

第二篇 云计算技术及架构

云计算技术及架构

第 2 章 云计算架构及关键技术

2.1 云计算体系结构

云计算是分布式计算 (Distributed Computing)、并行计算 (Parallel Computing) 和网格计算 (Grid Computing) 的发展, 也可以说是计算机科学概念的商业实现。

云计算的基本原理是通过将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更与互联网相似, 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。可以说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。不同之处在于, 它是通过互联网进行传输的。

或许在未来, 只需要一台笔记本或一个智能手机, 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, 从这个角度而言, 最终用户才是云计算的真正拥有者。云计算的应用包含这样一种思想, 把力量联合起来, 给其中每一个成员使用。

云计算系统运用了许多技术, 其中以并行编程模型、数据管理技术、数据存储技术、虚拟化技术、云计算平台管理技术最为关键。本章论述云计算的体系及这些关键技术, 以便我们系统地认识、掌握云计算体系。

2.1.1 云计算体系结构简介

云计算的体系结构由 5 大部分组成, 分别为应用层、平台层、资源层、用户访问层和管理层。云计算的本质是通过网络提供服务, 所以其体系结构以服务为核心, 如图 2.1 所示。

但有时候云计算可以根据用户不同的要求，按需提供弹性资源，或者是根据企业运营模式和研发体系的不同，它的表现形式也会发生一系列服务的变化。结合当前云计算的应用与研究，其体系架构可分为核心服务、服务管理、用户访问接口 3 层，如图 2.2 所示，核心服务层将硬件基础设施、软件运行环境、应用程序抽象成服务，这些服务具有可靠性强、可用性高、规模可伸缩等特点，满足多样化的应用需求。服务管理层为核心服务提供支持，进一步确保核心服务的可靠性、可用性与安全性。

