

DOI:10.16652/j.issn.1004-373x.2022.20.033

引用格式:路芳瑞.高性能计算与虚拟桌面基础设施融合使用研究[J].现代电子技术,2022,45(20):167-170.

# 高性能计算与虚拟桌面基础设施融合使用研究

路芳瑞

(山西财经大学 实验中心, 山西 太原 030006)

**摘要:** 随着机器学习、神经网络、深度学习相关研究的广泛开展,以及近年来人工智能、大数据相关专业的增设,很多高校的高性能计算系统存在算力紧张的情况;同时,高校中的很多信息设施由于负载的时段性波动,也存在计算资源闲置浪费的情况,因而对这些闲置资源如何有效利用进行研究意义重大。虚拟桌面基础设施计算力可观,负载空闲时间段较长且具有规律性,基于此,文中提出一种通过在虚拟桌面基础设施中创建虚拟机形式的高性能计算节点进而组成计算队列,通过错时启动虚拟桌面池和高性能计算队列融合使用的方法,来解决高性能计算算力紧张的问题。文中方法既不影响虚拟桌面基础设施原有的提供桌面池的功能,同时又能够提供额外的高性能计算算力,使得既有信息设备发挥更大的功效。

**关键词:** 高性能计算; 虚拟桌面基础设施; 融合使用; 机器学习; 集群; 体系结构; 闲置设施

中图分类号: TN919-34; TP399; G482

文献标识码: A

文章编号: 1004-373X(2022)20-0167-04

## Research on fusion use of HPC and VDI

LU Fangrui

(Experiment Center, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030006, China)

**Abstract:** With the extensive development of research related to machine learning, neural networks and deep learning, as well as the addition of artificial intelligence and big data related majors in recent years, HPC (high-performance computing) systems in many colleges and universities are facing computational stress. Many information facilities in colleges and universities also have idle and wasted computing resources due to the periodical fluctuation of load. Therefore, it is of great significance to study how to effectively use these idle resources. The computing power of VDI (virtual desktop infrastructure) is considerable, and the load idle time period is long and regular. On this basis, a method of creating HPC nodes in the form of virtual machines in the VDI is proposed to form a computing queue, and start the fusion use of virtual desktop pool and HPC queue at staggered hours, so as to solve the problem of HPC stress in calculation. The method in this paper is not only does not affect the original function of providing desktop pool in VDI, but also can provide additional HPC power, so that the existing information equipment can play a greater role.

**Keywords:** HPC; VDI; fusion use; machine learning; cluster; system architecture; idle equipment

## 0 引言

高性能计算(High Performance Computing, HPC)是一个计算机集群系统,由管理节点对计算任务进行分解后交给不同的计算节点进行计算,以此来解决大型计算问题,在科学研究、图像处理、仿真实验、气象预报、量化交易、生物制药、基因测序等行业均有广泛的应用。虚拟桌面基础设施(Virtual Desktop Infrastructure, VDI)是一种使用虚拟机来提供、管理桌面的技术,由于其中心

化管理、便捷性使用等诸多优点,近年来也逐步应用在高校计算机实验室中。

## 1 研究意义

### 1.1 高校HPC算力紧张的普遍性

高性能计算作为一种科学的基本手段,越来越多地运用在一些学科的科学的研究中<sup>[1]</sup>。同时近年来,人工智能、大数据相关专业在很多高校中的增设,更是对高性能计算的算力提出了很高的要求。为此很多高校

成立了校级的高性能计算中心,将算力作为一种基础设施提供,用户根据系统设定的规则共享使用<sup>[2-3]</sup>。但由于高性能计算系统的高投入,系统使用更新的周期性,很多高校的高性能计算算力仍很紧张,尤其是对经费较紧张的普通院校而言。

山西财经大学高性能计算系统于2020年建成,系统正式上线后,使用率始终处于高位,计算队列等待时间长、算力紧张的情况一定程度上影响了部分科研活动的正常进行。通过查访一些相关兄弟院校的高性能计算中心的使用情况发现,平均使用率几乎也都处于高位<sup>[4]</sup>。可以说,高性能计算算力紧张的情况一定程度上存在普遍性<sup>[5-6]</sup>。

