

# 云计算环境下基于改进粒子群优化算法的多目标资源调度策略研究

赵宏伟

沈阳大学 信息工程学院, 沈阳市 中国 110044

**摘要** 为了实现云计算资源调度的多目标优化,提高资源利用率和保证云应用的服务质量,通过对云计算资源调度策略进行研究,设计并实现了一种基于改进粒子群算法的云计算资源动态调度策略。本文首先提出云计算资源的动态调度策略的管理框架,并给出本框架形式;其次,设计并实现了一种综合运用粒子群算法和考虑物理结点个数、应用性能以及当前的负载情况的资源分配算法。最终在CloudSim平台进行了仿真,结果表明此调度策略能实现综合考虑资源利用率和云应用的服务质量的多目标资源分配算法,提高了云计算中心的资源利用率的同时,也保证了云应用的服务质量和应用的性能。

**关键词** 分布式; 云计算; 粒子群; 负载平衡;

## Research on Multi-Objective Resource Scheduling strategy Base on Improved PSO in Cloud Computing Environment

**Abstract** In order to implement the Multi Objective Optimization in Cloud Computing system and to improve the utilization ratio of the resource as well as handling up rate of the system, the system of dynamic Resources scheduling system basing on PSO has been designed and implemented after the study on the Cloud Computing. Firstly, a dynamic management framework has been proposed, providing the structure of the resources scheduling system. Secondly, a comprehensive service distribution algorithm has been designed and implemented in consideration of respective local machine counts, each join points' performance and current load distribution. Finally, the result of the experiment indicates that the scheduling system can improve the efficiency of dispatching service and the utilization ratio in the Cloud Computing system.

**Keywords** Distribution; Cloud Computing; Particle swarm; Load balance;

### 1 引言

云计算是一种计算方式,通过互联网,以资源的形式提供给用户,而用户不需要了解、知晓或者控制支持这些资源的技术基础架构“云”。云计算也是一种商业计算模型,它将计算任务分布在大量计算机构成的资源池上,使各种应用系统能够根据需要获取计算力、存储空间和各种软件资源。云计算系统可以分为公共云和私有云两类。公共云由第三方运行和维护,如 Google, amazon 等,通过互联网为用户提供资源。而私有云则是由企业自己搭建的,规模一般比较小,但提供了更适合企业运营的 IT 资源。云计算系统以虚拟化技术为基础,把 IT 资源进行封装,以资源的方式提供给用户使用<sup>[1]</sup>。

在云计算系统中,由于云计算的复杂性和不确定性,云资源呈现动态变化的特点,为了提高资源利用率和系统的吞吐率,如何进行资源的调度成为了云计算系统中的核心机制。早期的云资源调度研究主要集中在保证应

用性能的前提下改进资源利用率<sup>[2]</sup>。而当前的研究热点主要是从云计算中心的节能方面进行改进,主要是通过虚拟机的迁移,来关闭不必要的服务器来降低系统能耗,但迁移会花费一定的时间导致应用性能的下降。因此,对于云计算中心,一方面为了需要提高资源利用率,另一方面需要保证云应用的服务质量和提高应用性能。然而,多个目标可能存在相互冲突,因此,为了获得多方面的综合优化,本文设计了云计算中心资源调度框架,综合考虑了 SLA、应用性能、负载平衡、结点个数、虚拟机性能等多个因素,并提出了云计算资源调度的多目标优化模型与算法,算法采用多目标的粒子群的仿生智能算法,实验结果表明:与传统的启发式和单目标优化算法相比,本文提出的云计算资源调度框架和算法可有效实现多个目标的优化。

本文第 2 节介绍相关工作,第 3 节描述云计算资源的动态调度管理框架,第 4 节给出云资源物理资源调度

模型和多目标优化算法，第5节对基于多目标优化粒子群算法进行实验评测。最后对全文进行总结。

## 2.相关工作

由于云计算的虚拟化特性，资源可分为物理资源和虚拟资源。因此，云计算环境下的资源调度可分为虚拟

资源层的一级调度和物理资源层的二级调度。一级资源调度的含义是用户提交的作业将被切分成若干个任务，调度的核心就是将合适的资源分配给用户的任务，建立起资源与任务之间的有效映射关系；二级调度的含义是指虚拟资源和物理资源之间的映射关系。云计算的两级调度模型<sup>[3,4]</sup>如图1所示。

