

# 利用虚拟机技术完成复杂网络实验

王太成<sup>1</sup>, 蔡 勇<sup>2</sup>

(1. 四川邮电职业技术学院 计算机科学系, 四川 成都 610067;

2. 宜宾学院 计算机与信息科学系, 四川 宜宾 644000)

**摘 要:**近年来,采用虚拟化软件的速度超过了包括专家在内的任何人的想象。虚拟化在 IT 许多领域广泛应用。简要介绍了虚拟机技术和虚拟机软件 VMware Workstation 的特点,详细论述了利用桌面虚拟机软件 VMware Workstation,规划设计一种虚拟机解决方案,实现和完成复杂网络实验——DHCP 中继代理实验和 VPN 远程访问实验。详细描述了虚拟实验系统的工作原理与特点、网络组建与配置、服务器配置与管理。

**关键词:**虚拟机技术;VMware Workstation;DHCP 中继代理;VPN

**中图分类号:**TP391.41

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2009)04-0246-04

## Using Virtual Machine Technology to Perform Complex Network Experiment

WANG Tai-cheng<sup>1</sup>, CAI Yong<sup>2</sup>

(1. Dept. of Computer Science, Sichuan Post and Telecommunication College, Chengdu 610067, China;

2. Dept. of Computer and Information Science, Yibin University, Yibin 644000, China)

**Abstract:** In recent years, virtualization software has been adopted faster than anyone imagined, including the experts. Virtualization has been widely used in many areas of IT. Introduces the virtual machine technology and the characteristic of the virtual machine software - VMware Workstation. Based on virtual machine software for desktop, the plan and design solution scheme for virtual machine is chiefly discussed, which can implement and finish complex network experiments - DHCP relay agent and VPN remote access. The operational principles and features of the virtual experimental system, network setup and configuration, and server configuration and management were also elaborated.

**Key words:** virtual machine technology; VMware workstation; DHCP relay agent; VPN

### 1 虚拟机技术概述

在计算机技术六十多年的发展历程中,“虚拟机技术”扮演着各种不同的应用角色。在 20 世纪 60 年代,IBM 公司的研究人员把一台大型的计算机分割成若干独立的“小片”,每个机器片各自独立地运行系统和管理资源,供不同用户使用,实现多用户多任务的操作环境<sup>[1,2]</sup>。应用广泛的 Java 语言,利用 Java 虚拟机(JVM),实现 Java 程序的跨平台和可移植。

根据基于 X86 体系架构的虚拟机技术,目前主流的虚拟机技术(如 VMware、Virtual PC)是通过在现有平台(机器)上添加一层薄的虚拟机监控(Virtual Machine Monitor, VMM)软件而实现对系统的虚拟化,如

虚拟处理器、虚拟内存管理器(MMU)和虚拟 I/O 系统等,如图 1(a)所示<sup>[3,4]</sup>。从应用程序的角度看,程序运行在虚拟机上同运行在其对应的实体计算机上一样,即在某一特定的指令体系(Instruction Set Architecture, ISA)和(或)操作系统上,如图 1(b)所示<sup>[3,4]</sup>。

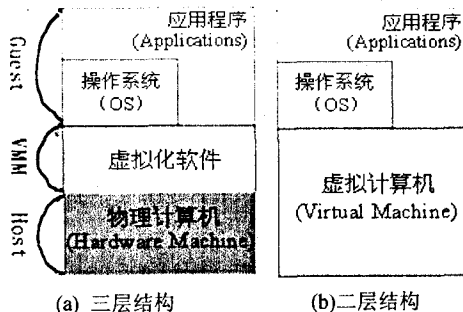


图 1 虚拟计算机层次结构

不难看出,VMM 是虚拟机技术的核心,根据实现虚拟机方式的不同,VMM 可以直接运行在裸机上(没

收稿日期:2008-07-26

基金项目:四川省科研项目(07ZB135)

