

# 虚拟化技术在校园网数据中心的应用

何禹, 胡宇鸿, 王一波

(贵州大学信息化管理中心 贵阳 550025)

**【摘要】**校园网应用服务器数量的增加, 导致数据中心面临系统管理复杂、资源利用率低、安全控制与数据备份困难等问题。该文对三类主要的虚拟化技术进行了分析与比较, 讨论了数据中心应用虚拟化技术需要考虑的因素, 认为完全虚拟化技术适用于校园网数据中心虚拟服务器建设。使用完全虚拟化技术不但可降低数据中心的建设与运行成本, 而且可简化服务器管理模式, 实现服务器数据快速恢复, 提高数据中心的管理与运行水平。

**关键词** 数据中心; 宿主机; 虚拟化; 虚拟机

中图分类号 TP302

文献标识码 A

## Application of Virtualization Technology in Data Center of Campus Network

HE Yu, HU Yu-Hong, WANG Yi-Bo

(Information Centre, Guizhou University Guiyang 550025)

**Abstract** Nowadays, data centers of campus networks face many problems, such as complicate implementation, low-efficient resource usage, safe control and complex backup process. By analyzing three main virtualization technologies, this paper illustrates some key factors for data centers applying virtualization technology. Our analysis results show that the full virtualization technology is a good candidate of building data centers of application servers, this technology can drastically decreases the cost of implementation work and meanwhile improves the performance.

**Key words** data center; host; virtualization; virtual machine

随着高校信息化建设不断深入, 校园网上运行的应用系统日益增长, 快速增长的应用需要部署大量的服务器作为硬件支撑平台。为保证服务器长期稳定运行, 网络中心建立数据中心或托管机房向服务器提供不间断电源、温度控制、网络带宽和安全防护等运行支撑环境。高校应用服务具备下列共同特点: (1) 应用种类多, 系统环境复杂, 对操作系统和数据库要求各不相同; (2) 服务器硬件由网络中心管理, 应用系统由各相关职能部门负责管理和维护; (3) 多数应用在数据中心对应着一台物理服务器; (4) 部分应用服务器运行负荷较轻对服务器资源浪费。这些特点导致数据中心在管理和维护大量服务器时面临系统管理复杂、资源利用率低、安全控制与数据备份困难等问题。如何解决上述问题成为数据中心建设与运行中重点考虑的因素。将虚拟化技术应用到校园网数据中心建设中, 可较好地解决当前数据中心面临的一系列问题, 为数据中心服务器

部署提供了一种新的解决方案。

### 1 数据中心服务器管理面临的问题

(1) 维护管理水平低: 采用独立服务器的方式进行部署, 需要投入大量的人力、物力为每一个物理服务器进行维护。不同时期购买的服务器给维护带来了困难, 硬件设备的多样性导致系统恢复需要较长时间, 服务器出现问题后停机时间较长; (2) 资源利用率不高: 多数服务器利用率不高, 对服务器资源的利用只有20%左右, 这些服务器占用了大量的数据中心空间和运行支撑资源; (3) 存在安全隐患: 数据中心为学校各院系、管理部门提供Windows虚拟目录存放二级网站。Windows虚拟目录隔离性差, 常出现一个网站染毒或后台代码漏洞故障导致整台服务器瘫痪影响其他部门网站的情况; (4) 数据备份困难: 应用环境复杂, 不同的硬件平台与操作系统给系统备份与快速恢复带来了困难。管理员难以对

收稿日期: 2007-07-16

基金项目: 贵州省自然科学基金(20033007)

作者简介: 何禹(1974-), 男, 高级实验师, 主要从事网络安全、网络管理、并行计算方面的研究; 胡宇鸿(1973-), 男, 讲师, 主要从事网络应用、数据库开发方面的研究; 王一波(1962-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事行计算、计算化学方面的研究。

