

# 云计算与虚拟化技术

## 第2讲：虚拟化技术

阮晓龙

13938213680 / rxl@hactcm.edu.cn

<http://cloud.xg.hactcm.edu.cn>  
<http://www.51xueweb.cn>

河南中医药大学信息管理与信息系统教研室  
信息技术学院网络与信息系统科研工作室

2021.8

# 讨论提纲

- 虚拟化技术概述
- 架构模式
  - 传统基础架构模式
  - 虚拟基础架构模式
- 服务器虚拟化
- 存储虚拟化
- 网络虚拟化
- 主流虚拟化产品
  - 服务器虚拟化产品
  - 桌面虚拟化产品



# 1.虚拟化技术概述

## 1.1什么是虚拟化技术

- 虚拟化技术（Virtualization）是伴随着计算机技术的产生而出现的，在计算机技术的发展历程中一直扮演着重要的角色。
  - 从20世纪50年代虚拟化概念的提出，到20世纪60年代IBM公司在大型机上实现了虚拟化的商用，从操作系统的虚拟化到Java语言虚拟机，再到目前基于x86体系结构的服务器虚拟化技术的蓬勃发展，都为虚拟化这一看似抽象的概念添加了极其丰富的内涵。



# 1.虚拟化技术概述

## 1.1什么是虚拟化技术

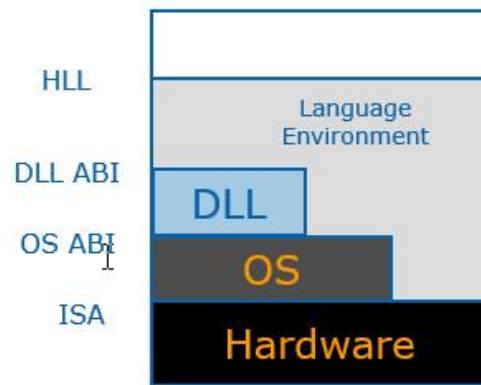
- 虚拟化，是指通过虚拟化技术将一台计算机虚拟为多台**逻辑计算机**。
  - 在一台计算机上同时运行多个逻辑计算机，每个逻辑计算机可运行不同的操作系统，并且应用程序都可以在相互独立的空间内运行而互不影响，从而显著提高计算机的工作效率。
- 虚拟化，是一种**资源管理技术**，是将计算机的各种实体资源。
  - 如服务器、网络、内存及存储等，予以抽象、转换后呈现出来，打破实体结构间的不可切割的障碍，使用户可以比原本的组态更好的方式来应用这些资源。



# 1.虚拟化技术概述

## 1.1什么是虚拟化技术

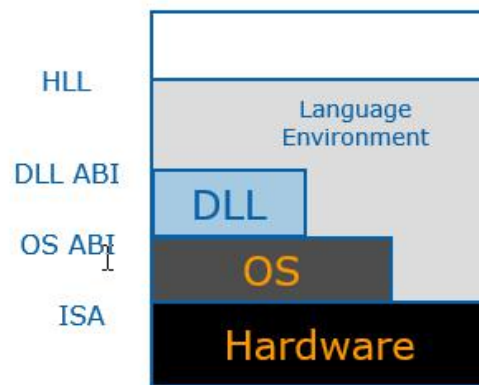
- ❑ 计算机系统是一个庞大的整体，整个系统非常复杂，因此计算机系统被自下而上分为多个层次，每一个层次都像上一个层次呈现一个抽象，并且每一层只需要知道下层抽象的接口，并不需要了解其内部机制。
- ❑ 虚拟化技术就是下层的软件模块，根据上层软件模块的需求，抽象出一个虚拟的软件或者硬件接口，使上一层软件可以运行在与自己所期待的运行环境完全一致的虚拟环境中。
- ❑ 虚拟化可以发生在各个层次上。
- ❑ 通常有**四个层次的虚拟化**。



# 1.虚拟化技术概述

## 1.1什么是虚拟化技术

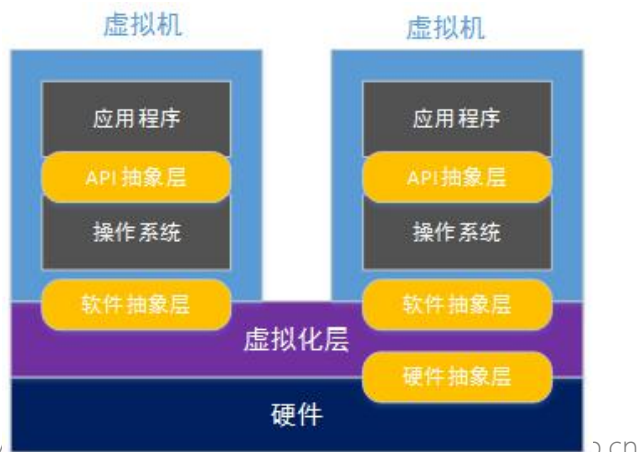
- 硬件抽象层上的虚拟化
  - 通过虚拟硬件抽象层来实现虚拟机，为客户机操作系统呈现和物理硬件相同或相近的硬件抽象层。
- 操作系统层上的虚拟化
  - 操作系统的内核可以提供多个互相隔离的用户态实例。
- 库函数层上的虚拟化
  - 通过虚拟化操作系统的应用级库函数的接口服务，使得应用程序不需要修改，就可以在不同的操作系统中无缝运行，从而提高系统间的互操作性。
- 编程语言层上的虚拟化
  - 编程语言层上的虚拟机称为语言级虚拟机，如JVM。运行进程级作业，不针对硬件上存在的体系结构，而是一个虚拟体系结构。



# 1.虚拟化技术概述

## 1.1什么是虚拟化技术

- 虚拟化使用软件的方法重新定义划分IT资源，可以实现IT资源的动态分配、灵活调度、跨域共享，提高IT资源利用率，使IT资源能够真正成为社会基础设施，服务于各行各业中灵活多变的应用需求。
- 虚拟化技术主要用来解决高性能的物理硬件产能过剩和老的旧的硬件产能过低的重组重用，透明化底层物理硬件，从而最大化的利用物理硬件，简单来说就是将底层资源进行分区，并向上层提供特定的和多样化的执行环境。