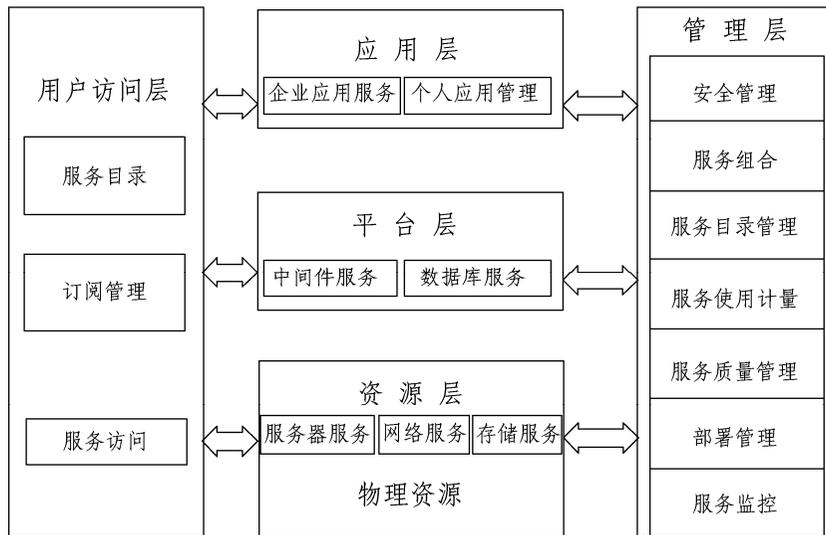


图 2.1 云计算体系架构 1

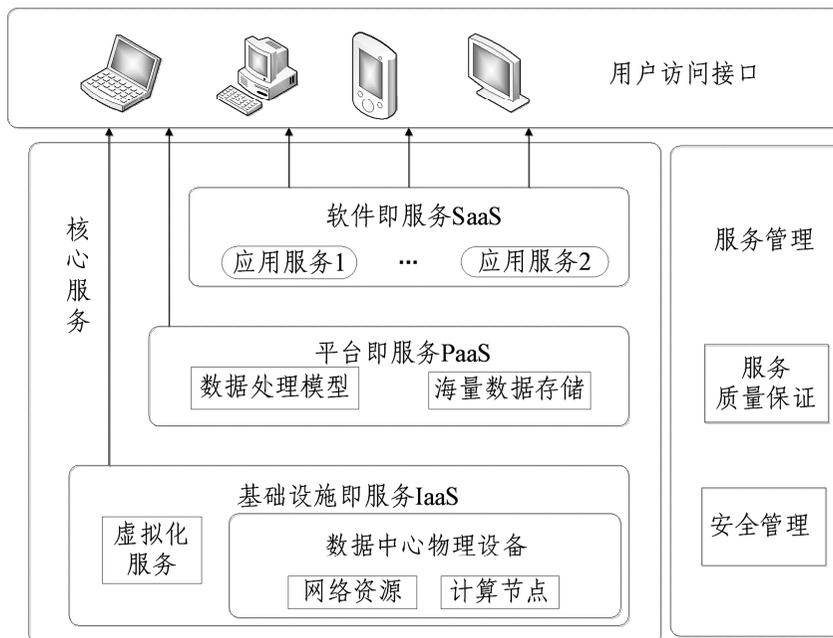


图 2.2 云计算体系架构 2

总的来说不论体系的粗略细分，它们的本质核心都是为了实现电子服务的及时性，准确并且承载量足够大的特点。下面我们将介绍几种国外比较成熟的云计算体系结构。

1. GOOGLE: GFS

众所周知，目前 Google（谷歌）拥有全球最强大的搜索引擎。Google 还拥有 Google Maps、Google Earth、Gmail 等业务。这些应用系统的统一特点：数据量巨大，并且面向全球用户提供及时服务。而 Google 在解决海量的数据存储和即时处理时，研发了简单而又高效的技术，命名为 Google 云计算。其中包括 Google 文件系统 GFS、分布式计算编程模型 MapReduce、分布式锁服务 Chubby、分布式结构化数据表 Bigtable、分布式存储系统 Megastore 以及分布式监控系统 Dapper 等。

下面介绍 Google 文件系统 GFS 的系统构架。GFS 将整个系统的节点分为三类角色：CLIENT（客户端）、MASTER（主服务器）、CHUNK SERVER（数据块服务器）。客户端在访问 GFS 时，首先访问的是 MASTER 的节点，获取与之进行交互的 CHUNK SERVER 信息后，直接访问这些 CHUNK SERVER，完成数据存取工作。GFS 的这种方法实现了控制流和数据流的分离。CLIENT 和 MASTER 之间只有控制流，不存在输出流，极大地降低了 MASTER 的负载。CLIENT 与 CHUNK SERVER 之间直接传输数据流，同时由于文件被分为多个 CHUNK 进行分布式存储，CLIENT 可以同时访问多个 CHUNK SERVER，从而使得整个系统的 I/O 高度并行，系统整体性能得到提高，如图 2.3 所示。

