

基于社会力群智能优化算法的云计算资源调度

袁 浩 李昌兵

(重庆邮电大学电子商务与现代物流实验室 重庆 400065)

摘 要 为了提高云计算资源的调度效率,提出了一种基于社会力群智能优化算法的云计算资源调度方法。首先将云计算资源调度任务完成时间最短作为社会力群智能优化算法的目标函数,然后通过模拟人群疏散过程中的自组织、拥挤退避行为对最优调度方案进行搜索,最后采用仿真实验对算法性能进行测试。结果表明,相对于其它云计算资源调度方法,该方法可以更快地找到最优云计算资源调度方案,使云计算资源负载更加均衡,提高了云计算资源的利用率。

关键词 云计算,社会力模型,资源调度,负载均衡

中图分类号 TP393 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2015.4.041

Resource Scheduling Algorithm Based on Social Force Swarm Optimization Algorithm in Cloud Computing

YUAN Hao LI Chang-bing

(Laboratory of Electronic Commerce & Modern Logistics, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract In order to improve the resource scheduling efficiency in cloud computing, this paper put forward a cloud computing resource scheduling method based on social force swarm optimization algorithm. Firstly, resource scheduling task completion time was taken as objective function of swarm optimization algorithm based on social force model. And then the optimal scheduling scheme was found by simulation of crowd evacuation process of self-organization phenomena and congestion avoidance behavior. Finally, the simulation experiments were carried out to test the performance of the proposed method. The results show that compared with other the resource scheduling method in cloud computing, the proposed method can quickly find the optimal resource scheduling scheme, make resource load more balanced, and improve the utilization rate of cloud computing resources.

Keywords Cloud computing, Social force model, Resource scheduling, Load balancing

1 引言

随着商业模式向多元化发展,人们对计算服务质量要求越来越高,单一计算机平台难以满足人们的要求,在此背景下云计算(cloud computing)应运而生。云计算集成了分布式计算、网格计算等多种技术,首先将 Internet 上的计算资源进行整合,然后以多租户模式向用户提供服务。资源管理是云计算的核心技术,其效率的高低直接影响云计算服务质量,因此云计算资源调度一直是云计算研究领域中的重点和难点^[1]。

自云计算诞生以来,云计算资源调度问题引起了人们的高度重视,人们投入了大量的人力、物力进行深入的相关研究。根据目标不同,其可以分为降低能效、提高资源利用率、负载均衡等类型。本文主要研究以提高资源利用率为目标的云计算资源调度问题。传统云计算资源算法基于静态模型进行构建,如哈希法、轮转法等,该类方法由网络计算发展而来,对于小规模任务的云计算系统,可以获得比较理想的调度方案。然而随着任务不断增加,云计算的复杂度越来越庞大,这样,传统云计算资源算法就无能为力,存在资源利用率低、节点之间的负载极不均衡等缺陷,影响其在云计算环境中的应用范围^[2,3]。近些年来,随着人工智能技术的日益成熟,群智能算

法通过模拟生物的一些群体行为,具有良好的并行性、求解问题速度快等优点,被一些学者引入到云计算资源调度问题中,成为当前研究的热点。如文献[4]提出采用遗传算法求解云计算资源调度问题,相对于传统调度算法,其获得了较好的服务质量;文献[5]以任务完成时间、系统吞吐量作为目标,构建云计算资源调度模型,然后采用蚁群算法进行求解,取得了不错的调度效果;随后陆续出现了基于粒子群优化算法^[6,7]、量子遗传算法^[8]、蛙跳算法^[9]的云计算资源调度方法拓宽了云计算的应用范围。云计算资源调度受到多种因素影响,约束条件多,条件之间相互制约,是一种典型的 NP 难题,因此这些群智能算法均存在一些缺陷,如易出现局部最优等^[10,11]。社会力群体优化(social force swarm optimization, SFSO)算法集成了社会力模型和群智能优化算法的优点,搜索机制通过社会力来实现,期望力和排斥力共同支配着行人的搜索过程,行人在社会力的驱动下在搜索空间内进行演化搜索从而实现优化问题的求解^[12]。

