基于包簇框架的面向能耗的资源分配方法

**0 引言**

云计算是当前科技领域最热的研究，其原理就是通过虚拟化技术将数以万计的计算机设备资源整合成一个巨大的资源池，包括计算、网络以及存储等资源，而用户则可以通过租赁的方式以较低的价格获得自己需要的设备及资源，而无需考虑设备的购买及来源，这种模式极大地方便了人们的生活。【1】

随着云计算的发展，用户需求扩大，越来越多的数据中心被建立起来，这使得数据中心的能耗也在随之增加，根据微软相关报道，数据中心的物理资源所产生的能耗占总能耗的45%【2】。而数据中心每年产生的能耗更是成倍的增长，仅仅基础设施等设备产生的能耗就占了所有运行成本的75%。因此，降低数据中心能耗问题是当前甚至以后云计算领域的重要课题。

目前，针对数据中心的能耗问题，许多研究者对能耗优化的策略进行了讨论。文献【a3】针对资源虚拟化环境中的混合型负载调度问题，提出了一种基于能耗比例模型的虚拟机调度算法，采用“最近最小能耗比例优先”的策略进行调度。文献【b4】利用约束满足问题对异构云数据中心的能耗优化资源调度问题建模，通过求解建立的约束模型可以获得能耗最优的资源分配方式，并在此基础上提出了能耗优化的资源分配算法。文献【c5】公开了一种云计算能耗关键的三维度虚拟资源调度方法，从CPU、内存以及网络带宽三个维度充分考虑了如何有效地降低数据中心的能耗。文献【d6】通过建立系统模型,确定节能目标函数以及相关变量。针对任务集的物理资源分配问题,提出一种节能调度算法即任务集整合算法。

以上研究方案都是在传统数据中心资源分配方式即以虚拟机为中心的方式下进行的，存在许多局限性。现有的数据中心以应用为中心的资源管理方式将在扩展性和灵活性上面临着巨大的挑战，这些问题出现的根本原因是其以虚拟机为中心，并且使用扁平、细颗粒度的资源分配方式，资源直接在个体的虚拟机与个体的物理机之间进行映射，可以想象映射之复杂。

因此，本文将在一种全新的资源管理框架上即包簇框架下针对当下能耗的问题进行研究，提出一种基于包簇框架的面向能耗的资源分配方法。本文将在包簇框架的基础上，建立一个基于。。。。的能耗模型，并提出一种改进的蚁群算法来实现次框架。该算法将以。。。为目标，尽可能的将包集中地分配在簇上，提高资源的利用率，最终达到降低数据中心能耗的目的。

**1问题描述**

### 1.1包簇介绍

采用递归的方式来定义抽象的，多层次的包和簇。其中，将一个资源共享的虚拟机组合模块化为需求包，再将多个包进一步抽象成一个更高级别的包，即二级包可由多个一级包与虚拟机组成，而一个二级包也可以由多个三级包或者多个虚拟机组成，以此类推，进而由虚拟机与包构成一个层次化组织构架。所以实际上包就是虚拟机或其他包的集合。与之相对应的簇也是相似的，我们定义“簇”作为数据中心拓扑结构中位置相近的服务器或者更低级别的簇的集合，这里的簇的定义也是一个递归定义，也就是说一个一级簇可以由多个二级簇组成，针对每个二级簇也可以由多个三级簇组成或者多个服务器组成。簇中所持有的资源其实就是其下面的所有各部分的子簇的资源总和【参考师兄7】。因此，数据中心资源也可以组成由服务器、簇、簇中簇构成的多级别的层次架构。

我们用包和簇来将虚拟机-服务器映射问题转换成一系列小得多的包-簇映射问题：首先，将最上层的大型包映射给最上层的大型簇，每个簇应有足够的资源来支持映射给它的包的总需求。然后， 对于每一个簇及它所支持的包，我们进一步将其下一级别的包映射到下一级别的簇，这个过程递归重复，直到虚拟机被映射到服务器。该方法将一个指数级复杂度的问题分解为一些小问题，而这些小问题每个计算规模都不大，可以逐个地利用整数规划方法来解决。另外，属于同一个包的虚拟机将在相互临近的属于同一个簇的服务器上实现，从而有利于在簇控制器的监测管理下实现资源共享。

