

高性能计算系统中 VMware 虚拟化技术的应用测试

吴 琼

摘要：近年来，虚拟化技术迅速发展，随着应用领域的越来越广泛，结合特定领域和特定需求的虚拟化应用方案制定也是一个热门的研究方向。利用VMware虚拟化技术，结合实际应用场景，讨论了虚拟化技术应用中的测试方案制定和测试过程，通过对测试结果的分析和其他因素的考虑，给出了虚拟化应用部署的规划方案选择依据。

关键词：VMware；高性能计算；虚拟化方案制定

一、前言

高性能计算集群系统凭借其超强计算能力、高性价比获得了越来越广泛的应用，对高性能计算系统虚拟化应用的研究也成为一个热门的研究方向^[1]。目前，常用的虚拟化技术主要包括VMware ESX、Xen、Hyper-V等^[2]。虚拟化技术为高性能计算集群系统的管理与应用提供了很好的发展机会，提升了管理高性能计算集群系统的准确性，能使高性能计算集群系统的管理质量得到提升，降低了工程的风险。如今虚拟化技术可以提高高性能计算集群系统整体运维和管理效率，由于高性能计算集群系统结构比较复杂和管理事项众多，高性能计算集群系统的整体运行效率不太高，通过应用虚拟化技术使得高性能计算集群系统的管理和运行效率大幅度提升。在高性能计算集群系统管理与运维中，例如，统筹规划集群系统硬件资源，整合专业软件应用需求，合理规划部署各种专业软件，发挥高性能计算集群系统与专业软件的最大经济价值，虚拟化技术的出现为这些方面提供了一个解决问题的思路和实施手段。

本文应用VMware虚拟化技术，对高性能计算集群系统中的裸金属服务器进行虚拟化安装部署，并设计、实施与测试了虚拟化方案，结合实践应用需求，对比分析了各种虚拟化方案测试结果，提出了优选适合实际应用的最佳虚拟化方案依据。

二、虚拟化技术

1. 概述

虚拟化是一种资源管理技术，是将计算机的各种物理资源，如服务器、网络、内存及存储等，予以抽象、转换后呈现出来，打破物理设备结构间的不可切割的障

碍，使用户可以比原本的架构更好的方式来应用这些资源。这些资源的虚拟部分是不受现有资源的架构方式、地域或物理设备所限制。受益于虚拟化技术的发展，裸金属服务器资源的使用效率和用户工作的时间价值都得到了巨大的提升，同时也相应减少了交付服务所做的重复性工作。通过虚拟化技术，可以有效地把计算、存储、应用和服务都变成了可以动态部署配置和扩展的资源，从而能够实现在逻辑上以单一整体的服务形式呈现给用户。并可以根据特定的应用需求灵活高效地调配计算和业务资源，使得高性能计算集群系统的应用最大化。

虚拟化技术有很多层面的应用，在高性能计算机系统的应用中，可以对海量的数据信息进行储存，高效率地对计算机能力进行提升，对收集到的数据信息进行整合，上报给高性能计算机系统，使得高性能计算机系统可以最快最高效率的得到最新的计算机资料和信息，对基于虚拟化技术条件下的信息网络处理系统进行了介绍和分析，从而进行最优的方式处理。随着科学技术的不断的发展，我国的计算机在高性能计算机系统行业也在迅速的进步，同时社会对信号传输的要求在不断提升，为了可以满足社会对高性能计算机系统行业的需求，必须要利用高性能计算机系统技术来满足社会的需求。由于高性能计算机系统技术的特点显著，并且有着很多的优点和显著的实际效果，所以，高性能计算机系统可以从容的应对社会对高性能计算机系统技术的各种要求。同时我国也在不断的建设高性能计算机系统技术的基础设备，未来我国的高性能计算机系统技术会更加的发达，高性能计算机系统行业的前进速度会有很大程度的加快。

2. 应用分析

虚拟化的定义有很多，可归纳总结为逻辑技术，以集成抽象方式访问、调用计算机资源，基于物理机制，但不

受物理限制。虚拟化对任何硬件资源都可虚拟，例如，中央处理器（CPU）、内存、硬盘和输入/输出（I/O）接口；也可以对软件环境进行虚拟，例如，操作系统、文件系统和应用程序等。虚拟技术的这种内涵决定了它在云计算中的核心支撑地位，对于云，首先是虚拟资源池，无池就无集成。服务器虚拟化技术是重中之重，是将系统进行虚拟化应用于服务器之上的技术，物理服务器被虚拟成多个服务器，面向应用集中化处理，多台服务器处理的程序或数据，通过虚拟技术放置到1台服务器进行处理，能跨越物理平台而不受物理平台的限制。云计算是将IT资源进行全部虚拟化，服务器虚拟化技术与此目的一致。产品基于应用，同样做虚拟化必然要遵循市场，在成本和经营间要体现价值才能走向商用化领域。前面讲到的时机，使服务器虚拟化技术体现了巨大的价值优势，分析如下：