针对高校高性能计算算力紧张这一问题,不少学者提出了各种挖潜扩容的方法。林新华等提出了一种在高性能计算系统建设过程中,使用部门投入部分经费入股的股份制的方式<sup>[5]</sup>;刘晓东等进行了高性能计算系统更高效的作业调度算法的研究<sup>[7]</sup>;姚舸进行了在高性能系统建设中整合历史的归属各院系或课题组的私有集群的相关研究<sup>[8]</sup>。这些学者的研究都从不同的方面或实现了高性能计算系统更高效的使用,或扩展了系统的算力,都在一定程度上缓解了高校高性能计算算力紧张的情况。

## 1.2 VDI等其他高校信息设施算力闲置的普遍性

目前,高校的信息化建设已经处于较为成熟的状态,大量的业务系统进行了信息化,这些信息系统设施中不少业务负载具有明显的时段性,白天工作时间段,系统负载率处于高位运行,晚上及节假日,负载率处于低位。虽一些院校在信息系统建设中通过服务器虚拟化、建设私有云等技术手段,在一定程度上实现了部分计算资源的共享,但这种业务负载本身的时段波动性造成的计算资源闲置浪费的情况本质上无法通过这些手段避免。虚拟桌面基础设施由于其具有的诸多优点,近年来被越来越多的高校在计算机实验室中所采用<sup>[9]</sup>。虚拟桌面基础设施从硬件组成来看也是一个计算机集群,并且大多配备图形处理器,算力高、内存大,其用户主要为教学的师生,负载波动大且时间规律性强。因此将虚拟桌面基础设施的波谷闲置算力加入到高性能计算系统中,既可显著增加高性能计算系统的算力,同时又不影响其原有的功能。

## 2 HPC与VDI融合使用的方案设计

### 2.1 HPC与VDI系统结构比较

目前的高性能计算系统绝大多数采用的是标准化程度高、成本低、易扩展的X86架构的计算机集群,并且

集群节点通常部分或者全部加装较新的高性能的图形处理器。虚拟桌面基础设施的主流厂家通常采用的也是x86架构的计算机集群,也会有部分节点加装图形处理器,但出于成本性能考虑,加装的图形处理器更考虑性价比。二者的不同之处在于:高性能计算集群节点之间的互联大多采用的是速度更快的InfiniBand网络连接,而虚拟桌面基础设施中采用的互联网络大多是成本更低的高速以太网络。高性能计算集群通常各节点安装Linux操作系统,而虚拟桌面基础设施硬件上安装的是Hypervisor操作系统,将物理机的计算资源分割成很多的虚拟机,然后在各虚拟机上安装需要的操作系统及应用软件<sup>[10]</sup>。表1总结列出了HPC与VDI系统结构的异同之处。

表1 HPC与VDI系统结构对比

	HPC	VDI
异同点	高性能图形处理器	性价比较好的图形处理器
不同点	Infiniband网络 Linux操作系统 NFS或者 Lustre 存储	高速以太网 Hypervisor操作系统 (ESXi等) vSAN 存储
相同点	节点为X86架构多路服务器,部分节点加装图形处理器	

### 2.2 山西财经大学HPC系统与VDI系统介绍

山西财经大学高性能计算系统于2020年建成,受限于经费紧张,系统总共只有6个节点,其中1个登录节点,5个计算节点。5台计算节点均为双路服务器,其中2台节点的CPU为32核国产海光7185;另外3台节点的CPU为英特尔至强10核Gold5115,同时配备2块高性能的英伟达Tesla V100图形卡。节点间通过Infiniband网络进行连接,每个节点安装的操作系统是CentOS Linux,系统采用网络文件系统NFS和Slurm调度系统。

山西财经大学虚拟桌面基础设施目前处于小规模实验试用阶段,硬件主要由2台服务器提供虚拟桌面所需的算力,每台服务器配置均为双路16核CPU、256 GB内存、4块K2图形卡。节点间及节点与虚拟桌面客户端采用高速以太网连接。软件方面采用威睿公司的vSphere对系统的计算资源进行虚拟化,在此基础上部署Horizon云桌面系统。

