(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105426241 A
(43)申请公布日 2016.03.23

(21)申请号 201510782854.4

(22)申请日 2015.11.16

(71)申请人 北京航空航天大学
地址 100191 北京市海淀区学院路37号

(72)发明人 吴文峻 赵德栋 孙昊昊 孟宪

(74)专利代理机构 北京永创新实专利事务所 11121
代理人 赵文利

(51)Int.Cl.
G06F 9/48(2006.01)
G06F 9/50(2006.01)
G06F 1/32(2006.01)
H04L 29/08(2006.01)

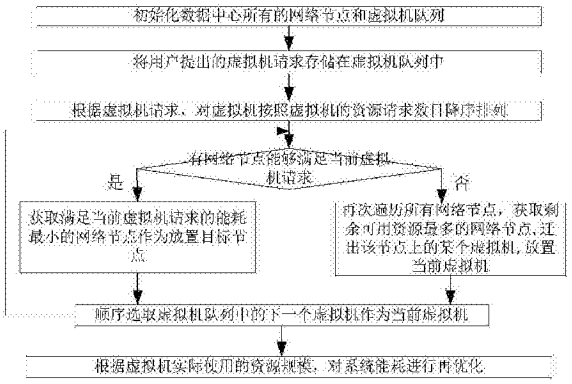
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于云计算数据中心的统一资源调度节能方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于云计算数据中心的统一资源调度节能方法，步骤如下：一、初始化网络节点和虚拟机队列；二、将虚拟机请求存储在虚拟机队列中；三、对虚拟机按照虚拟机的资源请求数目降序排列；四、依次遍历所有网络节点，判断是否有网络节点满足当前虚拟机请求；如果有，将当前虚拟机请求的能耗最小的网络节点作为放置目标节点，否则，寻找剩余可用资源最多的网络节点，迁出该节点上的某个虚拟机，放置当前虚拟机；五、顺序选取下一个虚拟机作为当前虚拟机，重新判断；六、对系统能耗进行再优化。优点在于：平衡了最小化功耗问题和满足SLA要求之间的矛盾关系，是面向能耗优化的资源调度算法，在能耗优化方面具有更高的效率。



CN 105426241 A

1. 一种基于云计算数据中心的统一资源调度节能方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤一、初始化数据中心所有的网络节点和虚拟机队列；