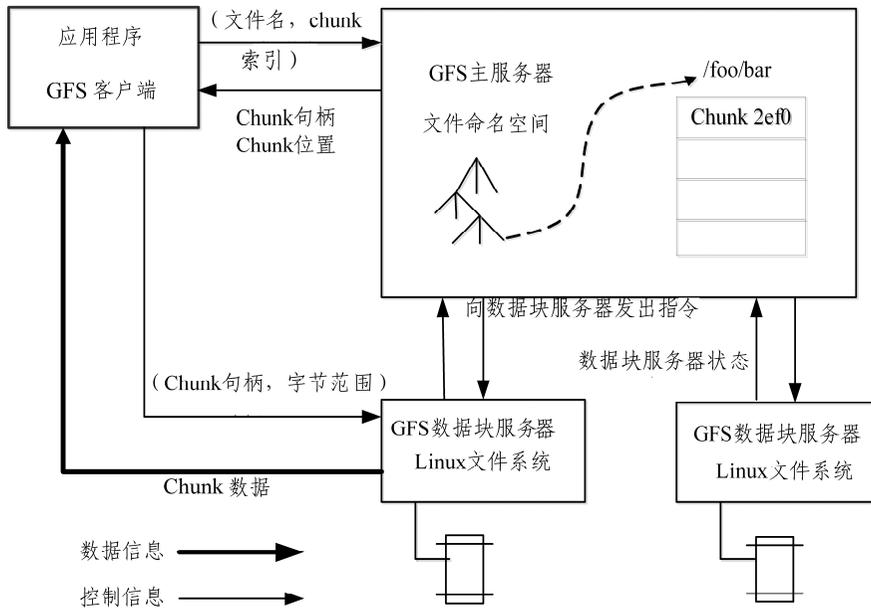


图 2.3 GFS 系统构架

2. GOOGLE APP ENGINE

Google 公司不断发展推出新产品，同时打造了一个平台来集成自己的服务并供开发者使用，这就是 GOOGLE APP ENGINE 平台。简单地说，它是一个有 PYTHON 应用服务器群、BIGTABLE 数据库以及 GFS 数据存储服务组成的平台，它可以为开发者提供一体化，可自动升级在线应用服务。

GOOGLE APP ENGINE 的构架可以分为四部分：前段和静态文件负责将请求转发给应用服务器并进行负载均衡和静态文件的传输；应用服务器则能同时运行多个应用的运行时 (RUNTIME)；服务器群则提供了一些服务，主要有 MEMCACHE、IMAGE、URLFETCH、EMAIL 和 DATA STORE 等。当然它还有一个应用管理节点，主要负责应用的启停和计费。GOOGLE APP ENGINE 结构图如图 2.4 所示。

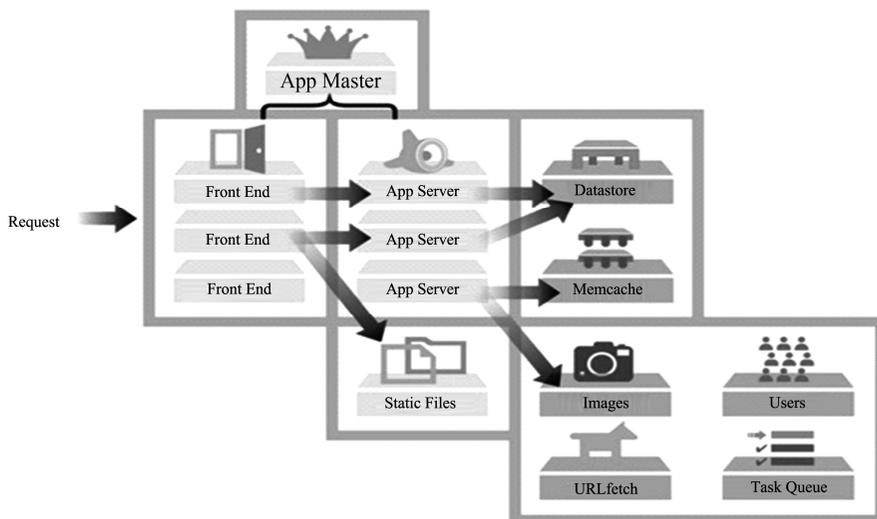


图 2.4 GOOGLE APP ENGINE

3. AMAZON COMPUTE CLOUD EC2

AMAZON 依靠电子商务逐步发展起来，凭借在电子领域积累的大量基础性设施，先进的分布式计算技术和巨大的用户群体，在云计算、云存储的领域里处于领先地位。其中 AMAZON COMPUTE CLOUD EC2（弹性计算云 EC2）是 Amazon 云计算环境的基本平台。下面我们简单地介绍一下 EC2。

- 灵活性：EC2 允许用户对运行的实例类型、数量自行配置，还可以选择实例运行的地理位置，可以根据用户的需求随时改变实例的使用数量。
- 低成本：EC2 使得企业不必为暂时的业务增长而购买额外的服务器，它是按小时收费，价格合理。
- 安全性：它向用户提供了一整套的安全措施，包括基于密钥对机制的 SSH 方式访问，可配置的防火墙，允许用户对它的应用程序进行监控。
- 易用性：用户可根据 AMAZON 提供的模块自由构建自己的应用程序，同时 EC2 还