作者简介:王太成(1965-),男,副教授,硕士,研究方向为网络安全、Web 数据挖掘。

有操作系统),如 VMware ESX Server,也可以运行在主机 OS 上(Host OS),如 VMware Workstation。

## 2 VMware Workstation

成立于 1998 年 1 月的 VMware 公司,在虚拟机技术领域处于领先地位,1999 年推出了业界第一个基于 X86 的完全虚拟化的系统虚拟机,即 VMware Workstation。VMware Workstation 是一款基于主机的虚拟机软件,面向个人用户,构建虚拟桌面系统、小型网络环境<sup>[5,6]</sup>。

VMware Workstation 允许操作系统和应用程序在一台虚拟机内部运行。虚拟机是独立运行主机操作系统的离散环境。在 VMware Workstation 中,可以在一个窗口中加载一台虚拟机,它可以运行自己的操作系统和应用程序。可以在运行于桌面上的多台虚拟机之间切换,通过一个网络共享虚拟机(例如一个公司局域网),挂起和恢复虚拟机以及退出虚拟机——这一切不会影响主机操作和任何操作系统或者其它正在运行的应用程序。

VMware Workstation 虚拟机可以在一台电脑上模拟出若干台 PC,每台 PC 都可以单独运行操作系统而互不干扰,实现一台电脑“同时”运行几个操作系统的目的,还可以将这几个操作系统连接成一个局域网。VMware Workstation 是一款帮助程序开发人员和系统管理员进行软件开发、测试以及配置的强大虚拟机软件。软件开发者借助它可以在同一台电脑上开发和测试适用于 Windows、Linux 或者 NetWare 的复杂网络服务的应用程序。

VMware Workstation 分为 Linux 和 Windows 两种版本,分别在 Linux 和 Windows 环境下进行安装。

VMware Workstation 为每一台虚拟机创建了一套模拟的计算机硬件环境,其模拟的硬件环境如下<sup>[3,5]</sup>:

- \* CPU: Intel CPU,其主频与主机频率相同。

- \* 硬盘:普通 IDE 接口或 SCSI 接口的硬盘,根据所安装的操作系统的不同,SCSI 接口可能为 BusLogic SCSI Host Adapter(Windows 2000 环境)或 LSI SCSI(Windows 2003 环境)。

- \* 网卡:AMD PCNET10/100/1000MB 网卡。

- \* 声卡:Creative Sound Blaster 16 位声卡。

- \* 显卡:标准 VGA,SVGA 显示卡,16MB 显存(可修改),可支持 32 位真彩色及多种分辨率(如 1600x1280,1280x1024,1024x768,800x600 等)。

- \* USB:可以在虚拟机使用 USB 设备,如 U 盘、USB 鼠标、USB 打印机等。

VMware Workstation 可用于许多不同的目的。它

可以用于测试新的操作系统或者网络应用软件,推介基于网络的应用产品,快速组建并共享一个配置好的网络环境等,其主要用途是<sup>[7]</sup>:

(1) 在一台物理机上安装并运行若干不同类别不同版本的操作系统(虚拟机),利用其内置的虚拟交换机(VMnet0 - VMnet9)连接成局域网,可以与实际的物理网络连接或隔离,完成许多网络实验,如基于 Windows 2003 Server 的网络实验(活动目录、DHCP、DNS、路由器等),基于 Unix 网络实验等。

(2) 利用虚拟机进行软件测试。在由虚拟机组成的网络环境中,测试网络应用软件,合并测试环境,降低系统管理成本,快速准备和迁移虚拟机,简化开发者和测试者的协作,用虚拟机库增加覆盖范围,容易模拟复杂和多变的测试环境。

## 3 利用 VMware Workstation(版本 5.5.3)完成复杂网络实验

### 3.1 DHCP 中继代理实验

#### 3.1.1 DHCP 中继代理

在子网的网络环境中,当 DHCP 客户端和 DHCP 服务器不在同一子网中时,必须通过 DHCP 中继代理转发 DHCP 广播,才能为 DHCP 客户端获取 IP 地址提供服务。

DHCP 中继代理可以是一台计算机或者路由器,监听 DHCP 客户端发出的 DHCP/BOOTP 广播,然后转发这些信息到位于其他子网中的 DHCP 服务器。中继代理可以说是在位于“异地”(不同子网 Lan1、Lan2)的客户机和 DHCP 服务器之间协商 IP 地址租用的“代言人”<sup>[8]</sup>。

