

doi:10.3969/j.issn.1672-4348.2016.01.016

云平台动态弹性扩展关键技术研究

朱铨

(福建工程学院 福建省大数据挖掘与应用技术重点实验室, 福建 福州 350118)

摘要: 根据实时交通大数据处理的具体需求,提出实时交通大数据处理云平台的逻辑体系结构,分别从 IaaS 层、中间件层以及应用层探讨实现云平台动态弹性扩展的关键技术以及仍有待解决的关键问题。并搭建实时交通大数据处理云平台的原型系统,提出实时交通大数据处理云平台资源调度策略。实验结果表明云平台的动态弹性扩展特性可满足实时交通大数据处理的性能需求。

关键词: 云计算; 交通信息化; 动态弹性扩展; 资源调度

中图分类号: TP393.03

文献标志码: A

文章编号: 1672-4348(2016)01-0071-05

Research on the key technology of dynamic elastic expansion for cloud platform

Zhu Quan

(Fujian Provincial Key Laboratory of Big Data Mining and Applications, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

Abstract: A logical architecture for traffic big data real-time processing cloud platform was proposed. The key technology and key issues remain to be solved for the elastic extension mechanism of the IaaS layer, intermediate layer and the application layer were focused. A prototype for the traffic big data real-time processing cloud platform was constructed. The resource scheduling strategy for the cloud platform was presented. The experimental results show that the dynamic elastic extension properties of the cloud platform can meet the performance requirements of traffic big data real-time processing.

Keywords: cloud computing; traffic informationization; dynamic elastic expansion; resource scheduling

为解决海量数据的处理难题,Amazon、Google 等公司于 2006 年先后提出了云计算的概念^[1],目前云计算已经得到工业界、学术界的广泛关注。各国政府也纷纷将云计算列为国家战略,投入了巨大的财力和物力用于云计算技术的研究以及云平台的部署和应用。

云计算因其所具有的弹性扩展、资源池化、按需服务等特点,非常适合数据量弹性变化的应用环境。为此,基于实时交通大数据处理的具体需求,拟深入研究实时交通大数据处理云平台的动

态弹性扩展关键技术,实现海量实时交通数据处理能力的弹性扩展,从而解决交通信息化应用服务计算复杂、整合困难等难题,对于交通信息化的发展将具有重要的基础支撑意义。

1 云计算与交通信息化

近年来,我国交通事业发展突飞猛进,公路、铁路交通运输运营规模逐年增长。随着城市建设规模的不断扩大,城市交通得到了快速发展,但也带来了交通拥堵、交通事故和交通污染等问题。云计

收稿日期: 2016-01-01

基金项目: 福建省省属高校科研专项(JK2014033);福建省教育厅高校教育信息化专项(JA15326);福建工程学院博士科研启动基金(GY-Z15009)

作者简介: 朱铨(1983-),男,湖北黄冈人,工程师,博士,研究方向:云计算与大数据处理。

算和大数据处理等技术的快速发展,给解决交通出行难的问题提供了一条良好的途径,已经得到了交通管理部门的高度重视^[2]。

目前,我国大部分城市的交通信息服务系统的基础设施建设已初步形成,普遍面临着整合、利用交通大数据信息来服务于交通管理和出行者的问题。针对交通信息化应用数据信息量大、时空性强以及信息处理实时性要求高等特点,通过云计算技术搭建统一的数据处理平台,并通过大数据挖掘技术可实现对海量多源交通信息数据的动态、实时处理,从而为交通运输管理部门以及用户提供各类信息服务。同时云计算平台通过虚拟化等技术,整合服务器、存储、网络等硬件资源,实现应用部署的灵活性,能大大提升资源利用率,降低总能耗以及运维成本^[3]。

因此,如何对交通大数据进行处理、分析、挖掘和利用,将是未来交通信息化发展的关键,而云计算技术以其自动化 IT 资源调度和快速部署以及优异的弹性扩展等优势,将成为解决这一问题的重要手段^[4]。

