

基于云计算的虚拟化技术应用实践

虚拟化技术极大扩展了IT服务能够提供的种类和范围，资源的抽象和虚拟化可以屏蔽资源差异、有效利用资源且节省成本。

方硕 恽珺 解思江 焦阳/国网北京市电力公司信息通信分公司



方硕/工程师

关键词/Keywords

云计算 ·
软硬件资源池 ·
虚拟云平台 ·
虚拟机迁移 ·
性能分析 ·

0 引言

虚拟化技术是IT产业界的一场技术革命，以虚拟化技术为基础的云计算概念如今已成为IT行业未来发展的新热点^[1]。运用云计算及虚拟化技术可以集中IT基础架构并不断提升系统运营专业化程度，通过服务器虚拟化可以达到系统自适应、资源统一管理，提供冗余及容错的专业化服务，通过网络虚拟化可实现弹性、安全、自适应及易管理的基础网络，通过存储虚拟化可提高系统迁移速度、数据可靠性及可用性，从而达到提升数据中心的运行效率、增强业务部署灵活型、降低能源消耗及释放机架空间等目的。

随着电力行业信息化建设的不断深入进行，信息系统硬件设备数量的高速增长导致机房空间紧张、硬件资源整体利用效率不高、业务受服务器硬件故障的影响较大、维护成本较高及对新增硬件资源需求缺乏精确量化的决策依据等问题。因此国网公司从2012年起运用虚拟化技术统一组织开展信息系统软硬件资源池建设工作，通过虚拟技术现有软硬件资源入池，提高软硬件资源平均利用率，实现资源的弹性调度，促进公司IT基础设施全面云化，为“大平台、微应用、组件化”构想奠定基础^[2]。

在软硬件资源池建设过程中，国网北京市电力公司吸收各家建设研发单位经验，结合自身设备、网络现状，完成了约200台服务器入池，数据中心实现了14个高可用集群、777台虚拟服务器的统一管理。本文结合国网北京市电力公司软硬件资源池实际应用情况，通过研究虚拟机部署情况、迁移情况、论述虚拟化技术的性能分析及成效分析，希望为同行业提供借鉴价值及参考依据。

1 虚拟化技术研究方向

近年来，随着信息系统的日益复杂化和网络应用服务的急速膨胀，迫切要求对IT基础架构进行集成和整合，便于集中监控和管理，不断降低总体拥有成本。在此背景下，虚拟化技术在数据中心部署实施中备受关注。基于虚拟化可以在同一物理设备和架构下运行多个互相独立的实例，可以大大提高系统利用率，同时可以降低运行成本、简化运维操作；虚拟化也能提供更有弹性和安全的运行环境。随着虚拟化的广泛推广，虚拟化的研究也涵盖了多个方面。按虚拟资源种类分类，可分为服务器虚拟化、网络虚拟化和存储虚拟化。

服务器虚拟化是目前虚拟技术发展的重点，主要以建设服务器资源池为依托，研究领域涵盖虚拟资源调度、能耗管理及内容安全等领域。虚拟资源调度中已有商业化的产品，VMWare的DRS^[4]使用基于虚拟机迁移的手段进行多节点的负载平衡；科研领域侧重研究节能为目标的虚拟机迁移策略^[5-7]。其中，文献[6]运用软件定义网络技术，既考虑服务器耗能又考虑网络消耗进行虚拟资

源的分散和汇聚；文献[7]提出了兼顾负载平衡和节能双重目标，为虚拟机提供透明的负载平衡策略。随着云计算的普及，其安全性也颇值得探讨。为虚拟环境提供安全保障的技术包括数据加密存储、密钥管理、数据备份、数据销毁、密码认证、密钥认证和用户权限管理等技术；文献[8]中，针对云内容面临的安全问题，提出云内容的安全模型，包括云内容管理安全、云内容访问安全和云内容的健康性安全等层次。

网络虚拟化方面，以虚拟专用网（VPN）技术为先导，为网络提供更多可能性。近年来软件定义网络技术也取得了很大突破。软件定义网络（SDN），为网络的功能和作用提供了更多的选择，最先是斯坦福大学的研究者提出了Openflow开源技术^[9]，运用该技术可以通过软件定义网络路由协议，如实现动态多路径路由选择^[10]。目前软件定义网络技术已形成了一些针对大型IDC、通信运营商、云端服务中心及跨IDC网络商业化的产品。存储虚拟化是对存储硬件资源进行抽象化，将存储资源虚拟成“存储池”概念，同时，存储虚拟化也为虚拟机的快速有效迁移提供了必要的支撑。