# 1.虚拟化技术概述

## 1.1什么是虚拟化技术

- 数据中心是云计算技术的核心，随着数据中心规模不断增大、成本逐渐上升、管理日趋复杂。
- 数据中心为运营商带来巨大利益的同时，也带来了管理和运营等方面的重大挑战。
  - 传统数据中心网络不能满足虚拟数据中心网络高速、扁平、虚拟化的要求。
  - 传统数据中心采用的多种技术，以及业务之间的孤立性，使得数据中心网络结构复杂，存在相对独立的三张网，包括数据网、存储网和高性能计算网，以及多个对外I/O接口。这些对外I/O接口中，数据中心的前端访问接口通常采用以太网进行互连，构成高速的数据网络。数据中心后端的存储则多采用NAS、FC-SAN等接口。服务器的并行计算和高性能计算则需要低延迟接口和架构，如infiniband接口。
  - 以上这些因素，导致服务器之间存在操作系统和上层软件异构、接口与数据格式的不统一等问题。





# 1.虚拟化技术概述

## 1.1什么是虚拟化技术

### □ 数据中心虚拟化

- 随着云计算的发展，传统的数据中心逐渐过渡到虚拟化数据中心，即采用虚拟化技术将原来数据中心的物理资源进行抽象整合。
- 数据中心的虚拟化可以实现资源的动态分配和调度，提高现有资源的利用率和服务可靠性；可以提供自动化的服务开通能力，降低运维成本；具有有效的安全机制和可靠性机制，满足公众客户和企业客户的安全需求；同时也可以方便系统升级、迁移和改造。



# 1.虚拟化技术概述

## 1.1什么是虚拟化技术

### □ 数据中心虚拟化

- 数据中心虚拟化是通过服务器虚拟化、存储虚拟化和网络虚拟化实现的。
- 服务器虚拟化在云计算中是最重要和最关键的，是将一个或多个物理服务器虚拟成多个逻辑上的服务器，集中管理，能跨越物理平台而不受物理平台的限制。
- 存储虚拟化是把分布的异构存储设备统一为一个或几个大的存储池，方便用户的使用和管理。
- 网络虚拟化是在底层物理网络和网络用户之间增加一个抽象层，该抽象层向下对物理网络资源进行分割，向上提供虚拟网络。



# 1.虚拟化技术概述

## 1.2虚拟化技术发展历程

- 虚拟化技术具有悠久的历史，20世纪60年代为提高硬件利用率对大型机硬件进行分区就是最早的虚拟化。
  - 经过多年的发展，业界已经形成多种虚拟化技术，包括服务器虚拟化、网络虚拟化、存储虚拟化、桌面虚拟化等，与之相关的虚拟化运营管理技术也被广泛研究，虚拟化技术的具体发展历程及相关重大标志性事件叙述如后。



# 1.虚拟化技术概述

## 1.2虚拟化技术发展历程

### □ 萌芽阶段

- 1959年6月的国际信息处理大会(International Conference on Information Processing), 计算机科学家Christopher发表的论文《大型高速计算机中的时间共享》(Time Sharing in Large Fast Computers) 中首次提出并论述了虚拟化技术。
- 1970年IBM推出的System/370中率先使用了虚拟存储器。
- 1987年加利福尼亚大学的David APatterson、Garth AGibson和Randy Katz描述了一个由廉价磁盘组成的冗余阵列, 即RAID。如今的先进卷管理程序已经成为每一款操作系统不可或缺的一部分, RAID技术已成为每一个磁盘子系统的核心。



# 1.虚拟化技术概述

## 1.2虚拟化技术发展历程

### □ 形成阶段

- x86平台服务器虚拟化技术逐步发展，存储虚拟化从NAS/SAN向VTL发展，网络虚拟化随着服务器虚拟化而出现。
- 1998年VMware公司成立，1999年Xen相关研究起步。
- 2001年VMware推出ESX Server，以RedHat 7.2为基础，成为一个真正的虚拟平台。ESX Server的出现，正式宣告VMware进入虚拟企业界领域。
- 2003年VMware推出虚拟环境管理平台Virtual Center，包括Virtual SMP技术。
- 2000年，NAS和SAN兴起，并引发了VTL、复制和重复数据删除等许多利用池存储或远程存储的新技术的开发。



# 1.虚拟化技术概述

## 1.2虚拟化技术发展历程

### □ 商用阶段

- 2005年8月Intel首次公布了其硬件虚拟化技术细节，并于2005年11月宣布其VT技术已商用。
- 2006年5月，AMD硬件虚拟化技术SVM首款商用产品Athlon 64问世。



# 1.虚拟化技术概述

## 1.2虚拟化技术发展历程

### □ 成熟阶段

- x86虚拟化技术进一步发展并商用，竞争激烈，桌面和应用虚拟化逐渐成为虚拟化领域的热点。
- 2009年2月，Citrix发布免费版本的企业级XenServer平台，其中具备管理工具XenCenter和实时迁移功能XenMotion，并于5月发布其更新版本XenServer 5.5，对管理功能进行了强化，Citrix公司于2015年1月发布了全64位的XenServer 6.5。
- 2009年3月，Cisco推动了虚拟化市场的硬件发展，宣布推出统一计算系统(UCS)，它结合了服务器和网络硬件，还有管理软件。在8月举行的VMworld 2009大会上，Cisco UCS获得了硬件类的金奖，证明了其显著整合运行在数据中心硬件的能力。



# 1.虚拟化技术概述

## 1.2虚拟化技术发展历程

### □ 成熟阶段

- 2009年4月，VMware推出vSphere 4.0，这是一款划时代的全面虚拟化解决方案，目前较新的版本为6.7，而其5.5版本是应用较为成熟的一个版本。
- 2009年5月，微软发布Hyper-V R2，这个版本对第一个版本的Hyper-V作出了重要改进，提供热迁移、集群共享卷和其他高级功能。更重要的是这些功能将微软与VMware放在相同地位上，从而显著改变了整个虚拟化市场格局。





# 1.虚拟化技术概述

## 1.3虚拟化技术的分类

- 在虚拟化技术中，被虚拟的实体是各种各样的IT资源。如果按照这些资源的类型分类，可以梳理出不同类型的虚拟化。
- 虚拟化常见的类型有：
  - 服务器虚拟化
  - 桌面虚拟化
  - 存储虚拟化
  - 网络虚拟化
  - 应用虚拟化
  - ... ..



