



基于改进蚁群算法的云计算用户任务调度算法

罗斯宁, 王化龙, 李弘宇, 彭蔚

(中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司, 广西 南宁 530004)

摘要: 近年来, 随着电力信息化的深入发展, 越来越多的电力应用和任务在云端部署。由于云资源和电力应用的动态异构性, 实现资源划分和任务调度是云计算系统中的一个挑战性问题。电力应用需要实现快速响应、实现最小完工时间, 而调度程序又要考虑各个云计算节点的负载问题, 保证云计算的可靠性。提出了一种基于改进蚁群算法的任务调度算法, 解决虚拟机中的任务调度问题。通过对标准蚁群算法的改进, 在最小化整体完工时间的同时实现任务调度时间的减小和负载均衡。研究表明, 该算法有效缩短了任务调度时间, 并实现云节点负载均衡, 为电力云计算的优化提供技术依据。

关键词: 云计算; 任务调度; 负载均衡

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020047

Improved ant colony algorithm based cloud computing user task scheduling algorithm

LUO Sining, WANG Hualong, LI Hongyu, PENG Wei

China Energy Engineering Group Guangxi Electric Power Design Institute Co., Ltd., Nanning 530004, China

Abstract: In recent years, with the development of power information, more and more power applications and tasks are deployed in the cloud. Because of the dynamic heterogeneity of cloud resources and power applications, it is a challenge in the cloud computing system to realize resource division and task scheduling. Power applications need to be able to achieve a rapid response and minimum completion time, and schedulers should consider the load of each cloud computing node to ensure the reliability of cloud computing. A task scheduling algorithm based on the algorithm of improving an ant colony was proposed to solve the problem of task scheduling in virtual machines. Through the improvement of the standard ant colony algorithm, the task scheduling time was reduced and load balancing was realized while minimizing the overall completion time. The results show that the algorithm can shorten the task scheduling time and realize the load balancing of cloud nodes, which provides technical basis for the optimization of power cloud computing.

Key words: cloud computing, task scheduling, load balancing



1 引言

云计算技术可以根据需要执行高计算密集型任务。目前,大多数信息技术行业已经迁移到基于云计算的框架,以服务其客户。云计算框架通过3个不同的层次提供服务,即基础设施层、平台层和应用程序层,以支持用户的实时需求(如数据存储、计算能力、带宽等)。企业和个人可以通过虚拟化技术提供的方式使用这些服务。目前,已经存在许多云提供商(如 Amazon EC2、Google、HP 和 IBM 等),其资源根据客户要求进行了虚拟化,并“按使用付费”服务水平协议(SLA)进行提供。云计算可以实现很多功能,如灵活的资源存储库、可扩展和动态的按需服务、基于消费和服务质量(QoS)的服务定价等。

电力行业的应用特点非常符合云计算的服务模式和技术模式。电力业务分为实时性业务和非实时性业务,两类业务对资源分配的要求不相同。云计算就是将原本分散的资源聚集起来,再以服务的形式提供给受众,实现集团化运作、集约化发展、精益化管理以及标准化建设。采用云计算,不仅可以实现电力行业内数据采集和共享,最终实现数据挖掘,提供商业智能 BI,辅助决策分析,促进生产业务协调发展,也可以帮助电网公司将数据转换为服务,提升服务价值,实现信息神经网络融合。

电力行业中的云计算能够根据电力业务和需求自动切换存储资源,根据需求访问计算和储存资源,将运行在电网节点和单个计算机上的运算转移到系统内的云中,由云来处理该计算需求。利用云计算能够直接从云中获取计算能力和资源,大大提高整个电力系统的计算能力。云计算不仅是一种新的共享架构方式,还将系统资源进行整合,以提供多样式服务^[1]。

在云计算系统中,资源管理起着重要作用,目的是对整个云资源池进行优化配置和分配任

务。云计算系统中资源管理的主要部分是任务调度程序,可以通过优化算法来优化“虚拟机(VM)”的预配置,在逻辑资源中分配用户任务,以提高任务调度过程的性能。任务调度问题是云计算中非常关键的问题,其中涉及智能搜索和决策,以便为每个用户任务找到最佳的虚拟机。越来越多的电力企业部署云系统,电力业务也逐渐云化,对云计算的任务调度提出了挑战。电力业务需要快速响应,任务提出要尽可能快速地分配最佳资源,提升电力用户的使用体验。调度程序对云资源的分配还需要考虑云计算整体系统的可靠性和持续性,因而云计算需要对节点负载进行优化,使云计算完成更多的电力任务。

