

了解飞天平台的第一本书，愿更多的人在飞天平台上梦想成真，愿更多的飞天用户成为云计算的布道者。

阿里巴巴集团CTO 阿里云总裁 王坚



飞天开放平台 编程指南

阿里云计算的实践

周憬宇 李武军 过敏意 编著

013024415

TP393
1276

飞天开放平台 编程指南

阿里云计算的实践

周憬宇 李武军 过敏意 编著



TP393
1276

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry



北航

C1631852

内 容 简 介

飞天开放平台是阿里云计算有限公司 (<http://www.aliyun.com>) 自主研发的云计算平台。飞天开放平台负责管理数据中心 Linux 集群的物理资源, 控制分布式程序运行, 隐藏下层故障恢复和数据冗余等细节。飞天开放平台提供了弹性计算、负载均衡、数据存储, 以及大规模计算等一整套的云计算公共服务, 从而降低了互联网应用创新的技术门槛。本书主要面向云计算的开发者, 不但由浅入深地说明了云计算的相关原理, 而且用很多实例详细讲解了怎样利用飞天开放平台的编程接口来开发各种互联网应用和服务, 让用户便捷地利用数千台服务器来完成以前不能完成甚至不敢想象的任务。这是一本将云计算原理与实践紧密结合的书, 相信对广大云计算的研究者和爱好者也大有裨益。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

飞天开放平台编程指南: 阿里云计算的实践 / 周憬宇, 李武军, 过敏意编著. —北京: 电子工业出版社, 2013.3

ISBN 978-7-121-19699-7

I. ①飞… II. ①周… ②李… ③过… III. ①电子商务—计算机网络 IV. ①F713.36②TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 037700 号

策划编辑: 林瑞和

责任编辑: 王 静

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16

印张: 16 字数: 365 千字

印 次: 2013 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 6000 册 定价: 59.00 元

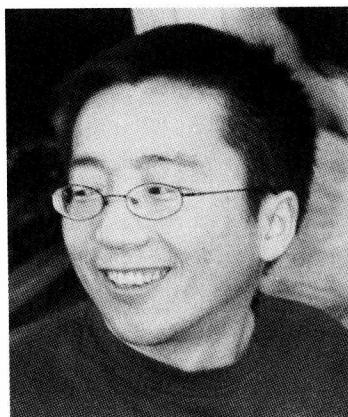
凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

▶▶ 序 言

云计算是近 5 年来全球 IT 领域最热的概念之一。在我看来，其本质就是计算和数据的集中化，是另一次大规模的社会分工。由于大规模互联网技术和基础设施逐渐成熟，我们今天有可能将千千万万的企业和数以十亿计的消费者乃至更大数量的物联网信息终端的计算需求集中起来，让少数规模庞大的计算/信息运营商专门负责，从而大大提高整个计算系统的效率和灵活性，同时也大大提升用户体验，让计算更加透明化。



这与电气化时代随着高压交流电网技术的成熟，居民区和企业不再需要自己发电，发电能力几乎完全集中到大规模电网惊人地相似。其结果是用电只需要按一下按钮、将插头插入墙上的插座，完全不需要考虑电是从哪个发电厂、哪个发电机发出来，又是从哪条线路输配来的。而且在一定程度上，你想用多少电，就可以用多少电。

与电力集中化之后，发电和电网发展出一整套极为精密复杂的技术类似，云计算很可能使计算技术的各个领域发生一次大的变革。我们已经看到 Google 几年前就提出了“数据中心就是计算机”。如果未来主要的设计对象是数万、数十万乃至数百万台服务器或者计算单元，我们的计算、存储和网络硬件，操作系统、数据存储软件、计算系统、编程语言，以及框架、应用软件都应该如何变化和创新？

