

基于资源监控统计的云计算主动调度方法^①

肖建明, 王 波

(中国移动通信集团 广东有限公司南方基地, 广州 510640)

摘 要: 现有的云计算资源调度策略没有考虑资源池的总体资源需求, 造成了资源的损耗, 影响虚拟机的正常运行. 提出了一种基于资源监控统计的云计算主动调度方法, 充分考虑资源池的总体资源需求情况, 引入监控数据采集模块和监控数据分析模块, 同时加入监控数据库作为系统的基础, 定制一套适用于资源调度的虚拟机监控数据统计和分析的方法, 使得基于监控统计数据的虚拟机调度方法可以轻松实现.

关键词: 云计算; 资源监控统计; 主动调度

Cloud Computing Active Scheduling Method Based on Resource Monitoring Statistics

XIAO Jian-Ming, WANG Bo

(China Mobile Group, Guangdong Co., Ltd. Southern Base, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The existing cloud computing resource scheduling strategy did not consider the overall requirements of resource pool resource requirements, causing the loss of resource and affecting the normal operation of the virtual machine. This paper presents a cloud computing active scheduling method based on the resource monitoring statistics, giving full consideration to overall resource demand of resource pool. It introduces monitoring data acquisition module and the monitoring data analysis module which adds the monitor database as the foundation of the system. We customizes a set of monitoring data statistics and analysis the method for resource scheduling based on the virtual machine, making the virtual machine scheduling method based on the monitoring data can be easily realized.

Key words: cloud compute; resource monitoring statistics; active scheduling

随着分布式计算、虚拟化、并行处理、网格计算等技术发展, 一种新兴的商业计算模型—云计算^[1]应运而生. 2006 年 Google 首席执行官埃里克·施密特在搜索引擎大会上首次提出了“云计算”概念, 2007 年 10 月 Google 与 IBM 宣布在云计算领域的合作, 首先在美国高校推广云计算计划. 此后, 云计算吸引了学术、经济、社会等领域越来越多的关注, 云计算应用也逐渐广泛起来. 中国工程院李德毅院士指出^[2]云计算将会给信息产业带来巨大影响, 将使信息技术整体结构发生改变, 今后更多的软件会逐步转移到云计算环境中, 更多的用户也将受益于云计算服务.

云计算服务面向的用户群是庞大的, “云”数据中心的服务器每时每刻都在运行海量任务, 产生的高能

耗问题不可忽视. 一份关于服务器的研究报告指出, 全球数据中心在 2005 年~2010 年增加了约 56%, 美国数据中心的能耗增加了 36%. 一个 5 万个节点的数据中心每年消耗的电能超过 1 亿千瓦, 能耗占了一个数据中心运维成本的 40%. 如何在云计算环境下降低资源能耗已经成为了近年来云计算的研究热点. 数据中心运营商节能做法包括采用节能环保硬件、优化电源管理、人为 IT 管理节能、建筑节能以及系统节能等, 其中, 系统节能是指在系统内部对各种资源调度过程中减少能效损耗. 文献[3]和文献[4]分别提出了两种不同的节能资源调度策略, 本文则将资源统计分析引入资源调度模型里, 设计出云计算环境下一种主动调度策略, 既能满足资源池波动的资源需求, 减少调度频次,

^① 收稿时间:2014-02-20;收到修改稿时间:2014-3-24

节省调度能耗,同时保证虚拟机运行稳定性。

1 节能资源调度策略分析

资源调度策略是指根据资源池利用的经济效益和业务保障等因素进行资源分配和调控策略。数据中心资源调度系统利用资源调度策略,给虚拟资源分配具体的物理资源,调整虚拟资源的配置,必要时在物理资源之间迁移虚拟资源,实现资源的充分利用。目前国内外对资源调度的研究主要是集中在缩短任务执行时间以提高服务质量,对节能调度的研究成果相对较少。在文献[2]列举了各类节能资源调度方法和实现技术,例如根据虚拟机负载动态调节处理器电压,或者动态迁移虚拟机以减少物理服务器个数、或者关闭不必要的虚拟机服务等,然而这些方法没有考虑到异构的资源池环境或不同的应用类型对于资源的不同需求等情况,适用范围有一定的局限性。下面对文献[3]和文献[4]两种典型的节能资源调度策略进行分析和比较。

文献[3]的资源调度系统包括策略配置、监控、策略调度以及策略执行4个模块:

① 策略配置模块,用于配置针对云计算资源池中目标虚拟机的策略;

② 监控模块,用于从策略配置模块获知目标虚拟机,监控目标虚拟机的性能参数,并将该性能参数发送至策略调度模块;