但不同于 12306 系统以及淘宝等常用 web 平台,实时交通大数据云平台所需要处理的是时空域多源大数据(包括海量的矢量、栅格、文件、属性、视频数据等),且具有较高的实时性要求。目前,实时交通大数据处理云平台的动态弹性扩展机制是一个尚未解决、更具挑战性的难题,该领域的相关研究仍较为缺乏。

2 云平台动态弹性扩展关键技术

对于交通大数据处理而言,其后端往往离不开地理信息系统(geographic information system, GIS)的支撑,一般实时交通大数据处理云平台的逻辑结构如图 1 所示。云计算技术的应用将会带来诸多优势,首先,云计算的数据存储和维护能力为海量交通数据提供了存放和处理能力;其次,通过采用分布式计算等手段则可以实现高性能的并行处理能力,为基于大数据挖掘的分析和服

务提供了条件保障;第三,云计算所提供的弹性扩展能力能够保证交通信息化应用的高可用性和扩展性,从而实现系统响应时间的线性增长。

尽管云计算技术有着诸多优势,但它目前还只能算是一个通用的处理框架,相关研究及应用包括虚拟化、分布式和弹性扩展等方面。其中较

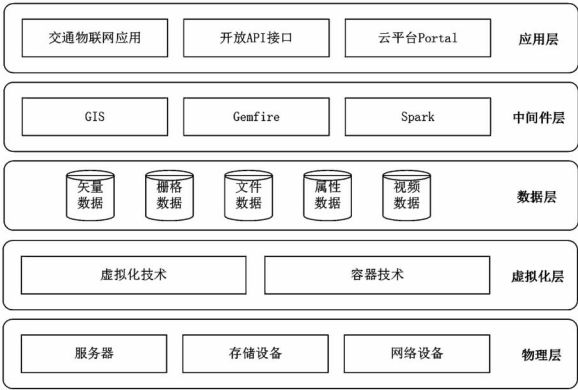


图 1 实时交通大数据处理云平台逻辑体系结构图
Fig. 1 The logic architecture diagram for the traffic big data real-time processing cloud platform

为关键的弹性扩展,主要是基于虚拟机节点的增加或减少,无法同时支持垂直扩展(节点 CPU、内存等升级)和水平扩展(节点新建和销毁);而要实现整个实时交通大数据处理云平台的弹性扩展,则需要从 IaaS 层、中间件层以及应用层进行全面考虑。

2.1 基于虚拟化技术的 IaaS 层弹性扩展机制

虚拟化技术作为实现云计算平台的关键技术,主要分为 2 个层面:物理资源池化和资源池管理。其中物理资源池化是把物理设备(包括服务器、存储、网络以及安全设备等)由大化小,将一个物理设备虚拟为多个性能可配的最小资源单位,包括完全虚拟化、准虚拟化以及操作系统虚拟化 3 种模式。资源池管理则是通过对集群中虚拟化后的最小资源单位进行管理,根据资源的使用情况和用户对资源的申请情况,按照一定的策略对资源进行灵活分配和调度。目前较流行的技术包括 OpenStack 以及 VMware vCloud 等;在开源技术方面,OpenStack 呈现强劲的发展趋势,也比较适合于大数据处理等应用场景^[5];商业软件方面 VMware vCloud 则是比较好的选择。

显然,基于单台物理设备的虚拟化受制于设备本身的性能而无法提供较高的处理性能,因此,快速地实现资源池中虚拟机节点的弹性伸缩是实现实时交通大数据处理性能动态扩展的必要前提。目前虚拟机的资源分配(包括 CPU、内存和网络等)多采用静态的方式,即根据应用需要和管理员的经验对虚拟机的资源进行预估、划分,这样对于单个虚拟机来说容易存在资源过度分配和

分配不足的问题,而现有虚拟化技术对已分配资源(如CPU、内存)进行调整则需要虚拟机重启后才能生效。因此,如何实现单个虚拟机所分配资源(主要是CPU、内存)的动态伸缩是目前实现云计算弹性扩展的一个关键难题。