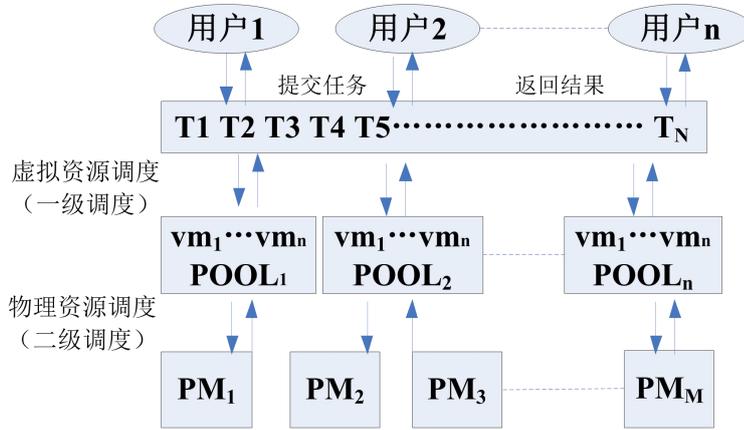


图1 云计算的两级调度模型

目前，学术界在云计算环境下资源调度方面已经进行了大量研究工作，文献[5]提出云，并提出了一种云资源调度模型—云效用最大化模型。与传统调度模型相比，目标函数不再是最小化最大完工时间，而是以达到效用最大为调度目标；但该算法较简单，难以满足日益增长的云计算规模。文献[6]根据云计算的弹性化和虚拟化等新特性，提出了云计算中虚拟机放置的自适应管理模型以及虚拟机放置多目标优化遗传算法。但是，该云计算系统模型考虑不完美最优化达不到期望的效果<sup>[5,6]</sup>。国内田冠华等提出了动态的资源调度模型，这些模型一定程度上提高了云计算资源调度的效率。<sup>[7]</sup>随着仿生智能算法的发展，不少学者提出了基于蚁群算法、粒子群算法、遗传算法等的云计算资源调度模型，这些仿生智能算法具有搜索能力强、并行性等特点，可以快速找到云计算资源最优调度方案，有效地提高了云计算资源的利用效率<sup>[8-10]</sup>。然而，仿生智能算法在实际应用中，它们均存在易陷入局部最优解、收敛速度慢等缺陷，有时也不能获得最优资源调度方案。为此，需要对仿生智能算法进行改进和完善，使云计算资源利用率更高。还有其它一些资源调度方法<sup>[11,12]</sup>，这些方法在处理虚拟机放置到结点的优化问题时，都没有考虑虚拟机迁移的开销，并且只考虑了静态的虚拟机放置，而没有涉及到基于虚拟机迁移的动态放置。

可见，云计算中资源调度的研究工作大多只涉及某一方面的优化，或者是考虑服务级目标或者是使用结点的数量最少来提高资源利用率等。但是这些目标的优化是相互冲突的。还有将多目标优化问题转化为若干个单

目标优化问题分阶段来解决，但大多数只能获得局部的而不是全局优化解，因此，目前很少工作将服务级目标、结点使用数量和虚拟机迁移次数综合进行考虑来实现资源调度的多目标优化。

为了获得云计算资源调度的多目标优化方案，本文提出了一种云计算资源的动态调度管理框架，然后给出了本系统基本架构形式，并对其进行了详细设计，最后提出了一种改进的PSO资源多目标调度算法，在提高资源利用率的同时，保证了云应用的服务质量，并具有较高的应用性能。

## 3.云计算资源的动态调度管理框架

针对传统云计算系统中调度策略结构的优缺点，提出了一种综合考虑SLA、应用性能、负载均衡、结点个数、虚拟机性能等多个因素的云计算调度策略框架，调度策略的结构如图2所示：在云计算系统中调度分为两级调度，一级调度为任务级调度，主要作用是为用户提交的任务提供相应的虚拟机资源，达到虚拟机资源的有效使用。二级调度为物理资源调度，主要功能是把虚拟资源合理布置到物理机资源上，以达到物理机资源的最优配置<sup>[13-15]</sup>。

在此云资源的调度框架中，一方面，一级调度的云计算门户模块负责接收各个用户提交的任务，任务提交给资源描述模块，判断任务调用的应用的类型和任务所要求的SLA，然后由资源预测模块进行资源调度的预测，预测结果发布给虚拟资源调度模块，虚拟资源调度模块根据预测的结果和虚拟机（VM）资源的使用情况，

采用多目标优化方法，进行资源配置和布置任务。首先，云计算系统中的所有资源请求，都会经过资源描述和资源预测模块处理，而虚拟资源调度模块根据资源预测结果和 VM 资源使用情况进行资源的调度分配给各个资源池。其次，为保证资源使用的负载平衡和提高资源的利用率，系统设计了不同应用类型的资源池，包括计算密集型、存储密集型和应用密集型等类的资源池，调度策略根据用户提交任务的情况，进行不同资源池的调度。这时，资源池也将把本资源池的情况，发布给

VMMomiter 模块。最后，把资源请求和任务处理的结果返给用户或应用。另一方面，二级调度的物理资源调度模块，根据 VM 资源情况和物理机（PM）资源情况，也采用多目标优化的方法，产生资源的放置或迁移策略，最后由虚拟机规划器发送给 VMMonitor 进行执行资源放置和迁移。这样，整个调度策略充分考虑了用户、应用类型和资源本身多个优化目标的特点，并采用多目标优化的方法，不但，提高了云计算的调度的效率和资源使用率，避免了资源调度成为云计算系统瓶颈。