## 2. 架构模式

### 2.1 传统基础架构模式

- 传统的IT基础平台采用分散建设的模式，其IT基础平台的典型的做法是网络集中管理，信息系统根据业务的重要程度，对数据进行分块化，数据存储进行分级化处理。
- 传统IT系统基础架构普遍存在以下几个突出问题：
  - 硬件资源利用率低下和资源紧张并存；
  - IT资源部署周期长，难以快速满足业务需求；
  - 机房空间、电力供应紧张。



## 2. 架构模式

### 2.2 虚拟基础架构模式

- 所谓虚拟基础架构，就是以一台或者多台服务器作为物理机资源，借助虚拟化软件在物理机上构建多个虚拟机平台。
- 借助虚拟机，用户可以在多台虚拟机之间共享单台物理机的资源，资源在多个虚拟机和应用程序之间进行共享，从而实现资源的高效利用。
- 虚拟基础架构包括以下组件：
  - 裸机管理程序，可使每台物理服务器实现全面虚拟化；
  - 虚拟基础架构服务（如资源管理和整合备份等），可在虚拟机之间使可用资源达到最优配置；
  - 若干自动化解决方案，通过提供特殊功能来优化特定 IT 流程，如资源自动部署或灾难恢复等。



## 2.架构模式

### 2.2虚拟基础架构模式

- 虚拟基础架构具有以下效益：
  - 标准化软硬件配置和资源部署流程
  - IT资源管理集中化
  - 设备资源利用率显著提高
  - 响应“绿色行动计划”，空间占用率和电力消耗大幅下降
  - 自动化的软硬件资源部署，显著缩短系统交付时间
  - 资源全局共享，提高系统整体可用性，有效保证数据安全性
  - 集中化管理，系统易于维护



## 3.服务器虚拟化

### 3.1服务器虚拟化的概念

- 服务器虚拟化的概念并不统一，服务器虚拟化技术有两个方向，一种是把一个物理的服务器虚拟成若干个独立的逻辑服务器，比如分区；另一个是把若干分散的物理服务器虚拟为一个大的逻辑服务器，比如网格技术。
  - 本讲关注的服务器虚拟化是通过虚拟化层的实现，使得多个虚拟机在同一物理机上独立并行运行。
  - 每个虚拟机都有自己的一套虚拟硬件，可以在这些硬件中加载操作系统和应用程序。
  - 不同的虚拟机加载的操作系统和应用程序可以是不同的。
  - 无论实际上采用了什么样的物理硬件，操作系统都将它们视为一组一致、标准化的硬件。



## 3.服务器虚拟化

### 3.1服务器虚拟化的概念

- ❑ 服务器虚拟化（Server Virtualization）就是将虚拟化技术应用于服务器，将一台服务器虚拟成若干虚拟服务器，在该服务器上可以支持多个操作系统同时运行。可以简单地理解为将物理机、操作系统及其应用程序“打包”成一个文件，称之为虚拟机。
- ❑ 服务器虚拟技术为虚拟化了的服务器提供能够支持其运行的软硬件资源抽象，包括虚拟BIOS、虚拟处理器、虚拟内存、虚拟设备与I/O，并可为虚拟机提供良好的隔离性和安全性。



## 3.服务器虚拟化

### 3.1服务器虚拟化的概念

#### □ 举例：

- 在采用服务器虚拟化之前，三个不同的操作系统及应用分别运行在三台独立的物理服务器上。在采用服务器虚拟化之后，这三个操作系统及应用运行在三个独立的虚拟服务器上，而这三个虚拟服务器可以被一台物理服务器托管，服务器虚拟化实现了在单一物理服务器上运行多个虚拟服务器。



## 3.服务器虚拟化

### 3.2服务器虚拟化的层次

- 根据虚拟化层实现方式的不同，将服务器虚拟化分为寄居虚拟化和裸机虚拟化两种分类方法。
- 寄居虚拟化
  - 寄居虚拟化的虚拟化层一般称为虚拟机监控器（VMM）。
    - VMM安装在已有的主机操作系统（宿主操作系统）上。
    - 通过宿主操作系统来管理和访问各类资源（如文件和各类I/O设备等）。
    - 这类虚拟化架构系统损耗比较大。
  - 就操作系统层的虚拟化而言，没有独立的Hypervisor层。
    - 主机操作系统负责在多个虚拟服务器之间分配硬件资源，并且让这些服务器彼此独立。
    - 一个明显的区别是，如果使用操作系统层虚拟化，所有虚拟服务器必须运行同一操作系统（不过每个实例有各自的应用程序和用户账户）。
    - 虽然操作系统层虚拟化的灵活性比较差，但本机速度性能比较高。
    - 由于架构在所有虚拟服务器上，使用单一标准的操作系统，管理起来比异构环境要容易。





## 3.服务器虚拟化

### 3.2服务器虚拟化的层次

- 根据虚拟化层实现方式的不同，将服务器虚拟化分为寄居虚拟化和裸机虚拟化两种分类方法。
- 寄居虚拟化

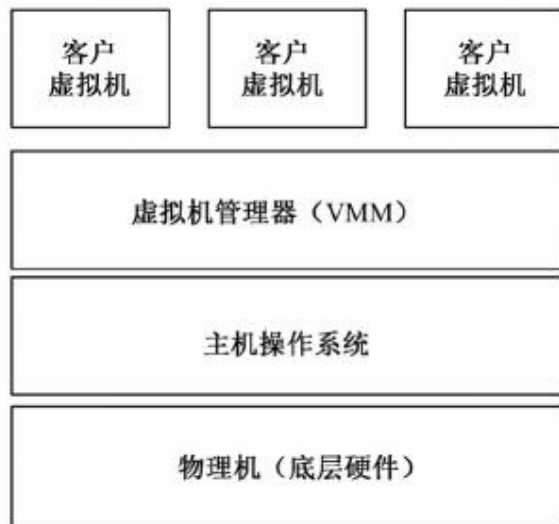


图7-1 寄居虚拟化架构



## 3.服务器虚拟化

### 3.2服务器虚拟化的层次

- 根据虚拟化层实现方式的不同，将服务器虚拟化分为寄居虚拟化和裸机虚拟化两种分类方法。
- 裸机虚拟化
  - 裸机虚拟化架构不需要在服务器上先安装操作系统，而是直接将VMM安装在服务器硬件设备中，本质上该架构中的VMM也可以认为是一个操作系统，一般称为 Hypervisor，只不过是轻量级的操作系统（实现核心功能）。

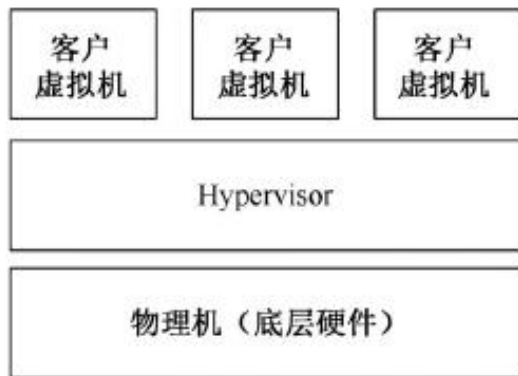


图7-2 裸机虚拟化架构



# 3.服务器虚拟化

## 3.2服务器虚拟化的层次

- 根据虚拟化层实现方式的不同，将服务器虚拟化分为寄居虚拟化和裸机虚拟化两种分类方法。
- 裸机虚拟化
  - Hypervisor实现从虚拟资源到物理资源的映射。
    - 当虚拟机中的操作系统通过特权指令访问关键系统资源时，Hypervisor将接管其请求，并进行相应的模拟处理。
    - 为了使这种机制能够有效地运行，每条特权指令的执行都需要产生“自陷”，以便Hypervisor能够捕获该指令，从而使VMM能够模拟执行相应的指令。
  - Hypervisor模拟特权指令的执行，并将处理结果返回给指定的客户虚拟系统，实现了不同虚拟机的运行上下文保护与切换，能够虚拟出多个硬件系统，保证了各个客户虚拟系统的有效隔离。



