

★ 服务热线: 400-615-1233
★ 配套精品教学资料包
★ www.huatengedu.com.cn



XUNIHUA JISHU XIANGMU SHIJIAN

虚拟化技术 项目实践

策划编辑: 高 锐
责任编辑: 陈坤朋
封面设计: 张瑞阳

ISBN 978-7-5635-7372-1



定价: 59.90元

校企“双元”合作新形态教材

虚拟化技术项目实践

主编 林晓峰
项立明
刘 晗

北京邮电大学出版社



校企“双元”合作新形态教材



主审 顾旭峰
主编 林晓峰
项立明
刘 晗

虚拟化技术 项目实践



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



校企“双元”合作新形态教材



主 审 顾旭峰
主 编 林晓峰
项立明
刘 晗
副主编 曹一红
王 龙

虚拟化技术 项目实践



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书从虚拟化技术初学者的角度出发,以服务器的虚拟化相关技术为主线,从虚拟化技术的发展和分类到目前主流的虚拟化技术,包括虚拟化技术的基本安装、配置和使用,层层递进地了解和学习服务器虚拟化技术的原理和实际运用。全书共7个模块,详细讲解了VMware Workstation、VMware ESXi、Oracle VirtualBox、Xen、KVM虚拟化技术,以及Docker容器和Kubernetes容器编排技术。

本书既可作为高等职业院校计算机网络技术、云计算技术应用、大数据技术等专业相关课程的教学用书,也可作为从事云计算运维管理的初级专业人员的参考用书,同时是一本适合虚拟化技术爱好者的优秀读物。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟化技术项目实践 / 林晓峰, 项立明, 刘晗主编.

北京: 北京邮电大学出版社, 2024. -- ISBN 978-7-

-5635-7372-1

I. TP338

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024M93U46 号

策划编辑: 高 锐 责任编辑: 陈坤朋 封面设计: 张瑞阳

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路10号

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市龙大印装有限公司

开 本: 850 mm×1 168 mm 1/16

印 张: 17

字 数: 408 千字

版 次: 2024 年 10 月第 1 版

印 次: 2024 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-7372-1

定 价: 59.90 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话: 400-615-1233

随着经济发展进入数字化时代,云计算、人工智能、大数据等新一代信息技术在发展中占据了重要地位,阿里云、腾讯云、华为云等国内云服务提供商的迅速崛起,使得作为云计算重要支撑技术的虚拟化,不再仅仅是一个抽象的概念。虚拟化技术在商业应用中的优势日益凸显,因此越来越受到行业厂商的重视。虚拟化技术是一种有效降低互联网企业运营成本、提升资源利用率、加速应用部署的有效方式,被广泛应用于云计算、大数据、人工智能等领域,代表着当前 IT 技术的一个重要发展方向。

目前,我国大多数高等学校的计算机相关专业都将虚拟化技术设为一门重要的专业课程。为了使能够全面理解并熟练掌握服务器虚拟化技术的部署和运维,编者结合多所院校相关专业的人才培养方案要求以及学生就业发展的实际需要编写了本书。

本书的主要目标在于介绍当前服务器领域中常见的虚拟化技术及其使用方法。模块 1 简要介绍虚拟化技术的优势、发展历史和分类,旨在为读者构建一个对虚拟化技术初步的认识框架。从模块 2 开始为项目实施部分,详细介绍各大厂商虚拟化技术的实际应用。其中,模块聚焦于广泛应用且容易上手的图形化界面虚拟化技术,包括 VMware Workstation 和 VMware ESXi;模块 3 则讲述 Oracle 公司的 VirtualBox 虚拟化技术的基本使用方法;模块 4 和模块 5 是目前在云计算领域中使用广泛的 Xen 和 KVM 虚拟化技术的安装和使用方法;模块 6 和模块 7 为目前生产中提升应用部署效率的关键技术,以及在云计算 PaaS 模式中广泛采用的 Docker 容器技术和 Kubernetes 容器管理平台,为读者呈现虚拟化技术的前沿应用与发展趋势。

本书内容丰富、结构清晰。从实战出发,采用模块化教学模式,各模块既可独立学习又相互衔接。每个模块都通过学习情境引导出教学内容,并明确学习目标。每个任务从提出目标到讲授相关知识点,再到任务的具体实施,最后通过任务拓展加深巩固,逐步引导读者深入了解服务器虚拟化技术的相关知识。本书落实党的二十大精神,坚持以“立德树人”为根本任务,将崇高理想、奋斗精神、精益求精以及追求卓越的信念等融入教材内容之中。此外,本书中所用的软件均为开源项目或提供试用期的软件产品,确保读者在学习过程中能够接触到真实、前沿的技术环境。

