

# VMware 虚拟服务器技术在发电厂 MIS 系统中的应用

何庆阳

(江苏华电戚墅堰发电有限公司, 江苏 常州 213011)

**摘 要:** 本文基于电力企业管理信息系统 (MIS) 在企业管理中的重要地位, 分析了企业在 MIS 系统服务器日常运维和更新过程中普遍遇到的软、硬件问题, 根据当今先进的计算机虚拟化技术的功能和特点, 提出了利用虚拟机技术进行服务器应用整合的解决方案, 并总结了方案实施后的效果。

**关键词:** 服务器管理; 虚拟机技术; VMware; 成本; 效率

## 0 前言

近年来, 随着我国电力体制改革的不断深入, 电力市场逐步发展和完善, 企业竞争加剧, 生存环境严峻。严酷的现实促使电力企业要苦练内功, 不断提升自身管理水平。加强信息化建设对实现电力企业集约化、精细化管理, 提高企业生产安全可靠, 降低企业营运成本, 起着非常重要的作用。

电力企业信息化建设普遍开展得较早, 随着时间的推移, 应用系统越来越多, 其核心设备如服务器、网络交换机等不断增加, 信息网络规模越来越大。服务器设备的不断老化更新, 不仅增加了企业的经营成本, 还带来了在运应用系统迁移的风险, 有可能造成系统应用中断和历史数据丢失, 从而造成巨大的损失。

本文根据当今信息技术中虚拟机技术的发展状况, 提出了解决问题的思路和方法, 并就业界较为成熟的产品进行了较全面的分析, 制定出解决方案并加以实施, 成功地解决了企业这一难题。

## 1 背景

江苏华电戚墅堰发电有限公司 (以下简称戚电公司) 管理信息系统 (MIS 系统) 起步于 1996 年, 历经 16 年的建设与完善, 目前运行着企业门户、办公自动化、生产管理、物资管理、财务管理、人事管理、图档管理、SIS 系统等 30 余个应用子系统, 分别运行在近 30 台物理服务器上, 且全部是 X86 架构的服务器。由于管理体制等原因, 这些应用子系统的硬件、操作系统、数据库及开发平台有好几种, 相互之间不能兼容和统一, 这种模式决定了系

统管理员要同时管理大量的服务器和应用系统, 承担着很大的系统管理和业务连续性要求的压力。

随着服务器及其配件的损坏、老化、报废, 企业信息管理部门还面临着新的问题, 如系统与数据的安全保障、服务器硬件更新的成本压力和应用系统迁移带来的风险等等。

第一, 数据安全问题。例如 X86 服务器均使用磁盘阵列作为数据存储设备, 而阵列卡是其中的关键但可靠性不高的部件, 一旦阵列卡损坏或电池耗尽导致磁盘阵列信息丢失, 将造成系统数据的完全损失。这样的事件经常见诸报道, 本公司也曾经发生过类似事故, 后来被迫投入巨资进行了数据抢救恢复。

第二, 经济成本问题。由于服务器众多, 计算机设备淘汰周期较短, 使得信息部门每年都要更新数台服务器, 每台服务器的市场价格少则几万多则十几万, 企业经济压力较大。

第三, 系统迁移问题。有些应用系统开发的年代较早, 只能运行在老的操作系统平台上, 如 Windows NT、Windows 2000 等, 但微软早已停止对这些老旧操作系统的技术支持, 目前的新服务器均已无法安装, 导致这些应用系统很难进行迁移工作。勉强迁移到新平台的应用系统, 要面临系统出错、数据丢失、应用中断等等风险。而根本无法迁移的应用系统, 如本公司的生产异动管理系统, 不支持 Win2000 以上的操作系统, 只能维持运行在老旧设备上, 过一天算一天。

