

# 资源比例不均衡下的虚拟机分配

李泽萌

## 0 概述

云计算将基础设施、平台和软件作为服务，以“按需计费”的方式提供给终端用户，用户通过互联网连接虚拟计算资源[2, 3, 5, 6]。虚拟化技术是云计算的关键技术，虚拟化技术允许多台虚拟机同时操作一台物理机，每台虚拟机独立于其他虚拟机，可作为一个完整的系统执行用户的应用程序[5, 6, 7, 9]。物理机必需提供虚拟机需要的 CPU、内存、存储和网络带宽等资源[6]。如何合理的将虚拟机放置在更少的物理机中，是云计算需要解决的问题，有助于提高物理机的利用率[1, 7]。

针对静态环境下的虚拟机分配问题，同构环境下虚拟机放置策略不断被提出。然而，针对虚拟机资源需求和物理机资源配置相似度，对虚拟机放置的影响方面的研究较少。

由文献，虚拟机资源需求和物理机资源配置的相似度，会影响完成虚拟机放置需要开启的物理机台数和剩余资源量。尤其是，相似度越低时，虚拟机资源需求和物理机实际资源配置差异较大，即虚拟机资源需求和物理机实际资源配置比例不均衡，往往需要开启更多的虚拟机，造成大量剩余资源。

为此，针对虚拟机资源需求和物理机实际资源配置比例不均衡问题，本文引入不同资源配置比例的物理机，将同构云环境下的虚拟机放置问题转化为异构云环境下的虚拟机放置问题，提出了一种资源比例不均衡下的虚拟机放置算法。首先，引入多种配置物理机；其次，用遗传算法划分虚拟机资源需求集合，并对应于各类资源配置的物理机；最后，针对各类资源配置的物理机，采用启发式算法实现同构环境下的虚拟机分配。实验结果表明，应用该放置策略有效解决了虚拟机资源需求和物理机实际资源配置比例不均衡的问题，相比同构环境下的虚拟机放置算法，该算法开启的物理机台数更少，剩余资源量更少。

## 1 相关工作

虚拟机分配问题可看作多维装箱问题。在满足物理机结点可提供的资源约束的条件下，寻找一种最优的虚拟机分配方案，将虚拟机分配至合理的物理机，使得开启的物理机总结点最少。装箱问题是典型的 NP 完全问题，从而几乎不可能在多项式时间内找到最优解，所以大部分的研究都集中在近似算法的分析和讨论上。目前，许多启发式算法、贪心算法和各种演化计算方法被提出，以寻求该问题的近似解。解决虚拟机分配这一优化问题的方法可分为：（1）单一目标方法（2）多目标作为单一目标方法和（3）纯粹的多目标方法[2]。

Nguyen Trung Hieu（文献[1]）等人以最小化激活服务器结点数量为目标，通过最大化物理服务器中每个维度资源利用率的最小负载来改善资源的平衡使用。基于多种约束度量，提出了多维最大化平衡资源利用（Max-BRU）算法以分配大型云数据中心的虚拟机。该算法有效地平衡了多种资源的利用率，从而减少了激活服务器的数量。

张勋<基于动态规划的虚拟机放置策略>以整个数据中心的资源损耗和能耗开销为目标，提出了一种基于动态规划思想的虚拟机放置策略，实现了异构云平台背景下的虚拟机分配，仿真结果表明该策略能够有效地降低系统的能耗和资源损耗。

艾浩军等通过分析云计算虚拟机资源模型，针对模型中虚拟机与物理机的映射问题，以及虚拟机多资源因子、多优化目标的特点，将多目标虚拟机分配问题转化成多维装箱问题，使用遗传算法求解该问题。实验结果表明，该虚拟机部署算法在性能上更优。

综上所述，虚拟机放置问题不仅需要考虑虚拟机各维度的资源需求，还需要考虑物理机可提供的资源。针对虚拟机总资源与物理机资源配比严重不均衡的问题，本文考虑引进多种资源配比的物理机，提出使用遗传算法和启发式分配算法思想解决虚拟机分配问题，使得开启的物理机数量最少。

## 2 问题建模

### 2.1 基本概念

在给出资源配置比例严重失调下的虚拟机分配问题描述之前，先对如下概念作出说明。

#### 2.1.1 虚拟机放置问题

云主机租户们共请求了  $n$  台虚拟机， $VList = (V_1, V_2, \dots, V_n)$ 。其中虚拟机资源是多维度的，本文仅讨论 CPU 计算资源和内存资源，每台虚拟机  $V_i$  表示为  $(V_c^i, V_m^i)$ ，虚拟机资源需求总量表示为  $(V_c, V_m)$ 。

云数据中心物理机集合为  $PList = (P_1, P_2, \dots, P_n)$ 。对于同构系统，物理机  $P_i$  资源配置均相同，表示为  $(P_c, P_m)$ 。将虚拟机请求映射到合适的物理机是虚拟机放置问题研究的主要内容。

### 2.1.2 资源需求配比不均衡

云计算环境虚拟机分配性能影响因素分析<sup>[9]</sup>中定义了单类资源的需求配置比和虚拟机资源需求和物理机资源配置相似度。设虚拟机  $V_i$  的 CPU 计算资源配置比例为  $confRatio_{cpu} = \frac{V_c}{P_c}$ ，内存资源资源配置比例为  $confRatio_{mem} = \frac{V_m}{P_m}$ 。设虚拟机资源需求和物理机资源配置相似度为：