本书部分内容参考了网络论坛、博客文章和官方文档资料,鉴于部分资料时间较为久远,无法了解其确切出处,在此向热爱分享知识的网友致以诚挚的感谢。

本书由辽宁职业学院林晓峰、项立明和刘晗担任主编,辽宁职业学院曹一红和杭州宏杉科技股份有限公司王龙担任副主编,由江苏一道云科技发展有限公司顾旭峰主审。其中模块 1 由王龙编写,模块 2 由项立明编写,模块 3 和模块 7 由林晓峰编写,模块 4 和模块 5 由刘晗编写,模块 6 由曹一红编写。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请广大读者评判指正。

编 者

模块 1 / 虚拟化技术介绍 1

任务 1.1 了解虚拟化技术	1
任务 1.2 了解虚拟化技术的分类	3
模块小结	8
思考与练习	8

模块 2 / VMware 虚拟化技术 9

任务 2.1 安装 VMware Workstation	9
任务 2.2 在 VMware Workstation 中安装 Ubuntu 虚拟机	13
任务 2.3 配置和管理 VMware Workstation 中的虚拟机	20
任务 2.4 配置 VMware Workstation 网络模式	27
任务 2.5 安装与配置 VMware ESXi	39
任务 2.6 在 ESXi 中创建和管理虚拟机	44
任务 2.7 配置 ESXi 虚拟机网络	54
任务 2.8 综合实训——在 VMware Workstation 中部署 WordPress	60
模块小结	70
思考与练习	70

模块 3 / Oracle VirtualBox 虚拟化技术 71

任务 3.1 下载并安装 Oracle VirtualBox	71
任务 3.2 安装与管理 Oracle VirtualBox 中的虚拟机	77
任务 3.3 配置 Oracle VirtualBox 网络	92
任务 3.4 综合实训——结合 eNSP 模拟公司内部网络	106
模块小结	112
思考与练习	112

模块 4 / Xen 虚拟化技术 113

任务 4.1 下载并安装 Xen 虚拟化技术	113
任务 4.2 通过 xl 创建 DomU 虚拟机	118

任务 4.3 通过 xl 工具管理 DomU 虚拟机	128
任务 4.4 管理 Xen 网络	135
任务 4.5 综合实训——模拟公司内部网络构建	142
模块小结	152
思考与练习	152

模块 5 / KVM 虚拟化技术 153

任务 5.1 介绍并安装 KVM	153
任务 5.2 管理 KVM 虚拟机	162
任务 5.3 管理 KVM 网络	177
任务 5.4 综合实训——安装 WebVirtMgr 管理虚拟机	185
模块小结	195
思考与练习	195

模块 6 / Docker 容器技术 196

任务 6.1 介绍并安装 Docker	196
任务 6.2 学习使用 Docker	202
任务 6.3 制作 Dockerfile 镜像	219
任务 6.4 管理 Docker 网络	231
任务 6.5 综合实训——使用 Docker Compose 进行容器编排	239
模块小结	244
思考与练习	244

模块 7 / Kubernetes 容器云平台部署 245

任务 7.1 介绍并安装 Kubernetes	245
任务 7.2 运维 Kubernetes 集群	259
模块小结	265
思考与练习	265

参考文献 266

模块

1

虚拟化技术介绍

随着信息技术的飞速发展,企业对 IT 资源的需求日益增长,同时,对资源的管理效率、利用率及成本控制的要求也越来越高。在这样的背景下,服务器虚拟化技术凭借其高效、灵活及易于管理的优势,已成为 IT 领域的一个重要发展方向。