不同的系统进行统一的数据备份,不能快速恢复软件系统。

## 2 虚拟化技术

软件虚拟化技术的实现主要有完全虚拟化、部分虚拟化和操作系统层虚拟化三种方式,不同方式的区别在于虚拟机监控层(Virtual Machine Monitor, VMM)所在位置、功能与实现方式有所不同<sup>[1]</sup>。

### 2.1 完全虚拟化

完全虚拟化技术通过在虚拟机(Virtual Machine)和宿主机(Host)底层硬件之间建立抽象层虚拟机监控层来管理各个虚拟机。通过VMM层,完全虚拟化技术模拟出多个BIOS级的完整虚拟硬件平台,单硬件平台上可运行多个异种类型的操作系统虚拟机。虚拟机对客户机操作系统完全透明。完全虚拟化的缺点是VMM中间层代码转换会给宿主机带来一定开销。该技术主要代表是EMC公司的VMware和Microsoft公司的Virtual Server。

### 2.2 部分虚拟化

部分虚拟化也称为准虚拟化。为了减轻宿主机的负担,部分虚拟化技术通过使用虚拟化应用接口(API)来定制客户机操作系统内核,以替代不可虚拟的某些X86特权指令,使其与VMM层协同工作,从而提升虚拟机性能。部分虚拟化的缺点是虚拟机对客户机操作系统不完全透明。部分虚拟化技术的代表是使用开源虚拟化技术的Xen<sup>[2]</sup>。

### 2.3 操作系统虚拟化

操作系统虚拟化的概念是在一个公用操作系统中复制出多个客户机操作系统运行镜像。操作系统虚拟化技术没有独立的VMM虚拟化处理层,提供了一种更瘦的虚拟架构体系。该虚拟化方式效率较高,但不能在单宿主主机上实现异种操作系统客户虚拟机部署。SWsoft公司的Virutozzo和Sun公司的Solaris Container采用了操作系统虚拟化技术。

### 2.4 CPU辅助虚拟化功能

虚拟化技术在一个宿主机中支持多个客户机操作系统运行,需要通过VMM软件层来调度客户机对宿主机CPU、内存和I/O资源的申请。传统X86架构的CPU并不是为支持多个操作系统并行运行而设计,客户机操作系统运行时所需的特权指令(privilege 0)依靠VMM软件层模拟实现,软件模拟将会带来性能上的损失。

虚拟化技术的发展和重要性使Inter与AMD两大CPU制造商都重新设计了X86架构,分别提供Intel VT-x<sup>[3-4]</sup>和AMD VC两种CPU硬件辅助虚拟化

(Hardware Virtualization Assistance)技术来提高虚拟机效率。硬件辅助虚拟化在CPU芯片内创建了新的ring-1特权层,让VMM运行在ring-1位置,VMM生成一个VM控制结构来支持每个新虚拟机,并提供一组新指令集用来建立、管理和退出各种VM。并在VMM和VM之间提供了内容交换框架(Framework for Context-Switching),通过让虚拟机也能执行ring 0特权指令,消除了操作系统的ring特权转换问题,降低了虚拟代码转换带来的损耗。

## 3 虚拟化软件平台的选择

### 3.1 虚拟化技术实施考虑因素

数据中心使用虚拟化技术,需要充分考虑以下五种因素:(1)应用系统对CPU、内存、I/O设备的需求:将一个应用系统迁移到虚拟机中,需评估应用对计算机资源的需求,视频服务这类连续占用计算机资源的应用并不适合迁移到虚拟机中;(2)拟整合的物理服务器数量:整合服务数量与宿主机硬件性价比之间的关系需要平衡;(3)虚拟机运行的操作系统类型:是否需要多种操作系统的虚拟机同时运行;(4)采用何种虚拟化技术;(5)虚拟机实施的软件费用。