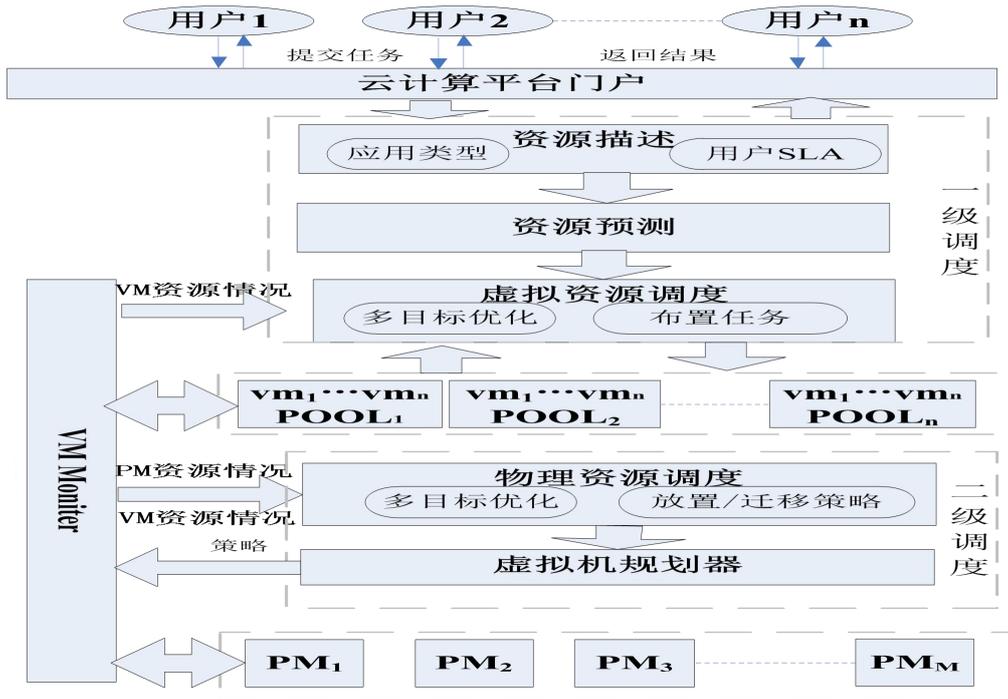


图2 云计算资源的动态调度管理框架

整个调度策略框架主要由以下部分组成：

1) 云计算平台门户：主要通过 WEB 方式，负责接收用户提交的各类任务，平台门户中包括 SAAS、PAAS、IAAS 等各类应用服务。

2) 资源描述模块：资源描述模块接收到任务后，首先判断任务所调度应用的类型、从而获取应用性能（应用所需资源情况）；其次，根据用户的服务质量（SLA），得到用户所能接受的任务处理结果，例如最小完成时间或最低费用等，并把分析结果发布给资源预测模块。

3) 资源预测模块：该模块主要根据资源描述模块提供 SLA 和应用性能的信息，对用户提交的任务进行资源需求预测，通过对任务资源需求的预测，主要是为虚拟机资源调度模块进行更准确的资源分配，避免不必要的虚拟机迁移开销和满足任务的动态资源需求，实现更有效的资源配置和提高资源利用率。

4) 虚拟资源调度模块：对于云计算中心，一方面为了最大化资源利用率，另一方面还需要保证云用户的服务质量（SLA）。然而，多个目标可能存在相互冲突，例如最大化资源使用率往往会带来服务质量的下降。因此，为了获得多方面综合优化，该模块主要根据，资源预测模块预测的结果和 VM 资源的使用情况，包括 VM 的 CPU 利用率、内存使用情况和 I/O 使用情况等信息，采用多目标优化方法，得到相应资源池，在相应的资源池中，获取云环境中最优的虚拟资源，进行资源配置并布置任务。

5) 资源池（POOL）模块：调度策略设计了不同应用类型的资源池，包括计算密集型（POOL1）、存储密集型（POOL2）和应用密集型等类的资源池，调度策略根据用户提交任务的情况，进行不同资源池的调度，这时，资源池也将把本资源池的情况，发布给 VMMomiter 模块。每个 POOL 都会设置加入的服务级目

标 (SLO)，加入到 POOL 中虚拟机上的应用性能指标 (PI) 都应该至少达到所设置的 SLO。当应用无法保证应用的服务级目标时，可以以此预判需要对哪些虚拟机进行迁移，并可以预测一个结点的处理特定负载的能力，为物理资源调度中虚拟机放置策略的制定提供支持。

5)VMMomiter 模块，主要功能功能包括：

第一，VMMomiter 监视虚拟资源 (VM) 和物理资源结点 (PM) 的使用情况，提供所监视的信息，并确定什么时候进行全局的 VM 布置；第二、监视虚拟资源 (VM) 的过载或低载，确定什么时候进行 VM 迁移；第三，基于虚拟机规则器产生的布置策略，进行全局虚拟机放置；第四，基于虚拟机规则器产生的迁移策略，进行虚拟机迁移，及将这些虚拟机迁移到哪个结点。

