

一位无比严谨的技术型教授精心成就的网络虚拟化大全宝典！

**Broadview**<sup>®</sup>  
www.broadview.com.cn

全面囊括网络虚拟化的精髓、核心内容、基础知识、技术原理、系统构建、体系架构、设计思路、实现方法、部署策略、模式模型、典型案例、主要协议、管理平台、研究现状和最新发展方向。



# 网络虚拟化技术 完全指南

敖志刚 编著

云计算时代网络虚拟化必读必学  
权威解读网络虚拟化技术



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
http://www.phei.com.cn

# 网络虚拟化技术 完全指南



敖志刚 编著

电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书系统和全面地反映了网络虚拟化的精髓、核心内容、基础知识、技术原理、系统构建、体系架构、设计思路、实现方法、部署策略、模式模型、典型案例、主要协议、管理平台、研究现状和最新发展方向,详细论述了虚拟机的监控、热备份、动态迁移和自动部署;存储器件的动态分区和整合;资源的提供、发现、监控、选择、调度和部署;对链路聚合、虚拟接口切分、硬件分割和隔离、设备逻辑组合、虚拟集群及虚拟映射等关键技术。主要涉及网络虚拟化基础、虚拟机、服务器虚拟化、桌面虚拟化、存储虚拟化、链路虚拟化、路由器虚拟化,以及虚拟交换机、云计算及资源虚拟化等内容。

该书可作为高校学生选修课和专业培训的教材或教学参考书并适用于业余爱好者自学,也可作为在信息领域学习的本科生和研究生的必修课教材或教学参考书;此外可供从事网络规划、设计、安装和管理的工程技术人员,以及从事网络研究、开发和教学的科研人员和教师研读。

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

网络虚拟化技术完全指南 / 敖志刚编著. —北京: 电子工业出版社, 2015.8  
ISBN 978-7-121-26561-7

I. ①网… II. ①敖… III. ①计算机网络 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 152321 号

责任编辑: 孙学瑛

印 刷: 北京丰源印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

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: 787×980 1/16 印张: 40.5 字数: 760 千字

版 次: 2015 年 8 月第 1 版

印 次: 2015 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 99.00 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, 联系及购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zits@phei.com.cn](mailto:zits@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 前言

随着宽带网和云计算热潮的兴起，虚拟化成为当今最基础且热门的关键技术之一。虚拟化就是用虚的软件来代替或者模拟实际存在的对象，把物理资源转变为逻辑上可以管理的资源的技术。这种技术正在全面地改变管理系统、存储、网络、安全、操作系统和应用程序的方式，并释放巨大潜力。网络虚拟化不仅因为它能使网络资源的利用达到最大化，还在于其高可靠性、灾难恢复、业务连续性、新应用的快速部署、创新的服务模式、集中管理、不间断备份、动态迁移、分布式协作、资源整合、资源的弹性扩展和资源综合调控等方面。

网络虚拟化是将多种硬件或软件网络资源及相关网络功能集成到一个可用的软件中统一管理和控制的过程，并将这些物理网络元素抽象为虚拟终端、虚拟节点、可编程接口或者虚拟链路之类的虚拟资源，然后由这些虚拟资源组建抽象的网络实例。网络虚拟化主要元素涉及虚拟机、服务器、桌面、存储、链路、路由器、交换机，以及云计算及其资源等方面。了解这些方面的技术原理和具体细节是成功部署网络虚拟化解决方案的基础，并且可以避免特定解决方案可能存在的隐患。

新的虚拟机技术能够实现在同一种物理硬件上运行多个操作系统，执行多套指令集，并使用多种编程语言和编译器实现新的体系结构。即虚拟出多台虚拟机，模拟出若干软件，并配置出由若干台虚拟机组成的逻辑网络。服务器虚拟化将服务器物理资源抽象成逻辑资源，使一台服务器变为多台或相互隔离的虚拟服务器或者将多台服务器变为一台服务器来用，从而简化系统管理并实现服务器的有效整合、迁移和部署；桌面虚拟化直接面向终端用户，能够在云中为用户提供远程的计算机桌面服务，使用户能够通过各种手段在任何时间和任何地点通过任何可连网设备访问到自己的桌面。并且可以在电脑原来桌面基础上创建一个新的桌面，成为客户安全接入网络个人桌面和传统 IT 办公的完善替代方案；存储虚拟化可以整合和管理所有已有的存储设备并形成存储池，然后根据用户的需求重新分配存储池的存储空间有效地提高存储空间的利用率。从而实现存储系统大容量、高数据传输，集中、统一及方便的管理，以及存储、

