

201010100 10010oroDt61010508totoiuofH0101010r010701070.D0010r0tGH07010

1010I010DFD10101J0101010161r010rQFOrO10r070101010r0c0107000010 国or01010101010T0

010978501900FDN0r01000r010tr0101610 000107105050 CTO0T039(CI50rer

c⁰1oro0010r0DrQCpiei100Pejnior0r0r010107070r010101 0DO100 度rolore10 roO

**第11章** **云计算平台**



**11.1** **云计算的概念与特点**

云计算是近年来兴起的计算模式。本节介绍云计算的概念及其特点，分析云计算与 分布式计算、集群计算、网格计算的区别和联系，介绍云计算和大数据处理的关系。

**11.1.1** **云计算的概念**

根据维基百科，云计算也称为按需计算 (On Demand Computing), 它是对可配置的、 共享的计算资源池提供按需存取的一种计算模型，这里的资源包括计算、存储、网络等硬 件资源。利用云计算，用户可以像使用电力、自来水一样，按需使用这些资源，按照用量 付费，无须自己建立复杂的信息基础设施。

云计算并不是一种全新的计算模型，它是并行计算 (Parallel Computing)、分布式计 算 (Distributed Computing) 以及网格计算 (Grid Computing) 发展的新阶段。

**11.1.2** **云计算的特点**

根据云计算的实际系统以及研究现状，我们认为云计算具有如下几个重要特点：

( 1 ) 虚 拟 化 (Virtualization) 。 云计算依赖于虚拟化技术，把基础设施 (Infrastruc- ture as a Service)、平 台 (Platform as a Service) 以及软件 (Software as a Service) 等作 为服务提供出来。用户可以通过计算机、平板电脑 (PAD) 、 手机等客户端硬件，通过网 络来存取云平台提供的各种服务。

(2)弹性 (Elasticity) 。 云计算的规模可以动态伸缩，满足用户不断增长的业务需求。 当用户的业务量降低时，又可以缩小其所申请的计算资源。大量的新兴企业 (Startup) 在 公司初创时期，可以基于云平台建立自己的信息系统，租用较小规模的计算资源，当业务

**不断扩大时，可以适时地利用云平台的弹性，方便地对系统进行扩展。**

(3)成本低廉 (Cost) 。 云计算平台一般采用大规模的廉价节点来构建。自动化的数 据中心管理软件，使得少数的管理人员可以管理超大规模的云计算平台。用户的多项业务 可以整合 (Consolidate) 到云计算平台上运行，提高资源的利用率。云计算平台还可以靠 近电力资源丰富的地区建设，大幅降低能源成本。

(4)高度容错性 (Fault Tolerance) 和高度可靠性 (Reliability) 。 为了实现计算和数 据的容错，保证数据不会丢失和业务的持续性，云计算平台使用了数据多副本存放、计算 节点同构可互相替代等多种技术措施。使用云计算往往和使用本地计算机一样可靠，甚至 更加可靠。

11**.1.3** **云计算与并行计算、分布式计算、集群计算、网格计算的区别与联系**

为了解云计算与并行计算、分布式计算、集群计算以及网格计算的区别与联系，首先 来了解这几种计算的基本内涵。

并行计算是相对于串行计算来讲的，可以分为时间上的并行和空间上的并行。时间上 的并行是指流水线技术，空间上的并行是指使用多个CPU 处理器(核心)来实现并行处 理。并行处理的目的主要是提高计算的性能 (Performance)。

分布式计算通过把整个计算任务分解成一系列的小任务，分布到各个节点(计算 机)上分别执行，最后把结果合并，获得最终结果。分布式计算的侧重点在于任务的划 分。一般来讲，其任务划分的粒度比并行计算要粗，其节点一般指的是计算机，节点间 的交互没有并行计算那么频繁。并行计算和分布式计算都代表了分而治之的问题解决 策略。

集群计算通过高速网络把一组本来松散联系的节点(计算机)通过软件紧密联系起 来，协作完成计算工作。从外部来观察，从某种意义上来讲，这些计算节点可以看作一台 计算机。集群计算按照功能或者目的，可以分为高可用性集群 (High Availability Clus- ter) 、 负载均衡集群 (Load Balance Cluster)、高性能计算集群 (High Performance Com- puting Cluster)、网格计算 (Grid Computing) 等。

在这里，我们把网格计算作为集群计算的一种类型。从另外一个角度看，网格计算也 可以看作一类分布式计算。网格计算把大量异构计算节点的资源 (CPU 计算资源、磁盘 存储资源)组织起来，构成一台虚拟的、大的计算机，为解决大规模的计算(包括数据处 理)问题提供计算平台的支持。

云计算是上述技术发展的新阶段，其底层的核心技术是虚拟化，即把计算、存储、网 络等硬件都进行虚拟化。在硬件资源基础之上，利用虚拟化技术，提供不同层次的对外服 务，包括基础设施作为服务 (Infrastructure as a Service,IaaS)、平台作为服务 (Plat- form as a Service,PaaS) 以及软件作为服务 (Software as a Service,SaaS) 等。

云计算强调的是资源的利用率，更多的时候，它在一个硬件平台上虚拟出若干虚拟节 点，使得用户的各项业务(运行在不同的虚拟机上)可以共享底层硬件平台，提高资源利 用率的同时又不会互相干扰。

**11.2** **云计算与大数据处理的关系**

大数据具有数据规模大 (Volume) 、 数据类型多样 (Variety) 、 数据生成速度快 (Ve- locity) 等几个主要的特点。为了处理大数据，使用向上扩展 (Scale Up) 的办法提高系统 处理能力，即单纯地靠扩展单个节点的计算能力，比如扩展CPU 、 内存、存储等，已经 无能为力。把大数据分布到大量的节点上，通过各个节点的并行处理，才能实现大数据的 快速有效处理。这是一种横向扩展 (Scale(ut) 的方式。

云计算以其动态扩展能力、高度的容错性能和可靠性，成为大数据处理的理想平台。

**11.3** **云计算类型与典型系统**

按照服务类型，云计算可以分为三类，分别是基础设施作为服务、平台作为服务和软 件作为服务，如图11-1所示。

专用

通用

**软件作为服务(SaaS)**

**平台作为服务(PaaS)**

**基础设施作为服务(IaaS)**

**软件**

硬件

**图11-1** **云计算的服务类型**

IaaS 把硬件设备(包括计算设备、存储设备)封装起来，以虚拟机的形式提供给用户 使用。对于用户来讲，他们使用的好像是一台台的物理裸机。在这些虚拟机上，用户可以 安装不同的操作系统以及开发工具，在上面开发和部署应用软件。典型的系统包括亚马逊 公司提供的弹性计算云EC2(Amazon Elastic Compute Cloud) 和简单存储服务S3(Ama-

zon Simple Storage Service) 等。

PaaS 对资源的抽象提升了一个层次，它提供用户一个应用程序的运行环境。PaaS 可 以认为是云计算提供商在虚拟节点(也可以是若干虚拟节点构成的虚拟集群)上安装了操 作系统，并且安装了程序开发环境和运行环境。用户只需按照特定的编程模型编写程序， 就可以部署到PaaS 系统上运行。PaaS 负责资源的动态扩展和容错保证，用户不需要操 心。典型的系统为Google 的 App Engine,用户可以使用Java 语言或者Python 语言，调 用 Google App Engine 软件开发包 (Software Develop Kit,SDK) 来开发应用程序，就可 以部署到PaaS 云平台上运行，对外提供服务。