在系统软件层面，Google MapReduce、Big Table、GFS 以及 Amazon Dynamo 等研究和实践，催生了 Hadoop 和 NoSQL 等云计算的一系列核心技术。而最近 Google 又先后推出 Dremel、Pregel、Megastore 和 Spanner 等新的架构。还有 OpenStack、低功耗定制服务器、OpenFlow、异构计算、众核等，都成为技术热点。

作为技术人员，身处变革时代，随时关注这些技术新趋势是非常必要的。但不能纸上谈兵，必须结合实践，从实践出发。

中国真正开始有影响的云计算实践相对较晚。其中，阿里云无论规模还是布局都是其

中的佼佼者。而且它的技术体系是自行研发的，有自己的特色，一直是业界关注的焦点。此次阿里云的一线开发者们与上海交通大学合作，系统地阐述了阿里云的整个技术架构，介绍了各项云服务的技术细节和应用案例，对国内广大云计算平台的建设和运营者、云计算平台上的应用开发者而言，都是非常珍贵的第一手技术资料。顾名思义，本书的主要读者是基于云服务的应用开发者。

在阅读本书的过程中，我也有一点遗憾，就是书中没有一个大的案例讲述在云计算环境下全新的应用开发的宏观图景，有哪些重要的技术决策点，什么时候该用什么服务，整体架构上又需要注意什么，后期运维和应用的维护又需要注意什么等。但瑕不掩瑜，从本书中还是能很好地了解到一个功能较全（从 IaaS、PaaS 到 SaaS）的实际云计算平台是什么样子的。

云计算虽然是大势所趋，前景光明，但实现的困难也是前所未有的。Google 这么强大，它的 GAE 总体上却说不上成功；Amazon 虽然在国外已经有了云计算霸主的雏形，但大大小小的事故不时见诸报端。中国的云计算之路也不会那么平坦。作为先行者，必须有筚路蓝缕、以启山林的决心和勇气。云计算很可能是有史以来最大的计算工程（这几天恰好看有分析说现在一次 Google 搜索所需的计算量比当年整个 Apollo 登月项目还大），开放和合作是必然选项。愿国内云计算从业者共同努力。



全球最大中文 IT 社区 CSDN 暨权威技术媒体《程序员》总编

▶▶ 前言

光阴似箭。从我们 2007 年开始关注和研究云计算及其密切相关的方向，例如数据密集型可扩展计算、大数据处理等，到现在已有五年的时间了。这五年来，我们在相关研究方向进行了深入的研究，并发表了一系列学术论文。特别是在 2010 年初，由阿里云牵头成功申请了国家科技部“863”高科技攻关重大项目《以支撑电子商务为主的网络操作系统》，我们作为主要成员参与了该项目的申请。从那时起，我们就一直和阿里云保持着深度合作关系，一起研发飞天开放平台（简称“飞天”或者“飞天平台”）。可以说，我们见证了阿里云一路的成长历程。在紧密的产学研合作过程中，我们所在的上海交通大学嵌入式与普适计算中心团队和阿里云实现了双赢。一方面，我们紧跟学术前沿，在相关方向取得了多项研究成果，为飞天平台的相关核心技术提供了建议与参考。另一方面，飞天为我们进行科研实验提供了很好的大数据处理平台。同时，阿里云在研发飞天过程中碰到的实际问题也为我们进行前沿探索提供了很好的科研选题方向。经过对飞天核心技术的了解和飞天平台的使用，我们逐渐体会到飞天技术的先进和带给广大使用者的便利。我们觉得有必要把飞天介绍给广大的科研工作者、开发人员以及高校的教师和学生，让大家一起分享云计算的落地之美。因此，我们决定撰写这本书来全面介绍飞天平台。

本书不但由浅入深地阐述了云计算的相关原理，而且用很多实例详细讲解了怎样利用飞天平台的编程接口来开发各种互联网应用和服务，让用户便捷地利用数千台服务器来完成以前不能完成甚至不敢想象的任务。本书具体内容涵盖了云计算的概念、云计算体系结构、分布式处理、虚拟化与弹性计算、云存储、海量结构化数据处理、海量数据分析与挖掘、云计算编程模型、移动终端开发等。本书适合广大云计算的研究者和开发者。