## 3.服务器虚拟化

### 3.2服务器虚拟化的层次

- 根据虚拟化层实现方式的不同，将服务器虚拟化分为寄居虚拟化和裸机虚拟化两种分类方法。
- 裸机虚拟化
  - 由于x86体系结构的处理器并不是完全支持虚拟化的，某些x86特权指令在低特权级上下文执行时，不能产生自陷，导致VMM无法直接捕获特权指令。
  - 目前针对这一问题的解决方案主要有基于动态指令转换或硬件辅助的**完全虚拟化技术和半虚拟化技术**两种。



## 3.服务器虚拟化

### 3.2服务器虚拟化的层次

#### □ 完全虚拟化

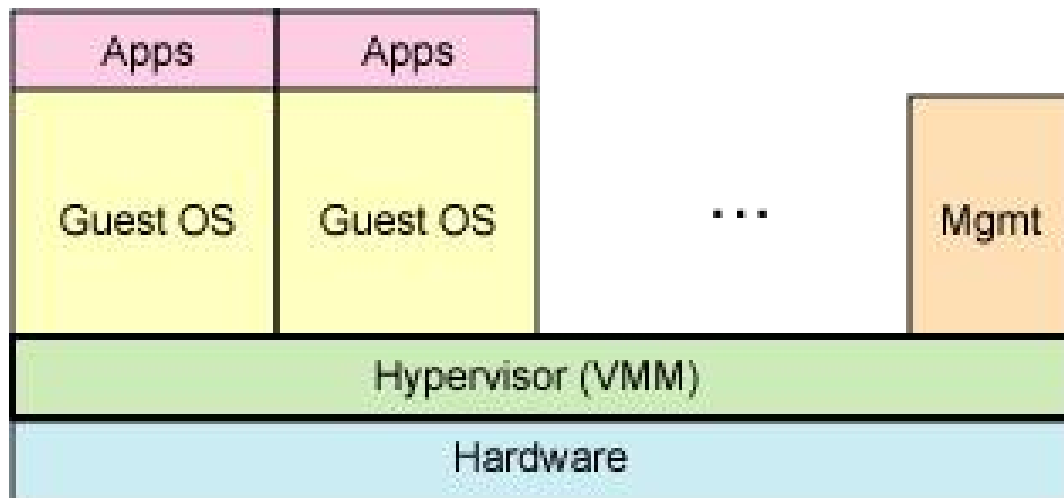
- 完全虚拟化是对真实物理服务器的完整模拟，在上层操作系统看来，虚拟机与物理平台没有区别，操作系统察觉不到是否运行在虚拟平台之上，也无须进行任何更改。
- 完全虚拟化具有很好的兼容性，在服务器虚拟化中得到广泛应用。通过使用Hypervisor中间层软件，在虚拟服务器和底层硬件之间建立一个抽象层。Hypervisor可以捕获CPU指令，为指令访问硬件控制器和外设充当中介。
- 完全虚拟化技术几乎能让任何一款操作系统不用改动就能安装到虚拟服务器上，而它们不知道自己运行在虚拟化环境下。但是性能方面不如裸机，毕竟Hypervisor需要占用一些资源，给处理器带来额外开销。
- 在完全虚拟化的环境下，Hypervisor运行在裸硬件上，充当主机操作系统，而由Hypervisor管理的虚拟服务器运行客户端操作系统(Guest OS)。



## 3.服务器虚拟化

### 3.2服务器虚拟化的层次

#### □ 完全虚拟化



## 3.服务器虚拟化

### 3.2服务器虚拟化的层次

#### □ 半虚拟化

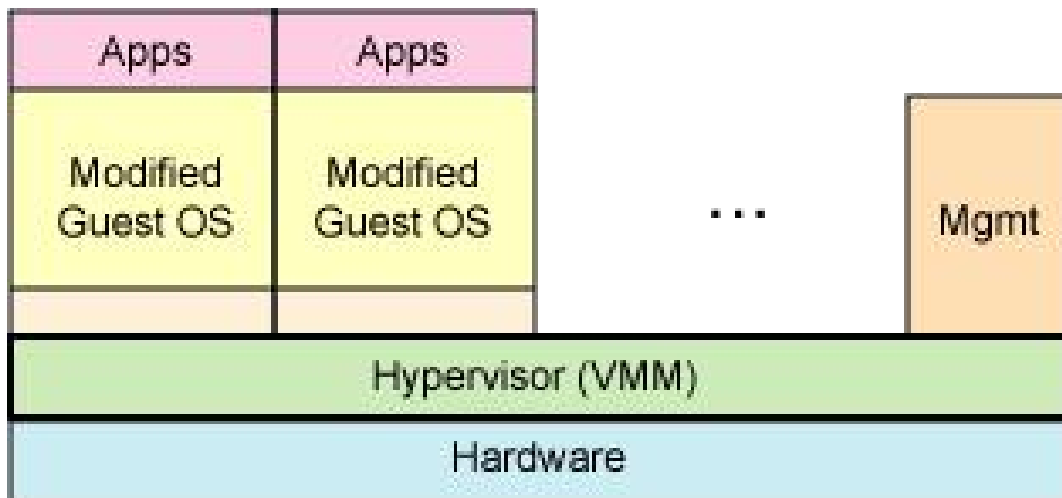
- 半虚拟化技术有时也被称为准虚拟化，其通过修改操作系统代码使特权指令产生自陷。半虚拟化技术最初由Denali和Xen项目在x86体系架构上实现。通过对客户操作系统的内核进行适当的修改，使其能够在VMM的管理下尽可能地直接访问本地硬件平台。
- 半虚拟化技术通过改动客户操作系统，让它以为自己运行在虚拟环境下，能够与Hypervisor协同工作，降低了由于虚拟化而产生的系统性能损失。
- 半虚拟化技术的优点是性能高，经过半虚拟化处理的服务器可与Hypervisor协同工作，其响应能力几乎不亚于未经过虚拟化处理的服务器。它的客户操作系统(Guest OS)集成了虚拟化方面的代码。该方法无需重新编译或引起陷阱，因为操作系统自身能够与虚拟进程进行很好的协作。