6)物理资源调度模块：物理资源调度模块实质上是 VM 放置模块，主要是将 VM 映射到 PM，物理资源调度模块的任务是通过改变 VM 的布局和配置来满足不同 POOL 和不同应用性能的目标。本系统主要采用多目标优化的方法，主要优化应用服务质量（执行的时间和效率）和资源利用率（结点的数量和虚拟机迁移次数），两个目标都能达到最优的调度策略，并发送给虚拟机规划器模块。

7)虚拟机规则器模块：虚拟机规则器，根据物理资源调度模块提供的多目标优化产生的策略，通知 VMMomiter 进行资源的布置或迁移。策略主要刻画了应用性能与所需资源关系模型，实现了在虚拟机资源配置中满足一定性能的条件上，提高资源的使用效率。

8)物理资源模块 (PM)：物理资源模块主要包括一些服务器、存储空间等硬件设备，这些设备以分布在各个结点，统一做为云计算中心的基础设施，供虚拟资源使用。

本文中，第一级调度是从已建立的虚拟机模板中选择具有相同或相似配置的模板进行拷贝，并配置虚拟机来满足任务需求，即建立虚拟机与任务之间的一一映射。本文重点研究第二级调度的方法，根据虚拟机的配置信息和对应的任务要求，以提高资源利用率、保证云应用的服务质量和提高应用性能为目标，寻找最合适的物理资源，并给出虚拟机到物理主机之间的映射。

## 4.云资源物理资源调度模型和多目标优化算法

### 4.1 云计算物理资源调度问题模型

目前的大量研究表明，云计算资源调度是一个 NP 难题，如果采用传统穷举算法所有可能的云算资源调度问题进行求解,该算法的时间复杂度  $o(n^m)$ 。本文假设云

计算环境中的物理资源向量为  $P(p_1 p_2 \dots p_k)$ ，需要

放置的虚拟资源向量为  $V(v_1, v_2 \dots v_n)$ ，布置在虚拟

机上的应用向量为  $APP(a_1 a_2 \dots a_k)$ ，应用被布置在

虚拟机上，虚拟机被放置在物理资源 P 上，得到的位向

量为  $H_i(h_{i1}^1 h_{i2}^2 \dots h_{ik}^k) h_{ij}^k = 1$  表示 a 应用 app<sub>k</sub> 布

置在虚拟资源上，而虚拟资源放置在物理资源上。为了

获得放置虚拟机资源所需要的最少物理资源的最优放

置，给出了如下目标函数：

$$\min \sum_j P_j \text{ 和 } \min \sum_j m_j \quad (1)$$

$p_j$  表示物理结点的使用数量最少,  $m_i$  表示虚拟机

迁移次数最少。物理资源与虚拟资源的约束关系可以通

过 (2) (3) (4) 表示，其中  $Rac$  则表示每个应用在

虚拟资源的 CPU 需求， $Pc$  表示每个物理资源的 CPU 大

小； $Ram$  表示每个应用在虚拟资源的内存需求， $Pm$  表

示每个物理资源的内存大小。由此可得约束：

$$R_c^a \bullet H_i < P_c(p_i), \quad \forall p_i \in P \quad (2)$$

$$R_m^a \bullet H_i < P_m(p_i), \quad \forall p_i \in P \quad (3)$$

$$PI_a \geq SLO_a \quad \forall p_i \quad (4)$$

$PI_a$  表示应用的性能指标， $SLO_a$  满足一个应用达

到的服务级目标。在每个物理资源调度中，通过资源池

(POOL) 模块判断应用的  $PI_a$  是否能满足约束 (4)，

以此预判需要对哪些虚拟机进行迁移，并可以预测一个

结点的处理能力。为物理资源调度中虚拟机放置和迁移

策略的制定提供支持。虚拟机放置的优化目标是在保证

多个应用的服务级目标的情况下，使物理结点的使用数

量和虚拟机迁移次数最小。在建立的虚拟机资源布置的

约束满足模型基础上，通过求解约束满足模型获得优化

的虚拟机资源放置方案，然后基于优化的虚拟机资源放

置方案开发和实现从物理资源到虚拟资源的分配算法，

进而实现云计算资源的优化分配。

### 4.2 基于粒子群算法的多目标优化算法

由于在云计算环境中，资源调度分为两级调度，

一级的虚拟资源调度，主要是为用户任务分配可用的

虚拟资源，另一级是物理资源调度，主要是虚拟机布

置到适合的物理机资源的调度。本文主要针对二级的物理资源调度模型进行研究，并建立物理资源调度模型，并基于改进的粒子群算法求最优解，所有的粒子都遵从适应度大的粒子的节点概率大、适应度小的粒子的节点概率少的原则选择下一跳的节点，最终找到最优的粒子，也就是最优的资源调度计划，完成虚拟机到物理主机之间的映射。