本书的三位作者根据自己的研究方向进行了分工：过敏意负责第 1 章和第 2 章的撰写；周憬宇负责第 3、第 4、第 5、第 8 章的撰写；李武军负责第 6 章、第 7 章和附录 D 的撰写。

由于整个飞天平台是阿里云上千名研究人员与工程师耗时三年多完成的研发成果，我们虽然从一开始就跟阿里云奋斗在一起，也很难把握整个平台的所有细节。所幸的是，阿里云为我们提供了全方位的帮助和支持，最终使得我们能够顺利完成本书。在本书的撰写

过程中，阿里云授权我们使用飞天所有的文档资料。同时，阿里云的很多员工也为我们撰写或者修改了部分章节。参加撰写和修改的阿里云员工有：蔡华、蔡艳明、陈波、韩定一、何云飞、刘湘雯、吕霜融、倪浩、仇应俊、伞兴、孙冰、谈慧杰、唐洪、汤子楠、王乐珩、王立、王明建、吴锦波、徐常亮、薛贵荣、颜薇佳、杨少华、张盛广、张云远、张卓、周光辉。其他为本书提供支持的阿里云员工有：陈金培、李静怡、刘飞、罗曼、王敏、应叶琦、余碧华、张东晖、张敬、周琦、周晓静等。另外，作者的研究生刘坤林、刘志权、钱龙、邱爽等参与了该书的校对工作。没有他们的帮助，我们不可能完成该书的写作，在此对他们表示衷心的感谢！

感谢阿里云总裁王坚博士在我们写作过程中提供的指导和鼓励，也感谢《程序员杂志》主编刘江博士在百忙之中抽出时间给我们作序。

上海交通大学
周憬宇 李武军 过敏意
2012 年 11 月 18 日于西子湖畔

▶▶ 目 录

第 1 章 绪论 1

1.1 云计算的背景.....	1
1.1.1 云计算的概念.....	1
1.1.2 云计算的类型.....	3
1.1.3 业界主要的云计算提供商	4
1.2 阿里云的定位.....	5
1.3 云生态系统.....	6
1.4 内容总览.....	7

第 2 章 飞天开放平台总览 8

2.1 飞天平台体系架构.....	8
2.2 飞天平台内核.....	9
2.2.1 分布式系统底层服务	9
2.2.2 分布式文件系统（盘古）	11
2.2.3 资源管理和任务调度（伏羲）	13
2.2.4 集群监控和部署.....	14
2.3 飞天开放服务.....	16
2.3.1 弹性计算服务（ECS）	16
2.3.2 开放存储服务（OSS）	17
2.3.3 开放结构化数据服务（OTS）	17
2.3.4 关系型数据库服务（RDS）	18
2.3.5 开放数据处理服务（ODPS）	18
2.3.6 云服务引擎（ACE）	19

第 3 章 弹性计算服务 ECS	20
3.1 术语及概念	21
3.2 云服务器使用流程	22
3.2.1 购买并创建云服务器	23
3.2.2 启动、停止和重启云服务器	23
3.2.3 重置云服务器	24
3.2.4 修改云服务器密码	24
3.2.5 远程登录云服务器	24
3.2.6 数据盘分区、格式化和挂载	26
3.3 利用 API 管理 ECS	28
3.3.1 公共参数和返回结果	28
3.3.2 云服务器控制	30
3.3.3 镜像和快照	36
3.3.4 安全组	39
3.4 负载均衡 (SLB)	41
3.5 云盾	42
3.6 云监控	43
3.7 自动故障恢复	43
3.8 应用架构修改	44
3.9 应用案例	44
第 4 章 开放存储服务 OSS	46
4.1 术语及概念	46
4.1.1 Object	46
4.1.2 Bucket	47
4.1.3 访问控制	47
4.1.4 外链规则	48
4.1.5 Access ID 和 Access Key	48
4.1.6 使用 OSS	49
4.2 RESTful API	50
4.2.1 Service 操作	50
4.2.2 Bucket 操作	50
4.2.3 Object 操作	52
4.2.4 分块上传 (Multipart Upload) 操作	56