## 3.服务器虚拟化

### 3.2服务器虚拟化的层次

#### □ 半虚拟化





## 3.服务器虚拟化

### 3.3服务器虚拟化的底层实现

#### □ CPU虚拟化

- CPU虚拟化技术把物理CPU抽象成虚拟CPU，任意时刻，一个物理CPU只能运行一个虚拟CPU指令。每个客户操作系统可以使用一个或多个虚拟CPU，在各个操作系统之间，虚拟CPU的运行相互隔离且互不影响。
- CPU虚拟化需要解决正确运行和调度两个关键问题。
  - 虚拟CPU的正确运行是要保证虚拟机指令正确运行，即操作系统要在虚拟化环境中执行特权指令功能，而且各个虚拟机之间不能相互影响。现有的实现技术包括模拟执行和监控执行。
  - 调度问题是指VMM决定当前哪个虚拟CPU在物理CPU上运行，要保证隔离性、公平性和性能。



## 3.服务器虚拟化

### 3.3服务器虚拟化的底层实现

#### □ 内存虚拟化

- 内存虚拟化技术把物理内存统一管理，包装成多个虚拟的物理内存提供给若干虚拟机使用，每个虚拟机拥有各自独立的内存空间。内存虚拟化也是虚拟机管理器的主要功能之一。
- 内存虚拟化的实现思路主要是分块共享，内存共享的核心思想是内存页面的写时复制（Copy on Write）。虚拟机管理器完成并维护物理机内存和虚拟机所使用的内存的映射关系。
- 与真实的物理机相比，虚拟内存的管理包括3种地址：机器地址、物理地址和虚拟地址。一般来说，虚拟机与虚拟机、虚拟机与虚拟机管理器之间的内存要相互隔离。



## 3.服务器虚拟化

### 3.3服务器虚拟化的底层实现

#### □ I/O设备虚拟化

- I/O设备的异构性和多样性，导致I/O设备的虚拟化相较于CPU和内存的虚拟化要困难和复杂。I/O设备虚拟化技术把真实的设备统一管理起来，包装成多个虚拟设备给若干个虚拟机使用，响应每个虚拟机的设备访问请求和I/O请求。
- I/O设备虚拟化同样是由VMM进行管理的，主要有全虚拟化、半虚拟化和软件模拟三种实现思路。目前主流的设备与I/O虚拟化大多是通过软件方式来实现的。



## 3.服务器虚拟化

### 3.4虚拟机迁移

- 虚拟机迁移是将虚拟机实例从源宿主机迁移到目标宿主机，并且在目标宿主机上能够将虚拟机运行状态恢复到其在迁移之前相同的状态，以便能够继续完成应用程序的任务。

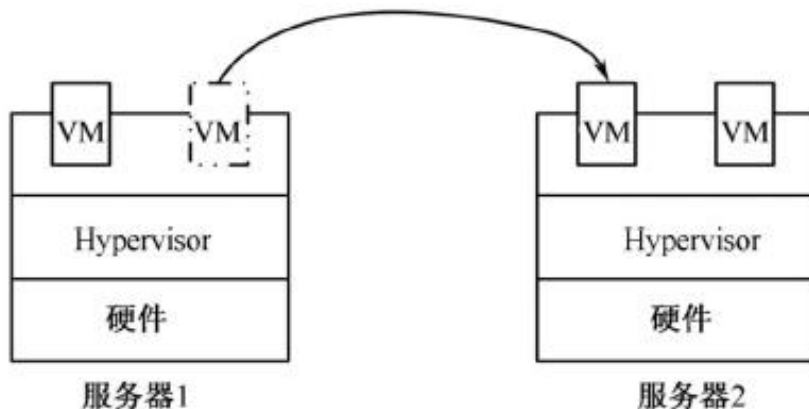


图7-3 虚拟机迁移示意图



## 3.服务器虚拟化

### 3.4虚拟机迁移

- 虚拟机迁移对云计算具有重大的意义，可以保证云端的负载均衡，增强系统错误容忍度，当发生故障时，也能有效恢复。
- 从是否有计划的角度看，虚拟机迁移包括有：
  - 计划迁移
  - 针对突发事件的迁移
- 从虚拟机迁移的源与目的地角度来看，虚拟机迁移包括：
  - 物理机到虚拟机的迁移 (Physical-to-Virtual, P2V)
  - 虚拟机到虚拟机的迁移 (Virtual-to-Virtual, V2V)
  - 虚拟机到物理机的迁移 (Virtual-to-Physical, V2P)



## 3.服务器虚拟化

### 3.4虚拟机迁移

#### □ 虚拟机动态迁移

- 在云计算中，虚拟机到虚拟机的迁移是关注的重点。
- 实时迁移（Live Migration），就是保持虚拟机运行的同时，把它从一个计算机迁移到另一个计算机，并在目的计算机恢复运行的技术。
- 动态实时迁移对云计算来讲至关重要，这是因为：
  - 第一，云计算中心的物理服务器负载经常处于动态变化中，当一台物理服务器负载过大时，比如，某时出现一个用户请求高峰期，若此刻不可能提供额外的物理服务器，管理员可以将其上面的虚拟机迁移到其他服务器，达到负载平衡；
  - 第二，云计算中心的物理服务器有时候需要定期进行升级维护，当升级维护服务器时，管理员可以将其上面的虚拟机迁移到其他服务器，等升级维护完成之后，再把虚拟机迁移回来。



## 3.服务器虚拟化

### 3.4虚拟机迁移

#### □ 虚拟机动态迁移

- 虚拟机的迁移包括它的完整的状态和资源的迁移，为了保证迁移后的虚拟机能够在新的计算机上恢复且继续运行，必须要向目的计算机传送足够多的信息，如磁盘、内存、CPU状态、I/O设备等。
- 其中，内存的迁移最有难度和挑战性，因为内存中的信息必不可少而且数据量比较大，CPU状态和I/O设备虽然也很重要，但是它们只占迁移总数据量很少的一部分，而磁盘的迁移最为简单，在局域网内可以通过NFS (Network File System) 的方式共享，而非真正迁移。



## 3.服务器虚拟化

### 3.4虚拟机迁移

#### □ 迁移的内容

##### ■ 内存的迁移

- 内存的迁移是虚拟机迁移最困难的部分。理论上，为了实现虚拟机的实时迁移，一个完整的内存迁移的过程可以分为以下三个阶段。
  - 第一阶段，Push阶段。在VM运行的同时，将它的一些内存页面通过网络复制到目的机器上。为了保证内容的一致性，被修改过的页需要重传。
  - 第二阶段，Stop-and-Copy阶段。VM停止工作，把剩下的页面复制到目的计算机上，然后在目的计算机上启动新的VM。
  - 第三阶段，Pull阶段。新的虚拟机运行过程中，如果访问到未被复制的页面，就会出现页错误并从原来的VM处把该页复制过来。