在实际应用中,实时交通大数据处理云平台对软硬件资源的需求是不断变化的,资源池中虚拟机节点预留的多少都会造成资源的短缺或浪费。通过虚拟机复制、迁移等方法可以动态地调整集群的资源分配,而虚拟机节点的调度策略和算法,也是当前的一个研究热点。文献[6]的研究结果表明,基于KVM的虚拟机新建和初始化的耗时达到了10 min以上,这对于实时性要求较高的交通大数据处理云平台而言显然是难以接受的。因此,需要实现云计算环境下低延迟的虚拟机复制。

通过虚拟机迁移,即将一台虚拟机从一台主机移动到另外一台主机上,可以实现对服务器负载的均衡。常见的包括两种模式:虚拟机非在线迁移和在线迁移,前者一般采用“停止—拷贝”机制,迁移时间较短,但会造成停机(虚拟机挂起);后者一般采用“预拷贝”机制,能降低迁移过程中的停机服务时间,可保证虚拟机服务的连续性和不间断性,有效地实现了动态的弹性扩展^[7]。

实时交通大数据处理云平台涉及较多数量的虚拟机,且虚拟机迁移频繁发生,其迁移性能是影响云平台弹性扩展性能的关键因素。随着应用负载的上升,资源的使用竞争将会加剧,应用的服务质量也会支受到影响,此时需要通过将负载较高的物理服务器节点(热节点)上的虚拟机在线迁移到其他负载较低的物理节点上来解决。而当应用负载较轻时,可暂时关闭部分节点,将虚拟机集中迁移到较少的物理机上,并将一部分物理机停机,从而达到节能和提高计算/能耗比的目的。目前的大部分研究主要是基于虚拟机的负载(如内存)而不是具体应用(如ArcGIS等)的负载进行资源调度,由于调度粒度较大且容易出现抖动,对于实时交通大数据处理云平台而言具有一定的局限性。

因此,为实现实时交通大数据云平台基于虚拟化技术的IaaS层弹性扩展,仍需要解决实时交通大数据处理云平台的资源监控问题,使监控系统能够实现灵活的数据采集、高效的水平扩展,在

此基础上,进一步提出实现云平台弹性扩展的资源调度策略。

2.2 云平台中间件层弹性扩展机制

分布式提供了云平台环境下一種可行的文件存储模式和计算模式,目前Google公司提出的GFS(Google file system)分布式存储技术和MapReduce分布式开发框架已成为云计算的核心理念,Apache软件基金会则根据MapReduce模式和GFS系统研发实现了开源的分布式并行编程框架Hadoop和GFS的开源实现HDFS(Hadoop Distributed FileSystem),并进一步催生了众多相关项目,如能够支持任意存取的NoSQL(not only SQL)数据库MongoDB、Redis、Aerospike等;能够进行实时数据处理的Storm、S4、Spark等技术;能够克服关系数据库I/O瓶颈的分布式内存数据库Gemfire等^[4]。

对实时交通大数据进行处理,目前普遍采用的是类似MapReduce的分布式处理开发框架以解决海量数据处理问题的伸缩性需求;而针对交通大数据处理的时效性问题,传统的磁盘I/O成为影响处理性能的瓶颈,内存数据库通过将数据在内存中进行运算,避免了I/O操作,从而获得了优于传统磁盘数据库的处理性能。而在云计算环境下,分布式数据处理技术通过将海量数据分散在云平台的多个服务器节点上,并发执行数据运算任务,将能进一步提高云平台的处理性能。因此,分布式内存数据库非常适合海量交通数据的实时处理。文献[8]的研究结果表明,GemFire适用于具有时间限制要求的实时交通大数据处理云平台,能够解决传统关系型数据库海量数据处理实时性的瓶颈问题。但仍需研究如何实现节点与云平台资源调度策略之间的良性联动机制以提高其弹性扩展性能,以及GIS开发框架在分布式内存数据库环境下的重新架构,即如何实现应用的弹性扩展。

2.3 基于容器引擎的应用层弹性扩展机制

实现应用层弹性扩展的基础是必须要有一个合理的实时交通大数据处理系统架构,可采用的方法有应用与数据分离、应用节点的负载均衡等^[9]。对于实时交通大数据处理云平台而言,其应用的计算节点如Gemfire节点、Spark节点、ArcGIS节点等,运行和开发环境均具有相对的独立性,且应用软件自身具有相应的负载均衡机制,因