SaaS 把特定应用软件封装成服务，提供给用户使用。从用户的角度来看，可以认为 云计算提供商已经在虚拟节点(或者虚拟集群)上安装了操作系统以及具有特定应用功能 的应用软件。典型的系统是Salesforce 公司提供的在线客户关系管理 (Customer Relation- ship Management,CRM) 系统服务。SaaS 把专用的应用软件功能提供出来，供用户付费

使用，用户无须自己再开发一套专用的系统。

一些大数据处理系统，比如 Hadoop 和 Spark, 可以安装在由裸机构成的集群上，为 某个用户提供大数据处理的支撑平台。这些软件也可以安装到云计算平台的虚拟节点(或 者虚拟集群)上，以PaaS 的形式对外提供服务。

在此，我们认为把物理节点通过虚拟化技术，对外提供 IaaS 服务，可以称为云计算。 在云计算平台的虚拟节点(或者虚拟集群)上，安装了Hadoop 等大数据处理软件，然后 以 PaaS 的形式对外提供服务，也称为云计算。

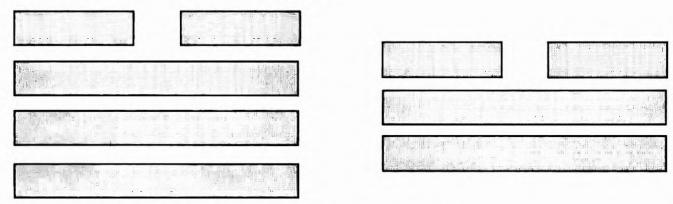
但 是Hadoop 或 者Spark 软件本身不能称为云计算，它们是支持大数据处理的分布式 软件系统，这些软件如果安装在物理机构成的集群上，就不能称为云计算了。

**11.4** **虚拟化技术与数据中心**

云计算的核心技术是虚拟化技术。通过虚拟化技术，可以在硬件上虚拟出计算节点、 存储设备和网络设备。虚拟化技术包括服务器虚拟化、存储虚拟化和网络虚拟化等重要 内容。

**11.4.1** **服** **务** **器** **虚** **拟** **化**

服务器虚拟化是指把一台物理服务器虚拟成若干独立的逻辑服务器，各个逻辑服务器 拥有自己的CPU 、 内存以及I/O 设备。服务器虚拟化可以采用两种形式，分别是寄居虚 拟化以及裸机虚拟化，如图11-2所示。寄居虚拟化，首先在服务器上安装一个主机操作 系统，然后安装虚拟机管理器 (Virtual Machine Manager,VMM),通过它创建、销毁、 启动和停止虚拟机(称为客户虚拟机)。在裸机虚拟化中，物理服务器上无须安装宿主操 作系统，而是在裸机上直接安装VMM (也称为Hypervisor), 它是一个轻量级的操作系 统，为创建、运行和管理虚拟机进行了优化。



客户虚拟机 客户虚拟机

**虚拟机管理器** **(VMM)**

主机操作系统

物理机

客户虚拟机 客户虚拟机

虚拟机管理器 (VMM)

物理机

**图11-2** **寄居虚拟化与裸机虚拟化**

服务器虚拟化必须为每台虚拟机虚拟出其CPU 、 内存以及I/O 设备。CPU 虚拟化需 要解决各个虚拟机的正确调度和运行问题。任意时刻， 一个物理 CPU 只能运行一个虚拟 CPU 的指令。内存的虚拟化有别于传统操作系统内存管理的虚拟地址到物理地址的映射， 需要考虑把某台虚拟机的地址和物理服务器的地址联系起来。 一般来讲，虚拟机之间的内 存要相互隔离。 I/O 设备的虚拟化和CPU 虚拟化、内存虚拟化一样，都由VMM 进行管 理，通过软件模拟方式实现。

**11.4.2** **存储虚拟化**

存储虚拟化的目的是把分散的、异构的存储设备，想办法映射成一个统一的、连续编 址的逻辑存储空间。这个存储空间也称为虚拟存储池。虚拟化软件把设备的差异性屏蔽 掉，上层应用程序(运行在计算节点上，节点一般是虚拟机，也可以是物理机)通过分配 给它们的逻辑卷进行操作。为了保证虚拟设备的可靠性，可以采用包括数据镜像、数据校 验等技术。

存储虚拟化有三种不同的实现方式，分别是基于主机的存储虚拟化、基于存储设备的 存储虚拟化以及基于网络的存储虚拟化。

在基于主机的存储虚拟化中，虚拟化层作为扩展模块，嵌入到操作系统中，为连接到 分散的、异构的各种存储设备提供关键的存取和控制功能，包括磁盘、磁盘阵列等。主机 操作系统似乎与一个单一的具有连续地址的存储设备进行直接连接。该虚拟化方法性能比 较高，但是扩展性较差。在基于存储设备的存储虚拟化中，需要在磁盘的控制器(适配 器)上实现虚拟化功能。该控制器对内进行存储虚拟化处理，对外提供虚拟化的磁盘服 务。其性能比较高，但是扩展性较差。基于网络的存储虚拟化在网络设备上实现了存储虚 拟化的功能，包括基于互联设备和基于路由器两种形式。第一种形式需要主机运行一个代 理软件或者安装一个适配器，这个代理软件或适配器实现主机和存储设备之间命令的解 析，把命令转发到特定的物理存储设备，以便其完成相应的存储服务。第二种形式则需要 在路由器固件上实现虚拟存储功能，路由器截取网络上主机和存储设备之间的命令，由路 由器进行转发，选择底层的物理存储设备进行服务。

**11.4.3** **网络虚拟化**

网络虚拟化在不改变数据中心网络的物理拓扑和布线的情况下，可以虚拟出各层网 络，并且实现互联，形成统一的交换架构。网络虚拟化包括核心层、接入层以及虚拟机网 络虚拟化三个层次。

核心层网络虚拟化指的是数据中心核心交换机的虚拟化，需要考虑大规模的数据交换 能力、资源利用率以及冗余备份能力。接入层网络虚拟化，需要考虑数据中心接入交换机 能够支持不同的网络部署方式，以及支持各种新的网络技术。虚拟机网络虚拟化主要是指 物理网卡的虚拟化，为每台虚拟机创建虚拟网卡。此外，为了实现各个虚拟网卡之间的互 联和信息交换，需要实现虚拟的网络交换机。

