

服务器虚拟化在医学数据中心的应用

钟 明 方 安

(中国医学科学院医学信息研究所 北京 100020)

〔摘要〕 介绍中国医学科学院医学信息研究所数据中心服务器现状和面临的问题, 指出数据中心实施虚拟化的必要性, 阐述虚拟化概念和服务器虚拟化技术, 详细描述使用 VMware vSphere 5.5 产品搭建虚拟化平台的实现方案, 最后总结服务器虚拟化的应用效果并对后续工作进行展望。

〔关键词〕 医学信息系统; 数据中心; 服务器虚拟化; VMware vSphere

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2017.05.007

Application of Server Virtualization in Medical Data Center ZHONG Ming, FANG An, Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100020, China

〔Abstract〕 The paper introduces the current status and the problems of servers in the data center of Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Sciences, points out the necessity of virtualization in data center, expounds the concept of virtualization and server virtualization technology, then describes the implementation scheme of constructing the server virtualization platform based on VMware vSphere 5.5 products in detail. Finally, the application effect of server virtualization is summarized and the future work is prospected.

〔Keywords〕 Medical information system; Data center; Server virtualization; VMware vSphere

1 引言

没有网络安全就没有国家安全, 没有信息化就没有现代化, 信息化已成为推进国民经济和社会发展的助力器。在我国医药卫生领域的改革规划中, 信息技术的应用和安全是国家“四梁八柱”计划中的一个重要技术支撑。随着医学信息化建设的快速发展, 医学信息系统越来越复杂, 信息系统的分类也越来越细化, 因此, 承载着各项业务应用系统的医学数据中心需要有效提高部署能力和管理水平。而虚拟化技术提供了解决方案。本文结合中国医学科学院医学信息研究所(以下简称医科院信息所)数据中心实际, 将 VMware 服务器虚拟化技术应用

到数据中心建设中, 既整合了服务器资源, 又方便了医学信息系统的管理。

2 医科院信息所服务器现状

2.1 基本情况

近几年来, 医科院信息所的信息化建设有了较大发展, 研发了综合性医药卫生信息管理和决策支持平台, 建立了国家级卫生信息数据中心, 开发了近百个医学相关的信息系统。随着科研项目的增多、医学业务的扩展和服务质量要求的提高, 需要部署的应用系统不断增多, 使得服务器数量直线增加。目前医科院信息所已有近 200 台物理服务器, 包括刀片服务器、机架式服务器、塔式服务器和小型机, 以 x86 架构服务器为主, 提供 Web 服务、数据库服务、应用程序服务和文件服务等多种类型服务。

〔修回日期〕 2016-11-07

〔作者简介〕 钟明, 硕士, 实习研究员, 发表论 1 篇。

2.2 存在的问题

按照传统的模式部署，通常一台服务器只运行一个专用的业务系统，关键业务采用双机 HA 架构提高可靠性，系统之间表现为各自为政的分散式、单点式建设方式。这种部署方式对资源的有效利用及系统的管理维护带来了很多问题，包括服务器的利用率低、可管理性差、兼容性差、成本高。因此，医科院信息所数据中心需要有效的服务器整合，以提高软硬件使用效率和兼容性，降低管理复杂度和管理员工作量，减少数据中心运营成本，提升服务安全性和数据稳定性^[1]。

3 服务器虚拟化技术

3.1 虚拟化概念

虚拟化是一个广义的术语，是信息技术领域的一种资源管理技术，是将服务器、网络、内存和存储等计算机实体资源予以抽象、转换后呈现出来，以达到实体结构间可以切割和重新规划的目的。这些资源的新虚拟部分不受现有资源的架设方式、地理位置或物理组态所限制^[2]。虚拟化按实现层次不同可划分为硬件虚拟化、操作系统虚拟化和应用程序虚拟化，按被应用的领域不同可划分为服务器虚拟化、存储虚拟化、网络虚拟化和桌面虚拟化^[3]，这里主要论述服务器虚拟化。