在云计算中,调度任务基于任务调度器,根据各种度量采取调度决策将用户任务绑定到连接的资源。以往的研究工作提出了用于在云计算系统中调度用户任务的算法。Abdullahi 等^[2]提出了一种离散的共生生物搜索算法(DSOS),用于在云环境中优化调度用户任务,它利用共生和寄生关系实现目标功能,完工时间和响应时间均优于自适应粒子群优化(s-shaped function based adaptive particle swarm optimization, SAPSO)。Jeyakrishnan 等^[3]提出了一种基于混合策略的细菌群优化(bacterial swarm optimizer, BSO)资源分配,解决局部收敛问题,并引入一种解决方案,避免局部收敛,同时实现空间全局搜索和结果全局优化方面的良好改进。Mondal 等^[4]提出了一种利用随机爬山算法平衡云负荷分布的策略,以实现虚拟机之间的平衡任务分配,并在局部搜索中取得良好的结果,但在全局优化中失败。Guonin 等^[5]提出了一种称为遗传模拟退火算法的新策略,他们在选择、交叉和变异之后使用模拟退火过程,以在本地搜索中实现更好的性能,但是当用户任务的大小增加时失败。王登科等^[6]提出了一种基于粒子群优化与蚁群优化的云计算任务调度算法,将粒子群算法和蚁群算法进行结合,提

高了算法的实行速度和寻优能力。王琳杰^[7]提出了一种基于生物共生机制的改进粒子群优化的任务调度方案,能够实现快速收敛,但上面两种算法并没有考虑虚拟机的负载均衡。

以上几种任务调度算法仅考虑了实现算法的快速收敛或虚拟机的负载均衡,而未完整地考虑将二者融合。本文在经典蚁群算法的基础上进行改进,在考虑算法快速收敛的同时满足虚拟机的负载均衡,仿真结果表明,该算法不仅具有较好的实时性,也能够更好地实现负载均衡。

2 任务分配模型

2.1 系统模型

电力云计算通过电力专网为电力企业的运营和管理提供按需的高性能计算服务。其基础设施资源包括云服务器、数据存储和中间件。主要资源包括具有一个或多个虚拟机(VM)的一个或多个主机。每个 VM 共享来自托管计算机的计算能力(CPU)、内存和存储位置。每个电力任务请求都会根据资源需求(如 CPU、内存、存储和网络带宽)映射到合适的虚拟机。

该模型的工作流程为:每个业务都与电力云计算基础架构交互,并通过云安全接口访问基础设施资源,以确保身份验证和授权。资源调度程序是主要组件,充当客户端和资源管理器之间的中间件以处理客户端的请求,进一步地获取客户端发布的任务要求信息,并使用内置调度算法进行资源分配。最后,资源管理器扮演重要角色,充当资源信息系统并向资源调度程序提供服务,以便在“尽可能最佳”的虚拟机中分配用户任务。

2.2 调度问题

在电力云计算环境中,任务由各种电力用户动态提交。云资源调度程序负责为所提交的任务找到最佳资源,即云虚拟机。此外,管理每个虚拟机的负载也很重要,因为在过载资源中调度任务可能会降低整个云计算的性能。

在本文的工作中,任务调度问题被认为是一个主要的问题,因为其影响了电力云计算在服务质量方面的整体性能。服务质量包括许多因素,例如执行时间、传输时间、时延、资源利用率和完工时间。本文将任务的调度时间和负载平衡作为主要关注点,以便为电力用户提供更好的性能。

在任务调度过程中,考虑提交给系统的 n 个用户任务,即 $T = \{T_1, T_2, T_3, \dots, T_n\}$,需要将其分配给 m 个虚拟机,即 $VM = \{VM_1, VM_2, VM_3, \dots, VM_m\}$,每个虚拟机配置有不同的资源参数,例如每秒百万指令(MIPS)的 CPU 能力、存储和网络带宽。任务由具有不同特征的用户生成,例如任务长度、截止日期和成本等。