**11.4.4** **数据中心**

数据中心首先由 Google,Facebook,Amazon 等大型互联网公司为适应其业务发展的 需要而建设起来。大型的数据中心可以集中超过10万台服务器。数据中心的主要特点和 优势是，通过服务器虚拟化、存储虚拟化、网络虚拟化、应用虚拟化等技术，数据中心把 各种硬件资源进行整合，对外提供服务，提高设备的利用率。数据中心一般采取冗余、容 错、容灾的设计，能够提供不间断的服务，满足业务连续性的要求。针对大型数据中心的 管理，各大公司都研发了数据中心监控和管理软件。少量的工作人员就可以对数据中心进

行软件部署、性能监控与瓶颈分析，甚至可以对通风、温度、湿度、电力进行调度和控 制。由于大型数据中心集成了上万台规模的服务器，其耗电量惊人。 一般在数据中心里通 过部署专门设计的节能服务器、节能存储设备，以及在软件层面进行节能调度，实现能源 的有效使用，尽量节省电力消耗。有些数据中心为了获得廉价的电力，靠近水电站建设。 Google 公司甚至考虑在海上建设数据中心，利用潮汐发电提供能源，利用海水进行设备 的制冷。

**11.5** **主流产品与特点**

**11.5.1 VMware**

VMware 是一家专注于虚拟化技术的公司。随着云计算的兴起，VMware 以其成熟的 技术和完善的产品线，成为云计算市场举足轻重的公司。VMware 提供针对桌面计算机以 及服务器的虚拟化产品，并且提供面向数据中心的管理运维平台。

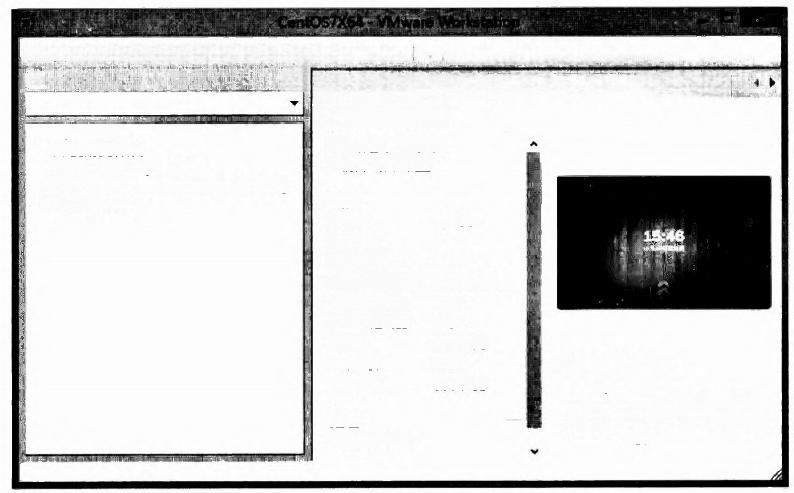
其中，VMware vSphere是面向服务器和数据中心的虚拟化产品，提供服务器虚拟化、 网络虚拟化、存储设备虚拟化等完备的功能。用户可以通过图形用户界面 (Graphic User Interface,GUI), 方便地对虚拟数据中心进行管理。利用简单直观而功能强大的工具，管 理虚拟机的创建、共享、部署和迁移。vSphere 的实时迁移技术 vMotion, 能够减少迁移 过程的时间开销和资源开销，加快迁移过程。vSphere 提供了企业级应用场景所需要的容 错性能、数据保护等功能，保证系统可用性，从而保证业务的连续性。

此外，广受用户欢迎的一款产品是VMware Workstation, 这是一款面向桌面计算机 的虚拟化产品。它在个人计算机上提供虚拟硬件层，用户可以在上面创建虚拟机，然后安 装 Windows 以及各类 Unix 操作系统(包括Linux 操作系统),实现在一台计算机上运行 多个不同的操作系统。VMware Workstation 对新硬件的支持能力很强，包括新的 CPU 和 各种新硬件，如各种外设和传感器，其图形管理界面简单直观，方便用户查看和访问不同 的虚拟机(见图11-3)。

**11.5.2 Hyper-V**

微软公司提供了完整的虚拟化技术方案，包括服务器虚拟化 (Server Virtualization)、 桌面虚拟化 (Desktop Virtualization)、应用虚拟化 (Application Virtualization) 和展示 虚拟化 (Presentation Virtualization) 等技术，涵盖桌面计算机、服务器、数据中心等应 用场景。

Hyper-V 是微软公司提供的一款服务器虚拟化产品。使用Hyper-V 用户可以实现服 务器虚拟化以及云计算平台。服务器虚拟化指的是在一台物理服务器上虚拟出若干虚拟 机，可以运行不同的操作系统。Hyper-V 采用和开源虚拟化软件Xen 一样的基于 Hyper- visor 的虚拟化技术，可以和 Microsoft Management Tools,System Center Virtual Ma- chine Manager,Microsoft System Center Operations Manager等管理工具以及第三方管理



文件(E) 缤辑(E) 查看(V) 虚拟机(M) 选项卡(T) 帑助(H) · 口 ： I三

公 主 xcatoSsr%64× nedtutrepre7K64 ×jicm-×

a 在 健入均弈进行世素

iCentOS7X64

由票我的计算机

▶继续运行此虚拟机 三编辑虚拟机设置

设备

■内存 1.3 GB

口处理器 1

温硬盥(SCSI) 20 GB

CD/DVD (IDE) 正在使用文件…. 网络适配器 NAT

■USB 控制器 存在

心声卡 自动检测

打印机 存在

嗜星示器 自动检测

描述

**CentOS7 X64**

U

**虚拟机详细信息** **状态：已挂起**

**配置文件：**D:...CentOS7X64.vmx **硬件兼容性：Workstation 11.0 虚拟**

机

i CentOS7X64

面 RedHatEnterprise7X64

centos-6.2-x64-virtual-machlne-org

熙 ×

炉共享的虚9机

**图11** **-** **3** **VMware Workstation管理界面**

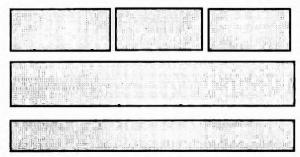
工具集成，实现物理机和虚拟机的监控和管理。

Hyper-V 的主要功能包括：(1)创建逻辑分区 (Logical Partition), 即不同的虚拟 机；(2)为客户操作系统管理CPU 和内存，实施CPU 使用的策略 (Policy),实施内存存 取的规则 (Rule);(3) 为 I/O 设备的虚拟化提供支持；(4)提供不同逻辑分区之间的通 信机制等。Hyper-V 是一款64位的虚拟化产品，运行于64位硬件系统，需要CPU 提供 硬件辅助的虚拟化支持，包括Intel-VT或者AMD-V。

Hyper-V 包含一个父分区 (Parent Partition), 它是一个具有特权权限的虚拟机。这 个虚拟机拥有对硬件资源的唯一直接存取权限。其他虚拟机，也称为客户分区 (Guest Partition), 必须通过父分区对设备进行存取。父分区拥有键盘、鼠标、显示卡以及其他 设备的所用权，但是不能够直接控制时钟 (Timer) 和中断控制器 (Interrupt controller), 这两者由Hypervisor 直接控制。Hyper-V 通过客户操作系统 (Guest OS) 中的仿真设备 (Emulated Device) 或 者 合 成 设 备 (Synthetic Device), 实 现 设 备 的 共 享 (Sharing) 。 合 成 设备直接映射到各个物理外部设备。