#### 3.1.2 实现 DHCP 中继代理的方法步骤

(1) 建立分组 DHCP-Agent,包含两个网段 Lan1 和 Lan2。在 Lan1 中有两台虚拟机,一台 Windows 2000 Server 虚拟机(名称为 2000Server-Clone),将其配置为 DHCP 服务器,IP 地址:192.168.1.1/24,网关:192.168.1.2,为 Lan1 和 Lan2 的客户机分配 IP 地址;另一台为 Windows 2000 Professional 虚拟机(名称为 2000Pro-Clone1),作为 Lan1 中的客户机,将“TCP/IP 属性”配置为“自动获得 IP 地址”。在 Lan2 中也有两台虚拟机,一台 Windows Server 2003 的虚拟机(名称为 2003STD),添加两块网卡,IP 地址分别为:192.168.1.2/24 和 192.168.2.1/24,配置为 DHCP 中继代理;另一台为 Windows 2000 Professional 虚拟机(名称为 2000Pro-Clone2),作为 Lan2 中的客户机,将“TCP/IP 属性”配置为“自动获得 IP 地址”。如图 2 所示。

连接	虚拟机	局域网网段	选项					
虚拟机	适配器	Lan1	Lan2	桥接	NAT	Host...		
2003STD	以太网	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	以太网 2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2000Server-Clone	以太网	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2000Pro-Clone1	以太网	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2000Pro-Clone2	以太网	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

图 2 分组中虚拟机的网络配置

(2)在 Lan1 中配置 DHCP 服务器及建立作用域。通过添加“动态主机配置协议(DHCP)”网络服务组件,将 Windows 2000 Server 配置为 DHCP 服务器。通过“DHCP 控制台”,分别建立两个作用域,地址池中 IP 地址范围分别为:192.168.1.1~192.168.1.10 和 192.168.2.1~192.168.2.10。如图 3 所示。

树	地址池		
DHCP	起始 IP 地址	结束 IP 地址	描述
- 2000srv [192.168.1.1]	192.168.2.1	192.168.2.10	地址分配范围
- 作用域 [192.168.1.0] Lan1			
- 地址池			
- 地址租约			
+ 保留			
- 作用域选项			
- 作用域 [192.168.2.0] Lan2			
- 地址池			
- 地址租约			
+ 保留			
- 作用域选项			

图 3 在 DHCP 服务器上建立两个作用域

(3)在 Lan2 中配置 DHCP 中继代理。通过 Windows Server 2003 “路由和远程访问”控制台,添加“DHCP 中继代理程序”,添加“网络接口”——Lan2,添加 DHCP 服务器 IP 地址等,使其能够在 Lan2 中的客户机与 Lan1 中的 DHCP 服务器之间“间接地”完成 IP 地址租用。如图 4 所示。

路由和远程访问		DHCP 中继代理程序					
服务器状态							
2003CLONE (本地)							
网络接口							
IP 路由选择							
常规							
静态路由							
DHCP 中继代理程序							

接口	中继模式	接收的请求	接收的 ...	丢弃的请求	丢弃的回复
Lan2	启用	29	9	0	0

图 4 DHCP 中继代理配置

(4) Lan2 中的虚拟机 2000Pro-Clone2 获取由 DHCP 服务器分配的 IP 地址。在该虚拟机上执行 ipconfig/all 后的结果为:

Windows 2000 IP Configuration

Host Name . . . . . : 2000PRO

- CLONE2

Primary DNS Suffix . . . . . :

Node Type . . . . . : Broadcast

IP Routing Enabled. . . . . : No

WINS Proxy Enabled. . . . . : No

Ethernet adapter 本地连接:

Connection-specific DNS Suffix . :

Description . . . . . : VMware Accelerated AMD PCNet Adapter

Physical Address. . . . . : 00-0C-29-87-51-DC

DHCP Enabled. . . . . : Yes

Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes

IP Address. . . . . : 192.168.2.2

Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0

Default Gateway . . . . . : 192.168.2.1

DHCP Server . . . . . : 192.168.1.1

DNS Servers . . . . . :

Lease Obtained. . . . .