而能够通过创建新的实例方便地进行计算节点的横向扩展以实现处理性能的弹性扩展。但目前这些节点主要还是运行在虚拟机上,因此仍然存在新建实例时间较长的问题。

Linux 容器 (Linux container, LXC) 是一种内核虚拟化技术,可以提供轻量级的虚拟化。相较于传统虚拟化技术,LXC 具有性能损耗更小、安全隔离、易于安装和移除等优势^[10]。

Docker 是一个基于 LXC 的开源的应用容器引擎,可以实现把应用以及依赖包打包到一个可移植的容器中,并能在任何流行的 Linux 机器上运行,也可以实现虚拟化解决方案。其相比虚拟机最明显的特点就是启动和销毁的速度快、资源占用小,非常适用于构建隔离的标准化的运行环境,从而实现应用的弹性扩展^[11]。

基于 Docker 进行应用部署,将能有效地减少应用实例的部署时间,实现实时交通大数据云平台处理性能的弹性扩展,从而为满足交通大数据处理云平台的实时性要求提供了一种可行的解决方案。但 Docker 目前仍有诸多不足,如网络管理功能较弱、性能监控功能不足、运行时无法动态修改容器资源池的资源配置等,这些关键问题的解决对于实时交通大数据处理云平台的弹性扩展而言又是至关重要的,有待进一步研究。

3 云平台弹性扩展性能实验研究

为了测试实时交通大数据处理云平台的处理性能,本文基于图 1 所示的体系结构搭建了实时交通大数据处理云平台的原型系统,进行相关实验研究。平台相关功能的产品选型如表 1。

表 1 实时交通大数据处理云平台原型系统功能选型
Tab.1 The prototype system function selection for the traffic big data real-time processing cloud platform

功能	产品
计算资源	刀片服务器
资源池化	VMWare vSphere 5.5
数据库中间件	Gemfire
系统监控	VMware vRealize Operations

表 1 中,VMware vRealize Operations 可实现对操作系统、中间件和应用程序进行监控,监控频率默认为 30 s,本文设置的监控项包括:CPU 使用率

(cpu,%)、内存使用率(memory,%)、磁盘每分钟读取速度(disk_read,MB/min)、磁盘每分钟写速度(disk_write,MB/min)、网络接收速度(network_receive,kb/s)、网络发送速度(network_send,kb/s);基于 Gemfire 的实验平台介绍可参考文献[12]。本文设计的云平台资源调度策略如下。

Step 1:初始化,分别设置启动节点的监控阈值 cpu_A、memory_A、disk_read_A、disk_write_A、network_receive_A、network_send_A,以及关闭节点的阈值:cpu_B、memory_B、disk_read_B、disk_write_B、network_receive_B、network_send_B;资源池默认启动一个节点,并设置此节点不加入到资源调度策略,防止节点被关闭;

Step2: ifcpu > cpu_A or memory > memory_A or disk_read > disk_read_A or disk_write > disk_write_A or network_receive > network_receive_A or network_send > network_send_A then 基于 VMware 的实时交通大数据处理云平台资源调度策略新建虚拟机节点;启动虚拟机节点;

Step3:else if cpu < cpu_B or memory < memory_B or disk_read < disk_read_B or disk_write < disk_write_B or network_receive < network_receive_B or network_send < network_send_B then 关闭该虚拟机节点;删除虚拟机节点;在实际情况下,由于 step2 中新建虚拟机节点所需时间较长,可预先复制一定数量的虚拟机节点供调用,step3 中的删除虚拟机节点也可以不执行。

为了测试该原型系统在实际环境下的计算性能表现,本文选取实时的浮动车数据作为海量数据源,包括全球定位系统(global positioning system, GPS)数据、车辆状态数据等,采用 30 s 的更新采样频率和 5 min 的发布周期,其数据带有明显的海量数据特征,计算量大,且必须具备较高的时效性和可靠性。