Hyper-V由于使用微内核 (Micro-Kernelized) 模式的裸机虚拟化技术，其CPU 开销 很小。虚拟机可以充分利用硬件的强大性能，包括多核技术、快速磁盘存取以及大内存 等，从而保证虚拟机的性能(见图11-4)。

Monolithic Hypervisor



VM1 VM2

(Admin)

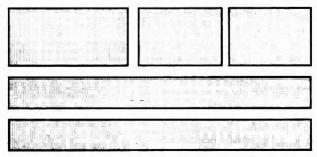
Hypervisor

(Drivers)

物理机

VM3

Micro-Kernelized Hypervisor



VM1(Parent)

(Drivers)

Hypervisor

物理机

**VM2**

**(Drivers)**

**VM2**

**(Drivers)**

**图** **1** **1** **-** **4** **Hyper-V** **的裸机虚拟化模式(单一** **Hypervisor** **以及微内核** **Hypervisor)**

**Hyper-V 的可用性保证** **(High Availability) 技术，对有计划宕机** **(Planned Down-** ti**me)、非计划宕机** **(Unplanned** **Downtime)以及备份** **(Backup)** **提供支持。利用快速迁** 移 (Quick Migration) 功能，用户可以把虚拟机从一个物理节点迁移到另一个物理节点， 消耗的时间以秒计。在虚拟机迁移后，可以对其原来宿主物理节点进行维护。 Windows Server 2008的多场地集群 (Multi-Site Clustering) 技术，可以在主数据中心失败情况之 后把虚拟机在远程数据中心重新恢复起来。

Hyper-V 使用VSS(Volume Shadow Copy Service, 卷影拷贝服务)技术，为虚拟机 建立一致 (Consistent) 的备份，并且允许在虚拟机运行过程中进行备份操作。用户也可 以按照预定的时间间隔进行虚拟机的备份，使得备份操作对业务负载的影响降到最小。虚 拟机备份使得人们可以在发生非计划宕机以后，把虚拟机的状态恢复回来。

**11.5.3 KVM**

KVM(Kernel based Virtual Machine) 是一款开源的虚拟化软件，由 RedHat 公 司 开 发 。

KVM 利用CPU 的硬件辅助虚拟化技术(包括 Intel CPU的 Intel-VT 技术和AMD CPU 的 AMD-V 技术)实现自身的运行，对上层的虚拟机提供硬件的虚拟化功能。 KVM

包含一个内核模块kvm.ko, 提供虚拟化的核心功能，以及针对不同处理器的模块kvm-in- tel.ko (针对Intel CPU) 和 kvm-amd.ko (针对 AMD CPU)。

每个虚拟机都拥有自己私有的虚拟硬件，包括CPU 、 内存以及各种I/O 设备，如网 卡、显示卡和磁盘等。KVM 通过在内核里装载一个模块 (Kernel Module), 提供了硬件 仿真层，在此之上建立和运行虚拟机。KVM 也可以在没有硬件辅助虚拟化技术的CPU 上 运行，使用QEMU 软件，实现纯软件仿真，但是虚拟机性能会受到很大影响。

KVM 可以通过图形用户界面(即虚拟机管理器， Virtual Machine Manager) 和命令 行进行管理，完成虚拟机的创建、克隆、安装操作系统以及状态监控等功能。 RedHat 公 司作为 KVM 的开发者，在其发行的企业版Linux(Red Hat Enterprise Linux) 上安装了 KVM, 同时其他基于 RedHat 技术的各个 Linux 发行版 (CentOS,Scientific Linux 以及 Fedora 等)也包含了KVM, 方便用户在上面实现硬件的虚拟化和虚拟机的安装。

**11.5.4 Xen**

Xen是一款开源的虚拟化技术软件。Xen 具有层次性的结构，具有最高权限的域，称为 0 域 (Domain0, 简称dom0), 就是VMM 本身 (Hypervisor), 虚拟机和客户操作系统基于这 个域建立，称为用户域 (DomainU, 简称domU) 。Xen 可以以两种模式来运行，半虚拟化模 式和全虚拟化模式。半虚拟化 (Para virtualization,也称为操作系统协助的虚拟化， OS-As- sisted-Virtualization) 模式，允许客户操作系统不必调用处理器的特别指令而运行。全虚 拟化 (Full Virtualization, 也称为硬件协助的虚拟化， Hardware Assisted Virtual Ma- chine) 模式，则需要处理器的硬件辅助虚拟化技术支持，比如 Intel 的 Intel-VT 技术和 AMD 的 AMD-V 技术，这种模式可以获得更好的性能，并且提供附加的功能。

Xen 需要自己的内核 (kernel) 来 启 动 ，KVM 则仅需要把一个模块嵌入到操作系统 内核即可。在GRUB(Grand Unified Boot loader 的简称，是一个来自GNU 项目的多操

作系统启动程序)菜单列表里，必须有针对Xen 的一个启动项。

用户可以通过图形用户界面，或者命令行接口，创建和运行虚拟机。 Xen 软件包提供 了一些虚拟机的模板(在/etc/xen/examples 目录下),供用户选择。 Linux 操作系统的 SUSE 发行版本(10 . 3 以 后 版 本 ) , 包 括openSUSE 和 SUSE Linux Enterprise Server (SLES) 等，都包含了Xen 软件。RedHat 的不同Linux 操作系统版本，则选择KVM 作 为标准配置的虚拟化软件。

Xen 虚拟化软件应用在包括服务器虚拟化、桌面系统虚拟化以及嵌入式设备虚拟化等场 合。基于Xen 软件，一些厂商开发了服务器虚拟化产品，包括华为UVP,Oracle VM和 Xen Server等 。Xen 以其领先的技术，成为众多大型云计算平台的基础技术， Amazon Web Serv- ice、阿里云、Rackspace Public Cloud 、Verizon Cloud 等云计算平台都使用Xen 软件，提供底 层虚拟化技术支撑。Xen 也被集成到主流的云计算运维管理平台中，比如Openstack。

**11.6 Openstack开源虚拟化平台**

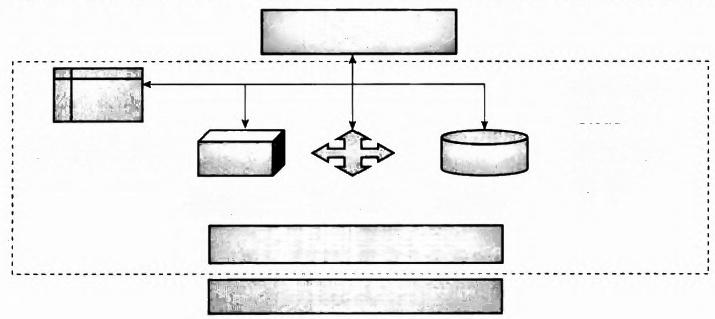
Openstack 是一款开源的虚拟化平台软件(或者称为云操作系统 (Cloud Operating Sys- tem)), 最初由NASA 和 Rackspace 开发，第一版于2010年发布。现在Openstack 社区有超 过9000位个人贡献者， Red Hat,Canonical,IBM,AT &.T,Cisco,Intel,PayPal,Com- cast 等公司也积极投入到Openstack 的开发和应用中。简而言之，我们可以把(penstack 看作 一款可以管理类似于Amazon Web Service这样的laaS 云计算平台的软件系统。