③ 策略调度模块,用于判断来自监控模块的目标虚拟机性能参数是否满足与该目标虚拟机对应的策略的触发条件,并在目标虚拟机性能参数满足与该目标虚拟机对应的策略的触发条件时,向策略执行模块发出请求消息;

④ 策略执行模块,用于接收到来自策略调度模块的请求消息后,执行策略配置模块配置的满足触发条件的策略。

该系统的资源调度策略是基于监控系统发现某台固定的虚拟机的资源不足或过剩后,系统对这台虚拟机调整,以便达到改善虚拟机的运行状态或节省系统计算资源的目标。不难看出,文献[3]不适用于资源需求波动较大、虚拟机运行状态变化频繁的情况,由于调度策略是基于虚拟机实时状态触发,所以可能导致对虚拟机的调度过于频繁,给系统带来不必要的资源调度损耗,并可能影响虚拟机上应用的运行。

文献[4]不同于文献[3]策略区别在于,不采用资源监控而是通过运算任务优先级和估算资源需求进行资源调度。该策略首先按照优先级对将要运行在资源池的运算任务排序,然后估算每个运算任务在各个虚拟机上的能耗总和,选择每个运算任务的最小能耗对应的虚拟机进行调度,并周期性监控主机负载,调整调度计划。

显然,文献[4]的资源调度通过量化的指标达到衡量节能减排的效果。但是,它必须预先知道使用资源池的每项计算任务单位时间内的执行的运算指令数量,输入资源池每项计算任务都需要明确的、量化的运算量指标。对于公有云、混合云来说,计算任务都是多样的,如果缺乏有效的方法预测计算任务的工作量,文献[4]的做法也难以取得较好的预期效果。

2 主动调度策略的实现方案

在云计算环境下特别是公有云里,往往会出现较短的时间内整个资源池内有较多虚拟服务器的资源利用状态同时发生变化,同一时间内需要调度的虚拟机数量就比较多。如果把众多的虚拟机调度并行处理,会对整个云计算系统的网络、计算、存储资源带来高的脉冲峰值,导致意外故障的风险值大。如果把众多的虚拟机调度串行处理,可能导致部分虚拟机的调度时间过长,影响虚拟机上运行的应用系统的运行。假设一个服务器刀箱有10个刀片服务器,每个刀片物理机上运行着10台虚拟服务器,每台虚拟机服务器1GB的内存,网络传输速度为1000Mbps;每个虚拟服务器从一个服务器刀箱迁移到另外一个服务器刀箱,理论上需要用约8秒时间,100台虚拟机的迁移需要用800秒,即使只有30%的虚拟机需要跨刀箱迁移也需要240秒;所有虚拟机迁移占用的时间总和非常长,容易对虚拟机的正常运行带来很大的风险。因此,以绿色节能角度出发,资源调度系统需要能够解决较短的时间内虚拟机对资源的需求同时增大带来的风险,减少某些对资源需求波动性大的虚拟机的调度次数,以及减少对虚拟机上运行的应用的影响等。本文根据上述要求设计了一种基于资源监控统计的主动调度策略,以下是基于该策略的系统实现方案说明。

2.1 源调度系统结构

本文提出的基于资源监控统计的云计算主动调度

策略是通过资源监控的实时数据进行统计分析,从而预测资源需求变化,然后根据每个虚拟机资源利用率情况进行动态迁移、尽量减少调度次数,保证虚拟机获得充足计算资源的同时最大程度的减少资源池资源开销。

云计算主动调度系统由策略调度模块、资源配置模块、监控模块、监控数据分析模块和监控数据采集器等 5 个控制模块组成,如下图所示:

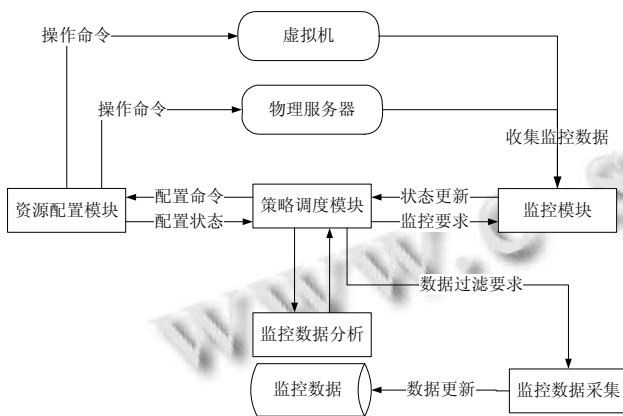


图 1 资源监控统计的云计算主动调度系统

以上 5 个控制模块的功能说明如下:

① 策略调度模块是资源调度系统的核心模块。该模块根据虚拟机和物理服务器的监控统计数据,结合虚拟机和物理服务器的当前配置信息、运行状态,制定虚拟机的调度策略,并把相关的控制信息传递给其它的模块;

② 监控模块负责收集虚拟机和物理服务器的运行状态信息,包括资源利用率等信息,并把状态的变化记录传递给监控数据采集模块和策略调度模块;

③ 监控数据采集器根据策略调度模块传递过来的监控要求过滤监控信息,并把信息保存到数据库;这个模块主要采集虚拟机在每个小的时间间隔的资源使用记录;数据采集的时间间隔值是这个调度系统的系统参数;

④ 监控数据分析模块负责统计分析数据库中的监控采集数据,并把统计结果记录在单独的数据表内;

⑤ 资源配置模块负责落实策略调度模块制定的各个调度指令(例如虚拟机的在线迁移指令,物理服务器的开关机指令等),并把当前的配置信息传递给策略调度模块。

2.2 主动调度功能设计

从系统结构图可以看出,云计算主动调度系统中策略调度模块与监控模块、监控数据分析模块、和资源配置模块进行信息交互,从而获取调度所需的相关信息。

监控模块主要提供虚拟机和物理服务器的运行状态信息给到策略调度模块,而监控数据分析模块主要为策略调度模块提供虚拟机和物理服务器的监控数据统计信息,包括以下几类:所有虚拟机在最近几天内各个时间段的资源分配总量统计;所有虚拟机在最近几天内各个时间段的实际使用的资源总量统计;每台虚拟机在最近几天内各个时间段的资源分配情况;每台虚拟机在最近几天内各个时间段的实际的资源利用率。

前 2 类数据得出在最近几天内各个时间段整个云系统把多少资源分配给系统内的虚拟机,以及所有虚拟机实际使用的资源总量的平均值和峰值分别是多少,从而判断在即将到来的时间段应该预留给所有虚拟机的资源总量的理想值。后 2 类数据得出具体的某一台虚拟机在各个时间段实际使用的资源总量的平均值和峰值分别是多少,以及分配给这台虚拟机的资源上限。根据这些信息估算下一个时间段虚拟机将要使用的资源总量。

资源配置模块保存虚拟机和物理服务器配置信息,包括每台虚拟机的配置要求;每台物理服务器的运行状态(运行/启动);每台物理服务器的资源配置;每台物理服务器上运行的具体虚拟机编号。

根据配置信息,策略调度模块根据物理服务器的资源配置和运行的虚拟机信息,结合监控数据统计信息判断下一个时间段的资源是盈余还是缺少,如果资源需求增加则提前为虚拟机准备足够的物理资源,否则可以在进入下一个时间段后做出相应的资源下调的调度。

根据主动调度策略实现原理,策略调度模块中虚拟机调度流程如图 2 所示,首先假设在某个时间段 Δt 内,策略调度模块开始作下一个时间段 $\Delta t+1$ 的虚拟机的调度计划。调度方法步骤如下:

① 从监控数据分析模块收集 Δt 的资源占用总量 $R_{\Delta t}$ 和 $\Delta t+1$ 的资源占用总量 $R_{\Delta t+1}$ 。

② 如果 $R_{\Delta t+1} > R_{\Delta t}$,意味着下一个阶段虚拟机将会使用更多地物理资源,策略调度模块安排在开始为

$\Delta t+1$ 调度虚拟机前启动足够的物理服务器,使虚拟机调度顺利进行.

③ 从资源配置模块收集 Δt 时间段内已经启动的服务器的资源总量,从监控数据分析模块收集 $\Delta t+1$ 时间内每台虚拟机将要消耗的资源数据.然后比较这两种数据,列出按照 Δt 的虚拟机分布情况,如到了 $\Delta t+1$ 时有哪些资源不足或有盈余的物理服务器.

④ 考虑虚拟机迁移需要消耗的时间,按照尽可能少迁移虚拟机的原则,自动生成一个虚拟机迁移的进度计划,满足需要增加资源的虚拟机可以在 $\Delta t+1$ 时间段开始前完成迁移,从而减少资源的虚拟机在 $\Delta t+1$ 时间段开始后进行迁移.

⑤ 根据上一步制定的迁移计划迁移虚拟机.

⑥ 虚拟机迁移完成后,检查并关闭空闲物理服务器.