### 3.2 虚拟化技术比较

虚拟化技术实现的三种方式从隔离性与兼容性方面的比较是:完全虚拟化>部分虚拟化>操作系统层虚拟化;从虚拟机的运行效益比较是:完全虚拟化<部分虚拟化<操作系统层虚拟化。隔离性与运行效益是虚拟化技术实现时必须考虑的两个主要因素,各种技术方式都是在这一对矛盾因素中寻求平衡点。

完全虚拟化方式具有良好的隔离性、兼容性与灵活性,缺点是VMM软件层代码转换会带来一定的系统开销。CPU辅助虚拟化硬件技术的出现,完全虚拟化由软件层模拟的功能已逐步转向硬件化,虚拟化效率不断提高。随着CPU辅助虚拟化技术的不断完善,完全虚拟化技术有着广阔的发展前景。

### 3.3 VMware Server虚拟机软件

VMware公司是完全虚拟化技术的领导者,提供从桌面虚拟开发环境VMware Workstation、虚拟服务器VMware Server到虚拟数据中心平台VMware Infrastructure的全方位虚拟应用<sup>[5]</sup>。VMware Server是中小型虚拟服务器应用套件,宿主机可运行于Windows与Linux平台,单一宿主主机上同时支持Windows、Linux、Netware、Solairs等32位与64位操作系统虚拟机。兼容Intel公司的CPU辅助虚拟化技

术, 提供客户机虚拟对称多处理(SMP)<sup>[6]</sup>功能。VMware Server配合VMware Converter工具可完成应用系统从物理服务器动态迁移到虚拟机。VMware Server软件免费发放, 构架如图1所示。综合考虑系统的兼容性、灵活性与软件费用等因素, VMware Server是校园网数据中心这类中型虚拟化应用的最佳软件平台。

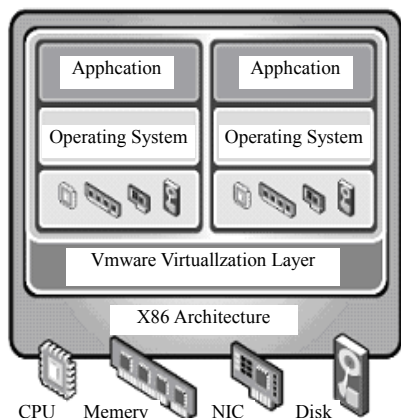


图1 VMware Server 的结构

## 4 VMServer虚拟机的实施

### 4.1 宿主机硬件平台

宿主机上要运行多个虚拟机, 系统负担较重, 需要从CPU、内存及I/O三个方面考虑硬件平台的配置。(1) CPU的选择: 完全虚拟化技术中, 具备辅助虚拟化功能的CPU将会大幅提升虚拟服务的运行效益。VMware Server兼容Intel-VT技术。Intel公司Conroe核心的CPU均具备VT功能, 可选择Intel的多核心系列CPU;(2) 内存: VMware Server内存管理使用预分配方式, 宿主机物理内存的配置取决于运行的虚拟机个数与每个虚拟机预分配内存的大小。宿主机操作系统自身运行需要一定的内存开销, 而虚拟机的硬盘读写速度与宿主机分配多少内存作为文件缓冲相关。宿主机物理内存应不小于全部虚拟机所需内存总和加上1 GB。(3) 磁盘子系统: 虚拟机的硬盘对于宿主机而言是以文件方式存在。虚拟机的读写最终会转为宿主机的I/O动作, 所以宿主机的磁盘子系统吞吐能力容易形成瓶颈。宿主机需选用并发读写性能较好的SCSI硬盘, 并通过RAID 5或RAID 0+1方式提高磁盘子系统的速度和数据存储的可靠性。

