

高校公共服务平台高性能计算集群建设运行机制探究

张航 陈龙

西北工业大学分析测试中心

摘要: 本文围绕如何建好平台、用好集群、做好服务三个方面, 阐述高性能计算集群公共平台建设的做法和经验, 为高校建设高性能计算平台提供一些参考。

关键词: 公共平台; 高性能计算; 建设运行

DOI: 10.65976/3080-0374.2026.06.023

引言

高性能计算集群的建设, 是一个复杂的过程, 需要考虑到包括前期场地环境选择、制冷系统设计、数据存储设计、计算设备选型、集群网络设计, 以及后续集群管理服务和平台运营维护等一系列专业问题。因此, 如何建好平台, 用好集群, 做好服务, 发挥校级公共平台支撑相关学科发展的作用, 是高性能计算集群建设运行需要考虑的主要问题。

一、建好平台

(一) 场地环境选择

集群建设初期对机房场地规划有明确要求:

(1) 满足环境清洁要求, 没有水管、气管通过, 没有腐蚀性气体以及其它任何废气侵入; (2) 满足设备正常运行的温湿度要求, 有良好的空气调节通风设施; (3) 满足相关抗震设施要求; (4) 满足消防安全管理要求等^[1]。此外, 电力设施须能满足相应的用电负荷, 建设初期应考虑为机房单独供电, 满足集群持续用电需求, 同时建设中配置可以独立使用的 UPS, 进一步降低断电对集群设备损耗的风险。

(二) 制冷系统设计

计算集群设备持续稳定运行需要一个相对恒定的温湿度环境。现有计算集群大多采用封闭冷通道的形式对设备进行制冷, 冷通道中放入机柜和列间空调, 由于环境相对封闭, 制冷效率较高。此外, 在冷通道中对空调出风口进行合理的排布, 保证空调回风可以在计算设备内均匀分布, 降低封闭冷通道内出现局部温度过高的风险^[2]。

(三) 数据存储设计

计算集群在进行大规模任务处理时, 需进行大量文件及数据访问。存储性能的好坏将直接影响集群的计算效率。很多用户在集群建设初期, 将注意力放在

计算能力上, 容易忽略存储性能及传输带宽, 以致后期可能会产生计算结果无处存储及存储带宽受限的问题。因此, 在建设之初需要统筹考虑集群存储性能, 以满足全局文件的统一映像、全局文件的高速访问、存储系统的大容量及存储系统高可靠性等特点。

(四) 计算设备选型

目前高校建设高性能计算公共平台中, 仍以 X86 架构的处理器为主^[3]。在内存选择上, 匹配 CPU 内存通道数 (如 8 通道内存控制器), 建议满配内存插槽, 此时内存带宽可达到理论最大值, 较 4 通道配置提升近 1 倍, 同时应注意内存容量的需求, 计算集群需支持多样化的应用场景, 节点设计需与应用特性深度适配, 避免“一刀切”配置导致的资源浪费。同时, 服务器节点还应该考虑插槽选型, 保证后期设备扩展需求。

(五) 集群网络设计

集群内的网络至少涉及三块: 管理网络、计算网络、监控网络。为了使集群实现高性能运行, 一个高效、稳定、低延迟的高速集群网络是基础。(1) 管理网络承担着集群节点之间的管理、调度、基础服务通信等多种角色, 主要承担操作系统管理和配置、系统基础服务、操作系统的状态监控以及作业调度的功能。目前计算集群的建设日益增加, 同时单个集群的节点数量也大, 为了保证计算集群内部的管理通信顺畅, 最好能达到万兆光纤交换。若集群节点数量庞大也可以采用万兆胖树架构进行组网, 用 40Gbps 网络进行汇聚, 提供三层网络功能。(2) 计算网络的性能对集群整体性能有决定性的影响。计算网络方面可选用 64 端口 NDR 400Gb InfiniBand 交换机, 单台 64 口 NDR InfiniBand 交换机可支持 128 个 NDR 200Gb 计算节点连接, 400Gb/s NDR IB 网络是当前最高带宽、最

基金项目: 西北工业大学发展战略研究基金资助 (2025FZY27)。

作者简介: 张航 (1987—), 男, 博士, 助理研究员, 研究方向为实验室建设与管理。

低延迟的 InfiniBand 产品,网络带宽是 HDR 的近两倍。

(3) 监控网络是连接所有节点的带外管理网(IPMI),实现设备监控即通常所说的带外管理方式,节点远程控制以及节点状态监控的功能。监控网络可采用 48 口千兆交换机互联实现,所有服务器、存储节点的 IPMI 远程管理口均匀地接入千兆交换机提供远程 IPMI 管理。

二、用好集群

调研国内高性能计算平台服务模式,主要分为:

(1) 以清华大学信息科学与技术国家实验室和上海交通大学“交我算平台”(包含 HPC 和 AI)为代表,集算力优化、应用软件开发、应用算法研究、人才培养和集群管理为一体的综合科研平台,以科学研究和人才培养为主要任务,兼顾服务共享;(2) 以中国科技大学、西安交通大学高性能计算平台等为代表,学校和课题组出资建设集群硬件,由 1~2 位工程技术人员进行日常维护,解决简单的硬件问题;(3) 超算中心模式(例如济南超算中心、郑州超算中心、西安超算中心等),利用互联网的计算服务模式,面向社会和公众提供超级云计算应用服务^[4,5]。