会对用户的服务请求进行负载均衡。

❑ 容错性：利用系统提供的 IP 之类的机制，在发生故障时 EC2 能最大程度的保证用户服务仍能在稳定的水平。

1) Amazon 机器映像 (AMI)

AMI (Amazon Machine Image) 是 Amazon 的机器映像。它是一个可以将用户的应用程序、配置等一起打包的加密机器映像。AMI 是用户云计算平台运行的基础，所以使用时，我们首先创建自己的 AMI，这和使用 PC 首先安装操作系统的道理一样。

AMI 的种类：

- ❑ 公共 AMI：由 Amazon 提供，可以免费使用。
- ❑ 私有 AMI：用户本人和其授权的用户可以进入。
- ❑ 付费 AMI：向开发者付费购买的 AMI。
- ❑ 共享 AMI：开发者之间相互共享的一些 AMI。

2) 实例 (instance)

用户创建好 AMI，实际运行的系统称为一个实例。它和我们平时使用的主机一样。EC2 服务的技术能力是由实例提供的。按照 Amazon 目前的规定，每个用户最多可以拥有 20 个实例。每个实例自身携带一个存储模块 (Instance Store)，临时存放用户数据。当用户实例重启时，它其中的内容还会存在，但如果出现故障或者实例被终止，存储在其中的数据将全部消失。因此，Amazon 将重要的数据保存在 EBS 中。

4. 其他开源云计算软件

1) Cassandra

Cassandra 是一套高度可扩展、最终一致、分布式的结构化键值存储系统。它结合了 Dynamo 的分布技术和 GOOGLE 的 BIGTABLE 数据模型，更好地满足了海量数据存储的需求，解决了应用与关系数据库模型之间存在的非依赖关系，Cassandra 由垂直扩展变更为水平扩展，相比其他典型的键值数据存储模型，Cassandra 提供了更为丰富的功能。

Cassandra 最初由 Avinash Lakshman 和 Prashant Malik facebook 设计开发，2008 年将它贡献给开源社区。

Cassandra 的突出特点：

□ 模式灵活：使用 Cassandra 就像文档存储，可以在系统运行时随意添加或者移除字段，而不必提前去记录其中的字段，特别是在大型部署上将极大地提高效率。

□ 真正的可扩展性：Cassandra 是纯粹意义上的水平扩展。为给集群体添加更多容量，可以动态添加节点而不必重启任何进程，改变应用查询或手动迁移任何数据。

□ 多数据中心识别：通过调整节点的布局避免某一个数据中心出现故障，一个备用的数据中心将至少有每条记录的完整复制。

□ 范围查询：可以设置键的范围来进行键值查询。

□ 分布式写操作：可以在任何地方，任何时间读或写任何数据，并且不会有任何单点失败。

2) Hive

Hive 主要起源于 FACEBOOK，是一个基于 Hadoop 的数据仓库工具。同时也是 Hadoop 的一个主要子目录。可以进行数据的提取、转换和加载，同时可以实现对 Hadoop 中大规模

数据的存储、查询和分析。Hive 定义了一种简单的类似 SQL 语言——HiveQL。HiveQL 使熟悉 SQL 的用户可以很方便地在 Hadoop 中查询数据。同时 Hive 还有很多灵活性，没有将用户限制在一个框架中，主要表现在当 Hive 内建 MAPPER 和 REDUCER 不能满足用户的需求时，用户可以通过 MAP/REDUCE 将自己开发的 MAPPER 和 REDUCER 加入 Hive，以满足用户的需求。

其他开源云计算软件还有 VOLTDB，ENOMALY ECP，NIMBUS，SECTOR AND SPHERE 等很多，每个都有自己的特点与优势。用户可以根据自己的不同需求选择软件或者是系统。