为了提高云计算资源调度效率,提出一种基于社会力群体优化算法的云计算资源调度方法(SFSO)。首先构建云计算资源调度的数学模型,然后通过模拟人群疏散过程中自组织现象、拥挤退避等行为找到最优调度方案,最后采用仿真实

到稿日期:2014-04-05 返修日期:2014-07-21 本文受国家自然科学基金(61003256),重庆邮电大学自然科学基金(A2011-21)资助。

袁 浩(1970—),男,硕士,副教授,主要研究方向为云计算、智能计算,E-mail: yln2446@21cn.com;李昌兵(1970—),男,博士,副教授,主要研究方向为云计算、智能计算。

验对算法性能进行测试。

2 云计算资源调度问题的描述

在云计算环境中,节点资源之间的服务能力各异,任务与计算资源之间不是一种固定调度关系,其具有时变性,当前主要采用 Map/Reduce 技术构建云计算资源处理模型,如图 1 所示^[13]。

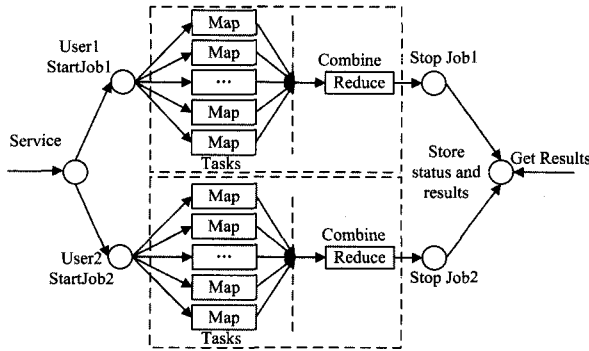


图 1 Map/Reduce 编程模型

在云计算资源调度过程中,主要包括物理机 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ 、节点资源 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ 、任务 $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ 以及它们之间的映射关系,因此云计算资源调度模型可描述为:

$$S = \{T, V, D, M_{rv}, M_{vd}\} \quad (1)$$

式中, M_{vd} 为资源与物理设备间的映射关系, M_{rv} 为任务与资源之间的映射关系。

由于用户任务主要通过云计算中心来实现,因此任务源主要通过一定算法分配到相应的物理机上执行。设 t_i 在 d_k 上的预期执行时间为 $ETC(t_i, d_k)$, 那么执行时间矩阵为:

$$ETC_{mm} = ETC(t_i M_{rv}, d_k), 1 \leq i \leq m, 1 \leq k \leq n \quad (2)$$

t_i 的最早完成时间为:

$$Finish(t_i M_{rv}, d_k) = Start(d_k) + ETC(t_i M_{rv}, d_k) \quad (3)$$

式中, $Start(d_k)$ 为 d_k 可以最早执行任务的时间。那么 d_k 的全部任务完成时间为:

$$Sum(d_k) = \sum_{i=1}^m c_{ik} Finish(t_i M_{rv}, d_k) \quad (4)$$

$$c_{ik} = \begin{cases} 1, & t_i M_{rv} = d_k \\ 0, & t_i M_{rv} \neq d_k \end{cases} \quad (5)$$

式中, $c_{ik} = 1$ 为 t_i 在 d_k 上执行^[14]。

对于用户全部任务 $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ 的总执行时间为:

$$total(T) = \sum_{k=1}^n Sum(d_k) \quad (6)$$

对云计算资源进行合理调度,就是找到一个使式(6)值最小的资源调度方案,因此云计算资源调度的目标函数为:

$$Goal(T) = \min_{k=1}^n Sum(d_k) \quad (7)$$

3 社会力模型群体优化算法

2000 年, Helbing 等以牛顿动力学为基础提出了社会力模型,其采用各个力的表达式来描述行人不同的动机和影响^[12]。个体的实际行为主观意识、个体之间以及障碍物等影响,均可将其等效为力在个体上的作用,即驱动力、人与人的作用力和人与障碍物之间的作用力,这些力的合力作用于行人产生一个加速度,具体为:

$$m_i \frac{dv_i}{dt} = m_i \frac{v_i^0(t) e_i^0(t) - v_i(t)}{\tau_i} + \sum_{j(\neq i)} f_{ij} + \sum_w f_{iw} \quad (8)$$