: 2007 年 10 月 5 日 21:42:20

Lease Expires . . . . .

2007 年 10 月 13 日 21:42:20

### 3.1.3 几点说明

(1)实验中所用的虚拟机,均由已经组建好的虚拟机克隆(clone)得来,尽量减少其硬件配置,如声卡、USB 设备等,使其启动和加载程序更快。

(2)虚拟机 2003STD 实际上也充当了路由器的作用,它具有 IP 静态路由表,如图 5 所示。

(3)比较在真实环境下完成相同的实验,显然,在虚拟环境下具有更多的优势:成本低、效率高、方便快捷。

## 3.2 VPN 远程访问实验

### 3.2.1 VPN 概述

VPN 即 Virtual Private Network(虚拟专用网),它是目前很多企业员工使用的一种方法,在任何可以进行 Internet 连接的地方都可以进行 VPN 连接,目前

宽带 Internet 连接已经非常普及,可以使用 VPN 实现

目标	网络掩码	网关	接口	跃...	通讯协议
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	环回	1	本地
127.0.0.1	255.255.255.255	127.0.0.1	环回	1	本地
192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.1.2	Lan1	10	本地
192.168.1.2	255.255.255.255	127.0.0.1	环回	10	本地
192.168.1.255	255.255.255.255	192.168.1.2	Lan1	10	本地
192.168.2.0	255.255.255.0	192.168.2.1	Lan2	10	本地
192.168.2.1	255.255.255.255	127.0.0.1	环回	10	本地
192.168.2.255	255.255.255.255	192.168.2.1	Lan2	10	本地
224.0.0.0	240.0.0.0	192.168.2.1	Lan2	10	本地
224.0.0.0	240.0.0.0	192.168.1.2	Lan1	10	本地
255.255.255.255	255.255.255.255	192.168.2.1	Lan2	1	本地
255.255.255.255	255.255.255.255	192.168.1.2	Lan1	1	本地

图 5 IP 静态路由表

高速而且安全的连接。通过共享网络或者公共网络连接网络,实现专用网络的点对点链接。

要实现 VPN 连接,应包括 VPN 服务器、VPN 客户端、传输网络、VPN 连接(或 VPN 隧道)以及相关身份验证协议和授权协议等组件<sup>[9]</sup>。

### 3.2.2 实现 VPN 远程访问的方法步骤

(1)建立分组 VPN,包含两个网段 Inner 和 Wan。网段 Inner 作为企业内部局域网(内网),有两台虚拟机,一台为 Windows Server 2003(虚拟机名为 2003STD-DC),配置为域控制器,IP 地址:192.168.1.1/24,网关:192.168.1.1,DNS:192.168.1.1;另一台为 Windows 2000 Server(虚拟机名为 2000SRV-VPN),配置 VPN 服务器,配置两块网块,一块 Inner 连接内网,IP 地址:192.168.1.2,网关和 DNS 的 IP 地址均为 192.168.1.1,另一块 Wan 连接到外网(模拟的 Internet),IP 地址:172.16.1.2。网段 Wan 用来模拟外网(Internet),所在网段 IP 标识为 172.16.1.0,包含两台虚拟机,一台为 Windows 2000 Server(虚拟机名为 2000SRV-DHCP-WAN),配置为外网中的 DHCP 服务器,可为外网中的客户机分配从 172.16.1.1 到 172.16.1.10 范围内的 IP 地址,另一台虚拟机为 Windows 2000 Professional(虚拟机名为 2000Pro-WAN),作为外网中的 VPN 客户端,动态获取 IP 地址。如图 6 所示。

连接	虚拟机	局域网网段	选项				
虚拟机	适配器	Inner	Wan	桥接	NAT	Host-only	自定义
2000SRV-VPN	以太网	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2003STD-DC	以太网 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2000SRV-DHCP-WAN	以太网	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2000Pro-WAN	以太网	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

图 6 分组中的网络配置

(2)在内网中配置好域控制器(vpntest.net),通过“Active Directory 用户和计算机”,将某一用户的“拨入”属性设置为“允许访问”,使其能够实现 VPN 远程访问。