通过两个系统的配置对比可以看到,若虚拟桌面基础设施的算力加入到高性能计算系统中,将会对高性能计算系统的算力有明显的提升。

### 2.3 VDI的改造

融合使用的主要思路是在虚拟桌面基础设施的虚拟化层上以虚拟机的形式创建高性能计算的计算节点,

在虚拟桌面基础设施的负载高峰时段,高性能计算的虚拟机计算节点关闭,虚拟桌面基础设施的虚拟桌面池启动,全部计算力用来提供虚拟桌面;在虚拟桌面基础设施的负载空闲时段,把虚拟桌面池关闭,启动高性能计算虚拟机,计算节点加入高性能计算系统,此时虚拟桌面基础设施的全部算力用来进行高性能计算<sup>[11]</sup>。由于高性能计算系统负载率始终处于高位,所以文章关于融合使用的探索仅仅是将虚拟桌面基础设施的负载波谷时段的算力加入到高性能计算系统中,不涉及将高性能计算系统改造为虚拟桌面基础设施<sup>[12-13]</sup>。高性能计算与虚拟桌面基础设施融合使用的系统结构如图1所示。

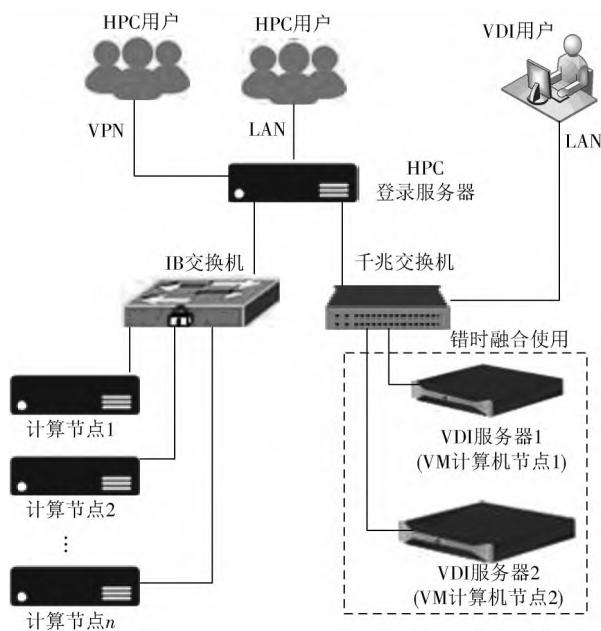


图1 HPC与VDI融合使用系统结构图

### 2.3.1 网络设施的改造

通过前面论述可知,山西财经大学虚拟桌面基础设施和高性能计算系统节点间采用的网络连接不同,如从性能最佳化方面考虑,应将虚拟桌面基础设施所用的节点服务器与高性能计算系统的节点服务器放置在相邻的机柜,为虚拟桌面基础设施节点服务器加装 Mellanox Connect HCA 卡,通过 Infiniband 线缆连接到 Infiniband 交换机,在确保硬件线路连通的情况下根据高性能计算系统的网络规划设置 ESXi 中 HCA 卡的网络地址信息<sup>[14]</sup>。但由于高性能计算与虚拟桌面基础设施因客观原因部署在不同的数据中心机房,从部署便捷性及成本考虑,对网络的改造只是将虚拟桌面基础设施的节点服务器通过校园网连接到高性能计算系统的登录控制节点。

### 2.3.2 创建虚拟机计算节点

计算节点是高性能计算最主要的功能单元,传统的计算节点出于性能方面的考虑,采用的是物理机节点。

虚拟桌面基础设施的特点就在于将每个物理节点的计算资源虚拟化,以虚拟机的形式对外提供计算资源,增加的虚拟化层虽然会浪费一定的性能,但极大地提高了资源使用的灵活性与共享性。融合使用对虚拟桌面基础设施的改造即利用其虚拟化软件 ESXi,创建 CentOS Linux 虚拟机;然后对该虚拟机节点安装 NFS 服务,编辑相关配置文件,使之开机自动挂载高性能计算的网络文件系统;再安装配置 Munge 认证服务、Slurm 调度软件,使进程 Munge、Slurmd 开机运行。利用虚拟桌面基础设施算力的虚拟机计算节点除了是运行在虚拟机之外,其系统软件安装配置和传统的运行在物理机上的高性能计算节点并无不同。

### 2.3.3 HPC 新分区队列的创建

山西财经大学高性能计算系统根据队列资源特性的不同,创建了三个分区队列,分别是使用国产海光处理器的 HGCPU 队列、使用英特尔处理器的 CPU 队列以及使用图形处理器的 GPU 队列。根据虚拟机计算节点的资源特性及使用时间受限的特点,为便于用户使用,为新加入的虚拟机计算节点创建两个新的分区队列,即 VMCPU 队列与 VMGPU 队列,这两个队列分别利用虚拟桌面基础设施的 CPU 与 GPU 的计算力。