初始化网络节点包括：1) 将各节点的能耗使用、资源使用设为零；2) 为每个网络节点的使用率设定上下阈值；

将虚拟机列表集合设为空集；

步骤二、将用户提出的虚拟机请求存储在虚拟机队列中；

步骤三、根据用户提交的虚拟机请求，对虚拟机按照虚拟机的资源请求数目降序排列；

步骤四、针对排列后的虚拟机，依次遍历所有网络节点，判断是否有网络节点能够满足当前虚拟机请求；如果满足，进入步骤五；否则进入步骤六；

当前虚拟机记为 Vm_j，$1 \leqslant j \leqslant n$，n 为请求资源的虚拟机的总数；$Vm_j$初始为资源请求数目最多的虚拟机；

步骤五、获取满足当前虚拟机请求的能耗最小的网络节点作为放置目标节点，进入步骤七；

步骤六、再次遍历所有网络节点，获取剩余可用资源最多的网络节点，迁出该节点上的某个虚拟机，放置当前虚拟机，进入步骤七；

步骤七、顺序选取虚拟机队列中的下一个虚拟机作为当前虚拟机，返回步骤四；直至将虚拟机队列中所有虚拟机放置完毕，算法结束；

步骤八、根据虚拟机实际使用的资源规模，对系统能耗进行再优化。

2. 如权利要求 1 所述的一种基于云计算数据中心的统一资源调度节能方法，其特征在于，所述的步骤五，具体为：

步骤 501、依次遍历所有网络节点，对能满足当前虚拟机资源请求数目的网络节点进行标记；

如果某个网络节点的可用资源数目大于等于当前虚拟机的资源请求数目，则该网络节点满足虚拟机请求，标记该网络节点的布尔变量 W(Node) 值为 1；

步骤 502、针对标记的各个网络节点，分别计算虚拟机放置在各标记网络节点上的能耗；

步骤 503、选取能耗最小的网络节点作为放置目标节点；

步骤 504、将当前虚拟机放在放置目标节点上，并更新放置目标节点。

3. 如权利要求 1 所述的一种基于云计算数据中心的统一资源调度节能方法，其特征在于，所述的步骤六，具体为：具体为：

步骤 601、遍历所有网络节点，寻找剩余可用资源最多的网络节点，记为 $Node_k$

步骤 602、对网络节点 $Node_k$上各虚拟机的使用资源升序排列；

步骤 603、依次选取从小到大排序后的虚拟机作为待迁出虚拟机 Vm_t；

步骤 604、判断将待迁出虚拟机 Vm_t迁出后，节点 $Node_k$的剩余可用资源能否符合当前虚拟机 Vm_j的资源请求，如果能，将待迁出虚拟机 Vm_t迁出，同时将当前虚拟机 Vm_j放置到节点 $Node_k$，并更新节点 $Node_k$能耗使用和资源使用信息；否则，当前虚拟机 Vm_j没有成功放置，返回步骤 603；

步骤 605、遍历其余网络节点，为待迁出虚拟机 Vm_t寻找目标节点进行放置；

计算其余各网络节点的当前剩余可用资源，寻找能满足虚拟机 Vm_t 的资源请求，且虚拟机资源使用率最高的节点，将待迁出虚拟机 Vm_t 迁移到该节点，并更新该节点能耗使用和资源使用信息；

步骤 606、如果网络节点 $Node_k$，将使用资源最大的虚拟机迁出后，剩余的可用资源仍不满足当前虚拟机 Vm_j 的资源请求数目，则返回步骤 601 继续遍历其余所有网络节点。

4. 如权利要求 1 所述的一种基于云计算数据中心的统一资源调度节能方法，其特征在于，所述的步骤八，具体为：当虚拟机队列中所有虚拟机放置完毕后，集群中没有新的虚拟机请求到来时，对集群中的各网络节点分别计算当前的能耗；

将各节点上虚拟机的使用资源升序排列，同时计算各节点的剩余可用资源；如果某网络节点 Node 上的剩余可用资源满足另一个网络节点上某个虚拟机 Vm 的使用资源，则将虚拟机 Vm 迁移到网络节点 Node 上，更新网络节点 Node 的能耗使用和资源使用信息，使网络节点 Node 的使用资源最大化；或者将某网络节点使用资源较小的虚拟机迁出后，该网络节点的剩余可用资源满足资源使用数目更大的虚拟机，将资源较小的虚拟机迁移，放置资源使用数目更大的虚拟机并更新该网络节点能耗使用和资源使用信息。

一种基于云计算数据中心的统一资源调度节能方法

技术领域

[0001] 本发明属于云计算领域，具体来说是一种基于云计算数据中心的统一资源调度节能方法。

背景技术

[0002] 随着云计算的提出和发展，数据中心的高能耗问题开始受到了社会各界的广泛关注，大量的计算资源和存储资源从分布式松散放置过渡到集中在云端，给能耗的高效管理带来更大的挑战。由于云计算数据中心的数据量日益增大，云计算基础设施 (IaaS) 的设计者和管理者面临着巨大的财政刺激和调控压力，希望能够找到有效的策略来降低云计算系统的运行和维护成本，减少云计算数据中心的能耗，进而减少二氧化碳排放。

[0003] 目前的研究与实践通常采取两种方法来实现能效优化 :一种是数据中心采用可再生能源进行供电 ;另一种方法是利用虚拟机的聚合和迁移，整合工作的虚拟机，提高物理资源的使用效率，减少能源消耗。