(1) 驱动力,体现了行人以渴望的速度移动到目的地的动机,记为 f_i^0 , 其计算公式为:

$$f_i^0 = m_i \frac{v_i^0(t) e_i^0(t) - v_i(t)}{\tau_i} \quad (9)$$

其中, τ_i 为适应时间, m_i 为行人 i 的质量, $e_i^0(t)$ 为期望的运动方向, $v_i^0, v_i(t)$ 为行人 i 的期望速率和实际速度。

(2) 人与人之间的作用力,主要包括“社会心理力”(f_{ij}^s) 和身体接触力(f_{ij}^p), 行人 j 与 i 之间的“影响力” f_{ij} 为:

$$f_{ij} = f_{ij}^s + f_{ij}^p \quad (10)$$

$$f_{ij}^s = A_i \exp[(r_{ij} - d_{ij})/B_i] n_{ij} \quad (11)$$

其中, $d_{ij} = \|r_i - r_j\|$ 表示两个行人重心间的距离, $n_{ij} = (n_{ij}^1, n_{ij}^2) = (r_i - r_j)/d_{ij}$ 是 j 指向的 i 的标准化向量。

(3) 人与墙之间的作用力与人与人之间作用力类似,其计算公式为:

$$f_{iw} = A_i \exp[(r_i - d_{iw})/B_i] n_{iw} + kg(r_i - d_{iw}) n_{iw} - \kappa g(r_i - d_{iw})(v_i \cdot t_{iw}) t_{iw} \quad (12)$$

式中, n_{iw} 和 t_{iw} 分别为行人与墙的法线和切线方向; d_{iw} 表示行人与墙间的距离。

社会力群体优化(SFSO)算法是一种融合了社会力模型和群体智能优化算法优点的新型算法,较好地解决了传统群智能算法很难找到全局最优解的难题。然而在实际应用中,社会力群体优化算法同样存在一些缺陷,为此本文对社会力群体优化算法进行相应完善,以获得更优的云计算资源调度方案。为了测试社会力群智能优化(SFSO)算法的性能,选用 2 个标准测试函数进行仿真,并与粒子群优化(PSO)算法进行对比,函数定义如下:

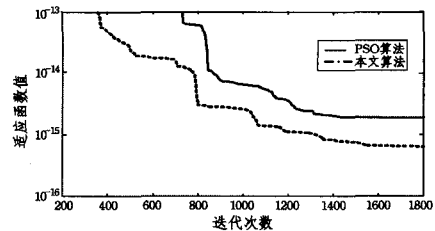
(1) Sphere 函数为:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2 \quad (13)$$

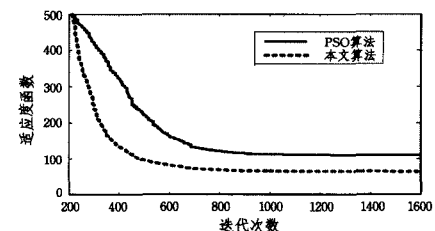
(2) Rosenbrock 函数为:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n (x_i^2 - 10 \cos(2\pi x_i) + 10) \quad (14)$$

两种算法的测试结果如图 2 所示。从图中可以清楚看出,相对于粒子群优化算法, SFSO 算法的收敛速度和精度具有明显的优势,对比结果验证了 SFSO 算法的优越性。