4.3	Python SDK 的使用	59
4.3.1	Bucket 操作	60
4.3.2	Object 操作	68
4.3.3	分块上传 (Multipart Upload) 操作	76
4.3.4	签名 URL	80
4.4	应用案例	81

第 5 章 开放结构化数据服务 OTS 82

5.1	术语及概念	83
5.1.1	表	83
5.1.2	视图	84
5.1.3	表组	85
5.1.4	命名和限额	86
5.1.5	事务	86
5.1.6	访问权限控制	86
5.2	RESTful API	87
5.2.1	表操作	87
5.2.2	插入和修改操作	88
5.2.3	查询操作	88
5.2.4	事务操作	88
5.3	Python SDK 的使用	89
5.3.1	表操作	91
5.3.2	插入和修改操作	96
5.3.3	查询数据	101
5.3.4	事务操作	104
5.4	应用案例	106

第 6 章 关系型数据库服务 RDS 107

6.1	术语及概念	108
6.2	自动故障恢复	109
6.3	分布式 RDS	110
6.4	利用客户端软件进行数据库管理	110
6.4.1	实例管理	111
6.4.2	数据库管理	112
6.4.3	连接数据库	112

6.4.4	表管理	113
6.4.5	备份恢复	114
6.4.6	数据迁移	114
6.4.7	性能分析	115
6.5	利用 API 进行数据库管理	115
6.5.1	公共参数和返回结果	116
6.5.2	API 接口的使用	117
6.6	应用案例	127
第 7 章 开放数据处理服务 ODPS		128
7.1	术语及概念	128
7.2	应用开发框架	130
7.2.1	体系架构	130
7.2.2	应用开发模式	131
7.3	ODPS SQL 开发	132
7.3.1	应用示例描述	133
7.3.2	数据导入	134
7.3.3	基本功能	135
7.3.4	高级功能	136
7.4	ODPS MapReduce 开发	140
7.4.1	入门实例	140
7.4.2	开发实战	155
7.5	应用案例	172
第 8 章 典型应用案例解析		173
8.1	传统互联网应用	173
8.1.1	中国网络电视台体育台	173
8.1.2	御泥坊	175
8.1.3	够快	175
8.2	移动互联网应用	176
8.2.1	DeNA	176
8.2.2	壹人壹本	176
8.2.3	金立	177
8.3	企业级 SaaS 应用	177
8.3.1	用友畅捷通	177

8.3.2 商派.....	178
8.4 新型互联网应用和服务.....	179
8.4.1 阿里云搜索.....	179
8.4.2 阿里金融.....	180
附录 A 飞天开放服务开通流程.....	181
附录 B RESTful API 和身份验证.....	184
B.1 RESTful API.....	184
B.2 ECS 身份认证.....	185
B.3 OSS 身份认证.....	186
B.3.1 在 Header 中包含签名.....	186
B.3.2 在 URL 中包含签名.....	188
B.4 OTS 身份认证.....	189
B.4.1 OTS 请求的签名.....	189
B.4.2 OTS 响应的签名.....	190
B.5 RDS 身份认证.....	191
附录 C 用 OSS 构建同步备份网盘.....	193
C.1 网盘功能、设计与使用.....	193
C.1.1 网盘功能：自动备份和同步多个设备.....	193
C.1.2 网盘设计.....	193
C.1.3 网盘安装和使用.....	194
C.2 源代码.....	195
C.2.1 netdisk.py.....	196
C.2.2 fs/filesystem.py.....	198
C.2.3 fs/hddfs.py.....	201
C.2.4 fs/ossfs.py.....	204
C.2.5 fs/couldnotconnectserverexception.py.....	207
C.2.6 eventhandlers/netdiskeventhandler.py.....	207
附录 D 云应用引擎 CAE 编程.....	211
D.1 云应用开发入门.....	212
D.1.1 快速创建一个云应用.....	212
D.1.2 云应用文件结构.....	215