[0004] 很多研究提出了在云计算基础架构上的各种节约能耗方法。其中大部分方法侧重于具有能耗感知 (Energy Aware) 特性的虚拟机的分配和调度的资源管理算法。其基本思想是 :减少分配给虚拟机工作的服务器数量，关闭或休眠那些闲置的没有任何工作的机器，从而达到提高运行设备的效率，进而在云计算基础设施层中节约能耗的目的。此外，还可以通过把虚拟机放置在最少数量的服务器上，使部分计算资源过渡到低功耗状态，提高资源的利用率。

[0005] 云计算环境中不同的工作负载也是数据中心能耗问题面临的挑战，用户可以运行各种类型的任务，如社交网络、科学计算、商业服务。这些任务往往在处理器使用率、内存和存储访问上，表现出不同的特点。同时，所有这些不同工作负载通常在服务等级协议上，有着不同的服务质量要求。这使得设计一个优秀的资源调度算法，变得异常复杂。

[0006] 目前，云计算数据中心内虚拟机资源的聚合与迁移，可视为一个有着多重优化目标和约束条件的优化问题。为了找到最优解决方案，可以把虚拟机的分配和迁移过程，看成一个多维装填问题 (Bin Packing Problem) 的实例。由于该问题的 NP- 难性质，人们已经证明诸如“First-Fit-Decreasing-Resource”和“Best-Fit-Decreasing-Resource”的启发式方法可以为该问题提供良好的效果。为了评估不同的启发式算法，研究者通常使用实验或仿真的方式，测试这些算法在不同的情况下的效果。但是在真实的实验环境中，为准确分析一个数据中心的能耗，必须为其建立大量的能耗测量探头。同时，为了测试资源调度算法的性能及后果，也需要花费很多的精力去修改数据中心的资源调度策略。因此，模拟成为在大规模云计算数据中心上，研究具有能耗优化的资源调度算法的最可行的办法。

发明内容

[0007] 本发明针对现有技术中，在数据中心资源调度能耗管理上存在的复杂度高和节能效果不明显等问题，提出了一种基于云计算数据中心的统一资源调度节能方法。

[0008] 包括以下步骤

[0009] 步骤一、初始化数据中心所有的网络节点和虚拟机队列；

[0010] 初始化每一个网络节点包括：1) 将各节点的能耗使用、资源使用设为零，包括将CPU和内存设为零；2) 为每个网络节点的使用率设定上下阈值；

[0011] 将虚拟机列表集合设为空集；

[0012] 步骤二、将用户提出的虚拟机请求存储在虚拟机队列中；

[0013] 步骤三、根据用户提交的虚拟机请求，对虚拟机按照虚拟机的资源请求数目降序排列。

[0014] 对于资源请求数目多的虚拟机优先放置。

[0015] 步骤四、针对排列后的虚拟机，依次遍历所有网络节点，判断是否有网络节点能够满足当前虚拟机请求。如果满足，进入步骤五；否则进入步骤六；

[0016] 当前虚拟机记为 Vm_j，$1 \leqslant j \leqslant n$，n 为请求资源的虚拟机的总数；$Vm_j$初始值为资源请求数目最多的虚拟机；