3.2 服务器虚拟化

3.2.1 内涵 服务器虚拟化是将服务器的物理资源抽象整合成一个逻辑资源，然后虚拟成多台相互隔离的虚拟服务器即虚拟机。服务器虚拟化必备的 3 种资源虚拟化是 CPU 虚拟化、内存虚拟化和 I/O 设备虚拟化，将 CPU、内存、I/O、磁盘等硬件变为能够动态管理的资源池，从而提高资源利用率，实现服务器整合，增强信息技术对业务变化的适应力。

3.2.2 主流产品 目前主流的服务器虚拟化产品有 VMware 公司的 VMware vSphere、Microsoft 公司的 Hyper-V R2 和 Citrix 公司的 Xen Server^[4]，这 3 个产品的功能与性能比较，见表 1。VMware vSphere 包括安装在 ESXi 主机上的虚拟化软件、vCenter Server 和 vSphere Client 等软件，这些软件产品构成一整套虚拟化平台解决方案，能提供在线迁移、高可用性、分布式资源调度、容错、快照备份等高级功能服务。vSphere 除了基础的虚拟化平台服务外，还能实现云端服务应用，支持绝大多数主流公司的软硬件。Microsoft Hyper-V R2 作为微软操作系统的一部分，包含在 Windows Server 2008 R2 中，属于半虚拟化技术产品，支持 Migration 动态移转，在性能和安全性方面比较出色。另外，虚拟服务器对 Linux 操作系统支持的比较好。Citrix Xen Server 是一个开源产品，由于该产品的研发力量不断增强，因此，产品功能和性能得到了很好提升。Xen Server 虚拟化架构将 Xen Hypervisor 安装在服务器硬件和操作系统之间，通过该虚拟化监控器可以管理一台物理服务器上运行的多个虚拟机^[5]。Xen Hypervisor 非常精简，大约只由 5 万行代码编写而成，其运行速度快、系统开销小。

表 1 服务器虚拟化 3 个主流产品的功能与性能比较

厂家	VMware	Microsoft	Citrix
产品名称	VMware vSphere	Hyper-V R2	Xen Server
虚拟化程度	全虚拟化	半虚拟化	半虚拟化
支持的 OS	所有可运行在 x86 架构上的系统	Windows 系列、Linux 系列	Windows 系列、Linux 系列、Sun Solaris
P2V 迁移	VMware Converter 工具	安装 SCVVM 管理工具	Xen Converter 工具
在线迁移功能	vMotion，无须停机	LiveMigration，短暂停机	XenMotion，无须停机
支持的存储设备	几乎所有的存储方式和磁盘接口	SATA、SAS、FC-SAN、SCSI	SATA、SAS、FC-SAN、SCSI、IDE、NFS、iSCSI
虚拟文件格式	VMDK	VHD	VHD
软硬件兼容性	兼容绝大多数主流公司的软硬件	兼容绝大多数主流公司的软硬件	受限
网络管理	虚拟交换机	无	无
支持云计算	支持	仅支持私有云	不支持
市场份额（2014 年）	79%	11%	2%

由以上分析可见，虚拟化技术可以有效解决医科院信息所服务器硬件平台所面临的问题，其中 VMware 公司的虚拟化产品市场占有率最高，在虚拟化架构的先进性、软硬件的兼容性等方面更加成熟，在云计算服务方面也处于领先地位。综合考虑，医科院信息所选择使用 VMware vSphere 5.5 产品搭建虚拟化平台，为构建新一代绿色数据中心打好基础。

4 医科院信息所服务器虚拟化平台部署

4.1 总体方案

根据医科院信息所的服务器现状和业务情况采取两种架构方案：（1）对于核心业务或无法虚拟化的医学信息系统，仍采用物理服务器上直接运行原有操作系统和数据库的方式，并使用独立的双机或多机集群来保证服务器和应用的可靠性。例如，国家新农合信息平台配置 6 台 IBM 小型机设备，各由 2 台组成 Oracle RAC 集群，用于前置库和中心库；中国生物医学文献服务系统采用 5 台高性能物理服务器做集群，对外提供 Web 检索服务。（2）对于众多 x86 应用服务器，采用 VMware vSphere 5.5 服务器虚拟化技术，将应用服务整合到 36 台物理服务器上，虚拟化整合比例为 15:1 左右，并且采用集群方式保障虚拟化平台业务的持续运行。东单和雅宝路两个园区分别搭建虚拟化平台，两个数据中心互为灾备，实现数据的远程复制和还原。医科院信息所数据中心服务器虚拟化架构拓扑结构，见图 1。