备份、转移和共享；链路虚拟化可把多条物理链路资源抽象为一条虚拟链路或者将一条物理链路切分为多条虚拟链路，从而满足网络柔性重组的需求；网络节点虚拟化首先需要将路由器虚拟化，虚拟化路由器是构建未来互联网的核心设备，用其可以在一个物理网络上构建多个独立的虚拟网络。从而实现不同体系结构的并行运行，使一些新型互联网服务成为可能。交换机虚拟化指利用软件来抽象交换设备，实现逻辑划分。即改变现实计算机网络中的交换方式，提供速度更快、端口更多、安全性更好和交换服务更丰富的联机接口，它是构成虚拟平台网络的关键技术。云计算的应用必定基于虚拟化，只有在虚拟化的环境下云才是可能的。通过虚拟化可以组建自己的云数据中心，使云计算中的计算、存储、应用和服务都变为可以动态扩展和配置的资源。

笔者在网络虚拟化技术领域工作多年，积累了比较丰富的知识和经验。本书从不同侧面和不同应用角度全面描述了相对深入的网络虚拟化的前沿技术和较新的研究成果，力求在创新性、前瞻性和应用性等方面有所作为。本书的特点表现为：通俗、简练的概述和提要贯穿全书；尽量用实例和结构化的图例说明抽象的概念与原理；创造性地引进新的内容、新的技术、新的思想和新的观念，使知识结构达到合理，知识点和技能点相互融合，知识模块彼此交互且理论与实践紧密结合；在兼顾基础知识的同时强调实用性和可操作性；在写作手法上从不同来源多视角和多侧面进行考察、检验和论证概念、理论、知识、数据和结论，以保证其正确性。

网络虚拟化正在或将成为一项大众化的技术，如果读者希望立即实施任何网络虚拟化项目且忽略其规模，则本书可以提供所需知识；如果理工类高校的相关专业准备为本科生和研究生开设网络虚拟化课程，则本书是教材的最佳选择之一，学好这门课程是提高学生综合素质，培养高水平、复合型和创新型人才的一项重要举措。

本书的主要写作目的是让广大读者和专业技术人员在一本书中掌握网络虚拟化的基本内容、理论技术体系和工程实施经验，希望本书能成为读者学习的向导、工具和良师益友。通过本书的梳理和抛砖引玉进一步激发广大同仁对相关问题的思考和研究，把握业界前沿的科技和理念，全面了解网络虚拟化的强大功能和发展前景。本书将为读者打开一扇通往未来的窗户，带领读者走进虚拟化世界。以拓宽视野，完善知识结构，储备适用于未来网络产业的知识和技能。

本书通过宏观分析和研究网络虚拟化，以及精心选取素材和认真构思，从理论和实践相结合的角度系统地介绍了网络虚拟化的精髓、核心内容、基本理论和新技术体系。本书共 11 章，涉及虚拟化基础知识、网络虚拟化基础、虚拟机、服务器虚拟化技术、桌面虚拟化技术、存储虚拟化、链路虚拟化、路由器虚拟化、虚拟交换机、云计算与虚拟化技术，以及云计算资源虚拟化技术；其内容体系包含网络虚拟化的理论知识、技术原理、系统构建、体系架构、设计思路、实现方法、部署策略、模式模型、典型案例、主要协议、管理平台、研究现状和最新发展方向等。本书从普及虚拟化知识开始详细论述网络虚拟化的逻辑组合和纵横向架构；虚拟机的

监控、热备份、动态迁移、自动部署和 Java 虚拟机；服务器的虚拟映射，以及动态分区和整合；桌面虚拟化的模式、主要协议、基础架构和管理平台；链路聚合、虚拟接口切分，以及硬件分割和隔离；虚拟路由器冗余协议和可编程性；虚拟交换机的典型结构和生成树协议；云计算中的虚拟集群、虚拟化云计算架构和设备逻辑组合；资源的提供、发现、监控、选择、调度和部署等关键技术。

本书构思新颖、体系完整、内容丰富、深入浅出、循序渐进且精益求精，并强调先进性、实用性和可读性，是网络虚拟化技术实现原理的全面展示和完全指南。本书适用于感兴趣的爱好者自学，也可作为高校学生选修课和专业培训的教材或教学参考书或者作为在信息领域学习的本科生和研究生的必修课教材或教学参考书。从事互联网规划、设计、安装、管理、维护、测试和试验的工程技术人员，以及网络与虚拟化研究、开发及教学的科研人员和教师也可通过阅读本书受益。