[0017] 步骤五、获取满足当前虚拟机请求的能耗最小的网络节点作为放置目标节点，进入步骤七；

[0018] 具体为：

[0019] 步骤 501、依次遍历所有网络节点，对能满足当前虚拟机资源请求数目的网络节点进行标记；

[0020] 如果某个网络节点的可用资源数目大于等于当前虚拟机的资源请求数目，则该网络节点满足虚拟机请求，标记该网络节点的布尔变量 W(Node) 值为 1；

[0021] 步骤 502、针对标记的各个网络节点，分别计算虚拟机放置在各标记网络节点上的能耗；

[0022] 使用公式 ENERGY-ESTIMATE 进行计算；

[0023] 步骤 503、选取能耗最小的网络节点作为放置目标节点；

[0024] 步骤 504、将当前虚拟机放在放置目标节点上，并更新放置目标节点信息，进入步骤七。

[0025] 步骤六、再次遍历所有网络节点，获取剩余可用资源最多的网络节点，迁出该节点上的某个虚拟机，放置当前虚拟机，进入步骤七；

[0026] 具体为：

[0027] 步骤 601、遍历所有网络节点，寻找剩余可用资源最多的网络节点，记为 $Node_k$

[0028] 步骤 602、对网络节点 $Node_k$上各虚拟机的使用资源升序排列；

[0029] 步骤 603、依次选取从小到大排序后的虚拟机作为待迁出虚拟机 Vm_t；

[0030] 待迁出虚拟机 Vm_t初始值为节点 $Node_k$上使用资源最小的虚拟机；

[0031] 步骤 604、判断将待迁出虚拟机 Vm_t迁出后，节点 $Node_k$的剩余可用资源能否符合当前虚拟机 Vm_j的资源请求，如果能，将待迁出虚拟机 Vm_t迁出，同时将当前虚拟机 Vm_j放置到节点 $Node_k$，并更新节点 $Node_k$信息。否则，当前虚拟机 Vm_j没有成功放置，返回步骤 603。

[0032] 步骤 605、遍历其余网络节点，为待迁出虚拟机 Vm_t寻找目标节点进行放置；

[0033] 计算其余各网络节点的当前剩余可用资源，寻找能满足虚拟机 Vm_t的资源请求，且虚拟机资源使用率最高的节点，将待迁出虚拟机 Vm_t迁移到该节点，并更新该节点信息。

[0034] 步骤606、如果网络节点$Node_k$，将使用资源最大的虚拟机迁出后，剩余的可用资源仍不满足当前虚拟机Vm_j的资源请求数目，则返回步骤601继续遍历其余所有网络节点。

[0035] 步骤七、顺序选取虚拟机队列中的下一个虚拟机作为当前虚拟机，返回步骤四；直至将虚拟机队列中所有虚拟机放置完毕，算法结束。

[0036] 步骤八、根据虚拟机实际使用的资源规模，对系统能耗进行再优化。

[0037] 当虚拟机队列中所有虚拟机放置完毕后，集群中没有新的虚拟机请求到来时，对集群中的每个网络节点通过公式ENERGY-ESTIMATE计算各节点当前的能耗；

[0038] 具体为：首先将各节点上虚拟机的使用资源升序排列；然后计算各节点的剩余可用资源；如果某网络节点Node上的剩余可用资源满足另一个网络节点上某个虚拟机Vm的使用资源，则将虚拟机Vm迁移到网络节点Node上，更新网络节点Node的信息，使网络节点Node的使用资源最大化；

[0039] 或者将某网络节点使用资源较小的虚拟机迁出后，该网络节点的剩余可用资源满足资源使用数目更大的虚拟机，将资源较小的虚拟机迁移，放置资源使用数目更大的虚拟机并更新该网络节点信息。

[0040] 将所有网络节点经过迁移处理；优化后为下一个虚拟机请求队列释放更多的剩余资源。

[0041] 本发明的优点在于：

[0042] 1、一种基于云计算数据中心的统一资源调度节能方法，通过对云计算数据中心的能耗问题进行建模，该数学模型具有全系统、精确、快速、通用性、弹性、简单等特点。