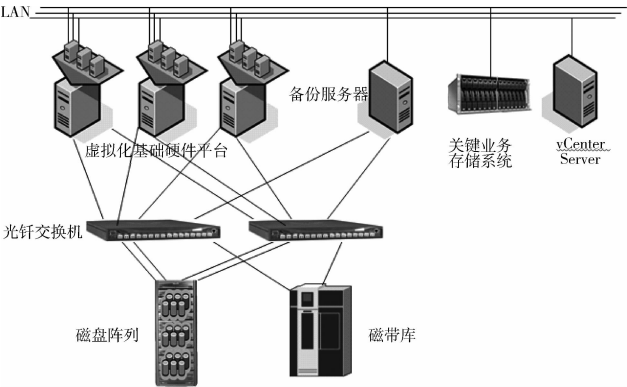


图 1 数据中心服务器虚拟化架构拓扑结构

4.2 硬件系统配置

4.2.1 服务器配置 医科院信息所数据中心在 36 台物理服务器裸机上安装了 VMware vSphere 5.5 软件，作为 ESXi Server 主机，包括 8 台 DELL PE R810、22 台 DELL PE R820、4 台 DELL PE R900、2 台 DELL PE R510，其中 DELL PE R820 主机配置 SSD 闪存卡。这些服务器共有 1 040 颗 CPU、6 816 GB 内存等资源，创建近 400 个虚拟机。虚拟化整合后空闲出来的较新服务器作为备份服务器（共 2 台）、Hadoop 分布式系统测试平台服务器（共 12 台）和 VMware vCenter 管理服务器（共 2 台），其余为过期淘汰的老旧设备。

4.2.2 存储配置 数据中心使用异地镜像的两台 EMC VNX5500 存储设备，配置 200 块 600 GB、15 000 转高性能 SAS 磁盘，采用 RAID 5 方式来存储虚拟机的数据。存储网络采用 FC - SAN 集中存储方式，将每个虚拟机的文件系统（VMware VMFS）创建在共享的 SAN 集中存储阵列上，使得不同服务器上的虚拟机都能访问到该文件，从而避免单点故障。

4.2.3 网络配置 虚拟化平台网络包括管理网络、业务应用网络和 vMotion 网络，为了保证安全性和可扩展性，将这 3 个网络配置为各自独立。虚拟网络连接的关键组件是虚拟交换机，分为标准交换机和分布式交换机，其中标准交换机用于组成 ESXi 管理网络和 vMotion 在线迁移网络，分布式交换机用于组成业务应用网络。每台 ESXi 主机有 4 个千兆物理网络端口，每两个端口做冗余配置，为每个虚拟交换机提供两个上行链路物理网络端口。每台 ESXi 主机的虚拟交换机配置，见表 2，虚拟化平台业务应用网络连接配置示意图，见图 2。

另外，硬件系统中的网络交换机、光纤交换机、负载均衡及安全设备均采用双机多链路支持虚拟化平台系统。硬件设备处理器、内存、磁盘、网络使用率正常情况下均不超过 75%，超过 90% 属于严重警告级别，需要及时调整资源配置。