### 4.2 宿主机操作系统选择

VMware Server的宿主机操作系统支持Linux和Windows系统。选择何种操作系统作为宿主机支撑平台需从稳定性、运行效益、客户机操作系统几方

面综合考虑。(1) host操作系统平台稳定性: Linux平台在内存分配、系统资源占用, 进程调度、远程管理等方面更加高效与灵活。Windows系统在易用性与管理性方面具有优势。从系统平台的稳定性考虑, Linux系统优于Windows平台;(2) 虚拟机与宿主机操作系统一致: 虚拟机以文件方式存在于宿主机, 虚拟机的读写盘的动作对于宿主机而言是文件读写。测试表明在虚拟机与宿主机具备相同操作系统时, 虚拟机具有较高的I/O性能。虚拟机与宿主机为异种操作系统时, 不同文件格式的转化带来较大的系统开销, 降低了虚拟机的I/O性能。当虚拟机运行Windows操作系统时应选择Windows作为VMware server的宿主机支持环境。

### 4.3 VMware Server的获取

VMware Server当前发布版本为1.03, 提供Windows版本和Linux发行版本。两个版本和VMware Converter工具均可从<http://www.vmware.com>网站获取, 在线注册后免费获取软件授权码。

### 4.4 VMServer的部署

在校园网数据中心部署一套VMware Server系统, 建立12个Windows和2个Linux虚拟机面向学校应用系统服务。宿主机硬件配置为Intel 3.2GB Xeon HT CPU\*2, 6 GB内存, 146 GBS SCSI盘\*3, 1 GB网卡\*2。

1) 安装VMware Server 宿主机: (1) 进入宿主机服务器SCSI管理程序将三个146 GB的SCSI硬盘建为RAID5逻辑盘;(2) 规划好分区后在宿主机上安装Windows 2003操作系统, 为了实现Web方式远程管理, IIS服务组件必须安装, 安装完毕后关闭一切不必要的Windows服务进程以提高宿主机的安全性和降低资源占用;(3) 安装VM SERVER 1.03组件, 填写VMware网站上注册时获得的授权码。2) 建立虚拟机: (1) 虚拟机硬件资源分配: 根据各应用系统需求建立虚拟硬件资源分配表, 合理分配宿主机资源;(2) 使用VM Server Control建立虚拟机硬件资源: 对CPU需求较高的虚拟机可启用SMP功能。虚拟机内存和物理磁盘大小根据应用分配。硬盘类型选用SCSI方式, 硬盘空间选择立即配方式, 空间动态分配方式的I/O效率非常低, 不建议使用<sup>[7]</sup>。为虚拟机添加网卡并分配工作网段;(3) 安装虚拟机操作系统: VMServer虚拟机的光驱支持加载ISO镜像文件, 将操作系统光盘转为ISO镜像存放在宿主机中, 可提高虚拟机操作系统的安装速度和便于以后添加系统组件。操作系统安装完毕后, 启动虚拟机, 在VM Server Control的VM菜单->Install VMware tool选项

中为虚拟机操作系统安装VMware提供的管理和驱动软件以提高虚拟机的性能；(4) 复制多个虚拟机：将安装完毕的第一个虚拟机作为样板，可快速地复制多个同类操作系统的虚拟机。在宿主机中打开VMware Server存放第一个虚拟机的目录，将此目录全部内容拷贝到新目录。在VMware Server Control的File->Import菜单中打开新拷贝目录中的vmc后缀文件，启动新虚拟机时系统会提示建立新的虚拟机识别(UUID)号；(5) 迁移服务器到虚拟机：服务器中运行的应用系统可使用VMware Converter工具迁移到一个虚拟机中。

#### 4.5 VMware Server的管理

传统对物理服务器的管理是使用本地控制台方式。VMware Server提供了基于IP地址的虚拟机网络远程管理功能，系统管理员可在任何地方通过互联网对虚拟机进行BIOS级管理与监控。

(1) Web远程管理：安装VMware Server时选择Web管理组件，可通过http://宿主机IP:3000的方式远程管理与监控虚拟机。Web管理界面提供了宿主机与每个虚拟机的运行时间，CPU、内存等使用情况，可远程开关重启动每个虚拟机。Web管理界面如图2所示。