#### 4.2.1 粒子群优化算法

粒子群优化算法(PSO)<sup>[17-19]</sup>是模拟鸟群、鱼群，通过个体间的协作能够记忆个体最优和全局最优信息。种群中的每一个粒子即为代表待优化目标问题的一个可能解。设在一个 D 维的搜索空间中，由 m 个粒子组成的种群  $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_m)$ ，其中第 i 个粒子位置为  $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$ ，粒子的速度为： $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD})$ ； $c_1, c_2$  是学习因子； $R_1, R_2$  是均匀分布在 (0, 1) 区间的随机数。 $p_{id}$  是第 t 时刻粒子 i 本身当前的最优位置， $p_{gd}$  是第 t 时刻粒子群全局最优位置。则粒子  $x_i$  的速度和位置更新公式分为：

$$v_{id}(t) = \chi(v_{id}(t-1) + R_1 c_1 (p_{id}^k - x_{id}(t-1)) + R_2 c_2 (p_{gd}^k - x_{id}(t-1))) \quad (5)$$

$$x_{id}(t) = x_{id}(t-1) + v_{id}(t) \quad (6)$$

$$\chi = \frac{2}{2 - \varphi - \sqrt{\varphi^2 - 4\varphi}} \quad (7)$$

其中， $\varphi = c_1 + c_2, \varphi > 4$ 。在 t 时刻，m 是粒子群内粒子的个数； $x_{id}$  粒子当前位置； $v_{id}$  表示粒子  $x_i$  的当前速度。如果粒子的邻域包含了整个的粒子群，则以上的算法即为全局模式的粒子群算法

global-PSO，否则即为局部模式的粒子群算法 local-PSO。

#### 4.2.2 改进的粒子群优化算法 PS<sup>2</sup>O

在云计算中心的资源池里，虚拟机被放置在不同应用类型的子资源池里，可以把每个子资源池，当成一个子群，改进的粒子群优化算法 PS<sup>2</sup>O，采用动态多群体协作算法，子群侧重于全局搜索，主群侧重于局部搜索。每一代所有子群都把最优的个体信息传递给主群，主群从中挑选最优子群个体进行优化。 $P = \{S_1, S_2, \dots, S_M\}$  表示共 M 个子群，每个子群  $S_k = \{X_1^k, X_2^k, \dots, X_N^k\}$  有 N 个个体，则粒子  $x_i$  的速度和位置更新公式分别为：

$$v_{id}^k(t) = \chi(v_{id}^k(t-1) + R_1 c_1 (p_{id}^k - x_{id}^k(t-1)) + R_2 c_2 (p_{gd}^k - x_{id}^k(t-1)) + R_3 c_3 (p_{gd}^\theta - x_{id}^k(t-1))) \quad (8)$$

$$x_{id}^k(t) = x_{id}^k(t-1) + v_{id}^k(t) \quad (9)$$

$x_{id}^k$  表示第 k 个子群中，第 i 个粒子的位置， $p_{id}^k$  是个体最优位置信息，i 最优位置信息是  $x_{id}^k$ ， $p_{gd}^k$  是在子群 k 中的最优位置， $p_{gd}^\theta$  是在第 k 子群的邻居子群最优位置。 $c_1, c_2, c_3$  是学习因子； $R_1, R_2, R_3$  是均匀分布在 (0, 1) 区间的随机数。通过该算法求出较优的应用和虚拟资源到物理资源的配置方案。

#### 4.3 云环境下的基于 PS<sup>2</sup>O 的物理资源调度

采用改进的 PS<sup>2</sup>O 多目标优化的资源分配算法，求解云计算的物理资源调度优化问题，每个粒子代表一个物理资源分配方案，对于整个云计算中心，首先初始化虚拟资源池，将资源池分为 n 子群。在物理资源调度过程中，为了避免产生局部最优解，这里采用均匀方法产生初始粒子群，并选文献[6]中的适应度函数的设计方案，执行式(8)和式(9)。经过多次迭代，求出最优解，如图 3 所示。