为了形成提出算法的目标函数,以 C_{ij} 作为任务 T_i 在虚拟机 VM_j 上的完成时间,可以使用式(1)计算所有任务的完成时间:

$$C_{ij} = E_{ij} + W_j \quad (1)$$

其中, E_{ij} 为在 VM_j 上完成第 i 个任务的预期时间, W_j 为用于 VM_j 的任务等待时间。

所有提交任务的完工时间是虚拟机中完成任务总执行时间最长的虚拟机完工时间,可以表示为所有虚拟机中调度的所有任务的最大完成时间 $C_{\max}$:

$$C_{\max} = \max \left\{ \sum_{i=1}^k C_{ij} \right\}, i \in [1, k] \quad (2)$$

其中, k 为分配给虚拟机 VM_j 的任务量。

本文所提出方法的目的是使云调度程序根据电力云计算资源总量和电力用户的要求,以最小的完工时间和最低的成本为所有用户任务提供最佳资源分配。基于上述考虑,本文提出的目标函数被定义为:

$$\text{fitness} = \min(C_{\max}) \quad (3)$$

3 改进蚁群算法

3.1 标准蚁群算法

标准蚁群算法首先要对信息素函数进行初始



化, 信息素函数 $\tau_{ij}(t)$ 表示虚拟机 VM_j 对于某一任务 T_i 的信息素浓度, 本文通过虚拟机 VM_j 的计算能力 $MIPS_j$ 、通信带宽 $Bandwidth_j$ 和任务预测执行时间初始化信息素函数。

$$\tau_{ij}(0) = \frac{MIPS_j}{C} + \frac{Bandwidth_j}{D} \quad (4)$$

其中, C 、 D 均为常数。

完成对启发函数与信息素函数的初始化后, 通过式 (5) 获得任务 T_i 调度到虚拟机 VM_j 的概率为:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{x_{ij} \notin \text{tabu}_k} [\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}(t)]^\beta}, & x_{ij} \notin \text{tabu}_k \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

$$\eta_{ij}(t) = \frac{1}{C_{ij}} \quad (6)$$

其中, 启发函数 $\eta_{ij}(t)$ 表示某一任务 T_i 对虚拟机 VM_j 的倾向程度, 和 C_{ij} 成反比。 x_{ij} 表示蚂蚁的搜索路径, 即将任务 T_i 分配给虚拟机 VM_j 。 tabu_k ($k=1, 2, \dots, m$) 为第 k 只蚂蚁的禁止列表, 在 t 时刻第 k 只蚂蚁选择了节点 x_{ij} 后, 将 $\{x_{ij}\}_{i=1}^m$ 加入进禁止列表 tabu_k 内。 α 和 β 作为信息素因子和启发因子分别表示信息素与启发函数的相对影响程度。 α 和 β 作为信息素因子和启发因子分别表示信息素与启发函数的相对影响程度。

在蚂蚁根据 $p_{ij}^k(t)$ 选择节点之后, 也就是任务 T_j 在分配到某个虚拟机 VM_j 之后, 信息素函数通过式 (7) 和式 (8) 完成局部更新:

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-\rho) \times \tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k(t) \quad (7)$$

$$\Delta \tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q}{C_{ij}}, & \text{第 } k \text{ 只蚂蚁在 } t \text{ 和 } t+1 \text{ 之间选择 } x_{ij} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (8)$$

其中, $\rho \in [0, 1)$ 为信息素的挥发系数。 $\Delta \tau_{ij}^k(t)$ 为蚂蚁 k 进行一个循环后在路径 (i, j) 上产生的信息量。 Q 为常量。在全部蚂蚁进行完一个循环之后, 每一个任务都完成虚拟机的选择, 根据式 (9) 和

式 (10) 对信息素进行全局更新:

$$\tau_{ij}(t+n) = (1-\rho) \times \tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k(t) \quad (9)$$

$$\Delta \tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q}{C_{\max}}, & \text{第 } k \text{ 只蚂蚁在本次循环选择 } x_{ij} \text{ 时} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (10)$$

其中, $C_{\max}$ 为已经完成的迭代所获得的最优解。

3.2 启发因子 β 的改进

在标准蚁群算法中, 启发因子 β 是一常数, 由式 (5) 可知, 算法运行的初始阶段, 信息素函数的值不变, 信息素函数对蚂蚁选择的概率影响程度较小, 而在信息素函数通过不断地局部更新, 对获得最终解的影响程度不断增加, 所以令启发因子 β 转化为随算法迭代次数变化的减函数:

$$\beta(i) = b^{1/i} \quad (11)$$

其中, b 为常数, i 为算法当前迭代的次数。

在算法的初始阶段, i 值较小, β 值较大, 蚂蚁首要经由启发函数来选择路径, 当算法不断迭代, i 值增大, β 值减小, 同时路径上的信息素浓度增大, 信息素函数对蚂蚁选择路径的影响增强, 这样可以提高信息素函数的指导作用, 有利于找到最优解。