[0043] 2、一种基于云计算数据中心的统一资源调度节能方法，是面向能耗优化的资源调度算法，在能耗优化方面具有更高的效率。

[0044] 3、一种基于云计算数据中心的统一资源调度节能方法，平衡了最小化功耗问题和满足SLA要求之间的矛盾关系。

附图说明

[0045] 图1为本发明一种基于云计算数据中心的统一资源调度节能方法流程图；

[0046] 图2为本发明获取目标节点放置虚拟机的方法流程图；

[0047] 图3为本发明利用虚拟机迁移算法放置虚拟机的方法流程图。

具体实施方式

[0048] 下面将结合附图对本发明作进一步的详细说明。

[0049] 针对云计算中的能耗进行建模，设计出合理的调度算法在不降低服务等级的前提下，降低数据中心能耗。

[0050] 一种基于云计算数据中心的统一资源调度节能方法，输入申请的虚拟机、集群节点以及当前的虚拟机列表，通过运算将输出更新后的资源池与虚拟机列表。首先初始化网络节点和虚拟机队列，接下来放置和迁移虚拟机，虚拟机的放置和迁移会改变系统和节点的状态。为了避免相互影响，虚拟机的放置和迁移将会分开进行。当需要分配虚拟机列表中的虚拟机时，系统执行虚拟机放置算法，选取最合适的节点放置虚拟机；当虚拟机列表为空，且已经持续了T时间后，系统进行虚拟机迁移操作。

[0051] 如图 1 所示，具体步骤如下：

[0052] 步骤一、初始化数据中心所有的网络节点和虚拟机队列。

[0053] 云计算数据中心网络节点的作用是实现中转、负载均衡、平分资源、冗余等功能；

[0054] 集群中通常包含很多个网络节点，每个网络节点定义为不同的虚拟机操作，即每一个网络节点上设有多个虚拟机；

[0055] 虚拟机是云计算资源的基本调度单位，虚拟机的个数根据用户请求设定。

[0056] 初始化操作如下：1)、遍历所有的网络节点，将各网络节点的能耗使用、资源使用(CPU、内存等）设为零；设定各网络节点使用率的上、下阈值。

[0057] 设定使用率阈值的目的是为了提高能源效率。通过控制节点的资源情况在指定的范围内，可以节省更多的资源，同时确保节点的服务质量。

[0058] 2)、虚拟机列表集合设为空集；

[0059] 步骤二、将用户提出的虚拟机请求存储在虚拟机队列中。

[0060] 当初始化使用的网络节点后，虚拟机队列已经清空。用户提交虚拟机请求时，则会被存储在虚拟机队列中。然后，为每个网络节点设定上下阈值，再将总的时间设定为零。

[0061] 步骤三、根据用户提交的虚拟机请求，按照虚拟机列表中的虚拟机资源请求数目降序排列。

[0062] 对虚拟机列表中的请求按照申请的规模降序排列，将虚拟机的资源请求数目从大到小进行排列。目的在于算法优化，对于资源占用多的虚拟机优先放置。

[0063] 步骤四、针对排列后的虚拟机，依次遍历所有网络节点，判断某个网络节点是否能够满足当前虚拟机资源请求。如果满足，进入步骤五；否则进入步骤六；

[0064] 当前虚拟机记为 Vm_j，$1 \leqslant j \leqslant n$；n 为请求资源的虚拟机的总数；$Vm_j$初始值为排列后的第一个虚拟机，即资源请求数目最多的虚拟机；

[0065] 步骤五、获取满足当前虚拟机请求的能耗最小的网络节点作为放置目标节点，进入步骤七；

[0066] 如图 2 所示，具体步骤为：

[0067] 步骤 501、依次遍历所有网络节点，对能满足当前虚拟机资源请求数目的网络节点进行标记；

[0068] 如果某个网络节点的可用资源数目大于等于当前虚拟机的资源请求数目，则该网络节点满足虚拟机请求，标记该网络节点的布尔变量 W(Node) 值为 1；

[0069] 步骤 502、针对步骤 501 中标记的各个网络节点，分别计算虚拟机放置在各个标记网络节点上的能耗；

[0070] 统计布尔变量 W(Node) 值为 1 的网络节点，且通过公式 ENERGY-ESTIMATE 计算虚拟机放置在各节点上的能耗；

[0071] 虚拟机放置算法中的 ENERGY-ESTIMATE 是基于节点的能耗模型的，与服务器当前的使用状态和虚拟机申请的资源规模相关。虚拟机对服务器的能耗估计为放置该虚拟机后，服务器能耗增长的部分。