（1）降低运营成本。信息化服务商的经营转型，集约化的管理要求成本必需严格控制，投资趋于精细化。企业IT化运营成本，主要集中于数据中心的投资，其中涉及两部分：一是硬件和许可服务支持的投入成本；二是运行维护成本。服务器虚拟化不仅能充分发挥服务器性能，并且依靠强大的虚拟化服务环境管理工具使得管理自动化，减少了人工干预。数据中心的总体投资呈大幅下降趋势，在成本管控上体现出巨大的成本节约空间。

（2）应用平坦化，平台得以透明化。现有数据中心存在多平台，这意味着应用的复杂度大幅增加，不同的平台，要考虑操作系统和中间件等各层面问题，应用在各平台的发布、整合和管理上存在巨大的调试难度，应用投放市场的周期相应过长。服务器虚拟化技术能很好地解决这个难题，应用与硬件平台隔离，底层的环境变化调整次数大幅降低，将应用创建发布至虚拟平台上即可，相当于为平台进行封装，跨越了平台的限制。

（3）提升产品投放效率，加快应用对市场需要的响应速度。现在数据中心部署应用大致会经历以下步骤：挑选物理机，安装中间件，安装应用，配置，测试和运行。应用发布周期为数天。应用部署需要人员全程跟踪，不同领域不同模块的人员在交流时存在理解问题，容易导致环节交接处出错。虚拟化的服务器技术，使得应用部署周期大幅缩短，只需以下几个简单步骤：输入激活配置参数，拷贝虚拟机，启动虚拟机和激活虚拟机，周期一般为十几分钟。显然，虚拟化服务器技术对于应用部署和对市场需求的快速响应存在天然优势。

（4）创新型备份和恢复技术，实时迁移提高服务可用性。服务的稳定不间断提供，是云计算服务提供商首

要考虑的。旧型数据中心采用多物理机、多人工备份和可用性管理工具来保障故障时服务的恢复。服务器虚拟化后的数据中心、虚拟化的资源对应每个虚拟机，被虚拟机管理程序封装和隔离，针对每个虚拟机进行备份操作，操作后的镜像可以根据要求动态迁移至新的虚拟机或新的物理机上。动态迁移技术基于虚拟池，不局限于某一台物理机，这使得服务可用性在多物理机动态迁移中得到自动提升。

（5）整合资源，提升资源利用率。云计算的普及是伴随着资源的低效应用而生的，集中化资源管理被赋予新的生命，这是云计算推广的重要时机。采用服务器虚拟技术，在原应用不变的基础上，集中在某一台物理机上，使得物理资源的利用率大幅提高，相应减少了硬件的投入，节约即是财富。

（6）绿色。全球发展的今天，政府要求通过技术革新，降低资源的损耗。这也是个重要的时机，导致云计算备受推广，IT界几乎是达成共识，强力推进。服务器虚拟化计算在提高资源利用率的同时，能对能耗进行有效管理，关闭限制X86（微软计算机体系架构）服务器和应用程序。除此之外，对运行环境的温度进行控制，降低配套设备如空调的大量耗电，整体性达到绿色低碳的目的。

虚拟化技术，例如模糊逻辑等，对于系统数学模型，无需进行详细的描述。虚拟化技术不仅可以对高性能计算机系统进行海量数据信息的处理，还可以对计算程序进行优化，通过高速计算机的快速运算，解决最棘手的问题进行高性能计算机系统的指挥。为了对高性能计算机系统进行更好的优化和升级改造，非常有必要对虚拟化技术的整体情景和应用能力进行评估，对于虚拟化技术的分析海量信息数据的能力以及对于数据的整体空间分析能力进行提升。虚拟化中，多代理的协作分布思维，能够更好的协作各个层次之间的管理。虚拟化技术时代为科学的高性能计算机系统提供了发展的机会，提高了管理的高性能计算机系统准确性，使得高性能计算机系统的质量得到提升，降低了工程的风险。如今虚拟化技术可以提高高性能计算机系统管理的效率，因为高性能计算机系统比较复杂和事项的众多，工程进行高性能计算机系统的效率不太高，虚拟化技术时代可以通过技术的优势对高性能计算机系统的效率大幅度提升。在高性能计算机系统管理中，比如管理速度的评估，其中有很多的数据需要处理，成本的计算等工作，虚拟化技术的出现为这些问题提供了解决的方案。