## 3.服务器虚拟化

### 3.4虚拟机迁移

#### □ 迁移的内容

##### ■ 网络资源的迁移

- 虚拟机这种系统级别的封装方式意味着迁移时VM的所有网络设备，包括协议状态（如TCP连接状态）以及IP地址都要随之一起迁移。
- 在局域网内，可以通过发送ARP重定向包，将VM的IP地址与目的机器的MAC地址相绑定，之后的所有包就可以发送到目的机器上。



## 3.服务器虚拟化

### 3.4虚拟机迁移

#### □ 迁移的内容

##### ■ 存储设备的迁移

- 迁移存储设备的最大障碍在于需要占用大量时间和网络带宽，通常的解决办法是以共享的方式共享数据和文件系统，而非真正迁移。
- 目前大多数集群使用NAS（Network Attached Storage，网络连接存储）作为存储设备共享数据。NAS实际上是一个带有瘦服务器的存储设备，其作用类似于一个专用的文件服务器。
- 在局域网环境下，NAS已经完全可以实现异构平台之间，如NT、UNIX等的数据级共享。基于以上的考虑，Xen并没有实现存储设备的迁移，实时迁移的对象必须共享文件系统。



## 3.服务器虚拟化

### 3.5虚拟机隔离技术

- 虚拟机隔离是指虚拟机之间在没有授权许可的情况下，互相之间不可通信、不可联系的一种技术。
  - 从软件角度讲，互相隔离的虚拟机之间保持独立，如同一个完整的计算机；
  - 从硬件角度讲，被隔离的虚拟机相当于一台物理机，有自己的CPU、内存、硬盘、I/O等，它与宿主机之间保持互相独立的状态。
  - 从网络角度讲，被隔离的虚拟机如同物理机一样，既可以对外提供网络服务，也可以从外界接受网络服务。
- 虚拟机隔离是确保虚拟机之间安全与可靠性的一种重要手段。
  - 现有虚拟机隔离机制主要包括：网络隔离；构建虚拟机安全文件防护网；基于访问控制的逻辑隔离机制；通过硬件虚拟，让每个虚拟机无法突破虚拟机管理器给出的资源限制；硬件提供的内存保护机制；进程地址空间的保护机制，IP地址隔离。



## 4.存储虚拟化

### 4.1存储虚拟化的概念

- 存储虚拟化是指将存储网络中的各个分散且异构的存储设备按照一定的策略映射成一个统一的连续编址的逻辑存储空间，称为虚拟存储池。
  - 虚拟存储池可跨多个存储子系统，并将虚拟存储池的访问接口提供给应用系统。
  - 逻辑卷与物理存储设备之间的这种映射操作是由置入存储网络中的专门的虚拟化引擎来实现和管理的。
  - 虚拟化引擎可以屏蔽掉所有存储设备的物理特性，使得存储网络中的所有存储设备对应用服务器是透明的，应用服务器只与分配给它们的逻辑卷打交道，而不需要关心数据是在哪个物理存储设备上。



## 4. 存储虚拟化

### 4.1 存储虚拟化的概念

- 存储虚拟化将系统中分散的存储资源整合起来，利用有限的物理资源提供大的虚拟存储空间，提高了存储资源利用率，降低了单位存储空间的成本，降低了存储管理的负担和复杂性。
  - 在虚拟层通过使用数据镜像、数据校验和多路径等技术，提高了数据的可靠性及系统的可用性。
  - 同时，还可以利用负载均衡、数据迁移、数据块重组等技术提升系统的潜在性能。
  - 另外，存储虚拟化技术可以通过整合和重组底层物理资源，从而得到多种不同性能和可靠性的新的虚拟设备，以满足多种存储应用的需求。



## 4.存储虚拟化

### 4.1存储虚拟化的概念

- 所谓存储虚拟化是将实际物理存储实体与存储的逻辑表示分离开来，应用服务器只与分配给它们的逻辑卷打交道，而不关心数据是存储于哪个物理存储实体上。
  - 虚拟存储是介于物理存储与用户间的一个中间层，这个中间层屏蔽了实体物理存储设备的物理特性，呈现给用户的是逻辑存储设备。
  - 用户所看到的和所管理的存储空间不是实体的物理存储设备，而是通过虚拟存储层映射来实现对实体物理存储设备进行管理和使用的。
  - 对用户来说，虚拟化的存储资源就像是一个巨大的“存储池”，用户不会看到具体的磁盘、磁带，也不必关心自己的数据经过哪一条路径通往哪一个具体的存储设备。



# 4.存储虚拟化

## 4.2存储虚拟化的模型

### □ 存储虚拟化的一般模型

- 一般来说，虚拟化存储系统在原有存储系统结构上增加了虚拟化层，将多个存储单元抽象成一个虚拟存储池，存储单元可以是异构，可以是直接的存储设备，也可以是基于网络的存储设备或系统。
- 存储用户通过虚拟化层提供的接口向虚拟存储池提出虚拟请求，虚拟化层对这些请求进行处理后将相应的请求映射到具体的存储单元。使用虚拟化的存储系统的优势在于可以减少存储系统的管理开销、实现存储系统数据共享、提供透明的高可靠性和可扩展性等。
- 目前，实现存储虚拟化的方式主要有三种：基于主机的存储虚拟化、基于存储设备的存储虚拟化、基于网络的存储虚拟化。