任务 1.1

了解虚拟化技术

1.1.1 学习目标

- 掌握服务器虚拟化技术的概念。
- 理解服务器虚拟化的作用。

1.1.2 知识点讲解

1. 服务器虚拟化

虚拟化技术是一个很宽泛的概念,在很多领域都有专门的虚拟化技术,如民航中的飞行员训练飞行模拟器、学校里的虚拟仿真实训室,以及日常生活中的 VR 游戏等。这些虚拟化技术的共通之处在于,它们都力求以最低的成本提供最接近于真实的仿真环境,更准确地说是一种模拟现实或虚拟现实的技术。然而,这些与本书所探讨的服务器虚拟化技术存在显著区别。在企业的 IT 环境中,服务器虚拟化技术特指将计算机的各种物理硬件设施(如 CPU、内存、网络和存储、I/O 设备等)进行抽象化处理,并重新划分为逻辑上相互独立、隔离的虚拟资源。这样,用户便能在单一物理主机上创建多个独立的虚拟化服务器,实现资源的更高效、更灵活的管理与利用。因此,服务器虚拟化技术本质上是一种资源管理策略,旨在优化现有资源的分配与利用。

2. 进行服务器虚拟化的原因

企业的业务运作高度依赖于各种应用的运行,而这些应用的运行又都基于服务器。在虚拟化技术诞生之前,企业通常将单一应用部署在一台或多台服务器上,但无论是 Windows 还是 Linux 操作系统,都没有相应的技术手段来确保在这一台或多台服务器上能够安全、稳定且高效地同时运行多个应用。随着企业业务的不断拓展,就需要采购新的服务器,这直接导致工程师们需要维护的服务器数量和业务复杂度成倍增长。对对新购服务器的性能,往往只能依赖经验与推测进行评估,运维和业务部

门都不愿看到因服务器性能不足而影响业务的情况。因此,公司采购部门倾向于购买性能远超实际业务需求的服务器,以求稳妥。然而,实际情况是这些高性能、新购置的服务器长期处于低负载状态,运行在其额定负载的 5%~10% 区间内,这无疑是对公司资源的极大浪费。

解决这一资源浪费问题的最好方式就是采用虚拟化技术。虚拟化技术通过先进手段,使得单台物理服务器上能够同时独立运行多个虚拟主机(也称为逻辑主机)。其显著特点是每个虚拟主机均可独立运行不同的操作系统,且互不影响,这为企业提供了一种确保多个应用能够稳定、安全地共存于一台服务器上的技术方案。如此,当业务部门需要新增应用时,企业无需再购买新的服务器,只需在现有服务器的剩余性能上,利用虚拟化技术部署多个应用。这项技术因能够充分挖掘并利用企业现有资源同时实现价值的最大化而备受业界推崇。总之,企业采用虚拟化技术后,会带来以下几大益处。

(1)提高硬件资源的利用率。正如本模块开篇所述,企业为了确保应用的可靠性和避免应用间的冲突与相互影响,往往每台物理服务器仅运行一个重要应用,导致服务器利用率普遍低于 10%,进而造成物理资源的极大浪费。而虚拟化技术的隔离特性有效解决了这一问题,它允许一台物理服务器上同时运行多个应用,从而显著提高了硬件资源的利用率,有时甚至能将服务器的利用率提高至 80%。通过合理运用虚拟化技术,企业能够轻松地将原本需要 20 台服务器承担的工作量缩减至单台或几台服务器上。最终,虚拟化技术实现了 10:1 甚至更高的资源整合比例,大幅降低了业务对硬件的需求。

因此,使用虚拟化技术显著减少了企业采购新服务器的数量。硬件设备的减少自然也意味着后续支持成本、硬件更新费用以及人员维护成本的降低。

(2)降低服务器运行能耗。部署更多的服务器、存储设备等硬件设施不仅导致电力成本显著增加,而且,这些设备还需要依赖大量冷却设备进行降温,来维持其持续稳定的运行,这也进一步加剧了企业的能源消耗。然而,通过采用虚拟化技术,企业能够显著减少所需的硬件数量,从而既缩减了服务器占用的物理空间,又降低了维持这些服务器运行所需的电力消耗。IBM 公司早在十多年前就已通过虚拟化技术实现了对服务器资源的有效整合,成功将能耗降低了 80%,每年因此节省了 200 多万美元的开支;同样,英特尔公司的 IT 部门在应用虚拟化技术后,也实现了显著的节能效果,并带来了高达 2 亿美元的净收益。