VMware是一个“虚拟PC”软件公司，提供虚拟化

解决方案。VMware 虚拟化是直接在计算机硬件或主机操作系统上面导入一个精简的软件层，它包含一个以动态和透明方式分配硬件资源的虚拟机监视器，从而实现多个操作系统同时运行在同一个物理机上，彼此之间共享硬件资源^[3]。

三、测试方法

本文讨论的虚拟化应用部署规划方案主要解决两个问题：（1）虚拟化技术在高性能计算中的可用性；（2）高性能计算集群系统虚拟化方案的制定。

（一）虚拟化技术在高性能计算中的可用性

高性能计算集群系统的应用主要依托于各种专业软件，专业软件对于运行的服务器有一定的性能要求，虚拟化后的服务器能否运行专业软件是虚拟化方案选择的基础，通过对裸金属服务器的 CPU、内存和硬盘的虚拟化过程，配置部署专业软件，测试软件是否可以在虚拟化后的服务器上运行。

（二）高性能集群系统虚拟化方案的制定

通过虚拟化技术在高性能计算中的可用性测试后，根据裸金属服务器的实际配置情况，合理优化虚拟化配置方案，通过不同应用场景的测试选择出最优的虚拟化部署方案。高性能计算集群系统应用场景通常分为以下三种情况：

1.CPU 密集型应用

该应用是利用 CPU 的计算能力，结合专业软件的算法和程序编排，对数据进行反复的计算，对于裸金属服务器来说，大多数专业软件的运行不可以开启超线程，对于虚拟化节点来说在裸金属服务器开启超线程的基础上，还是可以正常虚拟化节点，虚拟化后的节点是可以正常使用的，这也是虚拟化的一个优势，充分发挥了裸金属服务器的计算能力。

2.IO 密集型应用

IO 密集型应用通常分为两类：一是本地磁盘 IO 密集型；二是网络磁盘 IO 密集型。本地磁盘 IO 密集型作业一般对于本地磁盘的 IO 读写速度要求较高，这和裸金属服务器的基本配置相关，网络磁盘 IO 密集型作业是多节点并行计算中的网络共享存储系统，这部分的性能主要体现在共享存储系统的并发性、计算节点的网络带宽及集群系统的网络架构。

3.CPU 和 IO 混合型应用

该应用的模式是计算节点一边运算一边进行输入输出的一种工作模式，通常和专业软件的算法相关，有些 IO 应用的是本地磁盘，有些 IO 应用的是网络共享存储。

在上述三种应用场景的基础上还要考虑虚拟化

节点是否可以充分利用专业软件许可的因素。软件许可利用情况分为以下两种：

（1）按 CPU 核数计算许可数量。按照 CPU 核数计算软件许可是很多大型专业软件的通常方式，一些算法为了提高运算效率都是最大化的利用节点计算能力，通常都是节点有多少 CPU 核数就利用多少 CPU 核数。

（2）按节点计算许可数量。专业软件有些功能是按照节点数量计算，这种计算方式主要是针对作业数量统计、交互功能等一些模块的应用，有些是为了限制作业数量，有些是为了商业目的，通过控制软件许可的运行作业数量和用户登录来收费。

四、测试过程

（一）虚拟化可用性测试

利用 VMware 虚拟化软件，对裸金属服务器进行虚拟化部署，根据裸金属服务器的硬件配置参数规划设计虚拟化方案，例如，裸金属服务器配置参数为 CPU 核数（开启超线程）：32 核，内存大小：196GB，硬盘大小（RAID5 模式）：10TB，网络带宽：万兆，裸金属服务器虚拟化可用性规划设计方案可以这样制定，虚拟化节点数量 3 台，每台虚拟化节点 CPU 核数 10 核，每台虚拟化节点内存大小 50GB，每台虚拟化节点硬盘大小 1000GB，每台虚拟化节点共享裸金属服务器网络带宽，虚拟化部署完成后对虚拟化节点进行应用软件部署与相关测试工作。

虚拟化节点部署专业软件后进行可用性测试，通过运行安装部署不同的专业软件，验证了利用 VMware 技术虚拟化节点专业软件都可以正常运行，CPU 利用率为 100%，其他性能指标也正常，与裸金属服务器的运行效率相当，验证了虚拟化节点运行专业软件的可用性。

（二）虚拟化方案制定与测试

1. 测试方案

在裸金属服务器上分别虚拟化 2、3、4、5 台虚拟化服务器，每种虚拟化方案的 CPU 核数分别为 15 核、10 核、7 核、6 核，每种虚拟化方案的内存大小分别为 80GB、60GB、45GB、35GB，每种虚拟化方案的硬盘大小为 1000GB，网络带宽共享裸金属服务器的网络带宽，通过安装部署相同的专业软件，运行不同类型的高性能计算集群系统应用场景作业，对比分析每种虚拟化应用方案的运行结果，对比分析运行结果，初步确定比较好的虚拟化部署方案。