(3)将内网中的虚拟机 2000SRV-VPN 加入到域 vpntest.net 中,通过“路由和远程访问”配置好 VPN 服务器。

(4)在外网的虚拟机 2000Pro-WAN 上为“拨入”属性为“允许访问”的用户建立“VPN 连接”,以该虚拟机作为 VPN 客户端,通过指定用户的 VPN 连接,实现远程访问内网中的资源。VPN 连接成功后,执行 ip-config/all 显示结果为:

Windows 2000 IP Configuration

Host Name . . . . . : 2000PRO-CLONE2

Primary DNS Suffix . . . . . :

Node Type . . . . . : Broadcast

Routing Enabled. . . . . : No

WINS Proxy Enabled. . . . . : No

Ethernet adapter 本地连接:

Connection-specific DNS Suffix . :

Description . . . . . : VMware Accelerated AMD PCNet Adapter

Physical Address. . . . . : 00-0C-29-87-51-DC

DHCP Enabled. . . . . : Yes

Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes

IP Address. . . . . : 172.16.1.3

Subnet Mask . . . . . : 255.255.0.0

Default Gateway . . . . . :

DHCP Server . . . . . : 172.16.1.1

DNS Servers . . . . . :

Lease Obtained. . . . . : 2007 年 10 月 7 日 11:29:24

Lease Expires . . . . . : 2007 年 10 月 15 日 11:29:24

PPP adapter 虚拟专用连接:

Connection-specific DNS Suffix . :

Description . . . . . : WAN (PPP/SLIP) Interface

Physical Address. . . . . : 00-53-45-00-00-00

DHCP Enabled. . . . . : No

IP Address. . . . . : 172.16.2.4

Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.255

Default Gateway . . . . . : 172.16.2.4

DNS Servers . . . . . : 192.168.1.1

### 3.2.3 说明

(1) 尽管外网用一个网段 Wan 模拟,但与实际网络环境下的配置使用操作完全一样。

(2) 同样的实验目的,实现的方案(方法)不唯一。

## 4 结束语

综上所述,利用虚拟机技术,规划、设计、搭建一个虚拟的网络平台,进行计算机网络应用开发、实验和测试,节省人力物力财力,是一套开展计算机教学科研活动行之有效的办法。

### 参考文献:

- [1] 刘爱军,耿国华.基于 x86 的虚拟机技术现状、应用及展望[J].计算机技术与发展,2007,17(11):250-253.
- [2] Barham P, Dragovic B, Fraser K, et al. Xen and the Art of Virtualization[C]//Proceedings of the 19th ACM Symposium

(下转封三)