Openstack 可以管理大型数据中心的计算、存储和网络资源，数据规模可以达到PB 级别。用户也可以在一台PC 服务器上运行Openstack, 管理实验性的小型云平台。所有 的管理工作，通过一个仪表板 (Dashboard) 进行操作。 Openstack 可以运行在基于 x86 或 者ARM CPU的普通服务器上。

基于Openstack, 用户可以建立私有云计算平台 (Private Cloud)。很多公有云 (Pub-

lic Cloud, 比 如Rackspace Cloud) 也基于Openstack 创建和管理。

Openstack的核心组件包括Openstack Compute,Openstack Glance,Openstack Identity Service,Openstack Object Store等(见图11-5)。下面分别对这些组件进行简单介绍。



**User Applications**

Openstack Cloud

Openstack Dashboard

Compute Network Storage

**Openstack Shared Services**

Standard Hardware

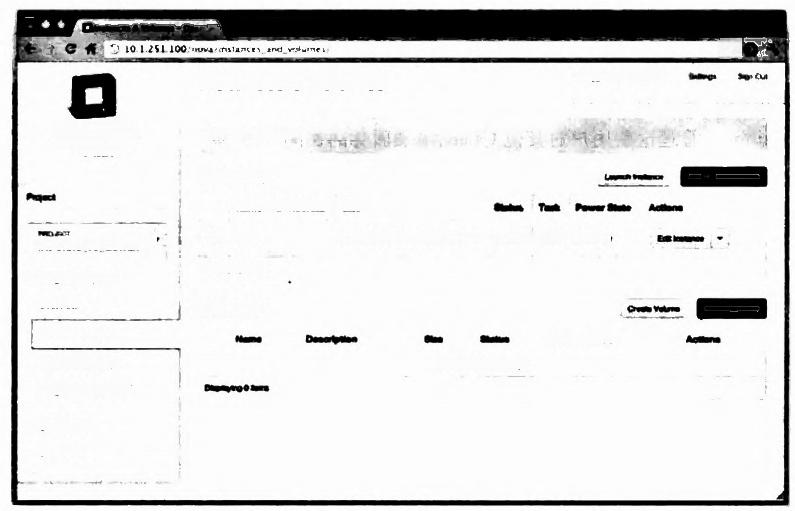
Operating System

图11-5 Openstack组件



**1.Openstack Dashboard(Horizon)**

这是Openstack 的 Web 用户管理界面(见图11-6)。通过这个界面，用户能够对云 计算平台执行大部分管理操作，包括管理虚拟机、管理虚拟网络(比如设定IP 地址)、设 置用户存取权限等。



口

**Instances &Volumes** Logg=d nar:damg

k hstaree a lantht

iwl

Instances

N PA

口 tst 512MB PVM|1 VCPUI0D Bukd None 9

D1

Volumes

Aknnb

Ho lme todapsy.

mags8 Snpsic

**Object Stor**

Conturerv

wuible todno

Manaoe Compu Ovorw

nstyoes i Vaua

openstack

kocess434ou 曲

**图11-6** **Openstack 的基于Web的图形用户管理界面**

**2.Openstack Compute(Nova)**

Nova是虚拟机创建和管理模块。 Nova 支持不同的Hypervisor, 包括KVM,QEMU,

LXC(Linux Container) 以及Xen Server 等。通过Nova模块，用户可以创建、删除虚拟机实 例，设定虚拟机的CPU 、内存、磁盘存储、网卡等参数，还可以为云计算平台设定用户存取 权限 (Access Control), 保证云计算平台的安全性。所有管理工作可以通过命令行或者基于 Web的图形用户界面进行操作。

**3.Openstack Image Management(Glance)**

Glance 是 Openstack 的 虚 拟 机 影 像 (Image) 管理模块，支持 Raw,Hyper-V

(VHD),Virtual Box(VDI),QEMU/KVM(qcow2),VMware(VMDK,OVF),

Amazon Machine Images(AMI)等虚拟机影像的管理。主要的管理工作包括创建影像、 注册影像、发现影像、销毁影像、设定用户存取权限、配置公用的 (Public) 和私有的 (Private) 虚拟机影像等。

**4.Openstack Object Store(Swift)**

Swift 是对象存储管理器。它是一个分布式的存储系统，管理不同类型的数据对象， 包括用户数据、虚拟机影像、备份文件以及归档文件 (Archive) 。Swift 通过冗余和复制 机制，保证节点失败不至于引起数据的丢失，而且恢复过程做到完全自动化。

**5.Openstack Block Storage(Cinder)**

Cinder 是 Openstack 的磁盘块设备 (Block Device) 虚拟化软件模块。虚拟化的磁盘 可以连接到虚拟机实例(即计算节点.Compute Instance), 以便扩展存储能力，获得更好

的性能等。

**6.Openstack Network(Quantum)**

Quantum 提供了“网络连接作为服务”(Network Connectivity as a Service) 的功能， 把虚拟网络接口卡 (Virtual Network Interface Card,vNIC) 连接到Openstack 的其他基 础服务，比如虚拟机实例 (Nova 计算节点)。通过Quantum, 用户可以创建虚拟网络，然 后把网络接口卡连接到这个虚拟网络上，把各个计算节点连接成虚拟集群系统。

**7.Openstack Identity Service(Keystone)**

Keystone 模块负责管理用户，对用户进行身份认证 (Authentication) 和授权 (Au- thorization), 管理这些用户对其他Openstack 服务的访问。

**11.7** **主流厂商的云计算产品和服务**

**11.7.1 Amazon**

Amazon 是较早进入云计算领域的公司之一。目前它已经不是一家单纯的电子商务公 司，而是一家提供先进的计算、存储等云计算服务技术的公司。Amazon 的一系列云计算 服务构成了Amazon 云计算服务平台Amazon Web Service(AWS)。主要的服务包括基础 存储架构Dynamo 、弹性计算服务 EC2 、简单存储服务 S3 、简单数据库服务 SimpleDB、 简单队列服务 SQS 、弹 性MapReduce 服务、内容推送服务 CloudFront 、 电子商务服务 DevPay 以及支付服务FPS(Flexible Payment Service) 等。

**1.Dynamo**

Dynamo 是一个 Key-Value 数据库。它是Amazon 的代表性技术，是其基础存储架构， 一般作为状态管理组件，使用在其他 AWS 服务中，比如电子商务的购物框管理。 Dyna- mo 采用完全分布式、去中心化的Peer to Peer架构，其数据采用简单的键值对(〈Key, Value>) 进行存储。 Dynamo 使用一系列技术保证系统的正确运行，包括通过一致性 Hash 技术保证数据分布的均匀性，使用参数可调的 Quorum 机制实现数据的容错备份， 使用时钟向量 (Clock Vector) 技术实现数据版本的冲突处理，使用Gossip 协议实现成员 资格和错误检测，使用数据回传机制 (Hinted Handoff) 实现临时故障处理，以及使用 Merkle 哈希树，实现永久性故障处理等。虽然使用这么多的技术， Dynamo 却拥有简单和 优雅的整体架构，其论文发表后，成为其他云存储架构的参考对象。