### 1.2包簇模型

我们以簇层次结构中任意一个簇来描述资源分配问题，该簇具有个子簇（或服务器），以为子簇标号，。假设已分配给的包由个子包（或虚拟机）组成，标号为，。我们要解决的问题是如何最优地将这个子包分配给中的个子簇，应该强调的是同一个算法又可以递归调用来把子包的子包映射到子簇的子簇，直至最终的虚拟机到服务器的映射。假设存在种资源，以为序。每个子包均对应一个描述所需资源总量的向量，其中每一项表示一个资源类型。每一个子簇，，也对应一个描述可资分配的资源总量的向量。

可用资源和用户需求都可能随时间变化。我们将时间划分为离散的时间段，一个时间段的长度可以是一个小时，一天，或其他间隔值。资源分配的总时间为T（以时间段为计量单位）。对每一个子包而言，在时间对资源的需求总量表示为，其中，。而对每一个子簇而言，在时间时资源的可用总量记为。我们把资源分配通过矩阵变量表示为：，其中，，，。每个实际上是二进制0-1变量：当且仅当在时间时包被分配给簇，则;否则，=0。我们要求：对任何时间，,也就是在任何时候每个包正好只分配给一个簇，由那个簇来实现资源分配。

### 1.3能耗模型

在服务器能耗中，CPU占据了巨大多数的部分，因此本文在进行能耗建模时，将使用CPU能耗来近似地代表服务器的能耗。在文献【8】【9】中验证了CPU使用率与能耗呈近似线性关系，所以本文利用CPU使用率来建立近似的能耗模型。

 （1）

其中，表示在服务器没有负载时的功耗占服务器满负载时的功率比例，代表CPU利用率，代表CPU在使用率为100%时的功率，即最大功率。即公式1是单个服务器在CPU利用率下的功率。

而服务器消耗的总能量一般用服务器的功率和时间之积表示，则公式2即为单个服务器消耗的能量。

 （2）

在包簇框架中，簇是由簇与服务器所组成，其中每个簇与服务器的CPU利用率各不相同，因此在包簇框架下的数据中心的总能耗为：

（3）

又CPU利用率在不同的时间点有所不同，即CPU利用率是随着时间而改变的，我们可以使用积分表示某个时间段内的数据中心的能耗。

（4）

**2.调度算法**

### 2.1装箱问题

装箱问题是复杂的离散组合最优化问题。所谓组合优化,是指在离散的、有限的数学结构上,寻找一个满足给定条件,并使其目标函数值达到最大或最小的解。一般来说,组合优化问题通常带有大量的局部极值点,往往是不可微的、不连续的、多维的、有约束条件的、高度非线性的NP完全问题。装箱问题也不例外,同许多组合最优化问题,如旅行商问题、图的划分问题等一样属于NP-HARD问题。经典的装箱问题要求把一定数量的物品放入容量相同的一些箱子中,使得每个箱子中的物品大小之和不超过箱子容量并使所用的箱子数目最少。本文的资源分配问题即包分配问题就属于装箱问题。

由于目前NP完全问题不存在有效时间内求得精确解的算法,装箱问题的求解极为困难,因此,目前提出的装箱算法主要是各种近似算法,如下次适应、首次适应、降序下次适应和调和算法等，以及启发式算法如遗传算法【10-11】。

### 2.2蚁群算法

在1991年，意大利学者Dorigo、Maniezzo等人在研究新型算法的过程中，发现自然界的蚂蚁虽然视觉不发达，在蚂蚁觅食的过程中，单个的蚂蚁行为没有什么特别，较为简单，但蚁群整体在寻找食物时却赋有了“智慧”，体现出了一些智能的行为，主要表现在蚁群总是可以在没有任何提示的情况下，并且有多条路径，寻找到那一条最短到达食物的路径。他们通过大量实验与研究，发现蚂蚁能后通过某种信息机制实现信息的传递，从而让更多的蚂蚁得到最短路径的信息。【12-13】