(a) Sphere 函数的迭代曲线



(b) Rosenbrock 函数收敛曲线

图 2 SFSO 算法与 PSO 算法的性能对比

4 SFSO 算法求解云计算资源调度问题

4.1 确定适应度函数

云计算资源调度问题求解过程,是指在满足各种约束条件下,找到满足用户服务要求的调度计划,因此适应度函数应该与云计算资源调度执行时间相关。适应度函数定义如下:

$$fit = 1 / \min \sum_{k=1}^n Sum(d_k) \quad (15)$$

4.2 SFSO 算法的云计算资源调度步骤

Step1 设置算法参数:种群大小 N ,行人的适应时间 τ ,最大迭代次数 t_{max} ,排斥力参数 A, B 。

Step2 初始化种群:生成 N 个行人的当前位置和历史记忆,每个行人对应一组云计算资源调度方案。

Step3 适应度计算:根据式(7)计算个体的适应度。

Step4 选择目标。

Step5 计算期望力与排斥力,并更新行人的速度和位置。

Step6 更新历史记忆,对历史记忆采用单维协作或多维协作,保留协作后适应度较高的历史记忆。

Step7 如果 $t > t_{max}$,则算法停止,输出具有最大适应度个体作为最优云计算资源调度方案。

云计算资源调度的 SFSO 算法工作流程如图 3 所示。

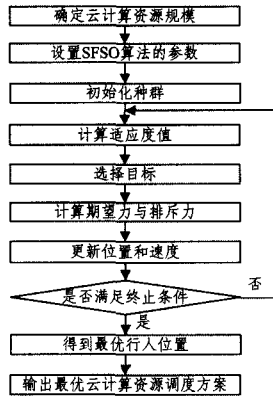


图3 云计算资源调度的 SFSO 算法工作流程

5 实验与实验分析

5.1 仿真环境

为了测试基于社会力群体优化算法的云计算资源调度方法性能,选择澳大利亚墨尔本大学网络实验室的仿真软件 CloudSim 进行仿真实验^[15],并选择蚁群算法、粒子群优化算法进行对比。物理机的参数如表 1 所列。

表1 物理机的参数

CPU 数量	内存大小	MIPS	网络带宽
2	4GB	2×10^3	$1000 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$
2	8GB	3×10^3	$1500 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$
4	4GB	3×10^3	$2000 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$
4	8GB	2×10^3	$1500 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$
8	8GB	4×10^3	$1000 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$
8	8GB	4×10^3	$2000 \text{ Mb} \cdot \text{s}^{-1}$

5.2 结果与分析

5.2.1 各种算法执行时间的比较

各算法的执行时间变化曲线如图 4 所示。从图 4 可知,当任务数据较小时,几种算法的性能相差不大,随着任务数量的增加,所有算法的执行时间不断增加,但是蚁群算法、粒子

群优化算法的执行时间涨幅比较大,而本文方法的执行时间变化比较缓慢,这主要是由于本文方法的收敛速度比较快,具有良好的“探索”和“开发”平衡能力,获得了更优的云计算资源调度方案,能够在较短时间内完成任务。

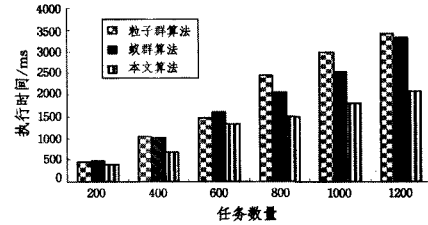


图4 不同算法的任务执行时间对比

5.2.2 各种算法的负载均衡性能比较

各算法的相对标准偏差如图 5 所示。相对标准偏差反映了算法的负载均衡程度,偏差值越小,说明算法负载均衡越好。从图 5 可知,相对于蚁群算法、粒子群优化算法,本文方法的相对标准偏差更小,随着任务数量的增加,优势更加明显,这主要是由于本文方法得到的调度方案可以更加有效地利用资源,保证资源节点上的任务分配比较均衡,较好地满足了云计算资源调度要求。对比结果验证了本文方法的有效性和优越性。

