

# 基于高性能计算的联想智能超算平台LiCO的设计与实现

韩 菲<sup>1,2</sup>, 张海飞<sup>3</sup>, 丁 宏<sup>3</sup>, 张超峰<sup>3</sup>, 翁敏华<sup>3</sup>, 黄义煊<sup>3</sup>

(1.联想(北京)信息技术有限公司, 北京 100094;

2.联想(北京)有限公司, 北京 100094;

3.联想(上海)计算机科技有限公司, 上海 201203)

**摘 要:** 高性能计算集群软件是高性能计算平台的核心, 如何高效地利用平台性能是集群软件面对的主要问题。联想智能超算平台LiCO致力于提供简单、易用、丰富的高性能计算及人工智能平台, 具有管理、监控、报警、作业调度等多项高性能计算功能。本文简要介绍了高性能计算集群架构后, 详细描述了LiCO软件的高性能计算功能。该软件不但具有高性能计算功能, 在人工智能领域也在不断深入探索与研发。

**关键词:** 高性能计算; 智能超算; 管理监控; 作业调度

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A

## Lenovo Intelligent Computing Orchestration(LiCO) Based on High Performance Computing

HAN Fei<sup>1,2</sup>, ZHANG Haifei<sup>3</sup>, DING Hong<sup>3</sup>, ZHAO Chaofeng<sup>3</sup>, WENG Minhua<sup>3</sup>, HUANG Yixuan<sup>3</sup>

(1. *Lenovo Beijing Co., LTD, Beijing 100094, China;*

2. *Lenovo Beijing Information Technology Co., LTD, Beijing 100094, China;*

3. *Lenovo(Shanghai) Computer Technology Co., LTD, Shanghai 201203, China)*

**Abstract:** High performance computing cluster software is the core of high performance computing platform. How to use platform performance efficiently is the main problem that cluster software faces. Lenovo intelligent computing Orchestration(LiCO) is committed to provide a simple, easy and rich platform for high-performance computing and artificial intelligence with management, monitoring, alarm, job scheduling and other high-performance computing functions. After briefly introducing the architecture of high performance computing cluster, this paper describes the high performance computing function of LiCO software in detail. The software not only has the function of high performance computing, but also is researched and developed in the field of artificial intelligence.

**Keywords:** high performance computing; intelligent computing; management monitoring; job scheduling

## 1 引言(Introduction)

联想智能超算平台(Lenovo intelligent Computing Orchestration, 以下简称LiCO)是联想基于超性能计算(HPC)集群的一站式解决方案, 其功能包括计算机集群管理、集群监控、作业调度管理、集群用户管理、账户管理、文件系统管理等<sup>[1]</sup>。通过LiCO可以实现对超算(super computing)集群资源的统一调度, 同时支持HPC作业和AI作业。随着人工智能、高性能计算和大数据的广泛应用, LiCO已被越来越多的政府机关、高等院校、气象环保、石油石化、机械制造和生命科学研究等单位使用。LiCO基于B/S架构设计, 用户可以方便地通过网页来对集群进行全面而细致的管控。

## 2 高性能计算集群的基本架构(Basic architecture of high performance computing)

高性能计算(High Performance Computing, 简称HPC)由多台服务器组在一起搭建成大型集群, 从事大规模并行计算的工作。常规的高性能集群通过多台服务器的多颗CPU的多核处理, 并行计算, 大规模处理计算问题, 高效, 高精度, 低时间<sup>[2]</sup>。目前, 除了CPU参与并行计算, 也有了异构并行计算加速器。一个完整的HPC集群由四种功能节点组成, 本文简单介绍:

(1)管理节点: 作为HPC集群的核心, 肩负着集群管理、监控管理、调度管理、策略管理、用户和账户管理等主要功能。

(2)登录节点：是HPC集群练习外部网络或集群之间的纽带。用户需要通过它来完成用户的登录并用它来上传应用数据，开发编译程序，提交调度任务等。

(3)计算节点：完成高性能计算任务。

(4)存储节点(I/O节点)：为整个HPC集群提供了分布式文件系统服务。用户通常会在存储节点上连接一个或多个外置存储设备，以保证HPC的数据安全和容量。

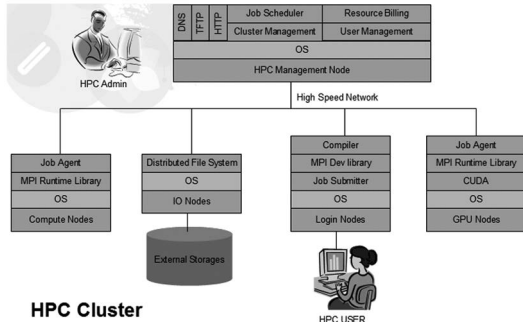


图1 高性能计算平台基本架构

Fig.1 Basic architecture of high performance computing platform

### 3 联想智能超算平台LiCO的高性能计算功能 (High-performance computing features of LiCO)

LiCO作为联想自主研发高性能计算集群管理软件<sup>[3]</sup>，具有集群管理、集群报警、集群监控、作业管理等功能。



图2 LiCO高性能计算功能

Fig.2 LiCO high performance computing features

#### 3.1 LiCO集群管理功能

LiCO具有强大的高性能计算集群管理功能。在管理功能中，LiCO具备灵活的节点分组策略，管理员可以根据需要将集群节点进行逻辑分组，以便后面对不同的分组进行批量监控和管理。这样对于大集群就有很大的灵活性，可以选中一个逻辑组进行批量的监控和管理操作。

LiCO可以实现批量开关机，如管理员在Web页面上可以选中多个节点进行批量的开关机，并且可以远程命令、并行命令和并行拷贝<sup>[4]</sup>，具备易用的节点管理Web Console和Web SSH，以及完整的集群操作日志。

LiCO系统具备完善的节点信息展示功能，提供了查看单节点详细信息的功能，节点详细信息包括：

(1)节点的静态配置信息，如节点名、CPU、内存、磁盘等信息。

(2)节点各种监控指标(温度、能耗、Load、CPU使用率、内存使用率、硬盘使用率、网络吞吐)的历史趋势图。

(3)节点上当前运行作业的列表。

(4)节点上当前报警信息的列表。

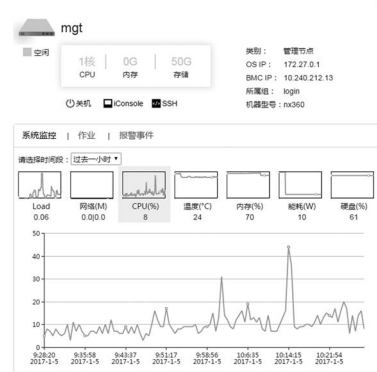


图3 单节点详细信息显示

Fig.3 Single node information display

#### 3.2 LiCO集群报警功能

LiCO不但具有集群管理功能，还具有完善的集群报警功能，可以定义丰富的报警策略、灵活的报警触发机制，支持多种报警处理方式(邮件、短信、微信、声音、自定义脚本)，提供实时报警查询，提供历史报警查询，实现基于报警自定义脚本报警自动处理，以及硬件异常报警等功能<sup>[5]</sup>。

在报警策略管理功能中，管理员可以增加、修改、删除、启用/停用报警策略，从而能够方便的定义丰富的报警策略。

在实时报警记录查询功能。管理员能方便地查看集群的当前报警记录。实时报警查询支持按照报警等级的过滤，按照时间段的过滤。

| 报警ID  | 报警策略     | 报警等级 | 报警时间                | 报警内容 |
|-------|----------|------|---------------------|------|
| 20001 | CPU使用率过高 | 严重   | 2017-01-04 18:41:10 | 未确认  |
| 20006 | CPU使用率过高 | 严重   | 2017-01-04 18:41:10 | 未确认  |
| 20008 | CPU使用率过高 | 严重   | 2017-01-04 18:41:10 | 未确认  |
| 20010 | CPU使用率过高 | 严重   | 2017-01-04 18:41:10 | 未确认  |
| 20011 | CPU使用率过高 | 严重   | 2017-01-04 18:41:10 | 未确认  |
| 20012 | CPU使用率过高 | 严重   | 2017-01-04 18:41:10 | 未确认  |
| 20016 | CPU使用率过高 | 严重   | 2017-01-04 18:41:10 | 未确认  |
| 20018 | CPU使用率过高 | 严重   | 2017-01-04 18:41:10 | 未确认  |
| 20019 | CPU使用率过高 | 严重   | 2017-01-04 18:41:10 | 未确认  |
| 20026 | CPU使用率过高 | 严重   | 2017-01-04 18:41:10 | 未确认  |

图4 当前报警记录

Fig.4 Current alarm record

LiCO能够实现硬件异常报警。LiCO可以添加报警策略，在报警策略的监控指标里面选择硬件监控，来对系统硬件状态进行监控，包括CPU、内存、硬盘、风扇、电源等硬件的异常都会产生报警记录。