[0072] 步骤 503、选取步骤 502 中能耗最小的网络节点作为放置目标节点；

[0073] 步骤 504、将当前虚拟机放在放置目标节点上，并更新放置目标节点信息，进入步骤七。

[0074] 该算法的目标不仅是让虚拟机和物理节点进行匹配，也要让集群的能耗最少。

[0075] 从虚拟机列表中选择一个虚拟机 i，添加到放置目标节点的虚拟机集合中，并将虚拟机 i 放置在该节点上，更新该节点信息。

[0076] 步骤六、再次遍历所有网络节点，获取剩余可用资源最多的网络节点，迁出该节点上的某个虚拟机，放置当前虚拟机，进入步骤七；

[0077] 如图 3 所示，具体为：

[0078] 步骤 601、遍历所有网络节点，寻找剩余资源最多的当前网络节点，记为 $Node_k$

[0079] 步骤 602、对节点 $Node_k$ 上各虚拟机的使用资源升序排列，

[0080] 网络节点上虚拟机的使用资源越小，则该节点的剩余资源就越大；

[0081] 步骤 603、按使用资源由小到大的顺序选取虚拟机作为待迁出虚拟机 vm_t；

[0082] 待迁出虚拟机 Vm_t 初始值为节点 $Node_k$ 上使用资源最小的虚拟机；

[0083] 步骤 604、判断将虚拟机 Vm_t 迁出后，节点 $Node_k$ 的剩余可用资源能否符合当前虚拟机 Vm_j 的资源请求，如果满足，将待迁出虚拟机 Vm_t 迁出，同时将当前虚拟机 Vm_j 放置到节点 $Node_k$，并更新节点 $Node_k$ 信息；否则，当前虚拟机 Vm_j 没有成功放置，返回步骤 603。

[0084] 步骤 605、遍历其余网络节点，为待迁出虚拟机 Vm_t 寻找目标节点进行放置；

[0085] 计算其余各网络节点的当前剩余可用资源，寻找能满足虚拟机 Vm_t 的资源请求，且虚拟机资源使用率最高的节点，将待迁出虚拟机 Vm_t 迁移到该节点，并更新该节点信息。

[0086] 步骤 606、如果网络节点 $Node_k$，将使用资源最大的虚拟机迁出后，剩余的可用资源仍不满足当前虚拟机 Vm_j 的资源请求数目，则返回步骤 601 继续遍历其余所有网络节点，；

[0087] 步骤七、顺序选取虚拟机队列中的下一个虚拟机作为当前虚拟机，返回步骤四；直至将虚拟机队列中所有虚拟机放置完毕，算法结束。

[0088] 步骤八、根据虚拟机实际使用的资源规模，对系统能耗进行再优化。

[0089] 使用虚拟机迁移算法，在虚拟机放置算法中，虚拟机优化放置节点是基于虚拟机申请资源的规模。当系统在运行一段时间趋于稳定后，可以采用虚拟机实际使用的资源规模，对系统能耗进行再优化。虚拟机放置算法与虚拟机迁移算法都是集群资源调度算法的子算法。

[0090] 当虚拟机队列中所有虚拟机放置完毕后，集群中没有新的虚拟机请求到来时，对集群中的每个节点通过公式 ENERGY-ESTIMATE 计算各节点当前的能耗，同时预测虚拟机迁移到其他节点后的能耗情况，寻找能耗最小值。如果能耗最小的节点不是这个位置上现有的节点，用能耗最小的节点代替现有节点，完成虚拟机的迁移，并更新这两个节点的信息。重复直到所有节点均经过处理。优化后为下一个虚拟机请求队列释放更多的剩余资源。

[0091] 虚拟机迁移算法可以被看作是对云计算集群的能耗的二次优化。在虚拟机放置算法中，虚拟机优化放置节点是基于虚拟机申请资源的规模。当系统在运行一段时间趋于稳定后，可以采用虚拟机实际使用的资源规模，对系统能耗进行再优化。虚拟机放置算法与虚拟机迁移算法都是集群资源调度算法的子算法。