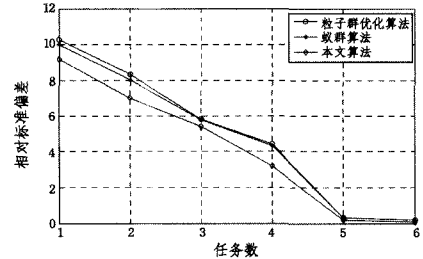


图5 不同算法的相对标准偏差对比

结束语 针对当前群智能算法在云计算环境资源调度问题求解过程存在的缺陷,充分利用社会力模型的优点,提出一种基于社会力群体优化算法的云计算资源调度方法;最后在 CloudSim 平台进行仿真测试,结果表明,本文方法可以快速找到云计算环境资源调度方案,提高了资源利用率,较好地平均了云计算系统的负载,为云计算资源调度提供了一种新的研究方法。

参考文献

- [1] Armbrust M, Fox A, Griffith R, et al. A view of cloud computing [J]. Communication of the ACM, 2010, 53(4): 50-58
- [2] 林伟伟,齐德显. 云计算资源调度研究综述 [J]. 计算机科学, 2012, 39(10): 1-6
- [3] Caballer M, Blanquer I, Moltó G, et al. Dynamic Management of Virtual Infrastructures [J]. Journal of Grid Computing, 2015, 13(1): 53-70
- [4] 张水平, 鄢海艳. 基于元胞自动机遗传算法的云资源调度 [J]. 计算机工程, 2012, 38(6): 11-13
- [5] Gao Y, Guan H, Qi Z, et al. A multi-objective ant colony system algorithm for virtual machine placement in cloud computing [J]. Journal of Computer and System Sciences, 2013, 79(8): 1230-1242

(下转第 243 页)

$1 \times 10^5 \sim 1.6 \times 10^5$ 的数据作为测试数据,实际值和估计值曲线如图 9 所示,两值的残差曲线如图 10 所示。

表 3 两种模型在训练数据上的 MSE 比较

建模方法	训练样本 MSE
GSA+SVM	5.0531×10^{-4}
IGSA+SVM	3.4994×10^{-6}

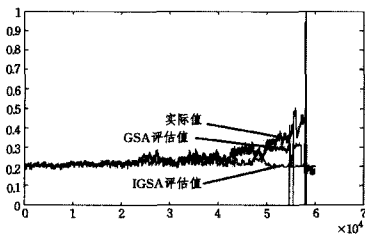


图 9 X 向振动实际值和估计值曲线

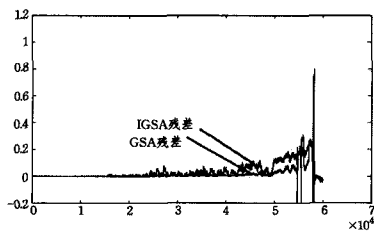


图 10 实际值和估计值的残差曲线

分析表 3 并结合 5.1 节的仿真实验可得,利用正常数据建模时,基于 IGSA 的 SVM 模型比基于 GSA 的 SVM 模型要好。而且从图 9 与图 10 中可以发现:当设备工作在正常状态时,两模型的残差都几乎为 0;但是当设备出现异常时,基于 IGSA 的 SVM 模型的残差比基于 GSA 的 SVM 模型大,当阈值确定后(阈值设定参考文献[11]中第 3 节的残差统计分析),基于 IGSA 的 SVM 模型更容易及时发现异常并报警。因此,基于 IGSA 的 SVM 模型实现了对正常数据拟合更好而对异常数据更敏感的目标。

结束语 本文针对 GSA 容易陷入局部最优,引入了混沌序列和遗传算法的交叉思想,实验结果表明,IGSA 在收敛速度和精度上优于 GSA;然后建立基于 IGSA 的 SVM 模型,通