以上所述, 说明在本公司 MIS 系统 X86 服务器的管理方面, 必须摒弃以前粗放型维护的老路, 突破旧的思维方式, 采用新理念、新技术、新方法,

走上集约型管理的新路。

## 2 虚拟机技术及其在威电公司 MIS 系统中的应用

我们经过一段时间的技术调研和分析,发现利用计算机虚拟化技术(或称虚拟机技术),实现 MIS 系统 X86 服务器的虚拟化,能够在保障系统安全性、可靠性和功能性的基础上,提高服务器资源的使用效率,降低服务器软、硬件的运维管理成本,并初步实现应用系统的整合。这个方案也使企业信息管理便捷化,为新应用系统的研发和部署带来便利条件,同时降低了项目成本,不失为解决企业信息系统服务器管理难题当务之急的一条较佳途径。

### 2.1 虚拟机技术简介

虚拟计算机(Virtual Machine)是指通过软件模拟的具有完整硬件系统功能的,运行在一个完全隔离环境中的完整计算机系统。在虚拟计算机体系中,用户与物理计算机之间增加了一个“虚拟层”,虚拟层面向用户建立了模拟的指令集,在后台则把这些虚拟指令映射到计算机 CPU 的实际指令集。虚拟化技术实现了软件与硬件的有效分离,用户不需要考虑后台的具体硬件实现,而只需在虚拟层环境中运行自己的系统与软件,还能实现在单个物理服务器上并行运行多个操作系统。

计算机硬件虚拟化技术最早可追溯至上世纪 70 年代,由于当时硬件制造技术的限制,计算机内存存储器容量过小,无法满足用户的需求,严重影响了计算机的应用和发展。为此,人们提出了虚拟存储器的概念。在具有虚拟存储器的计算机中,外存储器被当作内存存储器使用,对用户而言,好像机器具有一个很大的内存存储器,这在一定程度上缓解了当时计算机资源紧张的矛盾。随着大规模、超大规模集成电路的出现和应用,出现了大型计算机和巨型计算机,为了提高大型主机资源的使用效率,虚拟化技术又被应用在这些主机操作系统中以满足不同类型用户的需要,成为降低设备空闲率的关键技术。

近年来,正是由于计算机虚拟化技术能够降低 TCO(总拥有成本),能够提高设备资源的利用率和拥有在应用上的灵活性,虚拟化技术得到了空前的发展,不断向中小型机和企业级服务器延伸,并成功导入了 X86 技术平台。随着 X86 处理器在性能

上的飞速提高,并且 Intel 和 AMD 相继修改 X86 处理器的指令集以解决 X86 架构的虚拟化障碍,使得 X86 服务器的虚拟化性能和稳定性得到大幅提升。2006 年以来,从主流操作系统的加入到众多的第三方软件厂商的涌现,一个趋于完整的 X86 服务器虚拟化产业生态系统已经形成,X86 服务器虚拟化成为广受关注的热点话题。

通俗地说,虚拟服务器就是在一台物理服务器上通过安装虚拟软件,搭建出多台不同操作系统、相互独立、并行运行的虚拟计算机系统,以此替代多台传统上的物理服务器,从而提高服务器资源的利用率,实现服务器应用的整合。

### 2.2 服务器虚拟化的优点

在企业级 X86 服务器上应用虚拟化技术,有以下几点优点:

#### (1) 维护运行在早期操作系统上的业务应用

对于某些早期操作系统如 Windows NT、Windows 2000 Server,厂商已经停止了系统的维护,不再支持新的硬件平台,而重写运行在这些系统上的业务应用有不现实。为此,可以将这些应用系统迁移到在新硬件平台上运行的虚拟机上,从而实现业务的连续。

#### (2) 提高服务器的利用率

企业往往是为了上马某一应用系统而增加服务器,导致服务器数量众多。实际上经业界权威统计,每台服务器的系统平均利用率只有 25~30%,甚至还不到,这对服务器硬件资源是极大的浪费。而应用虚拟化技术,可将多种低消耗的业务整合到一台服务器上,充分发挥服务器的性能,从而提高整个系统的利用效率。

