以此向用户提供一个简单的单点登录系统。用户还可以直接集成 Google Mail 来向他人发送电子邮件，甚至可以使用 Google 的即时消息(XMPP)系统实时地与他人直接沟通。Google 还提供了一个独特的任务队列(Task Queue)系统，能让用户创建类似 Cron 作业那样的以一定时间间隔执行的任务。

GAE 不同于 EC2，EC2 的目标是为了提供一个分布式的、可伸缩的、高可靠的虚拟机环境。GAE 更专注于提供一个开发简单、部署方便、伸缩快捷的 Web 应用运行和管理平台。GAE 的服务涵盖了 Web 应用整个生命周期的管理，包括开发、测试、部署、运行、版本管理、监控及卸载。GAE 使应用开发者只需要专注核心业务逻辑的实现，而不需要关心物理

资源的分配、应用请求的路由、负载均衡、资源及应用的监控和动态伸缩。

整个 GAE 平台主要由 5 个模块组成。

- 应用服务器。主要用于接收来自外部的 Web 请求。
- Datastore。主要用于对信息进行持久化，并基于 Google 的 BigTable 技术。
- 服务。除了必备的应用服务器和 Datastore 之外，App Engine 还自带很多服务来帮助开发者，比如 Memcache、邮件、网页抓取、任务队列和 XMPP 等。
- 管理界面。主要用于管理应用并监控应用的运行状态，比如消耗了多少资源，发送了多少邮件和应用运行的日志等。
- 本地开发环境。主要是帮助用户在本地开发和调试基于 App Engine 的应用，包括用于安全调试的沙盒、SDK 和 IDE 插件等工具。

GAE 主要面向软件开发者，支持普通的 Web 类应用，主要提供以下功能。

- 支持 Web 应用。
- 提供对常用网络技术的支持，比如 SSL 等。
- 提供持久存储空间，并支持简单的查询和本地事务。
- 能对应用进行自动扩展和负载均衡。
- 提供功能完整的本地开发环境，可以让用户在本机上对基于 GAE 的应用进行调试。
- 支持 E-mail、用户认证和 Memcache 等多种服务。
- 提供能在指定时间触发事件的计划任务和能实现后台处理的任务队列。

GAE 比较易于使用，它的使用流程主要包括以下几个步骤。

- ① 下载 SDK 和 IDE，并在本地搭建开发环境。
- ② 在本地对应用进行开发和调试。
- ③ 使用 App Engine 自带上传工具来将应用部署到平台上。
- ④ 在管理界面启动这个应用。
- ⑤ 利用管理界面来监控整个应用的运行状态和资费。

GAE 主要支撑 Web 应用开发，采用 CGI(Common Gateway Interface, 通用网关接口)作为主要的编程模型。CGI 的编程模型非常简单，就是当收到一个请求时，启动一个进程或者线程来处理这个请求，处理结束后这个进程或者线程将自动关闭，之后会不断地重复这个流程。由于 CGI 这种编程模型在每次处理的时候都要重新启动一个新的进程或者线程，即便有线程池这样的优化技术，其资源消耗也相对较大。但由于架构上的简单性，CGI 还是成为 GAE 首选的编程模型，同时由于 CGI 支持无状态模式，因此在伸缩性方面具有优势。GAE 的两个语言版本都自带 CGI 框架：在 Python 平台为 WSGI，在 Java 平台则为 Servlet。GAE 还引入了计划任务和任务队列这两个特性，它可以支持计划任务和后台进程这两种编程模型。

GAE 在资费上有两个特点：一是免费额度高，现有免费的额度能支撑一个中型网站的运行，而不必支付任何费用；二是资费项目分类细，除了常见的 CPU、网络带宽等项目外，还包括很多应用级别的项目，比如 Datastore API 和邮件 API 的调用次数等。如果用户的应用每天消费的各种资源都低于免费额度，用户无须支付任何费用；当超过免费额度的时候，用户就需要为超过的部分付费。

### 1.2.3 Salesforce 云计算服务简介

Salesforce 是一家 CRM 软件服务提供商。由于近年在高端企业应用中获得成功，其用户市场已经从早先的中小型企业扩大到任何规模的企业。

Salesforce 在 2000 年推出了在线销售自动化解决方案产品 SalesForce Automation，该产品主要面向 CRM 软件服务市场，提出了“软件即服务”的口号。Salesforce 提供按需使用、功能定制的软件服务，用户无须在本地安装软件，也无须在系统维护和管理上投入资金和人力成本，用户的所有记录和数据都储存在 Salesforce.com 网站中。

以 Salesforce Automation 为基础，Salesforce 公司推出了 Sales Cloud 服务，该服务贯穿于企业销售活动的各个阶段。从前期的机会管理到后期的统计分析与市场预测，应用 Sales Cloud 服务能够起到使销售过程加速和流水线化的作用。Sales Cloud 还提供了一套完整的体系架构，使每个企业都能在整个组织范围内体验定制软件服务的优点。

用户通过 Salesforce 门户 login.salesforce.com，经过简单的注册，便可以免费使用 Sales Cloud 30 天试用版本，如果试用满意，则可以使用信用卡购买服务。

进入 Sales Cloud 的界面，除了允许用户自定义整体界面的相关属性(如界面语言、时间、表单是否可折叠、悬停提示信息、内联编辑、拼写检查、增强列表、侧栏样式、日历显示等)外，还允许用户自定义功能面板界面(如允许用户进一步控制各个功能选项卡的名称、组件、按钮、超链接、布局等属性)。

在功能配置方面，Sales Cloud 服务分为多个版本，每一个版本都是一个独立的可销售单元，较高版本的服务总是包含较低版本服务的全部功能。Sales Cloud 企业版包含专业版的全部功能，同时也新增了一些高级的原子功能；同样，Sales Cloud 专业版包含工作组版的全部功能，并增加了营销管理、合同管理、产品管理等原子功能。在具体实现时，Sales Cloud 用产品功能配置数据库记录每个销售包所包含的原子功能，用户登录时系统只要检查与该用户关联的销售包类别即可获得该用户的可用功能列表(只提供用户订购的销售包列表，隐藏该销售包不具备的原子功能)。

在数据配置方面，SaaS(Software as a Service，软件即服务)服务借助预留数据表字段和元数据库表等技术，允许用户自定义数据结构甚至编辑某些数据字段。Salesforce 采用元数据描述字段并将该信息保存到元数据库中。在 Sales Cloud 中，用户可以对应用程序数据字段进行添加、编辑、设置依赖关系等操作。

### 1.2.4 云计算服务

前面讲述了几个云计算应用的用户案例，又对案例涉及的云计算服务进行了简单的介绍，他们即是云计算的买方和卖方。卖方通过互联网向买方交付其所需的计算资源、存储资源、应用软件资源或者多种资源的组合。这些资源都是以服务的方式进行交付，也就是说云计算是买卖的服务。

既然是服务，云计算就不同于以往的“货物”购买，不再是购买服务器、购买网络设备和存储设备、购买系统软件、购买应用软件、定制软件开发。不同于有形的货物买卖，服务是无形的，服务具有生产、传递和消费的同步性。用户体验到的服务质量包括两部分：