蚂蚁究竟是通过什么信息进行传递的呢？研究人员发现蚁群在寻找食物时会在其经过的路径上释放一种称之为“信息素”的物质，即蚂蚁们进行信息交流的机制；蚁群内的其它蚂蚁对“信息素”具有感知能力，它们被吸引着往“信息素”浓度较高路径行走，而每只路过的蚂蚁都会在路上留下该种“信息素”，这样就形成一种类似正反馈的机制，使蚁群总能在一段时间后找到最短路径。

蚁群算法也可以用于解决装箱问题，其在解决多维装箱问题时的基本思路为：用蚂蚁的行走路径表示待优化问题的可行解，整个蚂蚁群体的所有路径构成待优化问题的[解空间](https://baike.baidu.com/item/%E8%A7%A3%E7%A9%BA%E9%97%B4" \t "https://baike.baidu.com/item/%E8%9A%81%E7%BE%A4%E7%AE%97%E6%B3%95/_blank)。路径较短的蚂蚁释放的信息素量较多，随着时间的推进，较短的路径上累积的信息素浓度逐渐增高，选择该路径的蚂蚁个数也愈来愈多。最终，整个蚂蚁会在正反馈的作用下集中到最佳的路径上，此时对应的便是待优化问题的[最优解](https://baike.baidu.com/item/%E6%9C%80%E4%BC%98%E8%A7%A3" \t "https://baike.baidu.com/item/%E8%9A%81%E7%BE%A4%E7%AE%97%E6%B3%95/_blank)。【14】

然而，也正是由于蚁群算法的特性，也使得蚁群算法存在蚁群迷失和早熟的问题【15】。蚁群算法有良好的自适应能力，但当经过一段时间某条路径上的信息素浓度足够高时，即使此时有新的更好的路径出现的情况下，也会由于新路径上的信息素远远不如其他路径，而导致蚁群没有走上最佳的路径，从而迷失。而由于蚁群的正反馈机制，也可能导致蚁群在找到局部最优解时就确定了最终路径，即为早熟问题。针对这些问题，很多研究人员也提出了一些解决方案，如对选择下一节点概率的改进或把蚁群算法与其他相关算法相结合等方式，这些方案都可以在一定程度上缓解蚁群算法的问题。

### 2.3改进的蚁群算法

蚁群算法存在蚁群迷失和早熟问题，其中早熟问题在资源分配算法中也有影响，本文将针对这一问题对一群算法进行改进。除已存在的问题之外，也希望能够提高最优解的质量和收敛速度，因此，提出一种能搞提高收敛速度并且能够有效避免早熟问题的改进的蚁群算法，描述如下：

1. 为使蚂蚁能够在算法的初始阶段更快的收敛到最优解，我们将在初始时为路径上的信息素设置初始值。
2. 为避免出现得到局部最优解后就停滞不前的早熟问题，我们将信息素浓度限制在某个最高阈值与最低阈值之间，为信息素浓度设置值的区间范围。

### 2.4 算法实现

2.4.1适宜度函数

蚂蚁在觅食过程中，信息素对于获得最优解有着至关重要的作用。而装箱问题的解可以通过适宜度函数的大小来评判好坏，信息素的变化量与适宜度函数成正比，即适宜度函数越大，则信息素越多，说明该解的效果越好。

在2.3节中我们建立了能耗模型，本文目标是为了降低系统能耗，因此能耗与解的优劣成反比，我们可以使用能耗的倒数来定义适宜度函数，如下：

 （5）

2.4.2详细算法

设蚁群中蚂蚁的数量为，在簇上随机放置每只蚂蚁的初始位置。每个蚂蚁需要根据概率转移函数从集合中搜索下一个包，概率转移如下：

 （6）

式中，即为蚂蚁可允许选择的包集合，每一次迭代过程中，该集合都会减少，直至为空，本次迭代结束；为启发信息函数，为信息素启发因子，为能见度启发因子，这两个参数反映了蚂蚁在选择包的过程中积累的信息素和启发信息的对蚂蚁选择路径的重要程度；为在时间包和簇路径上的信息素。