D.1.3	页面生命周期	215
D.1.4	新建页面	216
D.1.5	页面之间相互跳转	217
D.1.6	引入第三方类库	218
D.1.7	调用云端接口	219
D.1.8	调用 CloudAPI	222
D.1.9	监听云应用的挂起和唤醒	223
D.1.10	请求和操作 XML	224
D.1.11	在线调试	225
D.2	用户界面开发	227
D.2.1	滚动条	227
D.2.2	提示框	228
D.2.3	jQTouch	229
D.2.4	Sencha Touch	230
D.3	云应用开发实例	232
D.3.1	花名册程序	232
D.3.2	地图程序	237
D.4	设计指南与注意事项	239
D.4.1	云应用设计指南	239
D.4.2	设计中的注意事项	240
D.4.3	云应用审核指南	240

第 1 章

绪 论

阿里云计算有限公司（简称“阿里云”）成立于 2009 年 9 月 10 日，致力于打造云计算的基础服务平台，注重为中小企业提供大规模、低成本、高可靠的云计算应用及服务。飞天开放平台（简称“飞天平台”或者“飞天”）¹是由阿里云自主研发完成的公共云计算平台，该平台所提供的服务于 2011 年 7 月 28 日在 <http://www.aliyun.com> 正式上线，推出了第一个云服务——弹性计算服务。截至本书出版时，阿里云已经推出了包括弹性计算服务、开放存储服务、关系型数据库服务、开放结构化数据服务在内的一系列服务和产品。

本章首先介绍云计算的背景，包括云计算的概念、类型，以及业界已有的一些云计算产品，然后介绍阿里云的定位，最后介绍围绕着飞天的整个云生态系统。

1.1 云计算的背景

1.1.1 云计算的概念

云计算（Cloud Computing）^[18]已经成为当今信息技术领域中最重要的新概念，被称为继大型计算机、个人计算机、互联网之后的第 4 次 IT 产业革命，正在成为未来互联网和移动互联网结合的一种新兴的计算模式。云计算代表着计算和数据资源日益迁移到互联网上去的一个趋势，提供了新的 IT 基础设施和平台服务，顺应了当前全球范围内整合计算资源和服务能力的需求，满足了高速处理海量数据的需求，为高效、可扩展和易用的软件开发和使用提供了支持和保障。它的核心价值在于提供了新的应用开发和运营模式，是下一代互联网、物联网和移动互联网的基础，全球信息领域的主要厂商都在围绕云计算重新布局。

云计算通过资源的虚拟化（Virtualization）实现了有弹性可扩展（Elastic Scalability）

1 飞天的命名来源于中国古代的《飞天》神话故事，其中飞天内核中的模块都用神的名字来命名，例如女娲、夸父、盘古、伏羲等，详见第 2 章。

的服务。云计算的服务商通过对软硬件资源的虚拟化，将基础资源变成了可以自由调度的“池子”，这意味着客户能够使用的资源是“取之不尽，用之不竭”的，从而实现资源的按需配给，并做到向客户提供按使用付费的服务。客户可以根据业务的需要动态调整所需的资源，而云服务商也可以提高自己的资源使用效率，降低服务成本，通过多种不同类型的服务方式为用户提供计算、存储和数据业务的支持。