实验过程:云平台中每个 Gemfire 节点的内存分配为 8G,4 个 vCPU,默认开启一台 server 节点。实验数据为浮动车数据,进行车路匹配操作,分别以 200 万条递增,最多为 1000 万条;通过实时交通大数据处理云平台资源调度策略进行云平台的资源调度,观察在云平台资源池内实际使用的虚拟机数量的变化;同时通过多次实验测试计算所需的时间,并取其平均值。表 2 所示为数据总量增加时,云平台资源池内实际使用的虚拟机

数量以及系统的计算处理时间。

表 2 云平台弹性扩展性能实验结果

Tab.2 The result of elastic scalability for cloud platform

虚拟机节点数/台	数据量大小/万条	处理时间/ms
2	200	532
3	400	518
4	600	573
5	800	545
6	1 000	558

从表 2 实验结果中可以发现,云平台使用的虚拟机数量随数据量的增加而增加,保证系统计算时间基本稳定在 520 ~ 580 ms 之间,使整个 Gemfire 集群的性能较为均衡,同时也确保了整个系统的计算性能。当数据量减少时,虚拟机节点数量又可以及时地减少。因此,可通过架构高效、稳定的底层云计算平台,基于云平台的动态弹

性扩展特性,实现海量实时交通大数据的快速计算和挖掘分析。

4 结语

根据实时交通大数据处理的具体需求,提出了实时交通大数据处理云平台的逻辑体系结构,分别从 IaaS 层、中间件层以及应用层探讨了实现云平台动态弹性扩展的关键技术以及尚需解决的云平台实时负载监测机制、IaaS 层资源调度策略、基于容器引擎的应用层服务资源调度策略等关键技术问题。在此基础上,搭建了实时交通大数据处理云平台的原型系统,提出了实时交通大数据处理云平台资源调度策略,并进行了相关实验研究,实验结果表明该系统在交通大数据处理方面具有良好的计算性能,可满足动态性能扩展的弹性计算和在线数据挖掘分析。本研究可为实时交通大数据处理云平台的建设和发展提供参考。

参考文献:

[1] 邹复民,蒋新华,胡惠淳,等. 云计算研究与应用现状综述[J]. 福建工程学院学报,2013,11(3):231-242.

[2] Zhu Q, Zou F, Deng Y. System architecture and core technologies for transportation internet of things[J]. Intelligent Data Analysis and Applications,2015,370(1):439-448.

[3] 殷波,王颖,孟洛明,等. 综合迁移成本和通信成本的云计算节能策略[J]. 北京邮电大学学报,2012,35(1):68-71.

[4] 申德荣,于戈,王习特,等. 支持大数据管理的 NoSQL 系统研究综述[J]. 软件学报,2013,24(8):1786-1803.

[5] 李春艳,张学杰. 基于高性能计算的开源云平台性能评估[J]. 计算机应用,2013,33(12):3580-3585.

[6] Liao H, Wu C S, Young H C, et al. A novel mechanism for rapid provisioning virtual machines of cloud services[C]// Proceedings of the 2012 IEEE Network Operations and Management Symposium, NOMS 2012. Maui, HI, United states: IEEE Computer Society, 2012:721-735.

[7] Chanchio K, Thaenkaew P. Time-bound, thread-based live migration of virtual machines[C]// 14th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing, CCGrid 2014. Chicago, IL, United states: IEEE Computer Society, 2014:364-373.

[8] Xu X, Zou F, Zhu Q, et al. Comparison and test for several typical cloud computing platforms[J]. Intelligent Data Analysis and Applications,2015,370(1):427-435.

[9] Soni G, Kalra M. A novel approach for load balancing in cloud data center[C]// 2014 4th IEEE International Advance Computing Conference, IACC 2014. Gurgaon, India: IEEE Computer Society, 2014:807-812.

[10] Dua R, Raja A R, Kakadia D. Virtualization vs containerization to support PaaS[C]// 2nd IEEE International Conference on Cloud Engineering, IC2E 2014. Boston, MA, United states: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2014:610-614.

[11] Boettiger C. An introduction to Docker for reproducible research[J]. ACM SIGOPS Operating Systems Review,2015,49(1):71-79.

[12] 徐翔,邹复民,廖律超,等. 基于 GemFire 的海量数据计算性能实验分析[J]. 计算机应用,2013,33(1):226-229.