2 应用现状

2.1 总体情况

根据国网公司软硬件资源池建设要求，国网北京市电力公司已于2014年11月开始使用VMware公司ESXi等产品建设信息系统硬件资源池，截至2015年3月已完成超过200台设备入池纳管，并通过资源池对公司的x86服务器进行统一管理和调度。同时完成含全部统推应用在内的应用系统迁移，支撑应用系统稳定运行，使得工作效率得到显著提高。

资源池建设对国网北京市电力公司的运营起到重要支撑作用，在国网北京市电力公司，云资源管理系统可以纳管资源池内的所有服务器设备，提供统一的资源分配调度，从而提高企业的管理水平和数据验证工作效率。

通过实际应用证明，使用信息系统硬件资源池，实现了对硬件资源的集中管理、按需分配和动态调度，从而提高资源利用效率，降低信息化

建设成本，提升运维管理水平，为国网北京市电力公司提供了安全、稳定且柔性的硬件基础设施服务。

总体来说，信息系统硬件资源池具有技术先进、功能实用等特点，为国网北京市电力公司的基础设施环境管理和优化提供了良好的工具，对于促进云计算技术在公司的应用与实践具有重要意义。

2.2 资源池部署

资源池部署如图1所示。

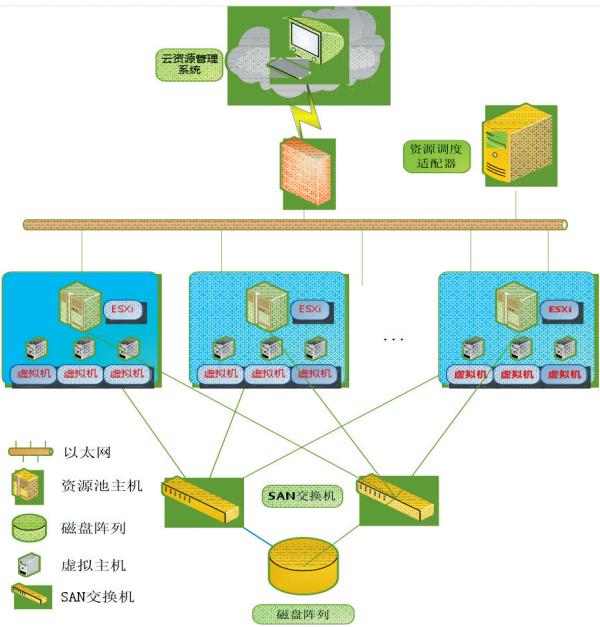


图1 资源池部署图

1) 资源调度适配器。使用物理服务器，安装资源管理软件，并进行初始化与服务器纳管配置，完成对宿主机及虚拟机纳管，实现申请单管理服务、虚拟资源组服务、模板管理服务、IP管理服务、物理机管理服务、任务管理服务、日志管理服务和性能管理服务，可针对用户虚拟资源组进行虚拟服务器的创建、管理、配置、删除和备份等操作。

2) 资源池服务器。VMware平台使用x86物理服务器进行搭建，均安装ESXi 5.1，并将vCenter部署在虚拟机上。

2.3 硬件配置

1) 光纤交换机配置信息。存储网使用光纤交换机，分别连接到光纤存储。

2) 服务器部署规划。所有服务器划分HA情

况，每个HA挂载多个LUN存储，每个服务器均安两个管理网卡及两个业务网卡进行冗余设计；管理网在HA中按标准交换机设置，在交换机中与服务器服务器网口连接方式为access；应用网在HA中按分步式交换机设置，在交换机中与物理服务器网口连接方式为trunk；每个HA均设备一台冗余服务器做为数据业务迁移应用，冗余服务器能读写所有存储数据空间；所有服务器本地磁盘配置为RAID 1。