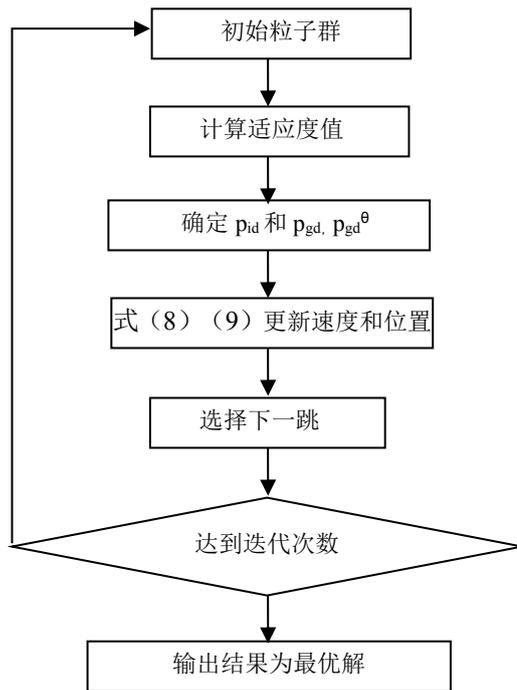


图 3. 基于改进粒子群 PS<sup>2</sup>O 的资源调度流程

改进 PSO 算法的伪代码如下：

---

```

Set  $t := 0$ ;
INITIALIZE. Randomize  $n$  swarms each possesses  $m$  particles;
WHILE (the termination conditions are not met)//是否满足结束条件
  FOR (each swarm  $k$ )//子群遍历
    Find in the  $k^{th}$  swarm neighborhood, the point with the best fitness;
    Set this point as  $p_{gd}^0$ ;//找到第  $k$  子群的邻居子群的最优位置

    FOR (each particle  $i$  of swarm  $k$ ) //子群粒子遍历
      Find in the particle neighborhood, the point with the best fitness;
      Set this point as  $p_{gd}^k$ ;//找到第  $k$  子群的的最优位置

      Update particle velocity using equations (8);
      Update particle position using equations (9);
    END FOR
  END FOR
  Set  $t := t + 1$ ;
END WHILE
  
```

---

云计算环境下物理资源调度的 PS<sup>2</sup>O 的步骤：

1)首先根据云计算系统资源初始化虚拟资源池,将资源池分为  $n$  子群。

2)采用均匀方法产生初始粒子群,并设置初始位置和初始速度。

3)计算每个粒子的适应度值,并从中选择最优粒子作为个体最优解、子群体最优解和邻居群的最优解。

4)根据式 (8) 式 (9) 更新粒子群的速度和位置,并与个体最优解和群体最优解进行比较,根据结果更新个体最优解、子群体最优解和邻居群的最优解。

5)对终止条件进行判断,若满足,对群体最优粒子位置进行解码,得到云计算资源的最优调度方案,否则,继续进行迭代。

## 5. 实验及结果分析

为了验证该 PS<sup>2</sup>O 算法在云计算资源调度策略的可行性,本文仿真实验采用的是 Cloudsim<sup>[14]</sup>云计算的模拟平台,因为 Cloudsim 可以针对云计算环境中的调度策略进行模拟测试,本文并对平台进行了扩展,重写一系列的类,模拟了云计算数据中心,编程工具为 Myeclipse9.0。为了检验基于 PS<sup>2</sup>O 的云计算资源调度模型的有效性,采用 Cloudsim 软件来模拟一个云计算的数据中心。为了衡量 PS<sup>2</sup>O 的调度方案优劣,采用基本粒子群算法(PSO)作为对比模型,实验共分两组进行:

第一组实验,在云计算中心设置生成 30 个物理资源,每个结点装备 3.0GHz 的 CPU,2GB 内存,然后对它们进行虚拟化,为保证云环境下的物理资源的复杂性和虚拟任务的多样性,把虚拟资源划分子群数为 3,最大迭代次数为 100 次。学习因子  $cl=c2=c3=1.333$ 。

