



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102929687 A

(43) 申请公布日 2013. 02. 13

(21) 申请号 201210385961. X

(22) 申请日 2012. 10. 12

(71) 申请人 山东省计算中心

地址 250014 山东省济南市历下区科院路  
19 号山东省计算中心

(72) 发明人 王鲁 杨美红 孙萌 马骏  
张新常 张玮 史慧玲

(74) 专利代理机构 济南泉城专利商标事务所  
37218

代理人 李桂存

(51) Int. Cl.

G06F 9/455 (2006. 01)

G06F 1/32 (2006. 01)

H04L 29/08 (2006. 01)

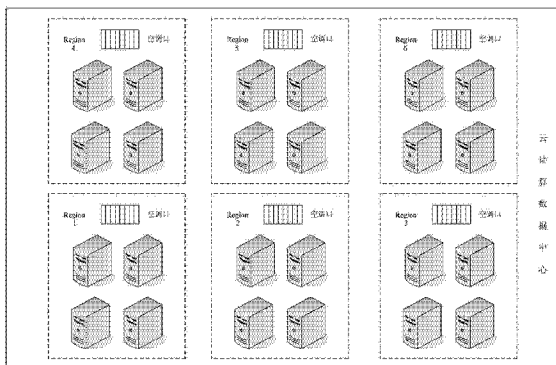
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种节能的云计算数据中心虚拟机放置方法

(57) 摘要

本发明的节能的云计算数据中心虚拟机放置方法,包括 :a. 建立物理服务器区域 ;b. 获取物理服务器信息 ;c. 计算待创建虚拟机资源 ;d. 对物理服务器进行排序 ;e. 建立待创建虚拟机与物理服务器之间的映射 ;f. 判断是否有单个物理服务器满足需求 ;g. 判断是否存在同一分区内的满足要求的物理服务器序列 ;h. 选取空调能耗成本最小、且物理服务器数量最少的服务器序列。本发明的云计算数据中心虚拟机放置方法,优先选用单个物理服务器来创建虚拟机,再选用同一分区内的物理服务器来创建虚拟机 ;在前两者都不存在的情况下,最终选用集中程度最高的物理服务器序列来创建虚拟机,实现云计算中心虚拟机的节能放置,节能效果显著,便于应用推广。



1. 一种节能的云计算数据中心虚拟机放置方法,其特征在于,包括以下步骤:

a. 建立物理服务器区域,将空调制冷系统的一个出风口覆盖的所有物理服务器划分为同一物理服务器分区,形成基于云计算的物理服务器区域;并设物理服务器区域在横向、纵向上所包含的物理服务器分区数目分别为  $x$ 、 $y$  个,  $x$ 、 $y$  均为正整数;

b. 获取物理服务器信息,获取步骤 a 中所有物理服务器的资源使用信息和所在分区信息;

c. 计算待创建虚拟机资源,获取每个待创建虚拟机的 CPU、内存和硬盘大小,并计算出要创建所有虚拟机所需的请求资源;设所需的 CPU、内存和硬盘的请求资源分别为  $CPU_{demand}$ 、 $RAM_{demand}$  和  $DISK_{demand}$ ;

d. 对物理服务器进行排序,对所有物理服务器依据可用资源的大小进行排序,形成物理服务器序列集合,该序列集合记为  $PM$ ;

e. 建立待创建虚拟机与物理服务器之间的映射,在可用资源满足待创建虚拟机请求资源的基础上,搜索满足需求的物理服务器资源序列;并按照序列中包含物理服务器数量的多少对该资源序列进行分类,形成物理服务器序列集合,分别记为  $VM_1, VM_2, \dots, VM_n$ ,其中  $VM_n$  表示包含  $n$  个物理服务器且可用资源满足需求的所有序列的集合,  $n$  为正整数;

f. 判断是否有单个物理服务器满足需求,如果有集合  $VM_1$  存在,则  $VM_1$  中任何一台物理服务器的可用资源均可创建出所有虚拟机,选择其中任一物理服务器作为待创建虚拟机的节点;如不存在集合  $VM_1$ ,则执行步骤 g;

g. 判断是否存在同一分区内的满足要求的物理服务器序列,遍历物理服务器序列集合  $VM_2, \dots, VM_n$ ,寻找出位于同一物理服务器分区内的物理服务器序列,在该物理服务器序列上创建所有虚拟机;如不存在处于同一分区内的满足要求的物理服务器序列,则执行步骤 h;