#### 3.3 LiCO集群监控功能

同时，LiCO软件还具有集群监控功能，可以显示丰富的监控指标、一目了然的集群总体状态图、物理机房视图、物理机架视图和机架中节点三维比较图，具有灵活的节点分组，可以监控单节点、刀箱、风扇、电源及节点组整体的性

能,并且绘制节点组中节点热力图。更重要的是,还可以进行集群作业监控。

LiCO可以显示丰富的监控指标。系统支持多种监控指标的监控:Load、CPU使用率、内存使用率、硬盘使用率、网络吞吐、温度、能耗、作业等。

LiCO可以从系统管理员主页显示集群整体状态图,包括CPU、内存、网络、存储、作业、节点使用情况、报警、调度系统状态等,以便管理员可以直观地了解到集群的整体状态情况。

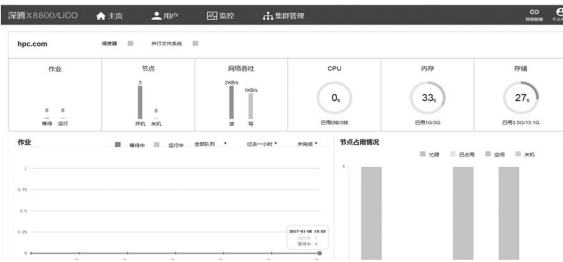


图5 集群整体状态图

Fig.5 Cluster overall state diagram

LiCO可以表示物理机房视图。系统提供的物理视图中首先就是物理机房的监控视图,视图中直观地显示机房位置、名称、能耗、机房中的机架,机架中的节点使用统计和报警统计。

LiCO能够表示物理机架视图和机架中节点三维比较图。系统提供了物理机架视图,视图以Rackview的方式显示机架中的节点。视图形象以节点颜色的深浅表示监控指标数值的高低。点击视图的一个节点,可以查看这个节点的详细监控。



图6 物理机房视图

Fig.6 Physical room view



图7 物理机架视图

Fig.7 Physical rack view

LiCO可以实现刀箱的风扇、电源监控。LiCO提供了刀箱的风扇和电源的状态监控,当风扇或电源有异常时LiCO页面会产生硬件异常的报警。

LiCO能够做节点组整体性能监控。在系统的分组视图中,可以查看一个组的监控指标(Load、CPU使用率、内存使用率、硬盘使用率、网络吞吐、温度、能耗、作业)的历史趋势图。

LiCO能够表示节点组中节点热力图。系统提供热力图,直观地通过颜色深浅表示节点组中所有节点监控指标的实时值的大小。系统支持在热力图上根据值区间进行过滤显示。

LiCO可实现集群作业监控。系统提供了作业监控页面,可以直观查看集群中正在运行、等待和结束的作业。

### 3.4 LiCO作业管理功能

LiCO在高性能计算集群作业管理上支持各种主流调度器如LSF、Torque、Slurm、PBS Pro,提供可定制化的作业模板。同时,LiCO还支持丰富的作业操作和Web VNC管理,可以方便地导出各种作业报告。

LiCO可以通过命令行提交作业,作业会同步显示在Web页面上,也可以通过Web页面提交,系统提供了各种模板来提交作业。

LiCO可以直观地查看作业运行状态和运行结果。用户的Web主页通过列表直观展了当前用户正在运行、等待和已经结束的作业的信息(作业名、状态、队列、作业提交时间、作业开始时间、作业结束时间等)。用户的Web主页可以查看某一作业的详情,如作业在哪些节点上执行,也可以通过Web文件系统方便地下载和查看作业运行结果。



图8 Web主页作业信息

Fig.8 Web home page job information

LiCO支持各种分布式文件系统:Lustre、GPFS、NFS等;通过系统提供的Web文件系统可以:创建文件和文件夹、编辑、删除、上传、下载、重命名、排序和查看等;文件空间隔离:每个用户有自己的文件空间,用户不能看到和修改其他用户的用户文件空间的文件。

## 4 结论(Conclusion)

联想DCG研发的Lenovo Intelligent Computing Orchestration(LiCO)联想智能超算平台,同时针对管理员和普通用户提供易用的管理平台,使用LiCO脚本可以快速安装

部署好一整套HPC集群,适用于各种规模的高性能集群。在HPC方便的功能,LiCO还支持作业模板定制化服务、报表定制化服务及3D机房定制化服务。

此外,LiCO不但具有高性能计算软件版本,还推出了LiCO AI和LiCO EM系列版本,下文将针对LiCO AI软件开展相关研究工作。

## 参考文献(References)

- [1] Bormin Huang.高性能计算在人工智能中的应用[J].重庆理工大学学报,2016,30(8):3.
- [2] 赵立成,沈文海,肖华东,等.高性能计算技术在气象领域的应用[J].应用气象学报,2016,27(5):550-558.
- [3] 王小宁,肖海力,曹荣强.面向高性能计算环境的作业调度模型的设计与实现[J].计算机工程与科学,2017,39(4):619-626.
- [4] 赵春燕,孙婧,魏敏.云及高性能计算集群环境中配置管理系统设计[J].计算技术与自动化,2016,35(1):111-116.