#### (3) 动态资源调配,提升业务应用整体的运行质量

如果使用两台或多台服务器组成集群系统并在其上应用虚拟化技术,虚拟机之间能够实现动态资源调配,从而优化调度各个业务应用的资源消耗,提升业务应用整体的运行质量。

#### (4) 提供相互隔离的,安全的应用执行环境

虚拟系统下的各个虚拟机在逻辑上相互独立,即使一个虚拟机遭受攻击而崩溃也不会对其它虚拟机造成影响。而且在使用备份机制后,虚拟机可被快速地恢复。

#### (5) 提供软件调试环境,进行软件测试,保证

软件质量

采用虚拟化技术后，用户可以在一台计算机上模拟多个系统，安装多种不同的操作系统，使软件调试环境的搭建简单易行，从而大大提高工作效率，降低软件研发测试成本。

2.3 主要的服务器虚拟化技术

计算机虚拟化技术经数十年的发展革新，已形成了完善的技术门类。根据虚拟化层在计算机体系结构中的位置的不同，有以下几种主要的服务器虚拟化技术：

(1) 硬件分区：这是最底层的虚拟化技术，直接通过硬件或固件实现。在硬件分区虚拟化中，硬件资源被划分成数个分区，每个分区分享有独立的 CPU、内存，并安装独立的操作系统。在一台服务器上，存在有多个系统实例，同时启动了多个操作系统。这种技术主要应用于 UNIX 大型主机系统中。

(2) 完全虚拟化：也称裸机虚拟化，虚拟化通过软件实现，运行在系统硬件上，直接管理调用硬件资源，创建硬件全仿真实例，而不需要底层操作系统。虚拟机软件捕获 CPU 指令，为指令访问硬件控制器和外设充当中介，因此，这种虚拟化技术几乎能让任何一款操作系统不加改动就可以安装在虚拟机上。在 X86 服务器上使用这种技术的厂商产品主要有 VMware 的 ESX Server 和 XenSource 的 Citrix XenServer 等。

(3) 软件虚拟化：也称主机虚拟化，虚拟层运行在传统操作系统之上，创建出虚拟硬件平台，上面再安装用户所需要的操作系统和应用程序，这样底层和上层的操作系统就可以完全无关化。这种虚拟化技术虽然实现了客户操作系统的相互隔离，但由于软件开销较大，在性能上不及前两种虚拟化技术。厂商代表产品主要有 VMware 的 GSX Server 和微软的 Virtual Server2005 等。

(4) 操作系统虚拟化：也称应用虚拟化，是对上述第 3 种虚拟化技术的改进，它取消了专门的虚拟化层，由操作系统提供虚拟化功能，在操作系统和应用之间运行虚拟层，实现了应用之间的相互隔离。这种虚拟化技术在性能上优于上述第 3 种技术，但在功能上略有不足，它不支持异构的操作系统。厂商代表产品主要有 Solaris Container 和 SWsoft virtuoizzo 等。

2.4 威电公司 MIS 系统中应用的服务器虚拟化技术

术

经过对相关虚拟化技术的详细调研与比较，参考了一些第三方的评测报告，并借鉴其它企业的成功使用经验，我们决定采用服务器完全虚拟化（裸机虚拟化）技术，使用 VMware 公司的 VSphere5.0 软件套件作为搭建威电公司 MIS 系统 X86 服务器虚拟化平台的解决方案。

2.4.1 VMware vSphere 5.0 虚拟化软件的功能与性能简介

我们利用 VMware vSphere5.0 搭建的公司虚拟服务器体系可简要地如图 1 所示。

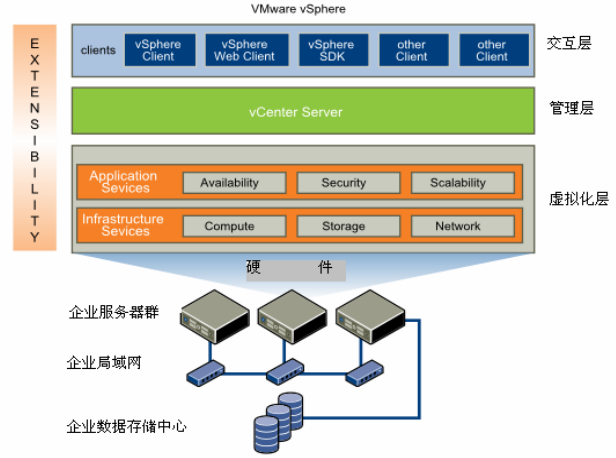


图 1 利用 VMware vSphere5.0 搭建的公司虚拟服务器体系图中，VMware VSphere5.0 作为体系核心，其主要组件与功能如表 1 所示。