# 4. 存储虚拟化

## 4.2 存储虚拟化的模型

### □ 存储虚拟化的一般模型

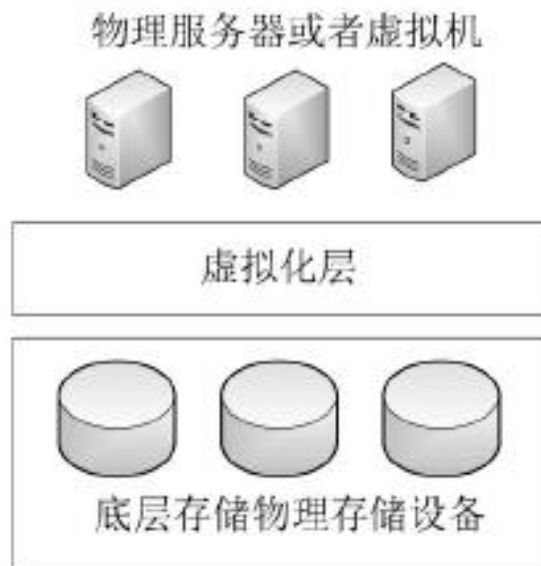


图7-5 存储虚拟化一般模型





## 4. 存储虚拟化

### 4.2 存储虚拟化的模型

#### □ 基于主机的存储虚拟化

- 基于主机的存储虚拟化，也称基于服务器的存储虚拟化或者基于系统卷管理器的存储虚拟化，其一般是通过逻辑卷管理来实现的。虚拟机为物理卷映射到逻辑卷提供了一个虚拟层。虚拟机主要功能是在系统和应用级上完成多台主机之间的数据存储共享、存储资源管理（存储媒介、卷及文件管理）、数据复制及迁移、集群系统、远程备份及灾难恢复等存储管理任务。
- 基于主机的存储虚拟化不需要任何附加硬件。虚拟化层作为扩展的驱动模块，以软件的形式嵌入操作系统中，为连接到各种存储设备，如磁盘、磁盘阵列等，提供必要的控制功能。主机的操作系统就好像与一个单一的存储设备直接通信一样。



## 4. 存储虚拟化

### 4.2 存储虚拟化的模型

#### □ 基于主机的存储虚拟化

- 目前，已经有比较成熟的基于主机的存储虚拟化的软件产品，这些软件一般都提供了非常方便的图形化管理界面，可以很方便地进行存储虚拟化管理。从这一点上看，基于主机的存储虚拟化是一种性价比比较高的方法，但这种虚拟化方案往往具有可扩展性差、不支持异构平台等缺点。
- 对于支持集群的虚拟化方案，为了确保元数据的一致性和完整性，往往需要在各主机间进行频繁的通信和采用锁机制，这就使得性能下降，可扩展性也比较差。同时，由于其一般都采用对称式的结构，就使得其很难支持异构平台。



## 4.存储虚拟化

### 4.2存储虚拟化的模型

#### □ 基于存储设备的存储虚拟化

- 基于存储设备的存储虚拟化，也称基于存储控制器的存储虚拟化。它主要是在存储设备的磁盘、适配器或者控制器上实现虚拟化功能。
- 目前，有很多的存储设备（如磁盘阵列等）的内部都有功能比较强的处理器，且都带有专门的嵌入式系统，可以在存储子系统的内部进行存储虚拟化，对外提供虚拟化磁盘，比如支持RAID的磁盘阵列等。这类存储子系统与主机无关，对系统性能的影响比较小，也比较容易管理，同时，它对用户和管理人员都是透明的。
- 基于存储设备的存储虚拟化依赖于提供相关功能的存储模块，往往需要第三方的虚拟软件，否则，其通常只能提供一种且不完全的存储虚拟化方案。对于包含有多家厂商提供异构的存储设备的SAN存储系统，基于存储设备的存储虚拟化方法的效果不是很好，而且这种设备往往规模有限并且不能进行级连，这就使得虚拟存储设备的可扩展性比较差。



# 4.存储虚拟化

## 4.2存储虚拟化的模型

### □ 基于网络的存储虚拟化

- 基于网络的存储虚拟化方法是在网络设备上实现存储虚拟化功能，包括基于互连设备和基于路由器两种方式。
- **基于互连设备的虚拟化方法**能够在专用服务器上运行，它在标准操作系统中运行，和主机的虚拟存储一样具有易使用、设备便宜等优点。同样，它也具有基于主机虚拟存储的一些缺点，因为基于互连设备的虚拟化方法同样需要一个运行在主机上的代理软件或基于主机的适配器，如果主机发生故障或者主机配置不合适都可能导致访问到不被保护的数据。



## 4. 存储虚拟化

### 4.2 存储虚拟化的模型

#### □ 基于网络的存储虚拟化

- 基于网络的存储虚拟化方法是在网络设备上实现存储虚拟化功能，包括基于互连设备和基于路由器两种方式。
- **基于路由器的虚拟化方法**指的是在路由器固件上实现虚拟存储功能。为了截取网络中所有从主机到存储系统的命令，需要将路由器放置在每个主机到存储网络的数据通道之间，由于路由器能够为每台主机服务，大部分控制模块存储在路由器的固件里面，相对于上述几种方式，基于路由器的虚拟化在性能、效果和安全方面都要好一些。当然，基于路由器的虚拟化方法也有缺点，如果连接主机到存储网络的路由器出现故障，也可能会使主机上的数据不能被访问，但是只有与故障路由器连接在一起的主机才会受到影响，其余的主机还是可以用其他路由器访问存储系统，且路由器的冗余还能够支持动态多路径。



## 4.存储虚拟化

### 4.3存储虚拟化的作用

- 异构存储设备整合
  - 不同厂商、不同品牌及不同等级的存储设备整合，是存储虚拟化的重要特性。通过虚拟层介接不同厂商、不同品牌及不同等级的磁盘阵列，将这些异构存储设备整合在一个存储池内。存储虚拟化产品还可以有效解决不同存储协议的支持问题，使得所有存储资源都可以在虚拟层介接下统一管理 & 运行，有效提高存储利用率、解决存储孤岛问题。
- 简化存储管理
  - 存储虚拟化构建了一体化的存储管理，减少了系统的复杂性，降低了管理成本，易于建立多层次的存储系统，统一规划存储需求，节省硬件投资。



## 4.存储虚拟化

### 4.3存储虚拟化的作用

#### □ 高可靠性

- 存储虚拟化整合了整个存储资源，所有的存储服务都经由虚拟层的介接，虚拟层就成为整个存储系统的核心，一旦虚拟层失效，整个存储服务也就中断。
- 为避免这种情形发生，几乎所有存储虚拟化产品都附有高可用性机制，如以两台提供虚拟服务的服务器互为备援，确保虚拟服务的高可靠性与持续性。存储虚拟化高可靠性还体现在在线数据迁移、数据镜像管理、异构平台数据复制等方面。

#### □ 提高资源利用率、绿色存储

- 由于将异构存储设备整合在一个存储池内，可以有效提高现有存储设备的使用生命周期及利用率，达到绿色存储的目的。



## 5.网络虚拟化

### 5.1网络虚拟化的定义

- 目前由于IP协议是网络规划和建设的事实标准，因此，目前网络虚拟化技术的研究与应用主要集中在IP网络虚拟化领域。
  - IP网络虚拟化的范围从VLAN、VPN、虚拟路由器到逻辑路由器等。从技术角度，IP网络虚拟化可分为网元虚拟化、链路虚拟化和互联虚拟化等；从应用角度，IP网络虚拟化又可分为资源提供虚拟化、资源管理虚拟化和运营维护虚拟化等。
  - 尽管IP网络虚拟化的一个重要特征是软件相对于硬件的独立性，但该技术的迅速兴起仍旧得益于硬件技术的发展，尤其是ASIC/FPGA/NP等芯片的发展。
  - 目前网络虚拟化技术已从物理隔离虚拟化方式逐步发展至共享式虚拟化，在提升网络弹性、管理性和资源利用率的同时，提供各种网络通道服务。