本书主要由敖志刚教授编著，参加编写工作的还有宫云祥、康兴挡、高健、余品能、吴海平、敖卫清、唐长春、张康益、王冠、王真军、毕衡光和王有成。敖志刚教授的妻子吴迎付出了许多汗水和劳动，解放军理工大学工程保障信息化教研中心的领导和同事给予了许多关爱，电子工业出版社的领导和同志给予了许多指点、帮助和辛勤周到的服务，借此机会向他们表示衷心的感谢和敬意。

在编撰过程中尽管做出了巨大的努力，但由于我们理论水平和时间所限，对许多新知识的理解尚欠深入，因此错误与不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编著者

2015 年 7 月

## 反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

# 目录

<b>第 1 章 虚拟化基础知识</b> .....	1	1.4.6 著名的虚拟化软件 .....	48
1.1 虚拟化的概念与优缺点 .....	1	<b>1.5 虚拟化体系架构</b> .....	49
1.1.1 虚拟化的含义 .....	1	1.5.1 虚拟化实现的抽象层次架构 .....	49
1.1.2 虚拟化的优势和存在的问题 .....	3	1.5.2 虚拟化群集的层次架构 .....	52
1.2 虚拟化技术的发展与应用展望 .....	5	1.5.3 Microsoft 的 Hyper-V 虚拟化 架构 .....	54
1.2.1 虚拟化发展历程 .....	5	1.5.4 IBM Power 虚拟化体系架构 .....	56
1.2.2 虚拟化技术的应用 .....	12	<b>第 2 章 网络虚拟化技术基础</b> .....	60
1.2.3 虚拟化技术的发展趋势与 展望 .....	14	2.1 网络虚拟化概况 .....	60
1.3 虚拟化分类 .....	17	2.1.1 网络虚拟化的技术背景 .....	60
1.3.1 从实现层次分类 .....	17	2.1.2 网络虚拟化的基本概念 .....	61
1.3.2 按应用领域分类 .....	19	2.1.3 网络虚拟化的基本特征 .....	63
1.3.3 按可虚拟化的资源不同 分类 .....	21	2.1.4 网络虚拟化的需求和 应用前景 .....	67
1.3.4 按系统虚拟机采用的技术 不同分类 .....	23	2.1.5 国外在网络虚拟化方面的 研究现状 .....	69
1.3.5 按抽象对象的不同进行分类 .....	28	2.1.6 网络虚拟化研究面临的主要 挑战 .....	74
1.4 虚拟化的设计与实现 .....	30	2.1.7 网络虚拟化的关键研究问题 .....	76
1.4.1 虚拟化评估和设计流程 .....	30	2.2 网络虚拟化模型 .....	78
1.4.2 虚拟化构建方法 .....	35	2.2.1 虚拟网络的运营主体模型 .....	78
1.4.3 虚拟化技术的实现原理 .....	37	2.2.2 网络虚拟化分层模型 .....	79
1.4.4 虚拟化实现模式 .....	38	2.2.3 虚拟网络的结构模型 .....	80
1.4.5 创建虚拟化解决方案 .....	42		