(3)提升应用的安全性和可靠性。对于企业而言,业务的数据安全性和可靠性无疑是至关重要的。当多个应用部署到同一台服务器上时,它们之间可能会产生难以预料的相互影响,而且不同应用对于操作系统的需求也不尽相同(如应用 A 需要 Apache 服务器,应用 B 需要 Nginx 服务器,且默认端口冲突),此时就只能运行一个应用;或者应用对操作系统版本有不同要求(如应用 A 需求的是 CentOS 7,应用 B 需求的是 CentOS 6),这都可能严重威胁到企业业务的正常运转。即便这些问题得到了暂时的解决,运维工程师仍需保持高度警惕,因为任何一个应用的崩溃都可能导致整台服务器的瘫痪,进而引发更严重的后果,这对于运维人员来说无疑是巨大的挑战。

相较于传统模式在一个操作系统上运行多个应用程序所带来的诸多问题,虚拟化技术能够提供深层次的隔离,为每个应用分配了独立的操作系统和资源环境,这样就从根本上避免了应用之间的干扰,从而大大提升了应用的安全性和可靠性。

(4)提高应用部署的灵活性。虚拟化技术中的动态迁移功能,有效实现了负载均衡。当某台物理服务器负载过高时,能够在保证服务不中断的前提下,将正在运行的虚拟机平滑迁移至另一台物理服务器。此外,借助虚拟机的克隆技术,企业能够迅速响应业务增长需求,快速批量部署更多的虚拟机。

(5)加快灾难恢复过程。灾难恢复是所有企业都必须考虑的问题,面对电力中断、服务器硬件故障,甚至是自然灾害等突发情况,系统往往会崩溃或异常,这将带来巨大损失。虚拟化技术的快照功能,允许用户将虚拟机的健康状态进行备份,一旦系统出现崩溃或异常,即可迅速恢复到快照保存的状态。同样,在系统升级后若影响应用的稳定性,也可通过快照实现快速回滚,确保业务的连续性。

虚拟化技术也是开发人员经常用到的辅助工具,得益于虚拟机的高隔离特性和快照等技术,开发人员可以在其中做各种不安全的测试,而无需担心对物理主机造成影响,从而提高了开发效率和安全性。

1.1.3 任务实施

通过前面关于虚拟化的介绍,请自我总结对虚拟化技术的理解以及虚拟化技术的发展历史。

1.1.4 任务拓展

在我国,虚拟化技术已经得到了广泛的普及与显著的发展,其应用范围早已超越了传统的互联网、制造、建筑和电信等行业,深入渗透至具有国家战略意义的各个领域,包括政府、金融、电力、医疗和教育等。

以金融行业为例,虚拟化技术在数据中心的建设和管理中发挥了巨大的作用。通过使用虚拟化技术,金融机构可以更有效地管理其 IT 资源,从而大幅降低服务器等硬件设备成本。此外,虚拟化技术还显著增强了金融信息系统的安全性和可靠性,进而确保金融交易的顺利进行及数据的安全。

在医疗领域,虚拟化技术的应用效果同样显著。它已经成为数字化医疗系统的关键技术之一,为医疗数据的管理和电子病历的使用带来了极大的便利。依托虚拟化技术,医疗机构可以实现医疗数据的集中存储和管理,提高数据的安全性及访问便捷性。此外,电子病历的普及也极大地推动了医疗服务的效率与质量。

除了上述提及的领域,虚拟化技术在我国政府、电力及教育等多个关键领域也得到了广泛的应用。例如,政府部门可以利用虚拟化技术建设云政务平台,提高政府服务的效率和透明度;电力行业可以利用虚拟化技术实现电网的智能化管理和调度;教育领域则可以利用虚拟化技术构建远程教育平台,扩大优质教育资源的覆盖范围与受众群体。

总体来说,虚拟化技术在我国的发展与应用已经取得了显著的成果,为各行各业带来了实实在在的益处与福祉。展望未来,随着技术的持续进步与应用场景的不断拓展,虚拟化技术将在我国的各个领域发挥更加深远且重要的作用。

1.1.5 素养小课堂

“山河壮丽情无限,赤子情深恋故园。”在新时代背景下,我们更要弘扬爱国主义精神,将其融入日常生活与工作中。我们不仅要关注国家大事,深入了解国家政策导向,更要积极投身于国家建设的洪流中,以实际行动为国家的发展贡献自己的智慧和力量。同时,我们也应树立宽广的国际视野,主动学习并借鉴世界各国在各个领域的先进经验和技术,以期为我们国家的现代化建设添砖加瓦。