$sim = \min\{confRatio_{cpu}, confRatio_{mem}\} / \max\{confRatio_{cpu}, confRatio_{mem}\}$ 。完成虚拟机放置任务需要的物理机数量  $N = \max\{confRatio_{cpu}, confRatio_{mem}\}$ 。

由上式， $sim \in [0,1]$ ， $sim$  越接近于 1，虚拟机资源需求和物理机资源配置相似度越高；反之， $sim$  越接近于 0，虚拟机资源需求和物理机资源配置相似度越低。

对于虚拟机放置问题，虚拟机资源需求和物理机资源配置相似度越低，虚拟机资源需求和物理机资源配置比例越不均衡。需要开启更多台物理机，剩余大量资源。

### 2.1.3 物理机数量估计值

完成同构环境下的虚拟机放置任务需要的物理机数量记为  $N$ ，可由虚拟机需求总量和物理机资源配置的比值估计物理机数量  $\hat{N}$ ，即  $\hat{N} = \max\{confRatio_{cpu}, confRatio_{mem}\}$ 。

### 2.1.4 资源稀缺度

资源稀缺度  $scarcity$  取决于各类资源配置比例比值，可通过此公式计算  $scarcity = confRatio_{cpu} - confRatio_{mem}$ 。由此，资源稀缺度值大于 0，CPU 计算资源为稀缺资源；资源稀缺度值小于 0，内存资源为稀缺资源。根据资源稀缺度，从小到大，对  $VList$  内的虚拟机需求进行排序，得到排序后的虚拟机资源需求分布序列  $VList_{sorted} = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ 。

### 2.1.5 剩余资源比

剩余资源 *remain* 由物理机中放置了虚拟机后剩余资源总量  $(N \times P_c - V_c, N \times P_m - V_m)$  的比值确定。剩余资源比 *remainRate* 取决于开启物理机的资源总量和剩余资源总量的比值确定，可通过以下公式表示：

$$remainRate(N) = \max\{N \times P_c / (N \times P_c - V_c), N \times P_m / (N \times P_m - V_m)\}$$
，由上可知，*remainRate* 值越大，剩余资源量越少；*remainRate* 值越接近于 1，剩余资源量越大。

## 2.2 问题描述

资源配置比例严重失调：虚拟机需求总量和物理机资源配置相似度 *sim* 接近于 0。若基于同构环境下的放置策略，则需要开启更多物理机，且某类资源将会有大量剩余，即 *remainRate* 接近于 1。

引入多种配置的物理机可解决此问题。本文中，参考虚拟机资源需求分布的跨度分类，结合实际物理机资源配置和虚拟机需求总量，引入另一种资源配置的物理机，构成异构物理机组  $P_{pair} = \{P_1, P_2\}$ 。

基于两种配置的物理机，本文对虚拟机需求队列作划分处理，达到减少开启物理机台数，节约物理机资源的效果。具体问题分解成以下几个部分：

- 1) 根据现有物理机资源配置和虚拟机需求总量，引入另一种资源配置的物理机。
- 2) 划分虚拟机资源需求集合，使其分别与两种配置物理机相匹配。
- 3) 分别实现基于两种配置物理机的虚拟机放置。

## 3 算法描述

本文提出的算法具体可以分为两大阶段：

第一阶段 依据已有物理机和引入的物理机资源配置和虚拟机资源需求，采用遗传算法划分虚拟机资源需求集合。

第二阶段 确定资源稀缺度，依据资源稀缺度分别对每类虚拟机需求集合排序。在相应资源配置类型的物理机上使用启发式算法放置。

### 3.1 虚拟机资源需求集合划分

该阶段的主要任务是划分虚拟机资源需求集合，使其与各类物理机资源配置相对应，本文中仅针对两类物理机试验。本文采用遗传算法实现虚拟机资源需求集合划分。

### 3.1.1 染色体编码

装箱问题的染色体编码有基于箱子、基于物品、基于组 3 种编码方式。本文采用基于箱子的编码方式。若有  $n$  台虚拟机,  $M$  种资源配置物理机。第  $i(i \in 1 \cdots n)$  台虚拟机放置在第  $j(j \in 1 \cdots m)$  类物理机上, 则序列  $i$  位置的编码表示为  $j-1$ 。随机生成长度为  $n$  的染色体序列。

### 3.1.2 适应度函数

虚拟机资源需求集合划分以物理机开启台数少, 剩余资源比低为目标。适应度函数融合以上两个目标评估染色体个体, 通过一下方式表达:

$$fitness = 1 / (\alpha \cdot \hat{N} + \beta \cdot remainRate(\hat{N}))$$
$$\alpha$$
 和  $\beta$  为影响因子。物理机开启台数越少, 剩余资源比越低,  $fitness$  值越大, 染色体越优秀。

## 3.2 虚拟机放置

虚拟机资源需求集合划分为两个集合。每个集合虚拟机与各类物理机相对应。采用同构环境下的启发式算法对编码为  $j-1$  的虚拟机完成在相应  $j$  类资源配置的物理机上的放置。至此, 得到具体虚拟机放置结果, 得出需要开启的各资源类型的物理机数量, 及相应的剩余资源比。

## 4 实验研究

同构环境下的遗传算法、启发式算法。评价指标虚拟机台数、剩余资源量。