**2.EC2**

EC2(Elastic Computing) 弹性计算服务是Amazon AWS的重要组成部分，其目的是 提供可伸缩的计算能力。EC2 的基础架构包括虚拟机的影像 (Image) 模板管理、实例管 理、存储管理等重要模块，而且虚拟机能够和其他存储服务比如S3 进行连接，结合使用。 EC2 支持弹性负载均衡，保证工作负载不会超过现有的计算能力。它使用IP 地址的网络 地址转换机制 NAT(Network Address Translation), 把故障实例的IP 重新映射到新的实 例，以提供持续的服务能力。



**3.S3**

简单存储服务 S3(Simple Storage Service) 建立于Dynamo 架构之上，用于存储任意 类型的文件。S3 被设计成一个简单、易用和低成本的存储系统。 S3 的存储结构包括桶 (Bucket) 和对象 (Object) 两个重要的概念，其中桶类似于文件夹，对对象进行组织管 理，对象是基本的存储单元，由数据和元数据组成。每个对象在所在桶中有唯一的键值 (Key), 当启用版本控制后，对对象的访问，通过“桶+键值+版本号”的形式来唯一标 识。S3 支持的操作包括 Get,Put,List,Delete,Head 等，对桶和对象进行操作。具体 的操作含义见表11-1。

**表11-1** **S3的典型操作**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 操作目标 | Get | Put | List | Delete | Head |
| 桶 | 获取桶中对象 | 创建或者更新桶 | 列出桶中对象 | 删除桶 | 一 |
| 对象 | 获取对象和元数据 | 创建或者更新对象 | — | 删除对象 | 获取对象元数据 |

S3 采用最终一致性 (Eventual Consistency) 模型，实现数据的一致性，数据可能出 现暂时的不一致。其用户认证和访问控制列表，则保证了系统的安全。

**4.SimpleDB**

SimpleDB 是一种非关系数据库服务，用于存储结构化的数据，并提供插入、查找、 删除等功能。与传统的关系数据库不同，非关系数据库服务在数据模型、数据处理和接口 方面采用不同的概念和技术。其中，在数据模型方面， 一般采用键值对(<Key,Value>)

存储数据，为了支持系统的高度扩展性，并未要求实现严格的 ACID(Atomicity,Consis-

tency,Isolation,Durability) 的事务语义要求，而是实现最终一致性模型。接口方面使 用自己的 API(Application Program Interface) 进行数据存取操作。 SimpleDB 在数据的 组织方面使用了域、条目、属性、值等概念。其中，域是存放具有一定关联关系的数据的 容器(类似于关系数据库的表);条目则对应一条记录，通过一系列属性进行描述；属性 描述条目的某个方面的特征；值是某个条目在某个属性上的具体的取值。 SimpleDB 限制 了每张表的大小，适用于数据规模较小的小型应用系统。 Amazon 还研发了DynamoDB, 它能够自动把数据和负载分布到多个服务器上，而且不限制单表的大小，适用于大规模 应用。

**5.RDS**

关系数据库服务RDS(Relational Data Service), 把 MySQL 关系数据库技术移植到 集群中。集群采用了Shared Nothing的并行处理架构。 RDS 的目的是解决SimpleDB 不 能解决的强一致性要求问题，提供 ACID 的事务一致性保证。为了在集群上处理数据， 一般一张大表被分割成若干小表，分别存储在不同的节点上，保证系统的扩展性。 RDS 采用了数据库节点的主从备份以及多个读副本技术，支持系统可靠性以及数据处理 性能。

**6.SQS**

简单队列服务 SQS(Simple Queue Service) 为解决Amazon 的云计算平台上不同组件 间的通信而专门设计。通过队列服务，可以实现低耦合度的应用系统架构，使得系统更加 易于扩展。SQS 的基本模型里包括三个主要组成部分，即系统组件、队列和消息。组件可 以是消息的发送者，也可以是消息的接收者，消息和队列才是SQS 的核心概念。消息发 送者把消息发送到队列，消息接收者通过队列提取消息。消息的格式包括四个部分，即消

息 ID 、接收句柄、消息体(消息内容)、消息体的MD5 摘要。接收者接收消息的同时会 获得消息句柄，通过这个句柄可以删除已经接收的消息。此外，队列可以设定一个消息可 见性超时 (Time()ut) 值。过期的消息可以重新扩展其计时，或者终止其生命周期。

**7.Amazon EMR(Elastic MapReduce)**

Amazon 弹性MapReduce 是属于PaaS 类型的云计算服务。 EMR 在 EC2 计算实例构 成的集群上，基于 Hadoop 软件 (MapReduce 的开源实现),建立大数据处理系统，帮助 用户低成本地处理大量的数据。 EMR 也可以在其他的分布式计算框架上运行，比如 Spark 。 目 前 ，Amazon EMR 已经应用到日志分析、建立 Web 索引、建立数据仓库、机器 学习、金融大数据分析、科学模拟数据处理、生物信息学等领域。为了保证 Hadoop 能够 正确地运行在 AWS IaaS平台上，Amazon 对 Hadoop 进行了必要的扩展，但是这并不会 影响到用户的编程模型，用户只需按照标准的 MapReduce 编程模型编写程序，即可提交 到 EMR 平台上运行。

**11.7.2** **微软**

微软的云计算服务，包括云操作系统服务 Windows Azure、云关系数据库服务 SQL Azure 以及云应用基础设施服务App Fabric。

**1.Windows Azure**

Windows Azure处于微软云计算战略的核心地位，包括计算服务、存储服务、内容分 发网络服务、网络连接服务以及Fabric 控制器等，其计算服务可以运行支持大量并发用户 的大型应用。虚拟机操作系统可以选用Windows Server以及Cent(S,Ubuntu,SUSE 等

Linux 操作系统。虚拟机可以按照应用要求配置成不同实例类型，包括 Web Role,Work Role 以及VM Role, 分别适用于Web 应用、运行大型程序以及运行Windows Server 2008 操作系统等。存储服务支持海量数据的存储，提供四种存储结构，包括大对象类型 (BLOB) 、 表格类型 (Table) 、 队列类型 (Queue) 以及普通文件类型 (File) 。 存储命名 空间被划分成三个层次，分别是账户名 (Account Name)、分区名 (Partition Name) 以 及对象名 (Object Name)。存储服务通过复制技术，保证数据的可靠性；通过分区的负载 平衡、分区合并、分区划分等技术，实现负载的均匀分布。