表 1 VMware vSphere5.0 搭建的虚拟服务器体系主要组件与功能

序号	组件名称	组件功能
1	VMware ESXi	在物理服务器上运行的虚拟化层，它将处理器、内存、存储器和资源虚拟化为多个虚拟机。
2	VMware vCenter Server	配置、置备和管理虚拟化环境的集成平台，是虚拟机的管理中心。
3	VMware vSphere Client	交互界面，允许用户从任何 Windows PC 远程连接到 vCenter Server 或 ESXi 的界面。
4	vSphere VMFS	用于存储虚拟化的高性能群集文件系统。
5	vSphere Virtual SMP	为虚拟机提供多处理器支持。
6	vSphere vMotion	虚拟机实时迁移工具，可保持服务不中断。
7	vSphere VDS	提供虚拟化的网络交换机功能。
8	vSphere HA	为虚拟机提供高可用性的功能。
9	vSphere DRS	为虚拟机提供动态的优化的硬件资源调度和分配。

2.4.2 VMware vSphere 5.0 虚拟化软件的性能特点

通过了解 VMware vSphere5.0 组件的详细功能，总结了这套虚拟化软件的一些主要的性能特点如下：

(1) 应用整合与多平台并存

通过 ESXi 虚拟化系统,可以将企业绝大部分物理服务器及其应用系统部署到一个或几个(群集)物理服务器中,通过合理划分 CPU、内存、存储、网络等硬件资源,使服务器资源得到最高效率地利用;

(2) 应用系统的实时、无缝的迁移

使用 vMotion 技术,通过部署相同平台的虚拟机环境,应用层基于虚拟机来实现,数据存储依靠物理机的共享存储来实现,就可以将应用从一台物理机快速迁移到另外一台物理机上,时间只需数秒,完全可以保证应用相同的无间断地流畅运行。

(3) 系统的 HA (高可用性) 特性

VMware 的 HA 特性主要表现有几点:(1) 自动侦测故障。VMware HA 会自动监测物理服务器的运行状况,如果发现服务器故障,HA 会在其它服务器上立即重启故障机上的所有虚拟系统,整个过程无需人为干预;(2) 硬件资源预留。VMware HA 会保证资源池里有足够的资源提供给虚拟机,一旦遇到物理服务器宕机,可保证所有虚拟机能够顺利地重新启动;(3) 虚拟机自动重启。通过其它的物理服务器重启虚拟机,VMware HA 可以保护任何应用系统不会因硬件故障而对外中断服务。

(4) 动态平衡和资源分配,实现物理服务器的资源优化调度

VMware DRS 系统能够跨资源池不间断地监控虚拟机资源使用率,并在多个资源池之间动态地分配可用资源。例如,当 DRS 所监控的某个虚拟机负载较大时,DRS 将增加其资源分配量,还能够所管理的物理机上寻找合适的虚拟机做应用间的迁移,以平衡负载。

(5) 便捷的灾备恢复体制

在 VMware vSphere 虚拟化环境下,虚拟机(连同虚拟操作系统以及其上的应用系统)被打包成一个独立的文件形式,可以方便地备份或异地保存。当虚拟机系统崩溃时,只需将备份的虚拟机文件重新拷贝,即可迅速地恢复系统,从而为虚拟机提供快速、简单和完整的数据保护。

(6) 独特的网络虚拟化功能

VMware VDS 技术可以对网络交换机实施虚拟化,虚拟交换机提供充足的端口与带宽,并实现虚拟 VLAN 的划分。虚拟交换机还可以跨多个 ESXi 主机,使当前网络维护活动显著减少并提高网络容