2.3	网络虚拟化的设备逻辑组合技术	83	3.4	虚拟机部署	152
2.3.1	N:1 虚拟化设备组合技术	84	3.4.1	需求分析	152
2.3.2	1:N 虚拟化设备组合技术	86	3.4.2	虚拟机的执行步骤和生命 周期	153
2.3.3	N:1:M 虚拟化设备组合技术	89	3.4.3	多虚拟机的原理与配置	156
2.4	网络虚拟化的横向和纵向架构	90	3.4.4	虚拟机部署体系结构和 功能分析	162
2.4.1	网络虚拟化智能弹性(横向) 架构	90	3.4.5	虚拟机部署的工作流程	165
2.4.2	网络虚拟化纵向架构	97	3.4.6	虚拟机部署策略	166
<b>第 3 章</b>	<b>虚拟机</b>	<b>105</b>	3.5	Java 虚拟机	168
3.1	虚拟机的概念与原理	105	3.5.1	Java 语言与 Java 虚拟机	168
3.1.1	虚拟机的概念	105	3.5.2	Java 虚拟机的数据类型	171
3.1.2	虚拟机的主要特点和优势	107	3.5.3	Java 的系统结构	174
3.1.3	虚拟机技术的应用领域 与场景	109	3.5.4	Java 的实现过程	181
3.1.4	虚拟机分类	112	<b>第 4 章</b>	<b>服务器虚拟化技术</b>	<b>187</b>
3.1.5	虚拟机的组件和构件	118	4.1	服务器虚拟化概述	187
3.1.6	虚拟机监控器	119	4.1.1	产生原因	187
3.1.7	虚拟机的模型和模式	120	4.1.2	基本概念	188
3.1.8	主流虚拟机软件产品介绍	124	4.1.3	服务器虚拟化的分类	189
3.2	虚拟机的主要技术	128	4.1.4	服务器虚拟化的优势与不足	191
3.2.1	虚拟机的技术要求	128	4.2	服务器虚拟化的分区技术	194
3.2.2	多核虚拟机监控技术	131	4.2.1	服务器虚拟化为何要分区	194
3.2.3	虚拟机双机热备份技术	133	4.2.2	硬件分区技术	195
3.3	虚拟机的迁移原理与方法	135	4.2.3	逻辑分区技术	198
3.3.1	虚拟机迁移简介	135	4.2.4	IBM pSeries 的逻辑分区	205
3.3.2	虚拟机动态迁移的特点、 策略、要求与应用	138	4.2.5	资源分区技术	212
3.3.3	虚拟机动态迁移的系统 架构	140	4.2.6	动态分区迁移技术	213
3.3.4	Xen 动态迁移的模块组成及 流程	141	4.2.7	不同厂商的分区技术比较	220
3.3.5	共享存储的动态迁移	143	4.3	虚拟服务器整合技术	223
3.3.6	本地存储的动态迁移	145	4.3.1	服务器整合与刀片服务器	223
3.3.7	虚拟机动态迁移方法	146	4.3.2	服务器整合的有效途径	226
			4.3.3	虚拟服务器整合的基本 流程	228
			4.3.4	虚拟化整合的体系架构	228

4.3.5	虚拟服务器整合的典型案例	233	5.2.4	一种典型的技术方案设计	294
4.4	CPU 虚拟化	238	5.3	桌面虚拟化的主要协议	297
4.4.1	CPU 虚拟化简介	238	5.3.1	RDP	297
4.4.2	基于软件和硬件的 CPU 虚拟化	240	5.3.2	ICA 协议	302
4.4.3	CPU 虚拟化要解决的主要问题	242	5.3.3	PCoIP 协议	306
4.5	内存虚拟化	242	5.3.4	SPICE	309
4.5.1	虚拟内存和内存虚拟化	242	5.3.5	桌面传输和显示协议的比较	312
4.5.2	使用映射关系和页表	243	5.4	虚拟桌面基础架构	314
4.5.3	KVM (内核虚拟机) 内存虚拟化	246	5.4.1	什么是虚拟桌面基础架构	314
4.6	I/O 虚拟化	251	5.4.2	VDI 部署方式	314
4.6.1	基本概念和研究的问题	251	5.4.3	VDI 的组件架构	315
4.6.2	服务器 I/O 的虚拟共享和物理专用	254	5.4.4	Citrix 和 VMware 的 VDI 组件架构	317
4.6.3	I/O 虚拟化的过程	256	5.4.5	VMware 公司的桌面虚拟化产品 VDI	318
4.6.4	虚拟机中的 I/O 模型	258	5.4.6	VDI 和 SBC 两大技术方案	322
4.6.5	I/O 虚拟化的实现方式	259	5.5	桌面虚拟化的体系结构	324
4.6.6	单源 I/O 虚拟化	266	5.5.1	桌面虚拟化的层次结构	324
第 5 章	桌面虚拟化技术	273	5.5.2	面向云计算的虚拟化桌面系统结构	328
5.1	桌面虚拟化概况	273	5.6	虚拟桌面管理平台技术与设计	330
5.1.1	各种类型的桌面	273	5.6.1	虚拟桌面管理平台的特点及关键问题	330
5.1.2	桌面虚拟化技术的前身	276	5.6.2	虚拟桌面管理平台的拓扑结构	331
5.1.3	虚拟桌面和桌面虚拟化	277	5.6.3	虚拟平台开发框架和流程	332
5.1.4	桌面虚拟化与服务器虚拟化的区别	280	5.6.4	管理平台功能模块的构建	333
5.1.5	虚拟化桌面的分类	281	5.6.5	桌面池管理	334
5.1.6	桌面虚拟化提供的功能特性和优势	283	5.6.6	用户管理	335
5.2	桌面虚拟化的技术与模式	286	5.6.7	用户组管理	336
5.2.1	桌面虚拟化的相关技术	286	5.6.8	桌面分配	337
5.2.2	桌面虚拟化的技术元素	289	5.7	桌面虚拟化的典型解决方案	338
5.2.3	桌面虚拟化的模式	291	5.7.1	用于某企业的虚拟桌面解决方案	338