与传统的计算模式相比，云计算主要具有以下特点。

- ▶ **大规模**：云计算服务通常由运行在多个数据中心的集群系统提供，每个数据中心的节点数量可以达到上万台。这样，云计算能够为各种不同的应用提供海量的计算和存储资源。
- ▶ **低成本**：云计算通过资源虚拟化的方式为用户提供可伸缩的资源，支持各种不同类型的应用同时在系统中运行，并利用各种应用对资源的需求可能随时间而变化的特点，以不同应用间“削峰填谷”的方式，提高整体的资源利用率，从而对外提供低成本的云服务。对于用户来说，使用云计算可以做到按实际使用资源的数量付费，大大降低了在硬件上的投入。
- ▶ **高可靠**：云计算的存储服务保证用户的数据在存储时有多个备份，任意一台物理机器的损坏都不会造成用户数据的丢失。多数据中心的设计保证了地震、海啸、火灾等灾难不会对用户的数据存储和访问产生影响。用户可以通过自己的计算机、笔记本、平板电脑或者移动终端等设备在任意时间和任意地点访问自己存储在云端的数据。
- ▶ **服务运营**：云计算以服务的方式为用户提供多种类型的资源，用户通常按照具体使用资源的数量进行付费。

以互联网托管为例，在使用云计算技术之前，互联网数据中心一般采用服务器和虚拟主机等方式对网站提供服务，每个网站租用的网络带宽、处理能力和存储空间都是固定的。为了保证服务质量，网站一般会按照峰值要求来配置服务器和网络资源，造成服务器的利用率通常仅为 10%~15%，磁盘系统的利用率也仅仅在 40%左右，许多物理服务器的购买实际上是不必要的。

云计算根据每个租户的需要在一个超大的资源池中动态分配和释放资源，从而不需要为每个租用者预留峰值资源。由于云计算平台规模大、租户数量众多、支撑的应用种类多样，比较容易做到平稳的整体负载，因而云计算资源利用率可以达到 80%左右，是传统模式的 5~7 倍。这样，在使用同样的硬件资源时，云计算能够为更多的用户服务，减少了硬件、机房和电力的投入，降低了运营成本。

云计算的产生和发展有着深刻的时代烙印。目前，云计算和互联网应用正日益结合，不断推动互联网应用和云计算本身的发展。一方面，大规模互联网的应用，如搜索、社会网络等，使得服务提供商拥有了大型数据中心来支撑自身业务的发展。这些服务商如亚马逊（Amazon）、脸谱网（Facebook）、谷歌（Google）、微软（Microsoft）等，都计划或已

经在自己庞大的基础设施（指数据中心中建立的大规模集群系统、宽带资源和托管服务等）上面提供更多的服务。这一趋势使得用户可以采取租用的服务方式完成自身业务，避免了自建机房和维护系统，使得云服务成为可能，从而推动了互联网应用的进一步发展。另一方面，各种互联网应用的不断出现和发展，使得用户越来越多地将数据（例如，图片、视频、微博等个人数据）存储到互联网上。与此同时，智能手机和平板电脑等移动终端在近年来不仅提供了随时随地接入互联网的能力，还可以运行各种互联网应用，使得用户可以方便地通过这些轻量级的设备访问存储在互联网上的数据。这样，大量的数据存储和计算功能都需要通过网络来实现，进一步推动了云计算的发展。

近年来，越来越多的移动用户通过移动互联网来使用各式各样的应用，例如，微博、图片共享等社会网络应用，以及定位和导航等生活类应用。类似苹果的应用商店（AppStore）模式使得大量的中小企业和个人开发者加入到各种不同应用的开发中来。云计算为互联网应用提供了方便低廉的存储、计算和网络接入的能力，从而使得这些开发者可以开发出更加丰富的互联网应用。

1.1.2 云计算的类型

关于云计算，业界通常按照提供的服务类型将其划分为以下三个层次。

► **基础设施即服务（Infrastructure-as-a-Service, IaaS）**为用户提供了所有的基础设施，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包括操作系统和应用程序在内的任意软件。这样，用户可以控制自己的软件环境，但是又不用维护任何硬件设备。

IaaS 提供商通过虚拟化的技术允许用户运行任意软件系统，把物理驱动器等硬件设备与用户运行的虚拟机分离开，为用户提供灵活、可定制的计算和存储资源。亚马逊弹性计算云（Amazon Elastic Compute Cloud, EC2）是提供 IaaS 的例子。