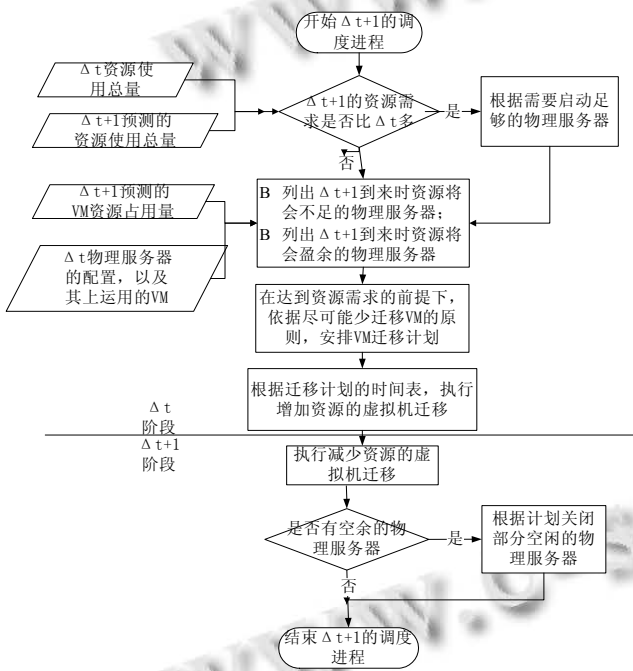


图 2

3 资源监控统计的算法说明

根据主动调度策略实现原理,主动调度策略是基于资源监控统计分析的数据结果从而做出动态资源调度安排,而监控统计算法是资源调度策略能否达到预期效果的关键.系统通过监控统计得出的关键数据算法说明如下:

① 时间段 Δt 内的资源使用峰值 $R_{i\Delta t.Peak}$ 和资

源平均值 $R_{i\Delta t.Ave}$

假设 $R_i\delta$ 表示时间段 Δt 内每个采集数据,那么 $R_{i\Delta t.Peak} = F_{Max}(R_i\delta)$,即取 $R_i\delta$ 的最大值; $R_{i\Delta t.Ave} = F_{Average}(R_i\delta)$,即取 $R_i\delta$ 的平均值;

② 时间段 Δt 内的资源池需求最少值 $R_{\Delta t.min}$

假设某个时间段 Δt 内资源池虚拟机的总数为 n ,虚拟机的列表 $VM=\{VM1,VM2,\dots,VMn\}$,虚拟机的资源需求列表为 $R=\{RVM1,RVM2,\dots,RVMn\}$,那么 $R_{\Delta t.min}=\text{SUM}(RVM1+RVM2+\dots+RVMn)$,即取资源池需求总和;

③ 时间段 Δt 内的资源池理想能耗值 $R_{\Delta t}$

假设每台物理服务器需要预留给底层系统的资源百分比为 $H\%$,资源池风险预留的资源百分比为 $S\%$,那么 $R_{\Delta t}=R_{min}*(1+H\%)*(1+S\%)$,即为资源池预测增长的需求总和;

④ 时间段 Δt 内的资源池实际能耗 $RM_{\Delta t}$

假设资源池实际开启的 m 台物理服务器列表为 $M=\{M1,M2,\dots,Mm\}$,那么 $RM_{\Delta t}=\text{SUM}(RM1+RM2+\dots+RMm)$,即取物理服务器的能耗总和;

⑤ 时间段 Δt 内的资源池实际利用率 $C\%\Delta t$,那么 $C\%\Delta t=(R_{\Delta t.min}/RM_{\Delta t})*100\%$,即资源需求总和占实际能耗的百分比

根据以上关键数据以及监控数据分析模块、资源配置模块等提供的相关数据信息,主动调度模块通过跟踪每个时间段 Δt 的资源需求和能耗变化预测下一个时间段的资源需求,及时调度资源,保证在下一个时间段内虚拟机上运行的业务应用有充足资源,从而不会受虚拟机迁移等因素的干扰.

4 结束语

随着云计算应用发展,资源高能耗问题越来越严重.资源调度对提高计算资源利用率、降低运营成本和节省能耗具有重大意义.本文提出的基于资源监控统计的云计算主动调度策略与现有节能资源调度策略相比,考虑了资源总体需求总量、物理资源、虚拟机需求等因素,根据资源监控的统计分析结果进行动态资源调度,通过事先预留可用资源满足云应用可伸缩性的需求,达到充分利用资源,减少资源调度频次和物理服务器个数,有效地节省能耗的目标.

参考文献

- Buyya R, Yeo CS, Venugopal S, Broberg J, Brandic I. Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. *Future Generation Computer Systems*, 2009,25(6):599-616.
- 林伟伟,齐德昱.云计算资源调度研究综述. *计算机科学*,2012,39(10):1-5.
- 余志强.一种用于云计算的策略调度系统和方法:中国,102609309A.2012-7-25.
- 徐小龙,潘钰,程春玲.一种云计算中基于绿色计算的虚拟机调度方法:中国,10250817A[P].2012-6-20.