量,网络效率获得提升,并可使虚拟机在跨多个主机进行迁移时确保其网络配置保持一致。

2.5 威电公司 MIS 服务器虚拟化部署技术方案及实施过程

2.5.1 总体技术方案

威电公司 MIS 系统目前在运服务器与应用系统概况如表 2:

表 2 威电公司 MIS 系统目前在运服务器与应用系统概况

序号	服务器名称	应用系统描述	操作系统	备注
1	proxysrv	Internet 代理服务器	Windows2000	
2	AD-Seq1	DNS 服务器	Linux	
3	AD-Seq2	DNS 服务器	Linux	
4	QSTP-DHCP	DHCP 服务器	WindowsNT	
5	Netmanger	网络管理系统	Windows2003	
6	RS6000 (小型机)	生产/物资子系统	AIX	
7	RS0_1 (小型机)	生产/物资子系统	AIX	
8	Jzxf_server	页面流转/计划考核/工资系统	Windows2000	
9	Pxzyw_server	教育培训资源管理系统	Windows2003	
10	Tdsrv	图档/库分析系统	Windows2003	
11	Rlapp_server	燃焊动态管理系统	Windows2003	
12	Djfmis_server	多经财务系统	Windows2003	
13	Djfmisny_server	多经财务(能源)系统	Windows2003	
14	Qsyp_oa	办公自动化系统	Windows2003	
15	Zhcxsr	公司内网网站	Windows2003	
16	Ykt_server	一卡通系统	Windows2000	
17	Webserver	公司外网网站	Windows2003	
18	CHDB2	集团公司生产营销实时系统	Windows2003	
19	Qsyp_av	病毒防护系统	Windows2003	
20	Web_server1	班组台帐管理系统	Windows2003	
21	QSYPLAO	SIS-MIS 数据库服务器	Windows2003	
22	Qsysweb	SIS-MIS 应用服务器	Windows2003	
23	Cw_server1	财务系统	Windows2003	
24	Cw_server2	财务系统	Windows2003	
25	Zhtjyjh_server	综合统计与计划系统	Windows2003	

根据威电公司 MIS 系统现有系统的运行情况,考虑到本次虚拟化项目实施的阶段性、过程性,我们拟定了初步的虚拟化方案。由于 VMware vSphere 基于 X86 架构,因此 MIS 系统中两台 RS6000 小型机将不纳入虚拟化系统;肩负重要网络管理功能的 DNS、DHCP、PROXY 等网络服务器也不宜进行虚拟化;一些特殊的应用如 SIS 系统的 PI 实时数据库服务器、营销系统、财务系统、办公系统等暂缓进行虚拟化;考虑到今后可能增加的应用系统,我们预计第一阶段实施虚拟化的 X86 服务器约在 10 台左右,应用系统约 15 个,用户数约 200~300 个,数据存储空间需求约 300G,年增长量约 1G。

根据初步确定的服务器虚拟化需求,考虑到系统的可靠性、安全性、功能性和高效率,我们确定威电公司 MIS 系统第一阶段服务器虚拟化技术方案如图 2 所示:

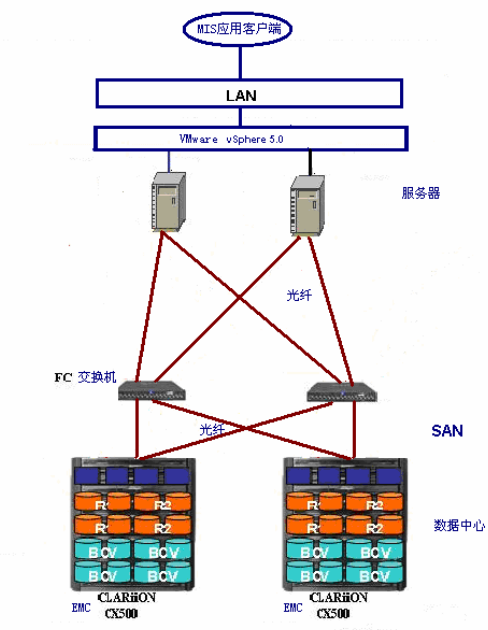


图 2 服务器虚拟化技术方案

方案中，服务器采用两台 IBM x3850 x5 企业服务器（单台配置：双 CPU，16G 内存，2×300G 硬盘，6 个千兆网口，2 块 HBA 卡），FC 交换机采用博科交换机（8×24 口），数据中心采用两台 EMC CX500 磁盘阵列柜（容量分别为 73G×14 和 300G×15）。

每台服务器有 6 个以太网口，连接到 MIS 系统 CISCO6509 三层交换机，有两块 HBA 卡，连接到光纤交换机；FC 光纤交换机为 8/24，共两台，每个交换机使用 4 个光纤端口（还有 4 个以后升级使用）；在 MIS 三层交换机的接入端口配置为 trunk 方式，虚拟系统内创建虚拟交换机，划分与 MIS 内部同样的 VLAN，完成业务的互通；存储为 2 台，一台实际使用容量为 3.6T，作为主用存储，一台实际使用容量在划分 Raid 后，为 850G，通过 Data Recovery 功能做存储中心备份使用，每台存储都是双头，分别通过两个光纤连接到两个交换机。

通过上面的 SAN 组网和 VMware vSphere 工作机制，把 SAN 网络内的所有资源分成了三层，即业务处理层、存储网络层、存储层，实现资源的共享。整个 SAN 网络实现了全部的冗余机制。

2.5.2 系统软硬件配置清单

见表 3。

表 3 系统软硬件配置清单

服务器：			
服务器一	IBM x3850 x5	2cpu	2x300G 硬盘
		8Gx2	6 个网口（2+2x2）
			HBA 卡 x 2
服务器二	IBM x3850 x5	2cpu	2x300G 硬盘
		4Gx4	6 个网口（2+2x2）
			HBA 卡 x 2
光纤交换机：			
2 台	8/24 端口	博科	
存储：			
Emc cx500	73G x14		
Emc cx500	300G x15		
软件版本：			
VMware vSphere	VMware vSphere 5 Enterprise Plus		
VMware vCenter Server	VMware vCenter Server 5 Standard		
存储资源划分：			
名称	划分方案	可用空间	方案说明
73G x14	Lun 一个 Raid5 机制 一个全局热备盘	876G	磁盘柜作为备份盘柜使用，读写性能好，但是容量不大，所以建议划分成一个 lun，采用一个全局热备的硬盘
300G x15	Lun2 个 Raid5 机制 一个全局热备盘	1500G/2100G	该存储作为主用盘柜，考虑到空间冗余，所以划分两个略有差别的 lun 空间，采取一个全局热备盘

2.5.3 服务器虚拟化方案的实施

2.5.3.1 总体

- 1) 完成新设备的上架并固定；
- 2) 完成设备 SAN 网络的组网；
- 3) 进行设备上电；
- 4) 进行微码升级；
- 5) 进行存储资源划分。

2.5.3.2 软件安装

1) 在两台 IBM x3850 x5 的服务器上分别安装 VMware ESXi 5.0 平台，完成虚拟化划层的部署；

部署通过光盘的方式完成，安装过程简单明了，目的就是在裸设备上搭建起一层虚拟化层。

2) 为主机配置维护 ip 地址（静态 ip、掩码、网关、DNS）；

主机配置上维护的 ip 地址，配置

3) 安装 VMware vSphere client 客户端，连接到主机上进行操作；

在维护终端上（调试阶段考虑到暂时不需要专设的终端，所以在个人 pc 机上安装）安装 client。

4) 通过 client 端登陆上主机，在主机上新建虚拟机，完成 DNS 服务器、AD 域控服务器；

5) 安装完成后，在终端上直接登录其中的一台主机 ip，登录后，在主机上新建虚拟机，完成 AD

域控服务器, DNS 服务器的搭建,

6) 在新建虚拟机上完成 VMware vCenter Server 服务器的安装配置;