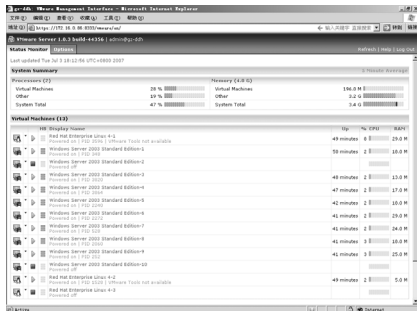


图2 VMware Server Web远程管理

(2) 控制台远程管理：虚拟机控制台提供了虚拟屏幕管理功能，通过远程控制台可以完成新建、导入虚拟机，改变虚拟机的硬件配置，调整虚拟机的BIOS参数，对运行中的虚拟机进行软件安装与调试等功能。所有的远程操作与管理通过键盘和鼠标管理服务器完全相同，如图3所示。

(3) 控制台光驱远程挂载功能：光驱远程挂载功能是将远程控制台所在计算机的光驱通过网络分配给宿主机中的虚拟机。当管理员需要将光盘数据装入虚拟机时，不需要将这张光盘放入宿主机光驱，只需在VM Server Control中将控制台光驱远程挂载到虚拟机中，为远程管理与维护带来了极大的方便。

(4) 快照功能：通过VMware Server Control控制台，可对运行中的虚拟机进行快照(Snapshot)。执行

快照时，VMware Server将对整个虚拟机的运行环境进行实时数据备份，生成快照文件。虚拟机出现问题后，使用快照恢复功能，几分钟内即可恢复停机的服务。

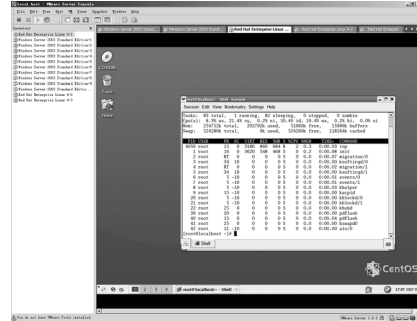


图3 VMware Server Control控制台

## 5 结束语

虚拟化技术的出现是计算机技术的又一次创新，它改变了操作系统与计算机硬件之间的层次关系。虚拟化软件作为一个中间件出现在计算机体系结构中，通过整合计算平台动态分配资源的方式提高了计算机硬件的利用率，向上提供了一致的虚拟硬件平台，使得系统的迁移、备份均与硬件无关，且易于管理与维护。VMware Server是完全虚拟化技术的代表性应用，其功能强大、稳定性好、免费发布，适用于校园网数据中心虚拟服务器的建设。数据中心使用虚拟化技术解决了物理服务器资源利用率低、维护困难、响应时间长等问题，提高了维护管理水平降低了建设成本。

### 参考文献

- [1] VMware Corporation. VMware white paper: virtualization overview[EB/OL]. <http://www.vmware.com/solutions/>, 2006-03-09.
- [2] 董耀祖. 解析Xen虚拟机架构[J]. 开放系统世界, 2006, 10: 101-107.
- [3] NEIGER G, SANTONI A, LEUNG F, et al. Virtualization technology: Hardware support for efficient processor virtualization[J]. Intel Technology Journal, 2006, 10(3): 167-178.
- [4] Intel Corporation. Intel vanderpool technology for IA-32 processors(VT-x)preliminary specification[DB/OL]. <http://developer.intel.com>, 2005-08-02.
- [5] VMware Corporation. VMware infrastructure architecture overview[EB/OL]. <http://www.vmware.com/>, 2006-06-03.
- [6] VMware Corporation. Best practices using VMware virtual SMP[EB/OL]. <http://www.vmware.com/solutions/>, 2006-06-10.
- [7] 董唯元. VMware Server虚拟磁盘的性能测试[EB/OL]. <http://storage.it168.com/>, 2007-08-02.

编辑 孙晓丹