2.1.2 云计算体系结构模型

前面 2.1.1 小节中我们给出了两种云计算体系结构，此处我们给出第三种云计算架构，其结合了云计算的三种服务：基础实施即服务 IaaS、平台即服务 PasS、软件即服务 SaaS，如图 2.5 所示。

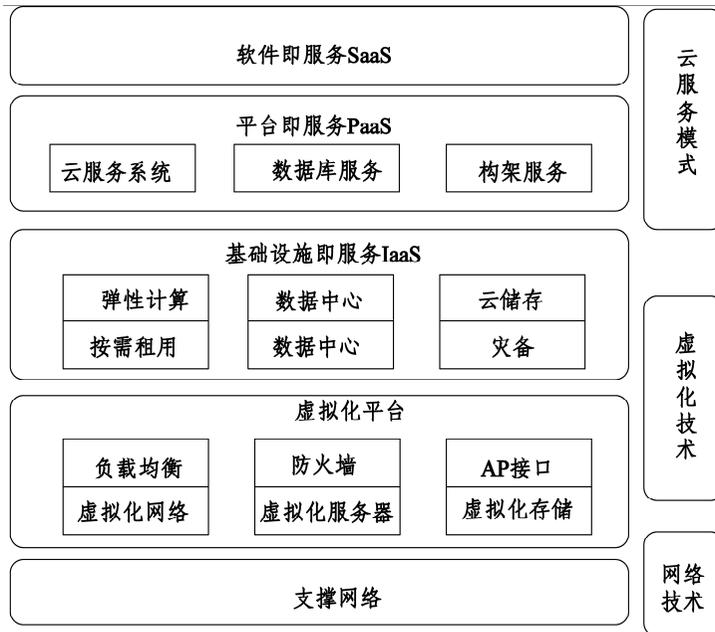


图 2.5 云计算体系构架 3

2.1.3 云计算三层服务架构 (见图 2.6)

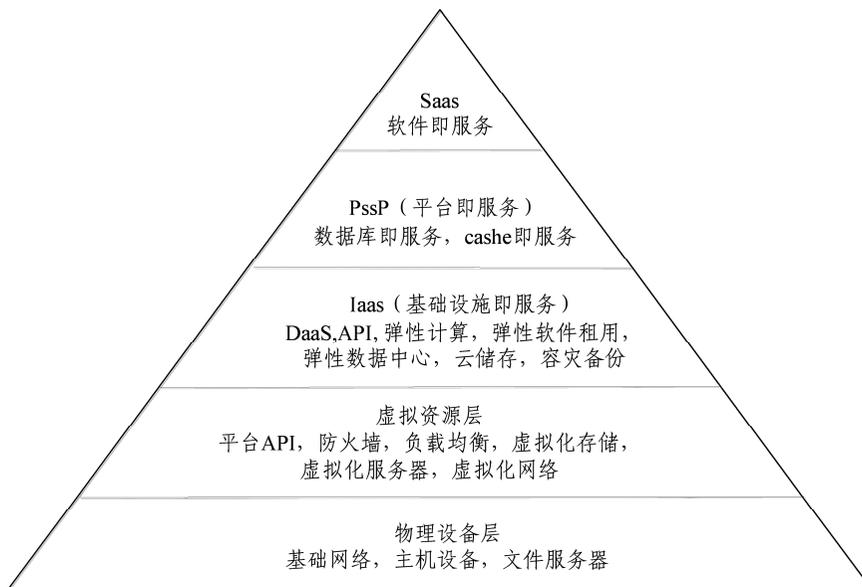


图 2.6 云计算服务架构

早在 2007 年，云计算的概念就由 Google 和 IBM 提出了。发展到现在，出现更为细致的

分别。狭义的云计算是指 IT 基础设施的付费和使用模式，用户通过网络按需、易扩展的方式获得资源；然而广义的云计算则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。

根据现在最常用，也是比较权威的 NIST (National Institute of Standards and Technology , 美国国家标准技术研究院) 定义，云计算主要分为三种服务模式，而且这三层的分法主要是从用户体验的角度出发的：