	虚拟化解决方案 .....	342			
<b>第 6 章</b>	<b>存储虚拟化</b> .....	350			
6.1	存储虚拟化基础 .....	350			
6.1.1	存储虚拟化的概念 .....	350			
6.1.2	存储虚拟化的优缺点 .....	353			
6.1.3	存储资源和存储管理的 虚拟化 .....	355			
6.1.4	虚拟存储和存储虚拟化的 应用 .....	357			
6.2	存储虚拟化的主要技术 .....	359			
6.2.1	虚拟磁盘技术 .....	359			
6.2.2	一般性虚拟存储系统的模型 .....	363			
6.2.3	存储虚拟化的存储空间划分 .....	363			
6.2.4	虚拟存储抽象技术 .....	364			
6.2.5	存储虚拟化网络的重要技术 .....	365			
6.3	存储虚拟化的实现方法和方式 .....	369			
6.3.1	存储虚拟化实现的对象 .....	370			
6.3.2	存储虚拟化的实现方式 .....	373			
6.3.3	存储虚拟化实现的机制 .....	378			
6.4	远程虚拟磁盘设计 .....	380			
6.4.1	远程虚拟磁盘的概念与拓扑 .....	380			
6.4.2	系统总体架构与流程 .....	380			
6.4.3	系统模块设计 .....	382			
<b>第 7 章</b>	<b>链路虚拟化</b> .....	388			
7.1	链路虚拟化技术介绍 .....	388			
7.1.1	概念、分类与作用 .....	388			
7.1.2	链路虚拟化的相关技术 .....	390			
7.1.3	链路虚拟化中的硬件设备和 虚拟机 .....	392			
7.1.4	支持链路虚拟化的网络模型 .....	393			
7.1.5	虚拟链路快速转发表及其处 理流程 .....	394			
7.1.6	链路虚拟化中转发表的映射 方式 .....	395			
7.1.7	链路虚拟化逻辑功能结构 .....	396			
7.2	链路聚合技术 .....	398			
7.2.1	基本概念 .....	398			
7.2.2	聚合链路的主要功能 .....	402			
7.2.3	链路聚合的模式 .....	403			
7.2.4	链路聚合的整体结构 .....	407			
7.2.5	链路聚合的拓扑结构 .....	408			
7.2.6	链路聚合实现原理 .....	411			
7.2.7	链路聚合标准 .....	417			
7.2.8	链路聚合控制协议 (LACP) .....	420			
7.3	虚拟接口切分技术 .....	425			
7.3.1	虚拟接口的资源切分和报文 调度 .....	425			
7.3.2	链路接口切分的报文处理流 程和模块结构 .....	426			
7.3.3	采用 PPP 协议的链路接口切 分的实现结构 .....	428			
7.3.4	虚拟接口创建流程 .....	430			
7.3.5	基于裁剪树的多跳虚拟链路 转发模块实现 .....	431			
<b>第 8 章</b>	<b>路由器虚拟化</b> .....	433			
8.1	虚拟路由器 .....	433			
8.1.1	基本概念 .....	433			
8.1.2	基本功能和设计要求 .....	434			
8.1.3	基本结构 .....	436			
8.1.4	数据平面的整体结构 .....	438			
8.1.5	控制平面模型 .....	440			
8.2	可编程虚拟路由器的主要技术 .....	443			
8.2.1	技术体系及面临的挑战 .....	443			
8.2.2	路由器虚拟化技术 .....	445			
8.2.3	虚拟路由器的可编程性 .....	450			
8.2.4	转发性能 .....	454			
8.3	虚拟路由器冗余协议 .....	456			