3 应用分析

3.1 设备情况

国网北京市电力公司数据中心共建立14个高可用集群（High Availability，HA），通过vSphere进行管理。图2为各集群物理机虚拟机数量对比图。

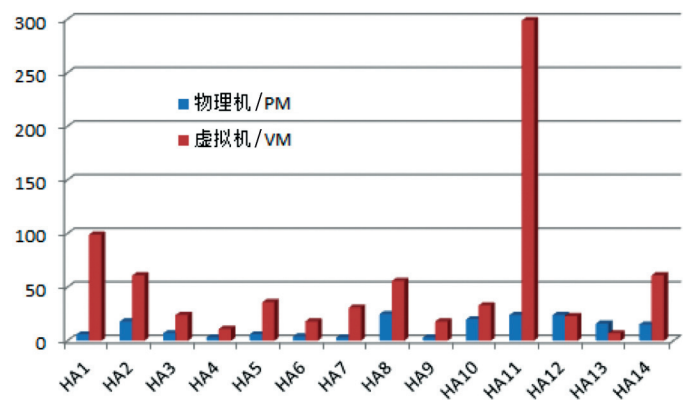


图2 数据中心各集群物理机虚拟机数量对比图

由图可知，整个数据中心共有约200台物理服务器，这些机器分布于4个物理机房，约占40个机柜。而其上承载的虚拟服务器约800台，如将这些设备已物理实体机的形式部署约占160个机柜。通过虚拟化可大大降低设备购入成本、机房机架占用、耗电量以及运维管理复杂度。

另外可知，物理机与虚拟机数量占比并无明显关联：大多数高可用集群虚拟机数量远高于物理机数量，但也有少量虚拟机数量与物理机数量持平（HA12）并有一些物理机数量多于虚拟机（HA13）的情况。这可能是由于：①该集群虚拟机需要较高性能，需多台物理机才能达到虚拟机所需配置。②该高可用集群未完全分配，可为更

多系统提供虚拟机支持。

3.2 迁移策略

虚拟机在物理机上的迁移具有很强的实用性，当物理机资源紧张或由于某种原因发生宕机时，虚拟机的快速高效迁移可以保证系统运行稳定，资源分配均衡合理。虚拟机的迁移可分为离线迁移和在线迁移，考虑到系统运行稳定性及实效性，国网北京市电力公司数据中心中主要运用虚拟机在线迁移技术实现虚拟机在物理资源间的调整分配。

虚拟机迁移的基本原理为利用高可用集群的设备共享存储，在迁移时只需要考虑操作系统内存执行状态的迁移，从而获得较好的迁移性能。对于虚拟机的内存状态的迁移，主流采用预拷贝（pre-copy）的策略。迁移开始之后，将源主机的虚拟机的内存数据发送至目的主机的虚拟机。循环第一轮发送所有内存页数据，接下来的每一轮循环发送上一轮预拷贝过程中被虚拟机写过的脏页内存（dirty pages）。直到时机成熟，预拷贝循环结束，进入停机拷贝阶段，源主机被挂起，不再有内存更新。最后一轮循环中的脏页被传输至目的主机的虚拟机。预拷贝机制极大地减少了停机拷贝阶段需要传输的内存数据量，从而将停机时间大大缩小。经实测，虚拟机的迁移时间约在10~30s之间。虚拟机迁移策略分为自动、半自动和手动三种模式：其中自动模式为当物理机资源不足时，系统自动迁移虚拟机；半自动模式为当系统资源不足时在管理界面提示，需要运维人员确认方可开始虚拟机迁移；手动模式下只有当运维人员手动配置时才进行虚拟机迁移。