► **平台即服务（Platform-as-a-Service, PaaS）**是云平台为应用程序提供云端运行的服务，一般由云服务提供应用程序所需的编程接口（API）和各种工具，客户使用这些 API 和工具开发自己的应用程序，然后放在云服务上运行，例如 Google 的 AppEngine¹和微软的 Windows Azure²。

传统的互联网应用在软件开发完成以后，还需要购买或租赁服务器、部署运行环境、寻找托管环境、维护服务器和应用、监控服务器和应用的安全、均衡用户负载、解决性能瓶颈和服务器扩展等诸多烦琐复杂的工作。PaaS 能够解决这些繁复的后续工作，真正减轻开发者的负担，使得开发者可以关注于应用软件的开发。同时，利用云计算提供的按需付费的方式，减少开发者在初期投入的成本。

1 <https://appengine.google.com>

2 <http://www.windowsazure.com>

- **软件即服务（Software-as-a-Service, SaaS）**是应用软件的一种销售、服务和使用的方式，客户按使用时间或使用量付费，而不再购买软件的所有权。SaaS 通常从云端通过互联网提供软件应用程序到用户浏览器，作为基于 Web 的应用程序运行。例如 Google 很受欢迎的 Gmail 邮箱服务从云中提供一个电子邮件的应用，供用户在浏览器上使用。这样，用户的 IT 部门就不用搭建、托管、运行自己的电子邮件服务器，而是交由 Google 负责运行维护，避免了在服务器和软件上的前期投入。对于应用开发商来说，可以为大量用户提供同一版本的应用程序。Salesforce 公司提供的在线客户关系管理 CRM（Customer Relationship Management）服务也是 SaaS 的一个典型例子。

在以上三个层次中，IaaS 降低了服务器、计算和存储资源的获取门槛，PaaS 降低了开发者部署和维护应用的门槛，SaaS 则降低了用户使用软件的门槛。IaaS 改变了传统的计算和存储能力的提供模式，PaaS 和 SaaS 颠覆了传统的软件开发、使用和提供的模式，它们改变了人们获得 IT 资源的方式，将对未来 IT 产业的格局产生重大影响。

需要指出的是，以上三个层次的划分主要是概念上的区别，具体的云服务可能同时具有两个层次的特点。另外，在实际生活中，来自不同服务商的不同层次的服务不一定能够自由组合。本书介绍的阿里云的飞天平台按照上述这种划分方式，大致属于 IaaS 和 PaaS 层。

1.1.3 业界主要的云计算提供商

目前业界主要的云计算提供商包括亚马逊、谷歌和微软等。

（1）亚马逊（Amazon）

亚马逊公司的典型云服务产品包括 EC2、Elastic Load Balancing、Simple Storage Service (S3)和 Elastic Block Store (EBS)。

Amazon EC2¹是一个 IaaS 平台，它允许用户请求具有各种资源（CPU、磁盘、内存等）的虚拟主机，并按照使用的时间付费，其他事情全部交给 Amazon 处理。EC2 虚拟主机的映像（Amazon Machine Image, AMI）基于 Linux，可以运行任意应用程序和软件。用户在 Amazon 租借主机之后，可以像对待物理主机一样使用 EC2 虚拟主机。例如，可以用 SSH 工具登录并维护主机。

Elastic Load Balancing²为多个 EC2 虚拟主机提供应用层的负载均衡服务，使得每个虚拟主机收到的用户请求数量保持平均。Elastic Load Balancing 还可以检测虚拟机资源池中不健康的实例，避免将用户请求发送给它们。

Amazon S3³提供了海量数据存储和访问的服务。用户可以在任意时间通过 RESTful

1 <http://aws.amazon.com/ec2>

2 <http://aws.amazon.com/elasticloadbalancing>

3 <http://aws.amazon.com/s3>