8.3.1 概述	456	<b>第 10 章 云计算与虚拟化技术</b>	524
8.3.2 相关概念	458	10.1 云计算的概念与类型	524
8.3.3 功能需求和特点	459	10.1.1 云计算概念的由来	524
8.3.4 工作原理	462	10.1.2 云计算的基本概念	526
8.3.5 状态模型	464	10.1.3 云计算的特点	527
8.3.6 报文格式	469	10.1.4 云计算的分类	530
<b>第 9 章 虚拟交换机</b>	473	10.1.5 云组件模型	536
9.1 虚拟交换机简介	473	10.1.6 云计算服务应用场景	537
9.1.1 概念	473	10.1.7 云管理	541
9.1.2 特征和需要解决的问题	474	<b>10.2 基于虚拟网的云计算</b>	543
9.2 虚拟交换机的工作原理与技术	478	10.2.1 云计算与虚拟化技术之间 的关系	543
9.2.1 工作原理	478	10.2.2 云计算中的虚拟集群	547
9.2.2 分割和隔离机制	481	10.2.3 虚拟化与云计算数据中心	552
9.2.3 功能模拟	481	10.2.4 网络虚拟化在云计算中的 应用	556
9.2.4 虚拟交换集群技术	483	<b>10.3 虚拟化环境下的云计算体系 结构</b>	559
9.2.5 基于流的虚拟交换技术	485	10.3.1 云计算的技术体系结构	559
9.3 虚拟交换机的系统架构	489	10.3.2 虚拟化角度下的云计算 架构	561
9.3.1 概述	489	10.3.3 云计算平台中的虚拟化 运行环境的核心模块设计	564
9.3.2 相关概念	491	<b>第 11 章 云计算资源虚拟化技术</b>	571
9.3.3 虚拟交换机系统的形成	493	11.1 信息资源与云资源虚拟化	571
9.3.4 VSS 数据转发	500	11.1.1 信息资源概述	571
9.4 虚拟交换机的典型结构	502	11.1.2 资源虚拟化的概念	574
9.4.1 IP 虚拟交换机的体系结构	502	11.1.3 虚拟资源特征	576
9.4.2 基于主从角色的虚拟交换机 冗余结构	504	11.1.4 资源的性能指标	578
9.4.3 Xen 虚拟交换机的典型架构	509	11.1.5 云服务与虚拟化资源的 关系	580
9.5 虚拟交换机系统生成树协议	512	<b>11.2 虚拟化资源平台</b>	583
9.5.1 虚拟交换机系统总体 流程	512	11.2.1 虚拟化资源平台的功能	583
9.5.2 STP 和 RSTP	513	11.2.2 虚拟化资源平台	585
9.5.3 虚拟交换机信息管理	514		
9.5.4 端口信息管理	515		
9.5.5 STP 协议 BPDU 帧	517		
9.5.6 STP 协议选举生成树的过程	519		

11.2.3	信息资源云的虚拟逻辑架构 .....	588	11.4.2	虚拟资源提供与自动部署 ..	602
11.3	资源虚拟化的实现原理与设计 ..	593	11.4.3	虚拟资源调度模型、算法及其过程 .....	607
11.3.1	云计算如何实现资源的虚拟化 .....	593	11.4.4	虚拟化资源管理目录的系 统架构和引擎设计 .....	611
11.3.2	虚拟资源的静态与动态分 配算法 .....	594	11.4.5	案例分析——一个典型的虚 拟资源管理器框架 .....	615
11.3.3	资源虚拟化的一种实现 方案 .....	597	附录 A	英文缩写语及其中英文对照 .....	619
11.4	虚拟资源管理 .....	599	参考文献	.....	634
11.4.1	虚拟资源管理的功能 .....	599			

# 第 1 章

## 虚拟化基础知识

目前 IT 领域的虚拟化 (Virtualization) 已经深入人心, 它在网络系统中得到了广泛应用, 并逐步走向嵌入式终端和通信领域, 已经被公认为支撑云计算发展的关键技术。在当前“应用为王”的时代, 虚拟化是满足多样化用户需求, 并挖掘计算机潜力和优化的首选途径, 其技术趋势已不可逆转。

### 1.1 虚拟化的概念与优缺点

虚拟化作为一系列先进的技术和产品, 掀起信息科学界新一轮技术的高潮。究竟什么是虚拟化? 虚拟化技术类型有哪些? 人们往往既清晰又模糊, 仿佛看到它就在面前, 可是又变幻着这样或那样的模样。

#### 1.1.1 虚拟化的含义

顾名思义, “虚”总是相对“实”而言的。所谓的“实”, 也就是指看得见和摸得着的服务器、CPU 等硬件产品及部分可视化软件等, 用虚的软件来代替或者模拟这些实际存在的东西也就是虚拟化。

通俗地说, 虚拟化就是把物理资源转变为逻辑上可以管理的资源, 以打破物理结构之间的壁垒。虚拟化的对象是各种各样的资源, 即将应用程序及其下层组件从支持它们的硬件中抽象出来, 将网络的控制管理与数据平面的转发与交换进行有效分离并提供支持资源的逻辑化视图。虚拟化是一种过程, 即将原本运行在真实环境上的计算机系统或组件运行在虚拟出来的环境中, 并且不受资源的实现、地理位置、物理包装和底层资源的物理配置的限制。它是一个为了简化管理和优化资源的解决方案, 经过虚拟化以后所有的资源都透明地运行在各种各样的物理平台上。资源的管理都将按逻辑方式进行, 完全实现资源的自动化分配, 用户