任务 1.2

了解虚拟化技术的分类

1.2.1 学习目标

- 理解完全虚拟化技术概念。
- 理解半虚拟化技术概念。
- 理解硬件辅助虚拟化概念。
- 理解操作系统层虚拟化概念。

- 理解寄居架构虚拟化概念。
- 理解裸金属架构虚拟化概念。

1.2.2 知识点讲解

在主机没有进行虚拟化时,其上仅能安装一个操作系统。通过引入虚拟化技术,一台物理主机[即宿主机(Host)]能够被抽象分割成多个逻辑意义上的主机环境(称之为虚拟机 Guest),每个 Guest 均可独立安装操作系统和应用程序,从而实现 Host 资源利用率的最大化。为了达到这一目的,基于 x86 架构的虚拟化解方案普遍在 Guest 与 Host 之间设置一个软件层,即虚拟机监视器(virtual machine monitor,VMM),或称为 Hypervisor 层。Guest 操作系统通过 VMM 提供的接口访问 Host 的物理资源。

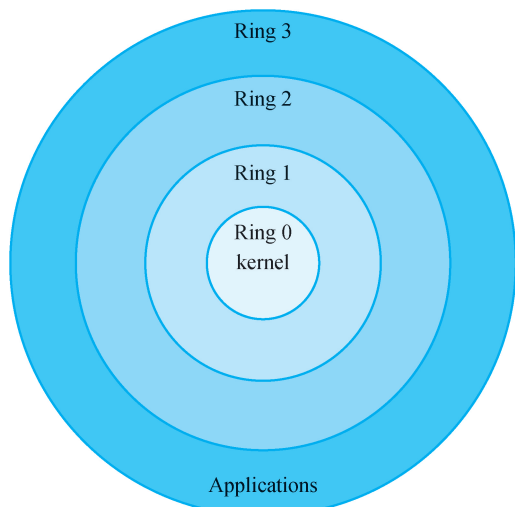


图 1-1 CPU 的 4 个特权等级

在 x86 架构的 CPU 中,为了合理管理计算、内存及 I/O 等资源,并防止危险指令的滥用,系统设定了四个特权等级权限(见图 1-1),依次为 Ring 0、Ring 1、Ring 2 和 Ring 3。其中,Ring 0 为最高权限级别,允许运行特权指令(这些指令用于操作和管理系统的关键资源),操作系统内核便运行在该级别上,称之为内核态。相反,普通的应用程序运行在最低的 Ring 3 级别上,只能运行非特权指令,也被称为用户态。

当应用程序需要访问公共资源(如磁盘)或执行需要高权限的指令时,它必须向操作系统内核申请,使 CPU 的权限级别临时提升至 Ring 0,操作完成后返回 Ring 3 级别。

对于宿主机操作系统(Host OS)而言,虚拟机操作系统(Guest OS)在逻辑上类似于宿主机上的一个普通应用程序,理论上应运行在用户态。然而,从虚拟机操

作系统的视角出发,它作为一个完整的操作系统,能够运行在内核态并拥有操作所有资源的权限。但是,在宿主机环境下,直接赋予虚拟机操作系统这样的权限是不被允许的,这就产生了权限管理的矛盾。

因此,引入了 VMM 来解决这一矛盾。VMM 负责协调 Host OS 与 Guest OS 之间的权限和资源访问,根据虚拟化技术的实现方式不同,可以将虚拟化技术分为完全虚拟化(full-virtualization,FV)和半虚拟化(para-virtualization,PV)。

1. 完全虚拟化

完全虚拟化技术允许 Guest OS 不进行任何修改,同时让 Guest OS 完全无感知地认为自己正运行在真实的物理主机环境中,而非虚拟机中。在完全虚拟化环境中,任何原本可以在裸机上运行的软件(尤其是操作系统)都能够直接、未经修改地在虚拟机内部运行,从而保持了高度的兼容性和灵活性。

在完全虚拟化架构中,Guest OS 实际上并不直接运行在 CPU 的最高特权级(如 Ring 0),而是被限制在较低的用户态(Ring 3),这种现象通常被称为特权级压缩。当 Guest OS 需要运行非特权指令时,会直接在物理 CPU 上执行,并将结果返回给 Guest OS。然而,当 Guest OS 尝试运行敏感指令(这些指令原本在真实物理环境中需要高特权级执行,但由于虚拟化环境的限制,它们无法直接执行,而需要 VMM 的介入)时,会触发异常,这一过程称为“陷入”(trap)。随后,VMM 会捕获这一异常,并代理虚拟机完成对这些系统资源的访问,这一过程称为模拟执行。模拟执行完成后,控制权将返回给 Guest OS,使其继续运行,同时让 Guest OS 误以为自己的特权指令执行正常。