❑ Software as a Service 软件即服务，简称 SaaS，这层的作用是将应用作为服务提供给客户。

❑ Platform as a Service 平台即服务，简称 PaaS，这层的作用是将一个开发平台作为服务提供给用户。

❑ Infrastructure as a Service 基础设施即服务，简称 IaaS，这层的作用是提供虚拟机或者其他资源作为服务提供给用户。

1. SaaS 模式

作用：通过 SaaS 这种模式，用户只要接上网络，并通过浏览器，就能直接使用在云端上运行的应用，而不需要顾虑类似安装等琐事，并且免去初期高昂的软硬件投入。SaaS 主要面对的是普通的用户。

产品：Salesforce Sales Cloud，Google Apps，Zimbra，Zoho 和 IBM Lotus Live 等。

功能：SaaS 的功能，也可以认为是要实现 SaaS 服务，供应商需要完成的功能主要有四个方面：

□ 随时随地访问：在任何时候、任何地点，只要接上网络，用户就能访问这个 SaaS 服务。

□ 支持公开协议：通过支持公开协议（比如 HTML4/5），能够方便用户使用。

□ 安全保障：SaaS 供应商需要提供一定的安全机制，不仅要使存储在云端的用户数据处于绝对安全的境地，而且也要在客户端实施一定的安全机制（比如 HTTPS）来保护用户。

□ 多住户（Multi-Tenant）机制：通过多住户机制，不仅能更经济地支撑庞大的用户规模，而且能提供一定的可定制性以满足用户的特殊需求。

2. PaaS 模式

作用：PaaS 这种模式，用户可以在一个包括 SDK、文档和测试环境等在内的开发平台上非常方便地编写应用，而且不论是在部署，或者在运行的时候，用户都无需为服务器、操作系统、网络和存储等资源的管理操心，这些烦琐的工作都由 PaaS 供应商负责处理，而且 PaaS 在整合率上面非常惊人，比如一台运行 Google App Engine 的服务器能够支撑成千上万的应用，也就是说，PaaS 是非常经济的。PaaS 的用户主要是开发人员。

产品：Google App Engine，force.com，heroku 和 Windows Azure Platform 等。

功能：为了支撑着整个 PaaS 平台的运行，供应商主要提供有四大功能：

□ 友好的开发环境：通过提供 SDK 和 IDE 等工具让用户能在本地方便地进行应用的开发和测试。

□ 丰富的服务：PaaS 平台会以 API 的形式将各种各样的服务提供给上层的应用。

□ 自动的资源调度：也就是可伸缩这个特性，它将不仅能优化系统资源，而且能自动

调整资源来帮助运行于其上的应用更好地应对突发流量。

□ 精细的管理和监控：通过 PaaS 能够提供应用层的管理和监控，比如，能够观察应用运行的情况和具体数值（吞吐量和反映时间）来更好地衡量应用的运行状态，还有能够通过精确计量应用使用所消耗的资源来更好地计费。

3. IaaS 模式

作用：通过 IaaS 这种模式，用户可以从供应商那里获得他所需要的虚拟机或者存储等资源来装载相关的应用，同时这些基础设施的烦琐管理工作将由 IaaS 供应商来处理。IaaS 能通过它上面的虚拟机支持众多的应用。IaaS 的用户主要是系统管理员。