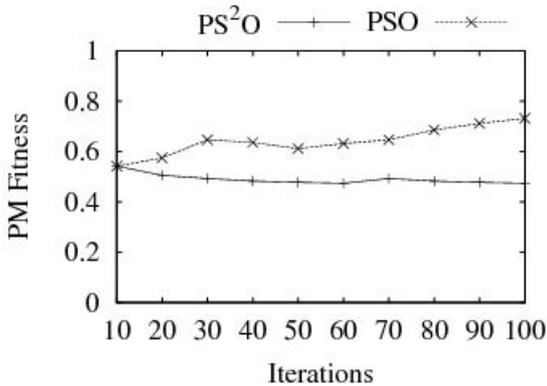


图4. 物理结点适应度值分配算法比较

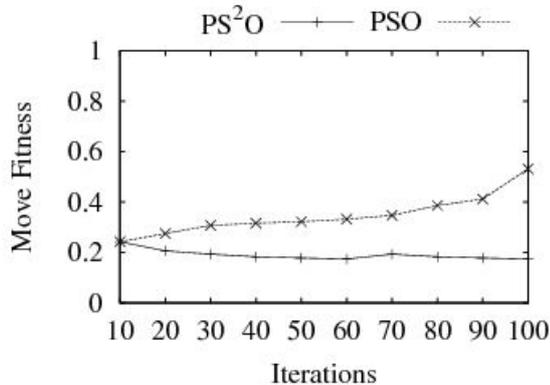


图5. 迁移次数适应度两种分配算法比较

对于两种物理资源调度算法 PS<sup>2</sup>O 和 PSO 均迭代 100 次,图 4 以虚拟机布置时,使用的物理结点数量为

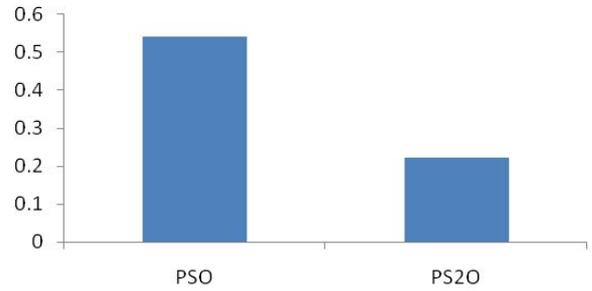


图 6. 不同算法下服务级目标不满足率适应度的值(PM fitness), 图 5 以迁移次数为适应度值(Move fitness), 然后取其值作为算法的最终结果。两种模型实验结果(如图 4, 图 5, 图 6)实验表明,基于 PSO 物理资源调度算法,不考虑所用物理结点的多少,为满足多个应用的服务级目标,尽可能地将虚拟机平均分布到所有可用的物理结点上,因此,使用的物理结点和迁移次数都比较多,服务级不满足率相对较高。而基于 PS<sup>2</sup>O 满足服务级目标约束条件下求得的最优解,因此在多个相互冲突的目标间实现最优权衡服务级目标,服务级不满足率相对 PSO 算法低,而且产生相对较少虚拟机迁移和使用物理结点的数量,从算法的收敛效果看,如图 7 所示 PS<sup>2</sup>O 算法能够经过 50 次的迭代,就可以找到最解的位置,而 PSO 算法要经过 90 次才处于稳定的位置,因此 PS<sup>2</sup>O 算法具体很好的收敛效果。

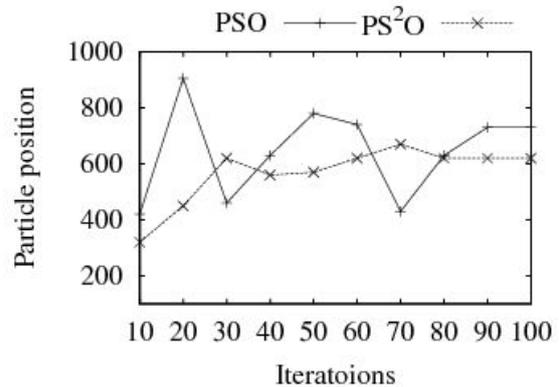


图7. 两种算法的收敛效果对比

第二组实验,是在第一组实验的基础上,设置用户提交 100 个任务,分别进行 30 次实验.对处理器、内存两种物理资源的使用情况进行实验,得出两种物理资源调度算法条件下的资源利用率的对比情况(这里假设一级调度的算法相同),如图 8,图 9 所示.对比了 PS<sup>2</sup>O 算法和 PSO 算法针对 CPU 资源调度和内存资源调度的利用率,在资源数一定,任务数的逐渐增

加的前提下,两种算法的资源利用率均会上升。但因为 PSO 算法使用的物理资源数多,使其任务请求更分散到各个节点中。图 9 对比在云计算环境下资源的两种算法负载的均衡度,本文设计的算法在任务数量增加的情况下,其资源负载较平稳,均衡度较好。图 10 比较了两种算法完成相同数量的任务所使用的时间分布情况,PS<sup>2</sup>O 所需的时间波动范围和执行时间相对较少。

因此,采用 PS<sup>2</sup>O 算法比 PSO 算法在 CPU 和内上的资源利用效率更高,而且随着任务数的增加,PS<sup>2</sup>O 算法的波动比 PSO 算法的波动小,显示出 PS<sup>2</sup>O 算法的平稳特性,其更适合在云计算数据环境下资源调度。