3.3 负载均衡实现

为了减少虚拟机过载情况, 实现在任务分配过程中的虚拟机负载均衡, 本文对信息素函数更新过程进行改进, 加入信息素调整因子 δ :

$$\delta = 1 - \left((C_j - C_{\text{avg}}) / \sum_{j \in \text{VM}} C_j \right) \quad (12)$$

其中, C_j 是虚拟机 VM_j 在上一次迭代中的运行时间, C_{avg} 是所有虚拟机运行时间平均值, 即 $C_{\text{avg}} = \sum_{j \in \text{VM}} C_j / m$ 。信息素函数更新方法改进为:

$$\tau_{ij}(t+n) = (1-\rho) \times \tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k(t) \times \delta \quad (13)$$

信息素函数在更新的过程中加入了虚拟机负

载状况的影响,当虚拟机的负载程度过大时, δ 值减小,信息素函数减小,当进行下一次迭代时,虚拟机被分配任务的概率也随之减小,从而实现负载均衡。

3.4 改进蚁群算法流程

改进蚁群算法流程如图 1 所示。

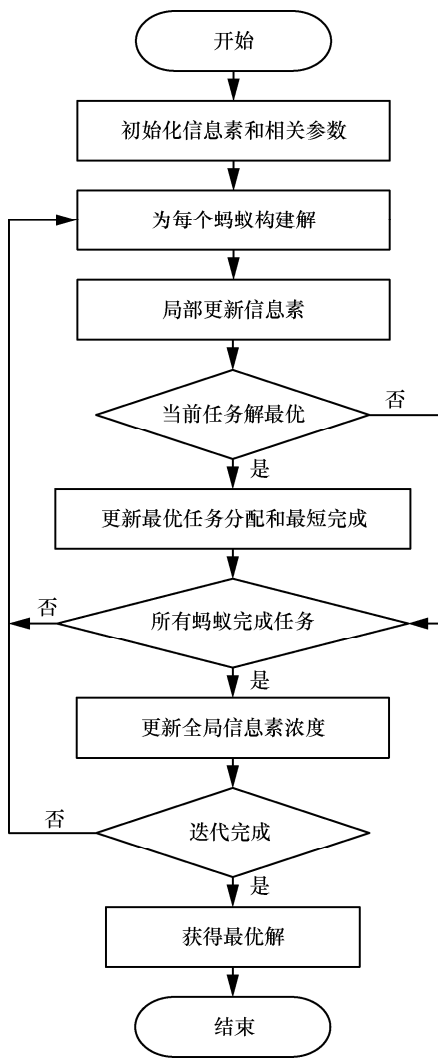


图 1 改进蚁群算法流程

4 仿真

仿真平台选择云计算仿真平台工具 Cloudsim,为了验证本文算法的调度效率和负载均衡的实现,实验在相同条件和环境下进行,并与 Cloudsim 自带的经典蚁群调度算法的任务分配

结果进行比较。相关参数见表 1。

表 1 相关参数取值

参数	取值
α	1
b	3
ρ	0.65

在实验中设定任务数从 20 增加到 100,计算节点数为 6,虚拟机个数为 10,蚂蚁数为 100,迭代次数为 600。基本蚁群算法和本文算法执行任务所需的时间对比如图 2 所示,其中 ACO 表示基本蚁群算法, IACO 表示本文算法。

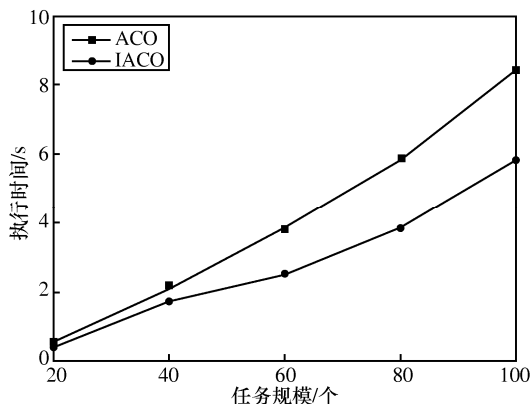


图 2 两种算法任务调度所需时间

由图 2 可知,任务数量较少时,两种算法没有明显的差距,然而当虚拟机面临更严重的负载时,本文算法能够用更少的时间完成任务的调度,尤其是在任务量增长到 100 个时,二者时间差增长到 2 s 左右。很明显,本文算法有更高的调度效率。