产品：Amazon EC2，Linode，Joyent，Rackspace，IBM Blue Cloud 和 Cisco UCS 等。

功能：IaaS 供应商对基础设施进行管理以给用户七个基本功能：

□ 资源抽象：使用资源抽象的方法（如资源池）能更好地调度和管理物理资源。

□ 资源监控：通过对资源的监控，能够保证基础实施高效率的运行。

□ 负载管理：通过负载管理，不仅能使部署在基础设施上的应用更好地应对突发情况，而且能更好地利用系统资源。

□ 数据管理：对云计算而言，数据的完整性、可靠性和可管理性是对 IaaS 的基本要求。

□ 资源部署：也就是将整个资源从创建到使用的流程自动化。

□ 安全管理：IaaS 的安全管理的主要目标是保证基础设施和其提供的资源能被合法地访问和使用。

□ 计费管理：通过细致的计费管理能使用户更灵活地使用资源。

4. 三种模式之间的关系

它们之间的关系主要可以从两个角度进行分析：

(1) 用户体验角度，它们之间的关系是独立的，因为它们面对不同类型的用户。

(2) 技术角度，它们并不是简单的继承关系（SaaS 基于 PaaS，而 PaaS 基于 IaaS），因为首先 SaaS 可以基于 PaaS 或者直接部署于 IaaS 之上，其次 PaaS 可以构建于 IaaS 之上，也可以直接构建在物理资源之上，如表 2.1 所列。

表 2.1 三种服务模式关系

层次	概念	使用者	用户活动	厂商活动	产品
SaaS 软件即 服务	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，用户可以利用各种设备客户端进行访问	软件终端客户	满足商业需求的应用/服务	在云基础设施上创建、管理、部署，支持应用软件	Google Docs NETSUITE Gmail Salesforce Basecamp
PaaS 平台即 服务	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（如：JAVA，PYTHON，NET等）开发或收购的应用程序部署到供应商的云计算基础设施上	应用开发者	在云环境中开发、测试、部署管理应用软件	为平台用户提供云端基础设施和中间用户提供开发、部署和管理工具	Force.com App Engine Azure
IaaS 基础设施 即服务	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，用户能够部署任意的软件，包括操作系统和应用程序	系统管理员	创建、管理、监考 IT 基础设施的服务状态	为基础设施用户提供并管理物理进程、存储、网络及云主机环境	Rackspace.com Go Grid AWS

目前，越来越多的 IT 厂商推出了基于自身优势的云计算解决方案，这些厂商大致可分为三个阵营：基础设施提供商，如 IBM、Sun、HP、Dell 等；平台提供商，如 Microsoft、Google、VMware 等；软件提供商，如 Google、Salesforce 等，虽然各类方案对云计算理解各异，技术架构各不相同，但却有相同的三个层次：资源层、平台层与应用层。

资源层汇聚支撑云计算上层服务的各种物理设备，如服务器、网络设备、存储设备等，

将这些物理设备，通过虚拟化层采用相应技术形成动态资源池，并对资源池的各种资源进行管理，通过一个网络服务界面将计算能力、存储能力、网络处理能力作为一种服务向用户提供，IT 界将其称为 IaaS (Infrastructure as a Service , 基础设施即服务)。

资源层、平台层与应用层是云计算体系结构的主要组成部分，基于这三个层次，不但整体实现了信息应用服务的定制化，而且实现了底层逻辑基础资源、基础软件和应用的一体化，即信息服务以一个整体的形式出现，颠覆性地改变了传统 IT 服务的商业模式，“按需即用，随需应变”，使人们使用信息服务像使用水电一样的方便、快捷、廉价。

平台层在资源层之上，它把软件开发环境当作服务提供给用户，平台层主要为应用程序开发者设计，面向广大互联网应用开发者，把分布式软件开发、测试、部署、运行环境以及复杂的应用程序托管当作服务，使得开发者可以从复杂低效的环境搭建、配置和维护工作中解放出来，将精力集中在软件编写上，从而大大提高软件开发的效率，平台层是整个云计算系统的核心层，包括并行程序设计和开发环境，一些管理系统和管理工具，IT 界将其称为 PaaS (Platform as a Service , 平台即服务)。

应用层面向用户提供软件服务和用户交互接口，它为用户搭建信息化所需要的所有网络基础设施及软硬件运作平台，负责所有前期的实施、后期的维护等一系列工作，用户可随意根据自己的需要租赁软件服务，不必再购买软硬件、建设机房及配备维护人员，IT 界将其称为 SaaS (Software as a Service , 软件即服务)。