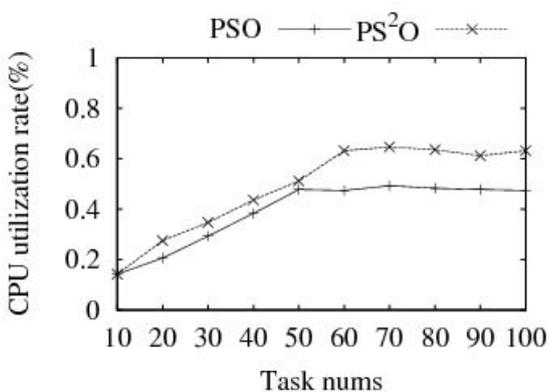


图 8. 两种算法 CPU 资源利用率的比较

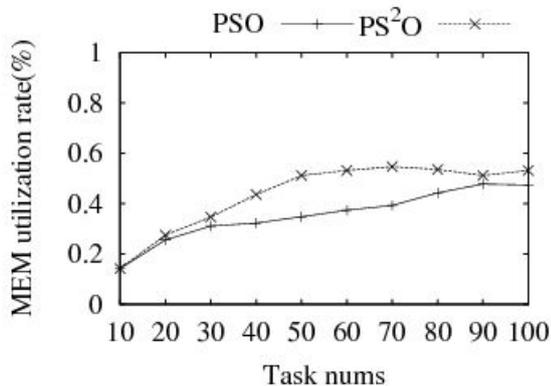


图 9. 两种算法内存利用率比较

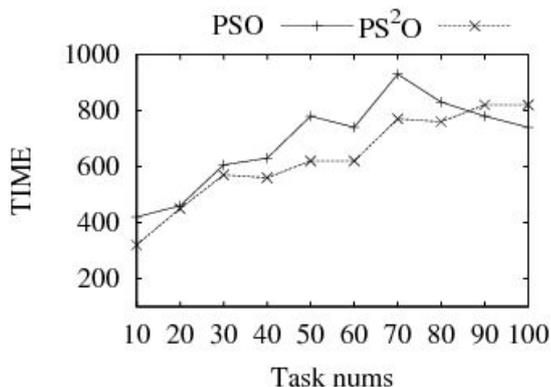


图 10. 两种算法负载平衡度的比较

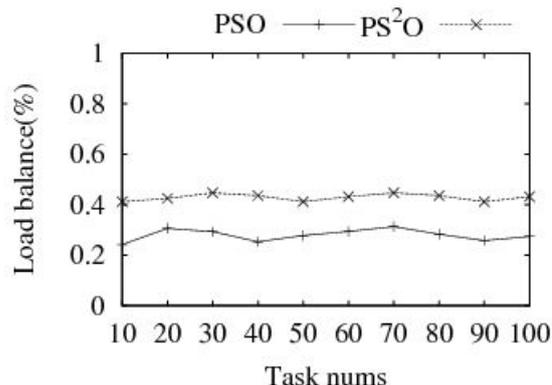


图 11. 两种算法执行时间的比较

总之,PS<sup>2</sup>O 算法在迭代次数较多、节点较多,有效资源较少的情况下工作效率明显比 PSO 资源分配算法高,而这种情况正是云环境所具有的特点。所以本算法在云计算环境中更有优势,提高了云计算中心的资源利用率的同时,也保证了云应用的服务质量和具有较高的应用性能。

## 6. 结论

本文在分析了云计算资源调度策略所涉及到的具体的调度模型和调度算法的基础上,首先设计了云计算资源调度的两级动态调度管理框架,并给出了框架系统具体结构和形式,其次,提出了一种改进粒子群算法的 PS<sup>2</sup>O,并把 PS<sup>2</sup>O 算法应用到云计算的物理资源调度上。PS<sup>2</sup>O 是综合考虑资源利用率、云应用的服务质量和性能的多目标优化算法。最终在 CloudSim 平台进行了仿真,结果表明此调度策略和算法能有效改善动态资源的多目标分配,提高云计算系统中资源的利用效率。

## 参考文献:

- [1] Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A., Katz, R., Konwinski, A., et al. (2010). A view of Cloud computing. *Communications of the ACM*, 53(4), 50 - 58.
- [2] S. Rivoire, M. Shah, P. Ranganathan, and C. Kozyrakis. JouleSort: a balanced energy-efficiency benchmark. In 2007 ACM SIGMOD international conference on Management of data, page 376, 2007.
- [3] I. Goiri, J. Guitart, and J. Torres. Characterizing Cloud Federation for Enhancing Providers Profit. In 3rd International conference on Cloud Computing (CLOUD 2010), pages 123 - 130, 2010.
- [4] I. Goiri, F. Julià, R. Nou, J. Berral, J. Guitart, and J. Torres. Energy-aware Scheduling in Virtualized Datacenters. In 12th IEEE International Conference on Cluster Computing (Cluster 2010), 2010.

- [5]师雪霖,徐 格,云虚拟机资源分配的效用最大化模型 计算机学报[J]. , 2013, 36(2): 252—262
- [6]李强,郝沁汾,肖利民,等. 云计算中虚拟机放置的自适应管理与多目标优化[J]. 计算机学报, 2011, 34(12): 2256—2257.
- [7]田冠华,孟丹,詹剑锋. 云计算环境下基于失效规则的资源动态提供策略[J]. 计算机学报, 2010, 33(10): 1859—1872.
- [8]雷德明, 严新平. 多目标智能优化算法及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [9] Coello C, Carlos A, Lechuga M S. MOPSO: a proposal for multiple objective particle swarm optimization[C]// Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation. USA, Honolulu: IEEE, 2002: 1051-1056.
- [10] 雷德明, 严新平, 吴智铭. 多目标混沌进化算法[J]. 电子学报, 2006, 34(6): 1142-1145. .
- [11] 王健宗, 谌炎俊 面向云存储的I / O资源效用优化调度算法研究 计算机研究与发展 2013, 50(8): 1657—1666
- [12] 陈康 郑纬民. 云计算系统实例与研究现状[J]. 软件学报 2009,20(5) :1337-1348
- [13] L. Grit, D. Irwin, A. Yumerefendi and J. Chase. Virtual Machine Hosting for Networked Clusters. Proceedings of the 2nd International Workshop on Virtualization Technology in Distributed Computing, 2006.
- [14] F. Hermenier, X. Lorca, J.-M. Menaud, G. Muller and J. Lawall. Entropy:a Consolidation Manager for Cluster. In proc. of the 2009 International Conference on Virtual Execution Environments (VEE' 09), Mar. 2009.
- [15]CLOUDS Lab. A Framework for Modeling and Simulation of Cloud Computing Infrastructures and Services Introduction[EB / OL]. 2010—10—121. [http: //www. buyyacortffgridbus / cloudsim / .](http://www.buyyacortffgridbus/cloudsim/)