## 5.网络虚拟化

### 5.2核心层网络虚拟化

- 核心层网络虚拟化，主要指的是数据中心核心网络设备的虚拟化。它要求核心层网络具备超大规模的数据交换能力，以及足够的万兆接入能力；提供虚拟机箱技术，简化设备管理，提高资源利用率，提高交换系统的灵活性和扩展性，为资源的灵活调度和动态伸缩 提供支撑。
- 其中，VPC（Virtual Port-Channel）技术可以实现跨交换机的端口捆绑，这样在下级交换机上连属于不同机箱的虚拟交换机时，可以把分别连向不同机箱的万兆链路用于和IEEE 802.3ad兼容的技术实现以太网链路捆绑，提高冗余能力和链路互连带宽，简化网络维护。



## 5.网络虚拟化

### 5.3接入层网络虚拟化

- 接入层虚拟化，可以实现数据中心接入层的分级设计。根据数据中心的走线要求，接入层交换机要求能够支持各种灵活的部署方式和新的以太网技术。
- 目前无损以太网技术标准发展很快，称为数据中心以太网DCE或融合增强以太网CEE，包括拥塞通知（IEEE 802.1Qau）、增强传输选择ETS（IEEE 802.1Qaz）、优先级流量控制PFC（IEEE 802.1Qbb）、链路发现协议LLDP（IEEE 802.1AB）。



## 5.网络虚拟化

### 5.4虚拟机网络虚拟化

- ❑ 虚拟机网络交互包括物理网卡虚拟化和虚拟网络交换机，在服务器内部虚拟出相应的交换机和网卡功能。虚拟交换机在主机内部提供了多个网卡的互连，以及为不同的网卡流量设定不同的VLAN标签功能，使得主机内部如同存在一台交换机，可以方便地将不同的网卡连接到不同的端口。



## 5.网络虚拟化

### 5.4虚拟机网络虚拟化

- 虚拟网卡是在一个物理网卡上虚拟出多个逻辑独立的网卡，使得每个虚拟网卡具有独立的MAC地址、IP地址，同时还可以在虚拟网卡之间实现一定的流量调度策略。因此，虚拟机网络交互需要实现以下功能。
  - 虚拟机的双向访问控制和流量监控，包括深度包检测、端口镜像、端口远程镜像、流量统计。
  - 虚拟机的网络属性应包括VLAN、QoS、ACL、带宽等。
  - 虚拟机的网络属性可以跟随虚拟机的迁移而动态迁移，不需要人工干预或静态配置，从而在虚拟机扩展和迁移过程中，保障业务的持续性。
  - 虚拟机迁移时，与虚拟机相关的资源配置，如存储、网络配置也随之迁移。同时保证迁移过程中业务不中断。



## 6.主流虚拟化产品

### 6.1主流服务器虚拟化软件

- 虚拟化产品整体上分为开源虚拟化软件和商业虚拟化软件两大阵营。典型的虚拟化软件产品有很多，无论是开源还是商业的，每款软件产品有其优缺点以及应用场景，需要根据业务场景选择。
- 最常见的虚拟化软件提供商有Citrix、IBM、VMware、微软等。
  - VMware
    - 业内虚拟化最为领先的厂商。VMware的虚拟化产品一直以其易用性和管理性得到了广泛认同。只是受其架构的影响限制，VMware主要是在X86平台服务器上有较大优势，而非真正的IT信息虚拟化。
  - Citrix
    - Citrix公司主要有三大产品，服务器虚拟化产品Citrix Hypervisor，应用和桌面虚拟化产品Citrix Virtual Apps 和 Desktops。后两者是目前最成熟的桌面虚拟化与应用虚拟化产品。企业级虚拟桌面基础架构VDI解决方案大部分都是使用Citrix公司的Citrix Virtual Apps和Desktops的结合。



## 6.主流虚拟化产品

### 6.1主流服务器虚拟化软件

- 主流服务器虚拟化软件如下：
  - VMware公司
    - VMware Server、VMware ESX/ESXi Server、VMware Workstation。
  - Microsoft公司的Hyper-V、Virtual PC和Virtual Server。
  - IBM公司的PowerVM、zVM。
  - Citrix公司的XenServer。
  - 华为公司的FusionSphere。
  - 开源虚拟化软件Docker、KVM、Xen等。



## 6.主流虚拟化产品

### 6.2桌面虚拟机软件

#### □ VirtualBox

- VirtualBox是一款开源虚拟机软件。VirtualBox是由德国Innotek公司开发，由Sun Microsystems公司出品的软件，使用Qt编写，在Sun被Oracle收购后正式更名成Oracle VM VirtualBox，是Oracle公司xVM虚拟化平台技术的一部份。
- 可以在VirtualBox上安装并且执行Solaris、Windows、DOS、Linux、OS/2 Warp、BSD等系统作为客户端操作系统。
- 官方网站：<https://www.virtualbox.org>



## 6.主流虚拟化产品

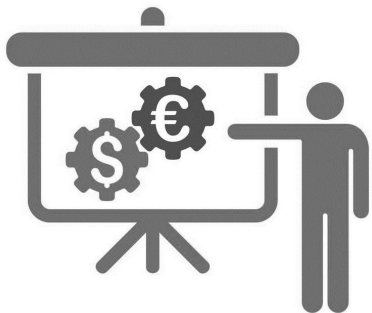
### 6.2桌面虚拟机软件

#### □ VMware WorkStation

- VMware Workstation是将多个操作系统作为虚拟机(VM)在单台Linux或Windows PC上运行的行业标准。可以在同一台Windows或Linux PC上同时运行多个操作系统。
- 创建真实的Linux和Windows虚拟机以及其他桌面、服务器和平板电脑环境（包括可配置的虚拟网络连接和网络条件模拟），用于代码开发、解决方案构建、应用测试、产品演示等。
- 官方网站：<https://www.vmware.com/cn/products/workstation-pro.html>
- 支持的虚拟机操作系统列表：<https://kb.vmware.com/s/article/2129859>







- VMware WorkStation Pro
  - 演示内容1: VMware WorkStation Pro的安装
  - 演示内容2: VMware WorkStation Pro网络配置
  - 演示内容3: 虚拟机创建
  - 演示内容4: 为虚拟机安装操作系统