表 2 ESXi Server 虚拟交换机配置

虚拟交换机	功能说明	物理网口数
vSwitch 0	业务应用网络	2
vSwitch 1	管理网络，vMotion 网络	2

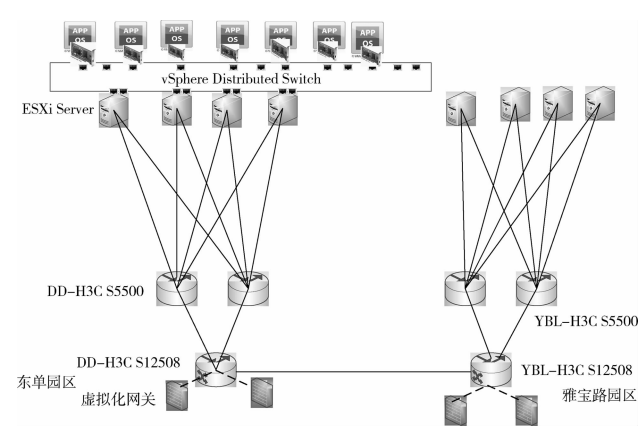


图2 虚拟化平台业务应用网络连接配置

4.3 虚拟化平台的集中管理和优化运行

4.3.1 集中管理 数据中心配置两台独立的 Windows Server 2008 R2 服务器作为 VMware vSphere 5.5 套件中的 vCenter 服务器并采用异地两平台容灾方式。vCenter 集中管理和监控 VMware vSphere 环境中的所有物理主机和虚拟机，动态分配虚拟机的 CPU 个数、内存大小、磁盘大小等运算资源，为管理员提供标准化模板迅速部署虚拟机和主机。vSphere Client 是访问 vCenter 服务器的客户端程序，界面灵活、功能强大，提供快捷方式导航、自定义标记和可扩展性，并且可以通过网络在任何地方执行管理操作，简化了 vSphere 控制工作。

4.3.2 优化运行 虚拟化平台利用 vCenter Server 附属产品提供的资源优化和高可用性特征，构建负载均衡高可用环境，保证虚拟机数据安全，主要采用如下手段：（1）对于计划内停机，如需要对虚拟机所在物理机的运行环境进行升级维护时，虚拟化平台采用 VMware vMotion 技术在线将该物理机上运行的虚拟机通过网络迁移到其他物理机上，同时保持零停机时间、连续的服务可用性和事务处理完整性，整个迁移过程几秒即可完成。目前千兆网络可以同时并发迁移 4 个虚拟机，万兆网络可以同时迁移几十个甚至上百个虚拟机。（2）对于计划外停机，VMware High Availability（HA）提供高性价比的自动化重启，当一台物理机发生故障时，会立即被集群中的其他物理节点侦测到并自动在其他物理机上启动故障节点在线的虚拟机；VMware Fault

Tolerance（FT）通过创建与主虚拟机保持同步的备用虚拟机，提供持续可用性，保证应用程序不会出现数据丢失或中断的情况；VMware Data Protection（VDP）提供基于磁盘的虚拟机备份和恢复方案，实施有效的数据保护。（3）虚拟化平台利用 VMware 分布式资源调度（DRS）动态收集各物理主机和虚拟机资源的使用情况，并且提供虚拟机最佳分配方案，可以自动或手动在线迁移虚拟机，满足负载均衡需求。利用 DRS 建立资源池，根据业务应用情况设置优先级，确保高优先级的业务获得配比最优的 IT 资源。

4.4 资源池配置

虚拟化平台 vCenter 创建的 6 个业务应用生产集群是 6 个相互隔离的大资源池，见表 4。业务应用生产集群连接专用的 FC - SAN 存储阵列，后端存储配置 SSD 磁盘以满足业务高性能需求并为每个集群配置 25% 资源池富余量。每个资源池内部是计算资源、内存资源、存储资源和端口组提供的网络资源，根据实际业务为不同部门分配不同的资源池并设置资源池的预留、限制和共享值。

表 4 数据中心资源池划分

资源池序号	服务器型号	服务器数量(台)	服务器CPU	网段	园区
1	R900	4	4 路 4 核	10.3.101	东单
2	R810	8	4 路 6 核	10.3.216	东单
3	R510	2	2 路 4 核	10.3.217	东单
4	R820	12	4 路 8 核	10.3.218	东单
5	R820	2	4 路 8 核	10.33.3	雅宝路
6	R820	8	4 路 8 核	10.33.4	雅宝路

5 应用效果

医科院信息所服务器虚拟化平台已经稳定运行两年多，陆续将 60 个原有医学信息系统迁移到虚拟化平台并将 150 个新业务系统和测试系统直接部署在虚拟机上，其应用效果主要体现在以下几方面。（1）服务器整合。虚拟化技术将多个系统整合到一台服务器上，系统的兼容性问题得到解决，服务器的平均利用率从 5% ~ 15% 提高到 60% ~ 80%。