新建一台资源性能稍高的服务器(4G 内存, 2vcpu), 在上安装 win2003 x64 系统, 安装 vCenter Server, 作为管理中心。

7) 新建数据中心, 新建集群;

在 vc 上新建数据中心和集群目录, 便于管理。

8) 完成主机加入集群;

9) 完成 VMkernel 虚拟交换机的配置;

10) 安装 VMware vSphereUpdate Manager;

11) 完成 data recovery 的安装;

12) 完成 VMWare Converter 的安装;

#### 2.5.3.3 系统测试与故障排除

虚拟服务器系统安装完成后, 做了如下测试工作:

1) ESXi 基本功能测试;

2) vSphere 5.0 高可用性测试;

3) vCenter Server 服务器安装测试;

4) VMware Converter 工具测试;

5) VMware 虚拟架构中数据在存储中的迁移测试。

以下为最终测试结果:

1) 同时迁移 5 台虚拟机(其中一台为开机状态), 方向为 73G 存储至 300G 存储, 结果状态正常;

2) 同时迁移 5 台虚拟机(其中一台为开机状态), 方向为 300G 存储至 73G 存储, 结果状态正常;

#### 2.5.4 虚拟服务器系统的试运行

虚拟服务器系统安装与测试完成后, 进入系统试运行阶段。我们选择了计划与工资系统服务器、培训资源网站服务器和燃料管理系统服务器进行在线迁移, 均在预定的时间内顺利完成。迁移到虚拟机系统上的各服务器启动正常, 开机后系统、数据库及应用软件正常运行, 网络工作正常, 客户端连接正常, 各项服务均保持了迁移前后的完全一致性。

### 3 虚拟机技术在威电公司 MIS 系统中的应用效果

通过对一年来系统的运行情况的监测, 我公司 VMware 虚拟服务器系统 7×24 连续运行稳定、安全。原先运行在不同服务器上的应用系统, 在虚拟机系统上均稳定运行, 服务器管理的方便性和效率大大

提高。体现在以下几个方面:(1) 提高了在运应用系统管理的便利性和工作效率。(2) 提高了新增应用系统的上线效率和可靠性, 使新系统安装、调试速度大大加快, 并降低了新系统开发部署成本。(3) 提升了服务器、存储等 IT 设备硬件利用率, 并减少了后续硬件成本。(4) 减少了数量庞大的物理机, 所需机房占用面积、机架空间以及 UPS 电源、制冷负荷等消耗也大大减少。(5) 提高了应用系统的服务器可用性。虚拟服务器使用文件方式进行服务器系统的备份、保存与恢复操作, 在服务器故障时能够迅速恢复应用系统, 所用时间比原先在物理服务器上由于硬件故障而导致的服务器停机和应用中断时间大为减少。(6) 提高了旧业务系统的性能。在系统整体迁移后, 一些原先运行在比较老旧的服务器上的应用系统, 其系统性能均有了一定程度的提高。

### 4 结束语

企业数据中心服务器的管理, 是信息技术人员的工作重点之一。我们通过在威电公司 MIS 系统中部署虚拟服务器系统, 解决了一些服务器管理方面的疑难问题, 满足了企业的需求, 也使企业信息化管理水平得到了提升。计算机虚拟化是信息技术领域的一项创新科技, 还有不完善的地方, 如首次建设投资较高; 业界还没有统一的虚拟化平台标准和开放协议; 系统稳定性问题; 应用集中后也带来了新的风险; 大型数据库系统或大量占用 I/O 资源的应用系统还不适合虚拟化; 等等。但是, 随着时间的推移和虚拟化技术的不断发展进步, 随着网络“云计算”时代的到来, 虚拟计算机会得到更广泛的应用, 虚拟化技术的明天会更美好。

#### 作者简介:

何庆阳(1972-), 男, 江苏常州人, 高级工程师, 从事发电厂信息中心系统管理工作, E-mail: he\_qingyang@sohu.com。