高性能计算平台建设好之后,运维管理体系依然十分重要,需要从管理、技术、人员等多方面考虑,始终坚持“服务用户”的原则,建立可持续发展的平台运营模式。

(一) 管理制度建设

高性能计算平台在运行过程中应不断建立健全各项管理规章制度,包括运行维护、设施安全、民主决策等方面,保证各项事宜运转有章可循、有法可依。同时,以用户的优良体验为准则,建立全面周到、全时运转、全力守护的服务模式,为用户提供简单顺畅、高效便捷的计算服务。

(二) 管理队伍建设

高性能计算集群的建设和运行对管理人员要求非常高,建设初期可考虑采用设备管理员、驻场人员以及线上支持等多种方式共同推进集群平稳运行,快速解决师生用户使用过程中出现的各类问题,包括基础操作、软件编译与优化、计算环境配置等。同时,在管理人员不足的情况下,可以配备学生助管,协助管理员监控集群运行状况,配合硬件厂家完成硬件设备检修、巡检等工作^[6]。

(三) 集群运营管理

为了便捷、高效利用高性能计算集群设备为用户提供各类计算服务,需要实现账号申请、用户访问、分类计费,以及集群软硬件资源监控、管理、调优等必要功能,可以根据高性能计算集群平台的不同情况

和具体问题进行定制开发集群调度软件,来满足高性能计算集群平台用户的个性化需求。

(四) 资源池扩充

日益增长的科研需求对算力建设的要求越来越高,可以探索建设混合计算模式,如开发资源调度端口与超算中心资源对接。一方面,经费有限,建设无法跟上使用者的庞大需求,在本地资源不足时,可将作业调度到超算中心,应对各种巨大算力的需求。另一方面,当某项目或课题临时需要大量计算资源时,可考虑弹性扩展到资源池,解决用户本地计算排队时间长或资源不足的问题。

(五) 计算设备共享

由于各方面原因,高校内部很多课题组或大或小购置建设了许多计算集群,有一些管理不当处于闲置状态。为了避免计算设备的重复建设和资源浪费,作为公共服务平台,可以考虑将校内各课题组的计算资源纳入共享,通过作业调度系统为集群创建多个队列,不同计算能力的设备划分为不同的队列,实现集群计算资源统一管理分开调度,对于部分托管设备也可以设定专用模式进行统筹管理^[7]。

三、服务用户

(一) 技术培训

开展高性能计算集群培训的目标是:降低使用门槛,提升科研效率,释放集群算力。通过联合集群设备软件和硬件工程师,针对不用基础的用户群体,分层设计模块化培训内容,采用“理论讲解+现场演示+动手实践”的混合模式,举办难度不同的短期培训班,其中动手实践时间应占总时长 50% 以上。同时,建立有效的沟通渠道或者用户论坛,鼓励用户互相帮助,形成知识共享的氛围。

(二) 平台推广

搭建高性能计算集群门户网站,通过使用各种新媒体方式大力宣传,借助用户论坛、线上交流,形成用户互助生态,不断提升高性能计算集群平台的影响力。同时,专人精准对接有代表性的用户,提供深度技术支持,助力团队产出标志性成果。此外,在高性能计算集群平台运行初期,可以提供有资源限制的免费试用账号,降低用户尝试门槛。

(三) 用户回访

深入用户主动服务,与校内各课题组进行对接回访,及时掌握不同类型用户的需求和意见,持续跟进,不断改进完善计算服务体系。建立个性化、定制化全闭环的高性能计算服务模式,全心全意支持学校重大科研成果产出,强有力支撑和保障相关学科的发展和

科学研究。

四、结语

高性能计算集群平台的建设需紧密结合各高校的实际要求和发展定位,在计算资源选型与配置中充分满足师生用户的需求,不断探索创新管理模式与运行机制。从实践经验来看,要建好平台、用好集群、做好服务,高性能计算集群平台必须以用户为中心,把“服务用户”的理念贯彻到平台建设、管理、服务、运营及维护等方方面面,才能构筑起良好的计算服务生态,推动校级高性能计算公共平台健康可持续发展。

参考文献:

- [1] 盛乐标,周庆林,游伟倩,等.高校大型高性能计算平台建设模式探讨[J].实验室科学,2019,22(6):158-161.
- [2] 陈园园,崔贯勋.高性能计算平台建设、运行与服务模式的探索[J].计算机技术与发展,2021,31(7):87-91.
- [3] 盛乐标,游伟倩,周庆林.南京大学高性能计算中心建设的探索与实践[J].实验技术与管理,2013,30(11):144-146.
- [4] 林皎,陈玉洁,张武生,等.高性能计算平台建设的探索与实践[J].实验技术与管理,2012,29(5):217-220.
- [5] 解通,孙勇,魏泽发,等.校级高性能计算平台建设的探索与实践[J].软件,2021,42(6):74-76+80.
- [6] 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.
- [7] 李薛剑.高性能计算平台在高校中的应用及服务模式探索[J].电脑知识与技术,2015,11(36):42-43.