(2) 新应用系统快速部署。利用虚拟化平台 vCenter Server 预置的虚拟机模板及虚拟机的导入、导出和复制功能,可以快速配置资源,服务器部署时间从几小时压缩至几分钟,应用加载时间也从几十小时缩减到几分钟。(3) 高可用环境构建。通过 DRS、vMotion、HA 等保证业务的连续性,确保负载均衡的同时实现了服务器的高可用性。服务器经过虚拟化整合到统一的存储系统中,进行统一备份,虚拟机之间能够进行自动故障切换。(4) 集中化管理便捷。管理员只要登录客户端 vSphere Client,就可以对所有主机和虚拟机进行统一管理,对系统性能进行全面监控。(5) 成本降低。按传统模式建设,每年需要采购 30 台服务器,粗略估算每台 4 万元,共 120 万元;采用虚拟化技术建设数据中心只需要购买 4 台配置要求高些的服务器,粗略估算每台 6 万元,共 24 万元,节省费用 96 万元^[6]。相应的,操作系统软件成本降低,数据中心运维成本也降低。虚拟化前后成本对比,见图 3。

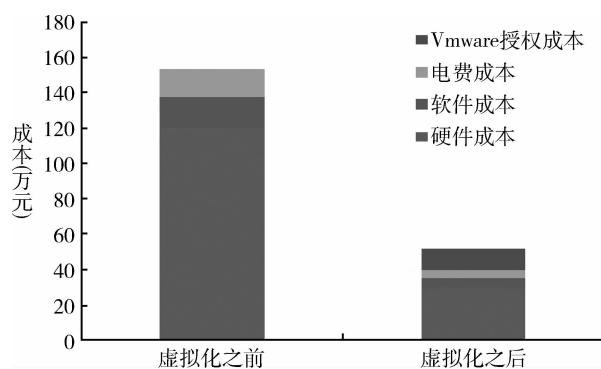


图 3 虚拟化前后成本对比

6 结语

虚拟化技术是实现云计算服务的关键技术。医

科院信息所的服务器虚拟化平台支持众多云计算环境下的高级功能,包括服务器整合、集中式统一管理、资源池划分、虚拟机动态迁移、高可用性、工作负载均衡、安全性等,充分利用了高性能服务器的计算能力,最大限度降低了管理和维护成本,达到了节能减排的目的。目前医科院信息所的服务器虚拟化平台除了运行本单位的业务系统外,还作为 IaaS 平台为多个医疗相关单位提供云服务,为医学信息化建设提供创新驱动和可靠保障。

在未来的工作中,医科院信息所数据中心采用 10G FCoE 技术进行网络融合,消除虚拟化部署所担心的 I/O 瓶颈问题;及时更新 VMware vSphere 的版本,最新发布的 6.5 版本提供更加简便的用户体验、全面内置安全性并对当前生产环境下运行现代化容器应用提供支持;进一步研究桌面虚拟化、存储虚拟化和网络虚拟化的应用,逐步完善基于云计算的新一代绿色医学数据中心的构建。

参考文献

- 1 史梁,蔡豪. VMware 服务器虚拟化在高校数据中心的应用 [J]. 昆明冶金高等专科学校学报, 2014, 30 (3): 24-28.
- 2 虚拟化技术 [EB/OL]. [2016-06-15]. <http://baike.baidu.com/view/13605.htm>.
- 3 武博文. 浅谈虚拟化技术及服务器虚拟化 [J]. 天津职业院校联合学报, 2012, 14 (11): 80-82.
- 4 徐晓新. 北京中医药大学基于 VMware vSphere 的数据中心虚拟化建设研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2014.
- 5 陈治, 刘明. 服务器虚拟化技术及其应用 [J]. 民营科技, 2012, (5): 111-112.
- 6 詹声冠. 基于 VMware 虚拟化技术的数据中心研究与实现 [D]. 长春: 吉林大学, 2015.