可以在虚拟环境中实现其在真实环境中的部分或者全部功能。

虚拟化指各种实体有效地共享硬件资源，如一台服务器可以虚拟化成多台虚拟机共享硬件资源。例如，一种网络设备可以有很多虚拟局域网（Virtual Local Area Network, VLAN），多个网络共享一个端口。所有共享的内容均称为“虚拟化”，如输入/输出（Input/Output, I/O）虚拟化。一个机房中的所有电缆，如电源线、网络线和音频线只有一根线即可。一根线插入，所有设备联通称为“cable 虚拟化”，即共享硬件资源。

虚拟化技术通过对硬件和软件的划分或整合，部分或完全地对物理机器进行模拟或仿真，将计算资源合并或切分成一个或多个运行环境。虚拟化技术的绝妙之处在于经过虚拟化后的逻辑资源对用户隐藏了不必要的细节，终端用户在信息化应用中感觉不到物理设备的差异、物理距离的远近及物理数量的多少，按照自己正常习惯操作执行需要的信息资源调用和交互即可。CPU 的虚拟化技术可以单 CPU 模拟多 CPU 并行，允许一个平台同时运行多个操作系统。在每一个操作系统中都可以运行多个程序，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。例如，当前只有一台计算机。通过虚拟技术在用户看来却是多台，每台都有其各自的 CPU、内存和硬盘等物理资源。

虚拟化技术与多任务及超线程技术完全不同，多任务指在一个操作系统中多个程序同时并行运行。在虚拟化技术中可以同时运行多个操作系统，而且每一个操作系统中都有多个程序运行，每一个操作系统都运行在一个虚拟的 CPU 或者是虚拟主机上。而超线程技术只是单 CPU 模拟双 CPU 来平衡程序运行性能，这两种模拟的 CPU 不能分离，只能协同工作。

虚拟化的基础是虚拟机（Virtual Machine, VM），指通过软件模拟的具有完整硬件系统功能并运行在一个完全隔离环境中的完整计算机系统及软件容器。它可以运行自己的操作系统和应用程序，正如一台物理计算机。虚拟机的运行完全类似一台物理计算机，它包含自己的虚拟（即基于软件实现的）CPU、随机存取存储器（Random Access Memory, RAM）硬盘和网络接口卡（Network Interface Card, NIC）。

现有的虚拟机系统通过在现有平台（裸机或操作系统）上增加一个虚拟层虚拟机监视器（Virtual Machine Monitor, VMM）来实现，VMM 是一个系统软件，可以维护多个高效且隔离的程序环境。它管理计算机系统的真实资源，为虚拟机提供接口。一些 VMM 安装在已有操作系统（Operating System, OS）之上，原有操作系统为 Host OS；在 VM 中运行的操作系统为 Guest OS。VMM 必须满足等价性（保真性）、安全性和高效性 3 个条件。

操作系统、应用程序和网络中的其他计算机无法分辨虚拟机与物理计算机之间的差异，即使是虚拟机本身也认为自己是一台“真正的”计算机。不过虚拟机完全由软件组成，不含任何硬件组件，因此它具备物理硬件所没有的很多独特优势。

## 1.1.2 虚拟化的优势和存在的问题

### 1. 虚拟化的优势

虚拟化所带来的好处是多方面的，如图 1-1 所示。

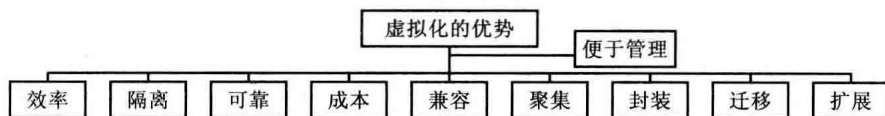


图 1-1 虚拟化的优势

总结来说主要包括以下几点。

(1) 效率：将原本一台服务器的资源分配给数台虚拟化的服务器，有效地利用了闲置资源；可以在一台物理服务器上同时安装并运行多种操作系统，从而提高物理设备的使用率；通过动态的资源部署和重配置来满足不断变化的业务需求；在新硬件上运行遗留操作环境，在单一系统中测试和开发，以及优化应用开发，这样能确保应用程序发挥出最高的可用性和性能。