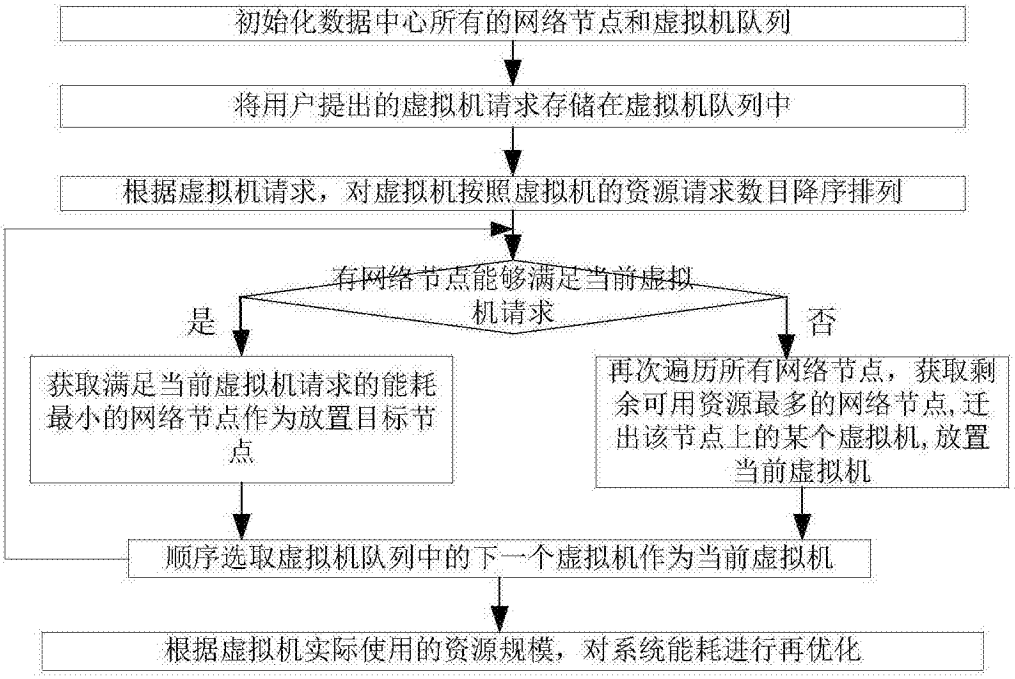

初始化数据中心所有的网络节点和虚拟机队列
将用户提出的虚拟机请求存储在虚拟机队列中
根据虚拟机请求，对虚拟机按照虚拟机的资源请求数目降序排列
有网络节点能够满足当前虚拟机请求
是
否
获取满足当前虚拟机请求的能耗最小的网络节点作为放置目标节点
再次遍历所有网络节点，获取剩余可用资源最多的网络节点，迁出该节点上的某个虚拟机，放置当前虚拟机
顺序选取虚拟机队列中的下一个虚拟机作为当前虚拟机
根据虚拟机实际使用的资源规模，对系统能耗进行再优化