以上描述仅限于高可用集群内的虚拟机的迁移，如在高可用集群间进行虚拟机迁移，由于使用共享存储，耗时较长。

3.3 性能分析

本节着重探讨资源池中典型物理机的资源使用情况，从CPU使用率、内存使用率、磁盘使用情况和网络使用情况等方面对资源池中典型设备和未入池前的轻负载设备进行对比分析。

从图3可以看出，系统CPU使用率基本在20%左右，最高可达25%，与此形成鲜明对比的是，

未入池前，轻负载系统的CPU使用率一般在0.5%以内。

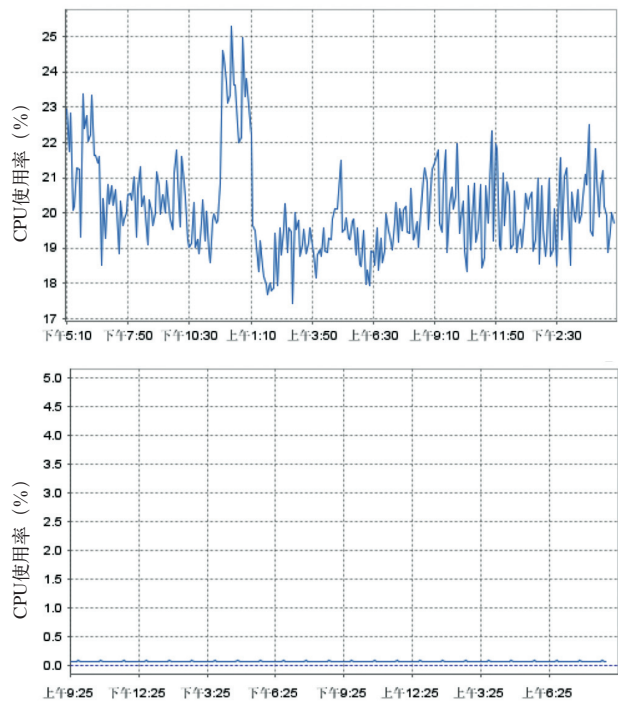


图3 资源池中典型物理机与入池前轻负载设备24 h CPU使用率对比图

从图4可以看出，系统内存使用率基本在69%左右，未入池前，系统的内存使用率一般在2%左右。

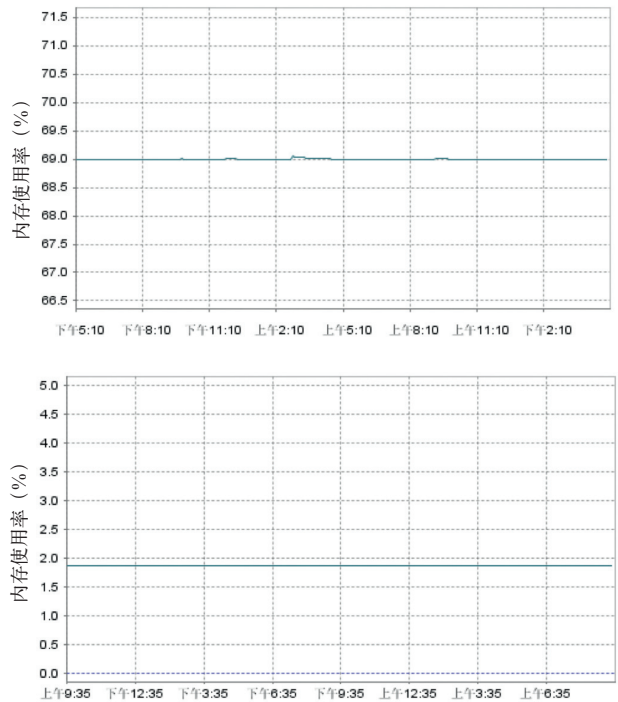


图4 资源池中典型物理机与入池前轻负载设备24 h 内存使用率对比图

从图5可以看出，系统磁盘使用情况基本在1 000~2 500 kbit/s左右，最高时超过8 000 kbit/s，未入池前，系统的磁盘使用情况一般在20~50 kbit/s，最高时达到80 kbit/s。