对于采用 RISC(精简指令集)架构的 CPU 来说,其所有敏感指令都可以被归类为特权指令,从而确保 VMM 能够全面捕获并处理它们。然而,在 CISC(复杂指令集)架构的 x86 的 CPU 中,情况则较为复杂,因为并非所有的敏感指令都是特权指令。这意味着某些敏感指令可能会被误认为是非特权指令而被 VMM 忽视,直接在 CPU 中执行,这可能导致严重的安全问题。

为解决这一问题,VMware 等虚拟化技术提供商提出了二进制翻译(binary translation,BT)的解决方案。二进制翻译技术能够分析并“翻译”Guest OS 中即将执行的敏感指令,将它们转换为在宿主物理机上安全执行的等效指令,以此来模拟执行虚拟机中的程序。

完全虚拟化技术中的 VMM 需要全面模拟底层的硬件设备,包括处理器、内存、时钟、I/O 设备及中断机制等。换言之,VMM 通过纯软件的方式“构建”出一个完整的虚拟计算机环境,供虚拟机内的 Guest OS 使用。由于这种高度的模拟,Guest OS 感知不到自己实际上运行在虚拟机环境中,从而实现了高度的透明性和兼容性。完全虚拟化技术的代表产品包括 VMware Workstation、VMware ESXi 和 KVM(kernel-based virtual machine)等。

2. 半虚拟化

前文已述,由于敏感指令的存在,全虚拟化的 VMM 必须捕获这些指令并完整模拟其执行过程,以确保既满足虚拟机操作系统的需求,又不干扰物理计算机的正常运行。然而,这一过程远比听起来复杂,它涉及众多底层技术,实施起来既耗时又费力。为此,业界提出了半虚拟化的解决方案,其核心在于将操作系统中所有涉及敏感指令的部分替换为接口调用(HyperCall),使操作系统可以直接使用硬件资源,如 CPU、内存等,从而避免了复杂的捕获和模拟过程等一系列工作,显著提升性能。

实现半虚拟化要求修改操作系统内核,进行相应的适配工作,使 Guest OS 能够意识到自身运行在虚拟化环境中。对于像 Linux 这样的开源软件操作系统,这一修改是可行的;但对于如 Windows 这样的闭源商业操作系统,由于其代码不可修改,因此无法作为半虚拟化的 Guest OS。半虚拟化的一个典型代表是 Xen 虚拟化技术。

3. 硬件辅助虚拟化(hardware-assisted virtualization,HAV)

二进制翻译和通过 HyperCall 处理敏感指令的方式,都是依靠软件来实现虚拟化的,因此被归类为软件虚拟化技术,它们各自存在一定的局限性,都会引入额外的开销,并相应增加了 VMM 实现的复杂度。为了从根本上解决这些问题,处理器制造商开始从硬件层面入手。其中,Intel 在 2005 年推出了硬件辅助虚拟化(Intel virtualization technology,IVT)技术,旨在通过硬件支持来优化虚拟化的性能和效率。

IVT 技术旨在解决敏感指令虚拟化这一技术难题。为此,Intel 为 CPU 增加了 virtual-machine extensions(VMX)技术。启用 CPU 的 VMX 支持后,CPU 将提供两种运行模式:根模式(VMX root mode)和非根模式(VMX non-root mode)。这两种模式都有相应的 ring 至 ring 3 的权限层级。具体而言,VMM 运行在根模式的 Ring 0,而 Guest OS 的内核则运行在非根模式的 ring 0,Guest OS 的应用程序则运行在根模式的 ring 3。这些运行环境之间相互转换。当需要从 VMM 切换到 Guest OS 时,运行在根模式的 VMM 可以通过 CPU 提供的 VM Launch 指令实现从根模式到非根模式的切换,进入 Guest OS,这个过程称为 VM Entry。相反,当在 Guest OS 中执行到敏感指令时,CPU 会自动从根模式切换到非根模式,这个过程称为 VM Exit,相当于退出 Guest OS。随后,VMM 可以对触发 VM Exit 的敏感指令进行进一步处理或模拟,如图 1-2 所示。与 Intel 相对应的,AMD 也提供了自己的 CPU 虚拟化技术,即 AMD-V(AMD virtualization)。