(上接第50页)

从线上资源的提供方我们可以看出,高校、研究院、科技公司都开发并开放了诸多的数据素养教育课程和学习软件。国外很多高校均结合线上课程资源,以虚拟实验室、学习小组等多种形式展开数据素养教育。我们在日常数据素养教育实践中,可以指导学生参与学习在线的相关课程内容,结合学生的专业背景和数据处理需求,线下辅助辅导。提倡终身学习,使学生能够理解并学习数据在不同学科或专业背景下使用的各种方式。

## 5 结论(Conclusion)

大数据时代,数据素养对个人生活乃至职业的成功至关重要。掌握强大数据技能和使用数据处理技术工具的学生将会更好地适应日益更新的数据环境。在此背景下,本文结合笔者在大学生中开展的数据教育实践探讨了数据素养的能力指标体系和内容框架,包括与访问、管理、沟通、保存和以合乎伦理的方式使用数据等方面。依据数据素养的能力要求,文章探讨了大学生数据素养教育的新思路,即结合学生的专业领域,利用丰富的线上资源,深入开展大学生的数据素养教育,为数据素养教育的进一步发展提供必要的素材与理论支持。

## 参考文献(References)

- [1] EFA Gloabal Monitoring Report Team.Education for All Literacy for Life[R].UNESCO,2005:147-151.
- [2] Mandinach E B,Gummer E S.A Systematic View of Implementing Data Literacy in Educator Preparation[J].Educational Researcher,2013,42(1):30-37.
- [3] Prado J C,Marzal M A.Incorporating Data Literacy into

- [5] 李惠欢,杨敏,吴汝明.基于TORQUE的高性能计算平台记账系统[J].计算机应用与软件,2016,33(8):126-130.

## 作者简介:

韩 菲(1985-),女,博士,高性能计算高级架构师.研究领域:GPU并行计算,高性能计算,人工智能.

张海飞(1975-),男,硕士,人工智能高级架构师.研究领域:高性能计算平台软件,人工智能.

丁 弘(1968),男,硕士,人工智能高级架构师.研究领域:高性能计算平台软件,人工智能应用平台,人工智能算法.

张超锋(1983-),男,硕士,高性能计算高级架构师.研究领域:人工智能,高性能计算.

翁敏华(1980-),男,本科,系统架构师.研究领域:AI平台架构及应用.

黄义煊(1983-),男,本科,高性能计算架构师.研究领域:人工智能,高性能计算,云计算.

Information Literacy Programs:Core Competencies and Contents[J].Libri:International Journal of Libraries and Information Services,2013,63(2):123-134.

- [4] 郝媛玲,沈婷婷.数据素养及其培养机制的构建与策略思考[J].情报理论与实践,2016,39(1):58-63.

- [5] Carlson J,Fosmire M.Determining Data Information Literacy Needs: A Study of Students and Research Faculty[J].Portal:Libraries and the Academy,2011,11(2):629-657.

- [6] 刘彩娥.国内高校数据素养教育的问题与对策[J].北京工业大学学报(社会科学版),2015,15(3):76-80.

- [7] 汤贝贝,薛彦华.大数据背景下高等教育治理转型:机遇、挑战与应对策略[J].重庆高教研究,2018-11-27(网络优先出版).

- [8] 唐菁荟,邓三鸿.大学生创新训练中的数据管理探索——以四川大学为例[J].实验科学与技术,2018-07-10(网络优先出版).

- [9] 白红平.应用型本科院校开展数据素养教育的问题与对策研究[J].无线互联科技,2018(18):82-83.

- [10] Heidrich J.,Bauer,P,Krupka,D.Future Skills:Ansätze zur Vermittlung von Data Literacy in der Hochschulbildung[R].Arbeitspapier Nr.37.Berlin:Hochschulforum Digitalisierung,2018:45-46.

## 作者简介:

马晓慧(1982-),女,硕士,副教授.研究领域:信息检索,数据结构,并行算法,信息抽取.