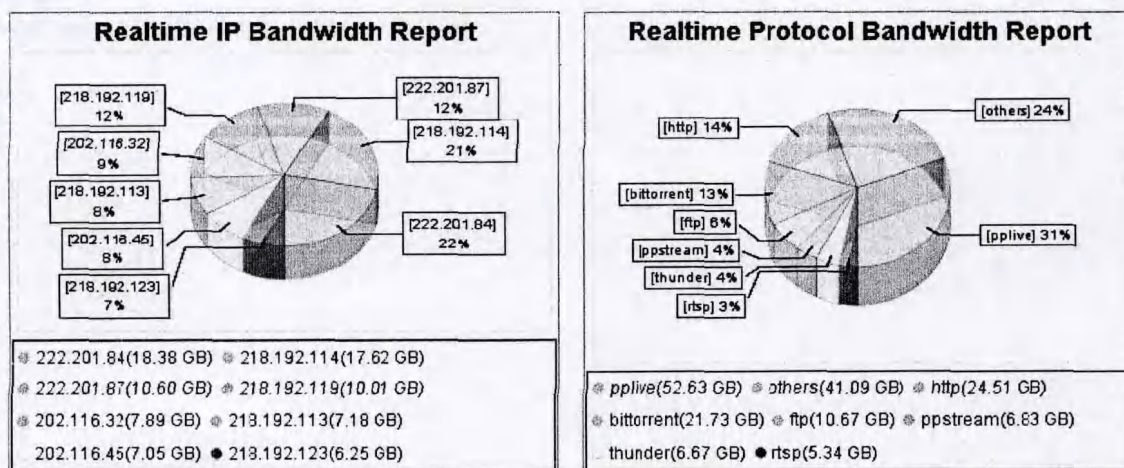


图5 流量实时报告

式拒绝服务攻击)、蠕虫/病毒、垃圾邮件、P2P应用、非法VoIP等等<sup>[6-8]</sup>。根据异常流量呈现的各种特征,深度检测应用业务区别异常流量,结合协议、端口、IP地址、蠕虫、攻击报文等模式的统计报表,通过控制会话数、源地址端口、目标地址端口、应用协议等参数制定策略,控制和预防异常流量。

采取相应流量带宽策略后,我校校园网络应用有了显著的改善,如图5为流量实时报告。

HTTP等主要应用比例占据流量的大部分,而bt, pplive等应用比例明显减少。

### 3 结束语

文中根据我校校园网的现状,结合实际对校园网出口应用及带宽使用情况的分析后,针对性地给出对我校校园网出口带宽的控制和优化;根据带宽和应用使用现状的详细评估,找到当前网络带宽使用和应用性能方面存在的问题和隐患;对特定的、非关键的应用流量(特别是P2P流量),通过设置带宽使用上限,降低对总体链路的负载影响,保障关键应用,提高带宽使用效率;对需要保障的关键应用和重点客户,根据应用优先级的不同专门为其设定相应的保证带宽,确保其获得有保障的带宽通道和使用感受,提高用户的服务

质量(QoS);对诸如蠕虫病毒、DDoS等非正常应用流量,通过实时流量分析器,结合历史记录分析,找到问题源头进行及时处置,保障网络安全可靠运行。

### 参考文献:

- [1] 王超,赵文杰. IP网络带宽管理技术及应用分析[J]. 电信技术,2007(5):101-103.
- [2] MAXNET应用优化系统(AOS)技术白皮书[EB/OL]. 2007-09-01. <http://www.maxnetsys.com.cn/download/MaxNet%20whitepaper.pdf>.
- [3] 黄小波. 企业网络带宽管理[J]. 计算机与网络,2004(19):46-47.
- [4] 严伟荣,赖谭海. 宽带IP城域网的流量管理策略研究[J]. 电信网技术,2002(2):18-20.
- [5] 黄蕊,凌东. 宽带互联网的带宽管理[J]. 中国新通信,2006(11):84-87.
- [6] 邢长明,刘方爱. 基于P2P的网络资源发现机制研究[J]. 计算机技术与发展,2006,16(8):21-23.
- [7] Tang Chunqiang. PeerSearch: Efficient Information Retrieval in Peer-to-Peer Networks[M]. [s.l.]:[s.n.],2002.
- [8] Karagiannis T. Transport layer identification of p2p traffic [C]//Internet Measurement Conference (IMC). Taormina, Sicily, Italy:[s.n.],2004.

(上接第249页)

- on Operating Systems Principles. Bolton Landing, NY, USA: Virtual Machine Monitors,2003:164-177.
- [3] 董耀祖,周正伟. 基于X86架构的系统虚拟机技术与应用[J]. 计算机工程,2006(7):71-73.
- [4] Sugerman J, Venkitachalam G. Virtualizing I/O Devices on VMware Workstation's Hosted Virtual Machine Monitor [C]//Proc. Usenix Annual Technical Conference. [s.l.]:[s.n.],2001.
- [5] 王春海. 虚拟机技术与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2006.
- [6] Waldspurger C A. Memory Resource Management in VMware ESX Server[C]// Proceedings of the 5th Symposium on Operating Systems Design and Implementation. [s.l.]:[s.n.],2002.
- [7] 刘武,吴建平,段海新,等. 用VMware构建高效的网络安全实验床[J]. 计算机应用研究,2005(2):212-214.
- [8] 王经坤,艾兴,张进生,等. 虚拟产品开发技术的理论体系研究[J]. 计算机工程,2003(3):11-13.
- [9] 杨少春. 采用VMware构建虚拟并行计算网[J]. 计算机工程与设计,2006(7):2546-2547.