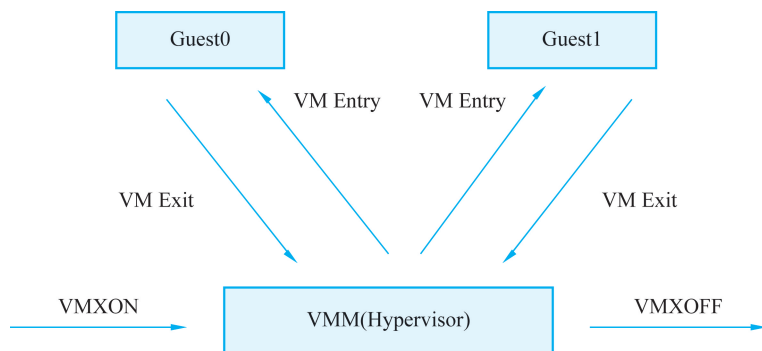


图 1-2 VMM 与 Guest 之间的转换

对于完全虚拟化和半虚拟化而言,两者均可通过使用支持 CPU 虚拟化技术的处理器,从而实现硬件辅助的全虚拟化和硬件辅助的半虚拟化。

小提示:当宿主机操作系统是 64 位时,虚拟机可以选择安装 32 位或 64 位的操作系统。然而,当宿主机的操作系统是 32 位的时候,如果用户希望虚拟机运行 64 位操作系统,那么除了宿主机的 32 位系统支持外,CPU 还必须具备硬件虚拟化技术的支持。

4. 操作系统层虚拟化

操作系统层虚拟化(operating system-level virtualization),也称为容器化(containerization),也是一种虚拟化技术。它通过将操作系统内核资源进行虚拟化,使得用户空间软件实例能够被分割成多个独立的单元,在共享的内核环境中并行运行,而非传统方式下的单一实例运行。

相较于传统的虚拟化技术,容器化展现出显著的优势:它占用的服务器资源更少,且通常能在几秒内迅速启动。此外,容器的弹性扩展能力允许在资源需求增加时即时复制并扩容,而在资源需求减小时则能释放空间,以供其他用户或应用使用。由于所有实例在同一台服务器上共享同一个系统内核,因此它们不会与主机操作系统争夺 RAM 资源,从而能够保证每个容器实例的稳定性和高性能运行。操作系统层虚拟化的一个典型且广泛应用的技术实例就是 Docker 容器技术。

5. 寄居架构虚拟化

寄居架构虚拟化也被称为宿主虚拟化或 Type2 虚拟化,其实现方式是将 VMM 作为一个常规的应用程序安装在宿主机操作系统之上,随后在 VMM 环境中进一步安装并运行虚拟机操作系统,如图 1-3 所示。VMware Workstation、Oracle VirtualBox 都是这种虚拟化的代表。

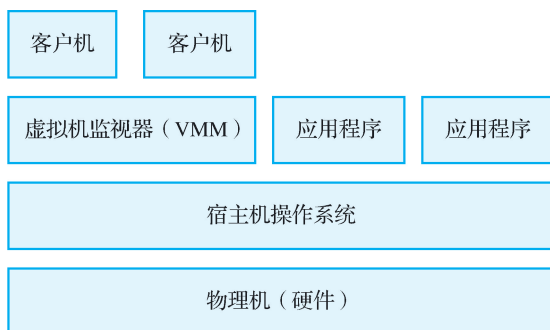


图 1-3 寄居架构虚拟化

6. 裸金属架构虚拟化

裸金属架构虚拟化也被称为原生架构虚拟化或 Type1 虚拟化。在这种虚拟化技术中,VMM 被设计为一个独立的操作系统层,它直接安装在物理硬件之上,并在此基础上进一步安装和运行各虚拟机

操作系统,如图 1-4 所示。VMware ESXi 是典型的裸金属架构虚拟化产品。

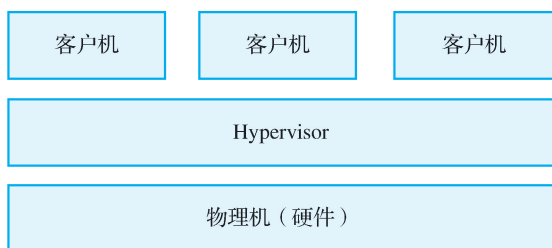


图 1-4 裸金属架构虚拟化

1.2.3 任务实施

根据前文所讲解的知识点,自行总结虚拟化技术的主要种类。同时,请思考并指出你接触过的虚拟化产品属于哪一类虚拟化技术。

1.2.4 任务拓展

什么是云计算呢?从商业角度来看,云计算是指通过互联网以按需服务的方式提供计算资源和服务。这种方式使企业无需自行采购、配置或管理这些资源,而是根据实际使用量来付费。它实现了软硬件资源和信息的共享,并能按需提供给各种计算机终端和其他设备,是计算模式在商业领域的一种高效实现。