为了观察任务负载的情况,获取各计算节点上的任务分配数量,并求解出两种算法任务分配的相对标准偏差,如图 3 所示。从图 3 可以看出,采用改进蚁群算法执行任务时,计算节点的任务分配标准偏差较低,表明节点的负载均衡度较高。因此,本文算法在负载均衡方面达到了一定的效果。

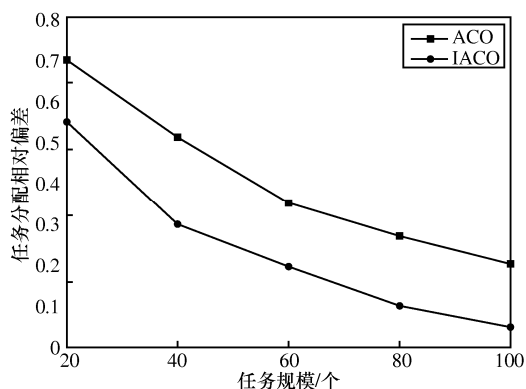


图3 任务分配结果相对偏差

5 结束语

本文面向电力云计算提出了一种基于改进蚁群算法的任务调度算法,以解决虚拟机中的任务调度问题。通过对标准蚁群算法的改进,在最小化整体完工时间的同时实现任务调度时间的减小和负载均衡。仿真结果表明,通过该算法的任务调度不仅缩短了任务调度时间,同时实现了云节点负载均衡。

参考文献:

- [1] 袁慧. 云计算在电力行业的应用研讨[J]. 信息与电脑(理论版), 2016(9): 129-130.
YUAN H. Application of cloud computing in power industry[J]. Information and Computer (Theoretical Edition), 2016(9): 129-130.
- [2] ABDULLAHI M, NGADI M A, ABDULHAMI D, et al. Symbiotic organism search optimization based task scheduling in cloud computing environment[J]. Future Generation Computer Systems, doi:10.1016/j.future.2015.08.006.
- [3] JEYAKRISHNAN V, SENGOTTUVELAN P. A hybrid strategy for resource allocation and load balancing in virtualized data centers using BSO algorithms[J]. Wireless Personal Communications, 2017, 94(4): 2363-2375.
- [4] MONDAL B, DASGUPTA K, DUTTA P. Load balancing in cloud computing using stochastic hill climbing-a soft computing approach[J]. Procedia Technology, 2012(4).
- [5] GUONING G, TINGIEI H, SHUAI G. Genetic simulated annealing algorithm for task scheduling based on cloud computing environment[C]// IEEE International Conference on Intelligent Computing & Integrated Systems, Oct 22-24, 2010, Guilin,

China. Piscataway: IEEE Press, 2010.

- [6] 王登科, 李忠. 基于粒子群优化与蚁群优化的云计算任务调度算法[J]. 计算机应用与软件, 2013, 30(1): 290-293.
WANG D K, LI Z. Cloud computing task scheduling algorithm based on particle swarm optimization and ant colony optimization[J]. Journal of Computer Applications and Software, 2013, 30(1): 290-293.
- [7] 王琳杰. 云计算中基于生物共生机制改进粒子群优化的任务调度方案[J]. 电信科学, 2016, 32(9): 113-119.
WANG L J. Task scheduling scheme based on bio-symbiosis mechanism to improve particle swarm optimization in cloud computing[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(9): 113-119.

[作者简介]



罗斯宁(1982-), 男, 中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司高级工程师, 主要研究方向为电力通信、调度自动化及信息化等。



王化龙(1979-), 男, 中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司高级工程师, 主要研究方向为电力系统自动化、能源互联网运行控制系统及信息通信基础设施。



李弘宇(1980-), 男, 中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司高级工程师, 主要研究方向为电力通信网络规划。



彭蔚(1995-), 男, 现就职于中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司, 主要研究方向为电力通信工程。