过实验仿真验证了该模型具有更高的精度。将该模型用于火电厂的一次风机状态监测中,实时地对设备状态做出判断,能够使运维人员及早发现故障隐患,对电厂故障预警具有重大意义。

参考文献

- [1] 刘春波,王鲜芳,潘丰. 基于蚁群优化算法的支持向量机参数选择及仿真[J]. 中南大学学报:自然科学版,2008,39(6):1309-1313
- [2] 张艳秋,王蔚. 利用遗传算法优化的支持向量机垃圾邮件分类[J]. 计算机应用,2009,29(10):2755-2757
- [3] 邵信光,杨慧中,陈刚. 基于粒子群优化算法的支持向量机参数选择及其应用[J]. 控制理论与应用,2006,23(5):740-743,748
- [4] Rashedi E, Nezamabadi-pour H, Saryazdi S. GSA: a gravitational Search algorithm[J]. Information Sciences, 2009, 179(13): 2232-2248
- [5] Rashedi E, Nezamabadi-pour H, Saryazdi S. BGSA: Binary gravitational search algorithm [J]. Natural Computing, 2010, 9(3): 727-745
- [6] Liao Gwo-ching, Tsao Ta-peng. Application Embedded Chaos Search Immune Genetic Algorithm for Shortterm Unit Commitment [J]. Electric Power Systems Research, 2004, 71(2): 135-144
- [7] Alatas B, Akin E, Ozer A B. Chaos embedded particle swarm optimization algorithm[J]. Chaos, Solutions and Fractals, 2009, 40(4): 1715-1734
- [8] Tang K S, Man K F, Kwong S, et al. Genetic algorithms and their applications[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 1996, 13(6): 22-37
- [9] 李敏强,寇纪淞,等. 遗传算法的基本理论与应用[M]. 北京:科学出版社,2002
- [10] 左兴权,李士勇. 一类自适应免疫进化算法[J]. 控制与决策, 2004, 19(3): 252-256
- [11] 郭鹏, Infield D, 杨锡运. 风电机组齿轮箱温度趋势状态监测及分析方法[J]. 中国电机工程学报, 2011, 31(32): 129-136

(上接第 208 页)

- [6] 刘万军,张孟华,郭文越. 基于 MPSO 算法的云资源调度策略[J]. 计算机工程, 2011, 37(11): 43-44, 48
- [7] Yuan H, Li C, Du M. Optimal Virtual Machine Resources Scheduling Based on Improved Particle Swarm Optimization in Cloud Computing[J]. Journal of Software, 2014, 9(3): 705-708
- [8] 刘卫宁,靳洪兵,刘波. 基于改进量子遗传算法的云资源调度[J]. 计算机应用, 2013, 33(8): 2151-2153
- [9] 葛宇,许波,梁静. 基于改进蛙跳策略的 Map-Reduce 作业调度算法[J]. 计算机应用研究, 2013, 30(7): 1999-2002
- [10] 师雪霖,徐格. 云虚拟机资源分配的效用最大化模型[J]. 计算机学报, 2013, 36(2): 252-262
- [11] 沈时军,刘欣然,张鸿,等. 云计算中的服务可用性保障机制[J].

通信学报, 2014, 35(2): 202-206

- [12] 阎高伟,李闯勤,石兵,等. 基于社会力模型的群体优化算法[J]. 控制工程, 2012, 19(6): 1238-1243
- [13] Zahafia M, Konwinski A, Joseph A. Improving MapReduce performance in heterogeneous environments [C] // 8th USENIX Symp Osium on Operating Systems Design and Implementation. San Diego, California, USA, 2008
- [14] 孟凡超,张海洲,初佃辉. 基于蚁群优化算法的云资源负载均衡研究[J]. 华中科技大学学报:自然科学版, 2013, 41(12): 57-62
- [15] Calheiros R N, Ranjan R, Beloglazov A, et al. CloudSim: a tool kit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms [J]. Software: Practice and Experience, 2011, 41(1): 23-50