例如,在没有云计算的时代,一个企业要开展物联网业务,需要自己搭建机房,购买服务器,规划电力和网络,开发系统及后期运维等,这一系列流程下来不仅初期投资成本高,而且在后续业务扩展时面临诸多不便,同时软硬件资源的利用率也较低。而现在,有了云计算,企业只需要向云计算服务提供商支付费用,即可使用遍布世界各地的云服务器来发展业务。类似于现实生活中人们使用电力资源、水资源等基础设施,支付相应费用即可享受服务,而无需自行建设发电设施和水净化设施。云计算提供商将硬件和软件计算资源作为基础设施,根据用户的实际使用量来收费,为企业、政府机构和个人提供了极大的便利和灵活性。

一般来说,云计算要满足以下几个特征。

(1)按需自助服务。用户无需或仅需极少云提供商的协助,即可根据自己的需求自主获取并使用相应的云资源。

(2)广泛的网络访问。用户只需具备网络连接,便可通过各种终端设备接入并访问自己的云资源。

(3)资源池化。云端的计算资源需实现池化管理,这一过程涉及将物理资源重新整合后再进行动态分配。例如,三台主机可通过特定技术在逻辑层面上被整合为一个统一的资源池,进而在逻辑上划分为多个虚拟且相互独立的资源单元。资源池化技术使得多租户动态能够按需动态申请和使用资源。

(4)快速弹性的资源分配。云计算能够迅速且便捷地响应用户对计算资源的需求,实现资源的扩充与释放。鉴于用户未来业务量的不确定性,云计算提供商须具备在用户业务量增长时自行扩充计算资源,以及业务量减少时自动释放资源的能力。

(5)可度量的资源使用情况与计费。由于用户在使用云计算资源时需支付费用,因此云计算提供商必须能够准确度量用户的资源使用情况,并以此为依据进行计费。度量方式可涵盖硬件资源的使用量、网络带宽的占用情况、服务时长等多个维度。

云计算是历经分布式计算、效用计算、网格计算、负载均衡、网络存储、冗余技术和虚拟化技术等多种计算机技术与通信技术的不断演化与融合,最终形成的现代计算模式。虚拟化虽为云计算实现过程中的关键技术之一,但它们之间没有必然的联系。即便没有虚拟化技术,理论上云计算仍有可能实现,

只是其成本会显著增加。然而,在当前的技术背景下,虚拟化技术对于实现资源的池化管理、按需分配、弹性分配及提升资源的利用率等方面具有不可替代的作用,因此它被视为云计算架构的基石。

1.2.5 素养小课堂

“壮志凌云心不惧,爱国热血铸华章。”弘扬爱国主义精神,关键在于对国家的忠诚和奉献上。我们应当铭记自己中国人的身份,时刻维护国家的利益和尊严。在面对困难和挑战时,我们要不惧挑战、敢于担当、勇于奋斗,为国家的繁荣富强贡献自己的力量。同时,我们也要关爱他人、关心社会,积极参与公益事业,为构建和谐社会贡献自己的力量。



模块小结

本模块首先简要介绍了目前在服务器领域中广泛应用的虚拟化技术的基本概念,阐述了采用虚拟化技术的原因,并追溯了虚拟化技术的发展历程。接下来重点讲述了虚拟化技术的不同分类方式,包括虚拟化程度划分的完全虚拟化、半虚拟化、硬件辅助虚拟化及操作系统层虚拟化,以及按架构划分的寄居架构虚拟化和裸金属架构虚拟化。最后简述了云计算的概念,并探讨了云计算与虚拟化之间的主要区别。



思考与练习

1. 简述什么是服务器虚拟化技术,以及为什么要进行虚拟化。
2. 简述完全虚拟化技术和半虚拟化技术各是什么。
3. 简述在虚拟化初期,为什么 x86 架构难以实现虚拟化。