### 2.3.4 融合使用管理软件设计

在完成前面的步骤后,虽然已经可以手动将虚拟桌面基础设施的桌面池资源释放,并启用虚拟机形式的高性能计算节点实现融合使用;在融合使用完之后再手动将虚拟机形式的高性能计算节点关闭并启动桌面池恢复虚拟桌面基础设施的原有功能。但频繁手动开关桌面池及禁用启用虚拟机形式的高性能计算节点,工作繁琐且容易出错,因此还需要设计一个管理程序来使这一过程自动化。

具体实现中,在工作日的晚上、周末等规律的时间段,高性能计算的虚拟机计算节点采用系统自带的 crontab 命令执行定时关机,虚拟桌面基础设施桌面池的恢复通过编写一个管理程序查询课表、调用 VMware 提供的 API 来实现桌面池对应的虚拟机的定时开启。当遇到节假日重大活动等不规则的时间段时,管理员通过人工手动管理操作保证高性能计算和虚拟桌面基础设施功能的有序正常运行。

## 3 结语

虚拟桌面基础设施与高性能计算的融合使用在基本上不增加投资或者增加很少量投资的情况下,将虚拟桌面基础设施的闲置算力变为高性能计算的算力,一定程度上缓解了高性能计算算力紧张的问题,同时也使得

已投资的信息设施发挥了更大的功效。除虚拟桌面基础设施系统外,高校已有的信息设施也存在部分时间段闲置的计算资源,如何克服不同部门管理权限分割,利用起这些闲置计算资源也是今后一个值得研究的问题。

### 参 考 文 献

- [1] 吴湘宁,彭建怡,罗勋鹤,等.高校人工智能实验室的规划与建设[J].实验技术与管理,2020,37(10):244-250.
- [2] 游伟倩,盛乐标,张予倩.南京大学高性能计算集群系统管理与运维研究[J].中国设备工程,2018(22):42-45.
- [3] 段运生,刘辉,竺德.安徽大学:公共计算平台助力一流学科建设[J].中国教育网络,2019(5):63-64.
- [4] 北京大学高性能计算中心.HPC集群状态[EB/OL].[2020-09-03].<http://hpc.pku.edu.cn/stat/wmyh>.
- [5] 林新华,顾一众.上海交通大学高性能计算建设的理念与实践[J].华东师范大学学报(自然科学版),2015(z1):298-303.
- [6] 李文化,陈讨海.海南大学高性能计算与云计算平台融合[J].中国教育网络,2015(10):29-32.
- [7] 刘晓东,赵晓芳,金岩,等.企业私有云环境下面向高性能计算的资源弹性分配算法[J].高技术通讯,2018,28(8):669-676.
- [8] 姚舸.共享时代下高校高性能计算系统的设计与实践[J].实验室研究与探索,2019,38(7):130-135.
- [9] 高金金.一种基于VDI模式的高校实验室云桌面建设方案[J].山西电子技术,2017(2):11-14.
- [10] 廖湘科,肖依.新型高性能计算系统与技术[J].中国科学:信息科学,2016,46(9):1175-1210.
- [11] 孙茜.浅析虚拟化技术在高性能计算中应用前景[J].科技视界,2020(17):51-53.
- [12] 田永军,何万青,孙相征,等.基于公共云的HPC集群实现及自动伸缩闲置计算研究[J].计算机工程与科学,2019,41(7):1155-1160.
- [13] 杨柳,张志明.超算中心和云计算中心融合建设框架研究[J].信息系统工程,2015(1):93-96.
- [14] 刘颖,陈煜,林林,等.高性能计算集群中的网络技术研究与实践[J].中国水利水电科学研究院学报,2016,14(2):90-95.
- [15] 申狄秋,卢雯兴,王荣超,等.支持向量机下基于机器学习优化的继电保护故障诊断技术研究[J].电子设计工程,2021,29(8):53-57.
- [16] 李锐,黄煜坤,董路通,等.基于电网调控业务多文本数据挖掘的机器学习算法的研究与应用[J].电子设计工程,2021,29(9):107-111.
- [17] 沈晓隶,李小云,陈霖华,等.基于机器学习的电力工程三维数据处理技术研究[J].电子设计工程,2021,29(3):47-50.

作者简介:路芳瑞(1981—),男,山西晋城人,硕士,实验师,研究方向为实验室信息化、高性能计算。