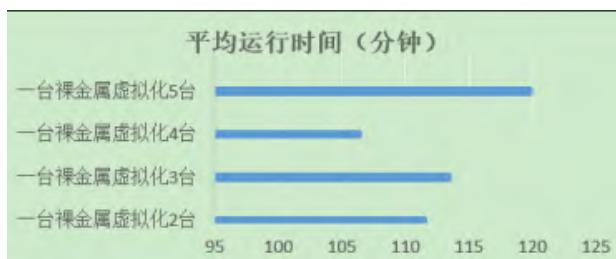
2. 测试结果

根据虚拟化测试方案设计，对每种虚拟化方案分别进行 CPU 密集型应用、IO 密集型应用、CPU/IO 混合型

| 序号 | 单台物理机虚拟化台数 | 单台虚拟机CPU核数 | 许可数量(按核计算) | 闲置 | 许可数量(按节点数计算) | 系统开销 |
|----|------------|------------|------------|----|--------------|------|
| 1 | 2 | 15核 | 30 | 1核 | 2 | 1核 |
| 2 | 3 | 10核 | 30 | 1核 | 3 | |
| 3 | 4 | 7核 | 28 | 3核 | 4 | |
| 4 | 5 | 6核 | 30 | 1核 | 5 | |

图 2 CPU 核数利用分析

应用测试，每种测试应用分别运行 10 个测试作业，对 10 个测试作业结果进行平均运行时间计算，得出每种虚拟化方案下应用测试的平均运行时间。



如图 1 所示，为 CPU 密集型应用的测试结果对比图，纵坐标表示虚拟化方案，横坐标表示每种虚拟化方案运行结果的平均运行时间。通过对该测试结果的对比分析可以看出，一台裸金属服务器虚拟化 4 台虚拟化节点的作业运行效率最佳，但是如何选择虚拟化方案还要考虑其他的因素。

(三) 虚拟化方案选择依据

虚拟化方案的选择除了考虑虚拟化节点运行效率外，还要考虑以下因素：

1. 裸金属服务器的数量

近年来，裸金属服务器性能有很大的提升，随之而来的是服务器的体积也越来越大，以往一个机柜可以放下 56 台以上的刀片服务器，但是现在只能放下 16 台左右的 2U 服务器或是 10 台左右的 4U 服务器，在现有机房条件不变的情况下，服务器台数大大减少，要想使应用规模保持在原有裸金属服务器数量，虚拟化方案设计时必须进行考虑。

2. 各种专业软件虚拟化节点部署数量

虚拟化的目的是为各种专业软件提供应用平台，基础的裸金属服务器一般在同一区域内管理和维护，系统资源是统一调配和使用的，对于虚拟化应用也是如此，合理分配和调度各种计算资源，保障各种专业软件正常运行也是虚拟化方案设计时的一个因素。

3. 专业软件许可应用效率

大部分专业软件的许可是按 CPU 核数计算，有些软件许可或功能模块是按照节点数量进行计算，一般情况下，我们期望充分利用软件许可数，达到软件利用最大化，提高经济效益，在保证正常应用的基础上，合理规划虚拟化方案可以保障各种专业软件应用效率的最大化。

以一台裸金属服务器为例，该服务器有 32 核 CPU，应用相同的情况下，虚拟化节点要求配置相同，除了系统保留外，每种虚拟化方案都会对 CPU 核数有所损耗，在保证裸金属发挥最大效率的基础上，如何合理部署虚拟化节点，充分利用最多的 CPU 核及许可数量等，都是虚拟化方案选择时所要考虑的因素。对于图 2 所示的方案设计，序号 4 的方案最能发挥许可应用效率，但是在上文的测试中，应用效果可能会差一些，这就要结合实际应用情况综合考虑。

五、结语

本文在讨论了虚拟化技术在高性能计算集群系统管理和运维上的优势，在应用 VMware 虚拟化技术的基础上，分析了各种复杂应用场景，提出了虚拟化应用的测试方法，提出了虚拟化应用测试方案，并结合测试数据及实际应用场景的需求，给出了虚拟化应用部署的方案选择依据。

参考文献

- [1] 钱磊. 虚拟化技术在高性能计算机系统中的应用研究 [J]. 计算机工程与科学, 2009, 31 (A1): 307–311.
- [2] 乔寿合. 服务器虚拟化技术探索 [J]. 现代信息技术, 2019, 3 (12): 93–95.
- [3] 张进铎. VMware 虚拟化技术及其应用的综合剖析 [J]. 信息技术与信息化 2014, 1: 101–106.

(作者单位：大庆油田有限责任公司勘探开发研究院)