图 1

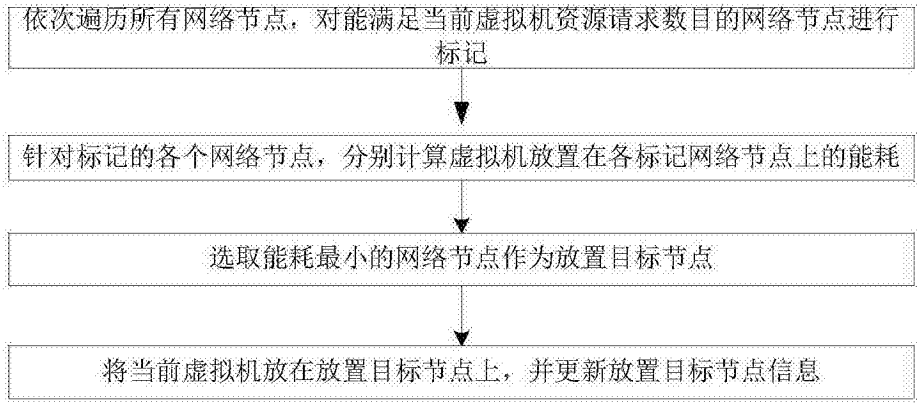

依次遍历所有网络节点，对能满足当前虚拟机资源请求数目的网络节点进行标记
针对标记的各个网络节点，分别计算虚拟机放置在各标记网络节点上的能耗
选取能耗最小的网络节点作为放置目标节点
将当前虚拟机放在放置目标节点上，并更新放置目标节点信息

图 2

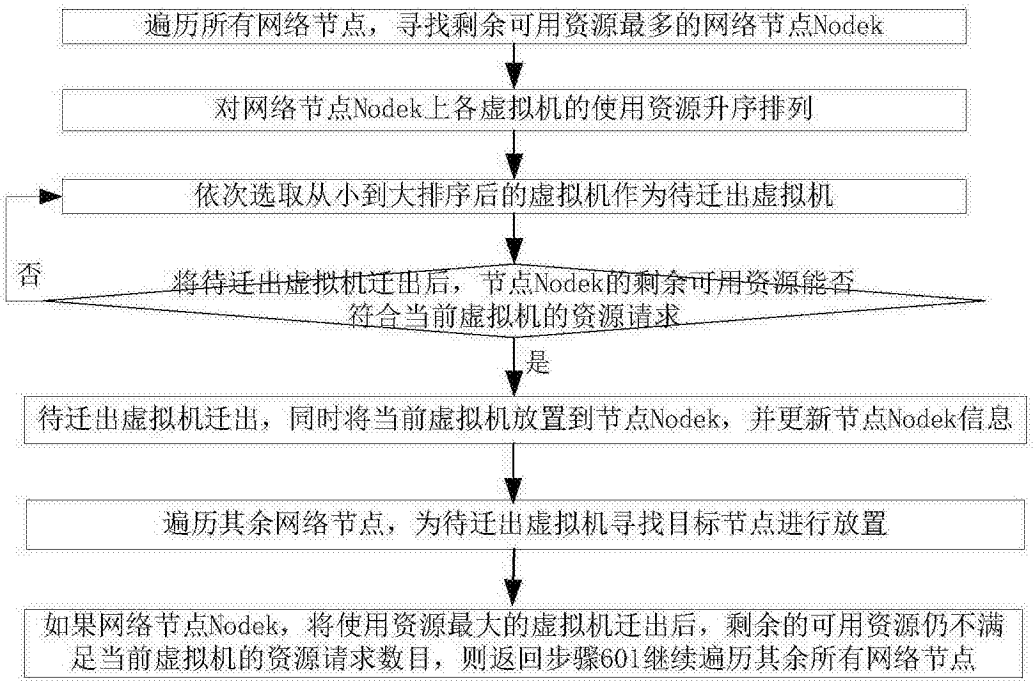

遍历所有网络节点，寻找剩余可用资源最多的网络节点Nodek
对网络节点Nodek上各虚拟机的使用资源升序排列
依次选取从小到大排序后的虚拟机作为待迁出虚拟机
否
将待迁出虚拟机迁出后，节点Nodek的剩余可用资源能否符合当前虚拟机的资源请求
是
待迁出虚拟机迁出，同时将当前虚拟机放置到节点Nodek，并更新节点Nodek信息
遍历其余网络节点，为待迁出虚拟机寻找目标节点进行放置
如果网络节点Nodek，将使用资源最大的虚拟机迁出后，剩余的可用资源仍不满足当前虚拟机的资源请求数目，则返回步骤601继续遍历其余所有网络节点

图 3