(2) 隔离：包含两个层次的隔离，一是横向隔离。即虚拟机之间隔离，每台虚拟机可以看成是一个独立的实体。使用虚拟机每个应用程序可以在自己的操作系统环境中独立地运行，而不会影响到其他工作负载；二是纵向，即高层和低层之间隔离。例如，虚拟层隐藏了下面的一些硬件。用户可以不知道，但是可以使用。虽然虚拟机可以共享一台计算机的物理资源，但它们彼此之间仍然完全隔离；此外还能隔离应用软件与硬件，如同它们属于不同的物理计算机。而且当其中一台虚拟机发生故障时，并不会影响其他操作系统，从而实现了故障隔离。因此在可用性和安全性方面，虚拟环境中运行的应用程序之所以远优于在传统的非虚拟化系统中运行的应用程序，隔离就是一个重要的原因。

(3) 可靠：虚拟服务器独立于硬件工作，通过共享机制无法实现的隔离和划分来实现对数据和服务进行安全可控的访问。由于应用程序和所访问的数据处于集中管理和维护之下，因此可以轻易地监测和控制数据的访问，从而避免数据被攻击或窃取。通过改进灾难恢复解决方案提高了业务连续性，当一台服务器出现故障时可在最短时间内恢复且不影响整个集群的运作，在整个数据中心实现高可用性。

(4) 成本：降低了部署成本，突破了软硬件循环性的升级。只需要更少的服务器就可以实现需要更多服务器才能做到的事情，减少被管理物理资源的数量也间接降低了安全等其他方面的成本。虚拟化可节约潜在成本，隐藏物理资源的部分复杂性。不必为了运行新的软件而购买或升级硬件设备，能够从现有的设备、操作系统、应用程序、网络 and 标准中受益。通过自动化、信息优化和中央管理来简化公共管理任务，极大地延长了网络基础结构的使用寿命。



在硬件采购、操作系统许可、电力消耗、机房温度控制和服务器机房空间等方面都可体现节约成本的效果，如表 1-1 所示。

表 1-1 虚拟化节约潜在的成本

类别	可节约潜在成本
硬件	不需要为每台服务器或桌面都配置硬件
操作系统许可	如果采用 Microsoft 的虚拟化产品，则可使用 Windows Server 2003 R2 或者 2008 R2 的数据中心版。这样可以得到无限的虚拟机许可，从而节省开支
电力消耗	每台物理机所消耗的电力是一定的，不会随着虚拟机规模的增长而增长
机房温度控制	无须添加新的制冷设备
服务器机房空间	虚拟机不是物理机器，所以无须增加数据中心空间

由于系统的管理、维护、升级、扩展与服务等一系列环节得到优化，因此最大限度地节省了投入到系统中的各种费用。随着时间的增长，这种优势越来越明显。

(5) 兼容：为使不同品牌和不同硬件兼容，虚拟化可以统一虚拟硬件而达到融合的目的，所有的虚拟服务器都与正常的 x86 系统相兼容。它改进了桌面管理的方式，可部署多套不同的系统，将因兼容性造成问题的可能性降至最低；另外虚拟机可以支持老的软件和操作系统，兼容性非常好。

(6) 聚集：在一台计算机上运行多台虚拟机使得资源的调度更为优化，不同点的虚拟机有不同的繁忙和空闲时段，忙闲交错使得单台服务器的系统资源利用率大大提高。出于上述原因，虚拟化的聚集能够实现将多个不同平台上应用安全可靠地整合到少数几台服务器上。原来可能在多台机器上运行的应用软件、网站和数据库利用率都比较低，但是利用虚拟化技术可以把它合并在一起在一台机器上运行。这样可以用更少的服务器获得同样的整体功能，并大大提高了计算机性能的利用率。

(7) 封装：以虚拟机为粒度的封装使得虚拟机运行环境的保存非常便捷，优秀的封装性能使得以下应用模式可以很方便地实现。

- 虚拟机快照：将运行中的一台虚拟机的某个时间点的状态抓取下来，就像抓拍一张照片一样。
- 虚拟机克隆：从虚拟机的执行环境复制出一台或多台相同的虚拟机。
- 虚拟机挂起：指暂停一台运行中的虚拟机，将其运行环境保存在磁盘中。
- 虚拟机恢复：指将保存在磁盘中的虚拟机运行环境恢复到内存中以继续运行的操作。

优秀的封装性能使得虚拟机的保存更容易，从而在灾难恢复中发挥更大的作用。虚拟机快照和克隆使得部署各种软件运行环境更容易，从而使软件开发的测试和调试更为快捷方便。