**2.SQL Azure**

SQL Azure 把微软的SQL Server 数据库管理系统搬到了云计算平台，通过云计算平 台提供数据库服务。用户使用SQL Azure 服务，无须自行安装、配置数据库软件，也无 须考虑软件的升级问题。SQL Azure为用户提供了容错能力以及高度的可用性。 SQL Az- ure 包括三大部分，分别是 SQL Azure数据库、SQL Azure报表服务以及SQL Azure 数据 同步服务。使用SQL Azure, 用户可以创建数据库模式(即建表),进行索引优化、查询 优化、数据操作以及对数据库进行安全设置等。云计算平台上的 SQL Azure则提供数据 复制、自动数据备份、负载均衡等功能。

**3.Azure App Fabric**

Azure App Fabric提供了本地应用和云平台上应用的基础服务，它是一个完全分布的 基础设施服务。目前 Azure App Fabric 提供的服务包括服务总线 (Service Bus)、访问控 制 (Access Control) 以及高速缓存 (Caching) 服务等。服务总线提供公开、寻找、使用 应用服务的机制。访问控制实现数字身份认证，并且通过定义一套规则来控制用户的访



问。高速缓存服务则把经常重复访问的数据缓存到内存中，减少查询数据库的次数.从而 提高应用程序的数据访问性能。

**11.7.3 Google**

Google 是一家以提供搜索服务起家的互联网公司，目前已经发展到涵盖搜索、操作 系统、硬件、无人驾驶汽车、互联网连接服务等众多服务的一家大型互联网公司。为了处 理用户的搜索处理请求，Google 需要把大量的网页爬取下来，保存起来，并且建立索引。 由于数据量庞大，采用大型机来进行处理很快会遇到瓶颈。 Google 基于廉价 PC 服务器， 建立了自己的若干数据中心，并且研发了一系列软件系统，实现数据管理和处理。

下面按照历史发展的脉络，介绍 Google 研发的这些软件系统。在其数据中心， Google 采用虚拟化技术实现了基础的云计算平台，这些软件系统运行在其云计算平台上。 需要注意的是，这些软件系统也可以运行在由物理机组成的集群系统上，在这种情况下， 则不能称为云计算。

围绕搜索业务的大量数据存储和处理要求， Google 研发了分布式文件系统GFS 、并 行计算模型MapReduce 和结构化数据管理系统Big Table等。

**1.GFS**

GFS(Google File System) 分布式文件系统是Google 整个分布式计算架构的基础。 在GFS 中，文件被分割成块(Block), 然后在集群环境下以冗余的方式保存， 一般一个 数据块保存3个副本 (Replica) 。 通过数据的备份，保证了文件系统的容错性，为对付大 规模集群环境下的各种失败状况(节点宕机、硬盘损坏等)提供了容错保障，使得GFS 成为大规模集群(集群由成千上万个节点组成，每个节点采用普通的PC 服务器或者是这 些服务器上的虚拟机)上可靠的分布式文件系统。

**2.MapReduce**

MapReduce 是Google 为了创建网页索引提出的一种新的计算模型。MapReduce 计算 模型把计算过程分成两个阶段， Map 阶段和 Reduce 阶段。数据首先被划分成分片 (Split),然后由Map 函数进行处理，输入数据被转换成〈Key,Value) 对，然后启动 Reduce 过程 .Reduce 函数收集 (Shuffle) 具有相同Key 值的 Value 列表，进行排序汇总 等处理，生成最终结果。MapReduce 的计算过程依赖于GFS 的支持，Map 函数的执行结 果和 Reduce 函数的执行结果都写入GFS 。用户通过编写Map 函数和 Reduce 函数实现特 定的数据分析功能。MapReduce 运行时 (Runtime) 系统负责程序的并行执行，并且负责 提供系统的扩展性、容错性等功能。

MapReduce 计算模型看起来相当简单，但是 MapReduce 并没有那么简单。现在， MapReduce 的应用领域已经超越了倒排索引的创建，扩展到数据管理和分析的方方面面， 包括数据仓库即席查询 (Ad-Hoc Query)、数据挖掘、机器学习、信息检索、时空数据分 析、多媒体数据处理、社交网络分析等领域。

**3.Big Table**

Big Table是建立在GFS 上的分布式结构化数据管理系统，可以管理 PB(Petabytes)

级的数据，运行在上千节点上。Big Table技术已经在Google 的若干服务中得到应用，包 括 Web 索 引 (Web Indexing) 、Google 地球 (Google Earth) 、Google 金融 (Google Fi- nance) 等 。Big Table在数据量以及查询延迟等方面，满足上述应用的需求。



Big Table 是采用列分组 (Column Family) 技术的NoSQL 数据库.它采用多层嵌套

映射 (Map) 的数据结构，给予用户非常灵活的数据建模手段。同时，通过时间戳的支 持，可以维护一个数据项的若干版本。Big Table发布以后，成为一大批 NoSQL 数据库的 模仿对象，包括Cassandra,HBase 等。这些 NoSQL 数据库借鉴了Big Table的数据模 型、日志处理方法等相关技术。

**4.Percolator**

随着互联网变得越来越庞大，需要索引的数据量呈现指数级的增长趋势。网页数据更 新后，从整个数据集重建索引，效率越来越难以接受。 Google 研发了分布式的增量计算 模型 Percolator(Caffeine) 。Google 通过 Percolator 技术，以增量的方式更新其互联网的 索引，反映最新的 (Up to Date) 网页变化。

Percolator 建立在Big Table之上，增加了事务的概念，可以对数据库表和数据行进 行加锁 (Lock) 。 它采用类似传统数据库的触发器的机制，由数据更新引发一系列的操作， 以便对数据更新引起的索引更新进行计算。通过这种方式，基础数据的少量更新不会引起 整个索引的重新创建.只需修改与该数据关联的索引数据即可.索引更新的效率大大 提 升 。

**5.Pregel**

随着社交网络的流行，Google 需要对其用户数据中的网络关系进行分析，充分利用 社交网络分析技术，实现更好的产品和服务。 Google 提出的 Pregel 技术，是基于 BSP (Bulk Synchronous Parallel) 计算模型的图数据分布式处理框架。在这个框架中，整个计 算过程由若干超级步 (Super Step) 组成，从一个超级步，迈向下一个超级步，直到满足 终止条件，算法结束。在每个超级步S, 图节点的工作线程从图节点的 inbox 里面读取消 息，改变图节点自身的状态，然后把消息发送给其他图节点。这些消息经过同步，在超级 步 S+1, 被其他图节点接收和处理。

这个计算模型具有高效、可扩展(可以在上千个节点组成的集群上运行)和高度容错 等优点。Google 在这个框架下实现了 Page Rank、最短路径、二部图匹配 (Bipartite Matching) 等图数据处理算法，充分显示了这个计算模型的灵活性。

**6.Dremel &Tenzing**

在大数据上实现即席查询或者交互式查询是人们的梦想。由于数据量极其庞大，这个 问题变得相当困难。Google 提出 Dremel 系统解决了这个问题。

Dremel 是一个在只读数据上进行交互式即席查询分析的高度可扩展的分布式系统。 Dremel 使用多层次树状查询处理策略和列存储技术(Columnar Data Layout),实现了万 亿行 (Trillion-Row) 数据表聚集查询的秒级响应时间。 Dremel 可以运行在上千个节点 上，管理 PB 规模的数据。Dremel 是 MapReduce 计算模型的一个补充。