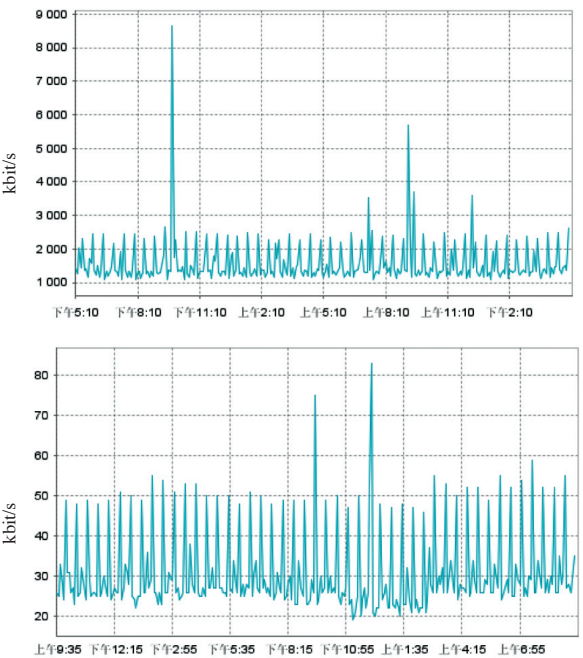


图5 资源池中典型物理机与入池前轻负载设备24 h 磁盘使用情况对比图

从图6可以看出，系统网络使用情况基本在6~7 Mbit/s左右，最高时超过8 Mbit/s，未入池前，系统网络使用情况一般在0.5以内。

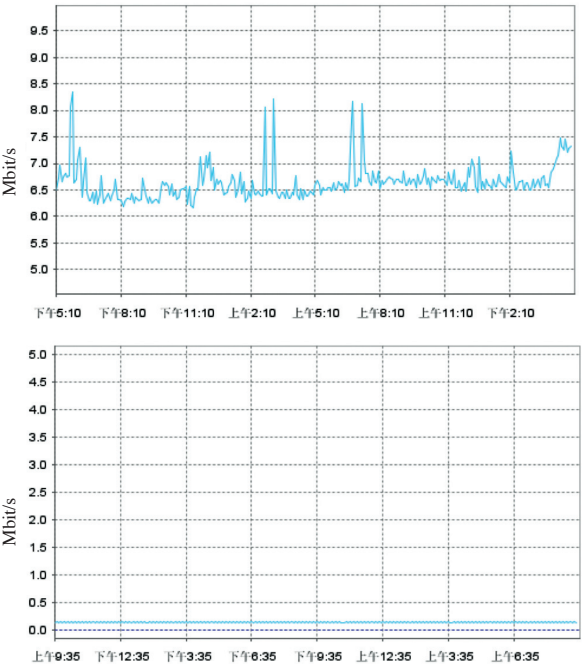


图6 资源池中典型物理机24 h网络使用情况

通过以上对比图分析可以看出，虚拟化大幅提高了系统的资源利用率，CPU使用率提高约40倍、内存使用率提高约40倍、磁盘使用情况及网络使用情况分别提高约100倍、20倍。但同时也能看出，虚拟化给网络IO、磁盘IO造成较大压力，因此不建议数据吞吐量高的应用使用虚拟机。

3.4 成效分析

信息系统的成本主要包括两方面：一是部署建设过程中所需的成本，软件资源、硬件资源、网络资源以及机房环境等；另一方面在系统建成后，其运行成本会一直伴随着系统的生命周期直到系统下线，这个运行成本既包括系统的能耗、稳定性也包括运维人员的管理成本。

通过虚拟化技术建立的软硬件资源池，既降低了建设前期的投入，如节约机房机架压缩了机房物理空间的需求、降低了软硬件设备数，又减少了运行维护成本且降低了系统的能耗、提高了系统容错和灾难恢复，同时简化了运维人员操作流程，能有效利用资源、节省成本且容易部署，值得广泛推广应用。

4 结束语

能源问题是当今社会的核心问题，充分利用好虚拟化技术建立云平台，可有效提高资源利用率、减少冗余及节约人力，能为分布在不同地域的众多用户提供可靠、弹性及按需的IT服务。

本文论述虚拟化技术的应用优势及现状，综合分析服务器、网络和存储虚拟化技术成果及研究方向。同时，结合国家电网公司软硬件资源池项目，分析论述虚拟化技术在国网北京市电力公司的应用情况，从性能、成本等方面阐述云计算技术目前的应用成效，为同行业提供可借鉴的应用分析依据。但本文分析仅限于服务器端的应用情况，随着网络及存储虚拟技术的不断推广应用，未来将进一步探讨网络虚拟化及存储虚拟化的应用情况，届时，也将会进行虚拟技术应用成效的量化分析。

参考文献

[1] 房秉毅, 等. 云计算网络虚拟化技术[J]. 信息通信

技术, 2011(5): 50-53.

[2] 国网信通部关于进一步推进公司软硬件资源池建设工作的通知, 信通建设〔2015〕77号[S].

[3] 国网北京经济技术研究院关于信息系统硬件资源池深化建设（二期）项目可行性研究报告评审的意见, 经研智能〔2013〕831号[S].

[4] VMWare Inc. Resource management with VMWare DRS. <http://www.vmware.com/vmtn/resources/401>.

[5] Hu L, Jin H, Liao X, et al. Magnet: a novel scheduling policy for power reduction in cluster with virtual machines[C]. IEEE International Conference on Cluster Computing.

[6] Fang S, Kanagavelu R, Lee B S, et al. Power – Efficient Virtual Machine Placement and Migration in Data Centers[C]. Green Computing and Communications (GreenCom) , 2013 IEEE and Internet of Things (iThings/CPSCoM) , IEEE International Conference on and IEEE Cyber, Physical and Social ComputingIEEE, 2013: 1408-1413.

[7] 周文煜, 等. 基于虚拟机迁移的虚拟机集群资源调度[J]. 华中科技大学学报: 自然科学版 2011(39): 130-133.

[8] 薛一波, 王大伟. 云内容的安全框架及其关键技术[J]. 中兴通讯技术, 2012(4): 19-22.

[9] McKeown N, Anderson T, Balakrishnan H, et al. Openflow:enabling innovation in campus networks[J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2008, 38(2): 69-74.

[10] Fang S, Yu Y, Foh C H, et al. A loss – free multipathing solution for data center network using software – defined networking approach[C]. APMRC, DigestIEEE, 2012: 1-8.

作者简介

方硕（1985-），女，博士，工程师，主要从事工作领域 电力信息系统。

（收稿日期：2015 – 12 – 10）**EA**
（编辑：崔文静）