在初始时刻，各个信息素的强度均相等，为信息素设置一个初始值（为常数）。信息素会因为蚂蚁的选择而增加，也会随着时间而挥发；当蚂蚁完成对包的搜索过程或者是完成一次迭代后，要对信息素进行更新操作，更新规则如下：

 （7）

 （8）

其中，表示信息素的挥发系数，为蚂蚁在包和簇路径上的信息素增量。为信息素增量函数，即适宜度函数，见公式5。而为避免蚁群早熟问题，将为信息素设定上下限，将信息素设定在一个区间中，其中为信息素的下限，其中为信息素的下限。当超出时，将设为，而当低于时，。

另外，设包集合为；簇集合为，簇在时间时，其上资源的剩余资源容量为。在每次迭代中，蚂蚁需要为特定的簇根据概率转移函数选择包，即为蚂蚁在其当前所在簇上可允许选择的包集，见公式9；当蚂蚁完成一次选择时，需要更新，见公式10。

 （9）

=- （10）

并设为当前累计迭代次数，为循环次数，则算法结束条件为。

2.4.3 算法步骤

资源共享的初始分配算法步骤如下：

（1）初始化及每个包对应的，及每个簇对应的；将包集合里的所有包加入中；将迭代次数置为0；

（2）初始化蚂蚁数量，循环次数，信息素启发因子，能见度启发因子，信息素挥发系数；

（3）将每只蚂蚁随机放置在簇上，作为初始位置，蚂蚁准备出发寻找食物即包；

（4）如果为空，则转（6）；如果不为空，则根据公式5构建，并转到下一步；

（5）若为空，将蚂蚁转移到下一个簇上；若不为空，蚂蚁根据概率转移函数在中选取包放置进当前簇中，更新的剩余容量，同时更新，将包在中删除；转到（4）；

（6）完成本次迭代，判断是否满足结束条件，若不满足，则更新信息素，转（1）继续下一次迭代。否则结束循环，得到最优解集。

1. **实验**

为了验证本文算法在包簇框架下对于能耗问题的有效性，在Cloudsim[16]上进行仿真实验。Cloudsim提供了一个通用的、可扩展的仿真框架，使新兴的云计算基础设施和应用服务无缝建模、仿真和实验。

本实验中设计二级包40个，三级包500个，二级簇80个，三级簇700个，并设每个二级簇下的子簇数量在[5,100]间随机选取，以提高实验的可靠性。为更清晰地描述实验结果，本文选取文献【】中的基于包簇框架下的遗传算法，以及文献【】中在传统数据中心下的遗传算法作为本文算法的对比试验。

以下是改进的蚁群算法中的参数设置：

表1 参数设置

Table 1 Parameter settings

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参数 | 初始值 | 参数 | 初始值 |
| *ρ* | 0.3 | *cycle* | 20 |
| *α* | 2 | 上限阈值 | 80% |
| *β* | 5 | 合理阈值 | 60% |
| *m* | 15 | 下限阈值 | 40% |
| *C* |  |  |  |

在蚁群算法循环20次后得到实验结果如图1、2所示，实验结果表明

5 总结

A 肖鹏, 刘洞波, 屈喜龙,等. 云计算中基于能耗比例模型的虚拟机调度算法[J]. 电子学报, 2015, 43(2):305-311.

B林伟伟, 刘波, 朱良昌,等. 基于CSP的能耗高效云计算资源调度模型与算法[J]. 通信学报, 2013, 34(12):33-41.

C庄毅, 张龙, 朱伟,等. 一种云计算能耗关键的三维度虚拟资源调度方法:, CN106598733A[P]. 2017.

D邓聃婷. 云计算平台的能耗优化调度技术的研究[D]. 西南交通大学, 2016.

1. 实验
2. 参考文献 15个 算法取名字
3. 总结
4. 摘要（200-300） 及英文摘要
5. 关键字（4-8）
6. 公式
7. 格式

6000以内