不同于Dremel,Tenzing 是Google 在 MapReduce平台上直接建立的支持即席查询分析的 查询引擎。Tenzing 支持大部分的SQL 功能，整个系统具有很高的扩展能力和可靠性，通过 列存储等优化技术支持查询能力的提升。Tenzing 目前在Google 内部有超过1000名用户.每 天在1.5PB数据上运行超过10000个查询.满足这些用户的即席查询和分析需求。

本质上，MapReduce 是一个数据批处理工具，很难实现交互式的响应时间，但是 Google 通过 Dremel 技术以及Tenzing 技术突破了这个局限。Dremel 系统和 Tenzing 系统 改变了人们 “MapReduce 仅仅是一个批处理工具”的成见.并且掀起了大数据交互式实 时分析技术 (SQL on Hadoop System) 的研发热潮。

**7.Mega Store**

Mega Store 基于Google 的列分组NoSQL 数据库 Big Table 创建。Mega Store的主要 目标是把 NoSQL 数据库的扩展性和传统数据库的事务处理能力结合起来。他们认为放松 数据的一致性约束，可以获得很高的系统扩展能力，但是对于普通的应用程序开发人员来 讲，保证数据的一致性变成一个很困难的问题。如果系统能够提供事务的语义支持，将极 大减轻程序员的负担。

Mega Store在细粒度的数据上提供了完全可串行化 (Serializable) 的事务语义。同 时，细粒度的数据划分保证了数据更新的同步复制，获得合理的响应时间。Mega Store 支 持数据中心之间的失败转移。通过分布式提交日志 (Distributed Commit Log).Mega Store 实现了事务的语义，这个分布式协议不是两阶段提交协议及其变种，而是使用Pax- os 协议在节点间协调对分布式提交日志的操作。

Google 的很多交互式服务都运行在 Mega Store 上，包括 Gmail.Calendar,Picasa

(现在的Google+),Android 市场(现在的 Google Play) 以 及 App Engine 等 。Mega Store 仅支持单表上多个 Key 组成的实体组的事务和一致性保证。G-Store 是提供 Key- Value 数据库中多个 Key 值的事务 ACID 的事务语义保证的另外一个系统原型。

**8.Spanner &F1**

F1 是一个新型的分布式关系数据库.Spanner 是 F1 数据库的后端部分，其目的是从 用户角度来看，F1 数据库和传统的关系数据库没有什么两样。本质上，Spanner 是一个高 度扩展的、支持多版本的、支持同步复制的分布式数据库系统。

相对于 Mega Store,Spanner 支持丰富SQL 查询语言功能.提供更高的查询性能 (Mega Store的查询响应时间一般达到几百毫秒，Spanner 则达到几十毫秒，对于只读事 务而言，响应时间甚至达到几毫秒),Spanner 支持不用加锁 (Lock Free) 的只读 (Read (nly) 事务，提供全局事务和一致性的支持。 Spanner 使 用GPS 和原子钟 (Atomic Clock), 通过Paxos 协议，获得全局的一致性。

**9.App Engine**

Google App Engine是一个由Python 应用服务器集群、Big Table数据库以及GFS 数 据存储服务组成的云计算平台。为开发者提供一体化、可升级的在线应用开发环境。从云 计算平台分类来看，App Engine 属于 PaaS 类型。用户需要开发自己的应用软件，然后部 署到 Google 提供的云计算平台上运行。

App Engine的整体架构分成四个部分：前端和静态网页文件，负责将请求转发给应 用服务器；应用服务器，负责运行多个应用实例；服务器群，主要提供数据服务功能，包 括 Data Store 和 MemCache 等，此外还有 Image,Email,URL Fetch 等服务；应用管理

节点，则负责应用程序的启动、停止和付费管理等功能。

**11.7.4** **阿** **里** **云**

阿里云是阿里巴巴集团下属的子公司，提供云计算技术和服务。它创立于2009年， 在杭州、北京、硅谷设立研发中心和运营机构。从2010年开始，阿里云开始对外开放云 计算服务。用户通过阿里云获得海量计算、存储资源以及大数据管理和处理能力，无须建 立自己的信息基础设施。在上述云计算服务能力基础上，阿里云还提供针对政府、电子商 务、金融、医疗、(O2()(Online to Offline) 等行业的解决方案。下面介绍阿里云提供的几



大核心服务，包括弹性计算、数据存储、内容分发以及大规模计算服务。

**1.** **弹性计算服务**

弹性计算服务提供虚拟节点以及集群服务，即 IaaS 服务。支持上万规模的CPU,TB

级的内存容量。多台服务器可以实现访问流量的分发和负载均衡。根据用户业务需求的变 化，在业务增长时增加虚拟机实例，并且在业务下降时自动减少虚拟机实例。每个用户的 虚拟节点以及集群处在隔离的网络环境中，拥有自己的 IP 地址范围、路由表和网关，这 样的隔离手段保证不同用户的计算不会互相影响。

**2.** **数据存储服务**

数据存储服务帮助用户实现各类数据在云平台上的存储管理和分析。整个产品线包括 云数据库 (Relational Database Service,RDS)、开放结构化数据服务 (Open Table Serv- ice,(TS) 、 分析型数据库服务、开放缓存服务 (Open Cache Serivce,(CS) 以及键值存 储服务 (K/VStore for Redis) 等。其中RDS 是一个可伸缩的在线数据库服务，实现了故 障的秒级切换，兼容传统关系数据库系统MySQL 和SQL Server。它通过优化的备份、恢 复方案提供数据可靠性保障。

**3. 存储与CDN 服务**

存储与CDN(Content Delivery Network) 服务提供了内容存储和分发能力。在存储 方面，依赖于云平台的弹性扩展能力，数据规模可以达到 PB 级别。内容分发功能则将源 站点内容分发至靠近用户的站点，缩短用户查看对象的延迟，提高用户访问网站内容的响 应速度，以及网站的可用性。

**4.** **大规模计算服务**

大规模计算服务包括开放数据处理服务 (Open Data Processing,ODP) 以及批量计 算服务等。其中，开放数据处理服务针对 TB/PB 级数据、实时性要求不高的分布式处理 需求，应用于数据分析、挖掘、商业智能等领域。批量计算服务，则适用于需要大量批处 理作业的大规模并行处理场合。

除了上述介绍的服务和产品，阿里云的服务也在不断地推陈出新，同时有些功能重复 的服务和产品有可能在将来进行整合。

**11.8** **思考题**

(1)云计算、云计算的特点。

(2)按照服务类型划分的云计算类型与典型实际系统。

(3)云计算与大数据处理的关系。

(4)服务器虚拟化、存储虚拟化、网络虚拟化。

(5)主流的虚拟化产品及其特色。

(6)Openstack 的主要组件和功能。

(7)Amazon 云计算服务。

(8)Google 云计算服务。

**(9)微软云计算服务。**

**(10)阿里云云计算服务。**