h. 选取空调能耗成本最小、且物理服务器数量最少的服务器序列,来创建所有虚拟机;空调能耗成本大小与物理服务器集中程度大小成反比。

2. 根据权利要求 1 所述的节能的云计算数据中心虚拟机放置方法,设物理服务器分区的位置用二维坐标  $P = (i, j)$  表示;空调能耗成本用  $cost$  标示,定义:

$$cost = \sum_{P=0}^n L(P_1 - P_2) + \alpha$$

其中  $\alpha$  为满足需求的物理服务器资源序列中所包含的分区的个数,  $L(P_1 - P_2)$  标示满足条件的物理服务器所在两分区之间的拓扑距离;  $\sum_{P=0}^n L(P_1 - P_2)$ , 标示满足条件的物理服务器所在分区两两分区之间的拓扑距离的总和;其特征在于:所述步骤 g 中,如果计算出物理服务器序列集合的空调能耗成本  $cost$  的值为 1,则表明该物理服务器序列集合位于同一物理服务器分区内;如果物理服务器分区  $P_1$ 、 $P_2$  的坐标分别为  $(i_1, j_1)$ 、 $(i_2, j_2)$ ,则  $L(P_1 - P_2) = \sqrt{(i_2 - i_1)^2 + (j_2 - j_1)^2}$ ;步骤 h 中,按照  $VM_2, \dots, VM_n$  的顺序求取所有物理服

务器序列的空调能耗成本  $cost$  的值,选取第一个最小  $cost$  值所对应的物理服务器序列来创建所有虚拟机。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的节能的云计算数据中心虚拟机放置方法,其特征在于:步骤 d 中,所述的物理服务器的可用资源包括 CPU、内存和硬盘的可用资源,分别用  $CPU_{available}$ 、 $RAM_{available}$  和  $DISK_{available}$  标示,分别采用以下公式进行计算:

$$CPU_{available} = CPU_{total} - CPU_{used} - CPU_{threshold}$$

$$RAM_{available} = RAM_{total} - RAM_{used} - RAM_{threshold}$$

$$DISK_{available} = DISK_{total} - DISK_{used} - DISK_{threshold}$$

其中,右下标注为  $total$  的表示资源总量,为  $used$  的表示已用资源量,为  $threshold$  的表示设定的预留阈值;

步骤 e 中,如果一个或多个物理计算机的 CPU、内存和硬盘的可用资源分别大于或等于  $CPU_{demand}$ 、 $RAM_{demand}$  和  $DISK_{demand}$ ,则认为该序列为满足需求的物理服务器资源序列。

## 一种节能的云计算数据中心虚拟机放置方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种节能的云计算数据中心虚拟机放置方法,更具体的说,尤其涉及一种最大限度地将所有待创建虚拟机集中放置的节能的云计算数据中心虚拟机放置方法。

### 背景技术

[0002] 云计算(Cloud Computing)是网络计算、分布式计算、并行计算、网络存储、虚拟化等传统计算机和网络技术发展融合的产物。它是一种商业计算模型,它将计算任务分布在大量物理计算机构成的资源池上,使各种应用系统能够按需获取计算能力、存储空间和信息服务。其核心是服务资源池,其通常是一些可以自我维护 and 管理的虚拟化资源,包括计算服务器、存储服务器和带宽资源。云计算包括以下几个层次的服务:

基础设施即服务(Infrastructure as a Service 简称 IaaS),指消费者通过 Internet 从完善的计算机基础设施获得服务,包括处理、存储、网络和其它基本的计算资源,用户可以在其上自由的部署与运行任意软件。

[0003] 软件即服务(Software as a Service),是指一种通过 Internet 提供软件服务的模式,用户无需购买软件,而是向提供商租用基于 Web 的软件,来管理企业经营活动。

[0004] 平台即服务(Platform as a Service 简称 PaaS),指将软件研发平台作为一种服务,以 SaaS 的模式提交给用户。Paas 是 SaaS 模式的一种应用。PaaS 的出现可以加快 SaaS 的发展,尤其是加快 SaaS 应用的开发速度。

[0005] 云数据中心目前主要采用虚拟数据中心的方式构建,虚拟数据中心,是指利用服务器虚拟化技术,采用互相独立、隔离的虚拟主机提供等同物理机的功能,其成本远远低于物理数据中心。虚拟数据中心的核心是虚拟机,所谓虚拟机,就是计算机软件,其运行于物理硬件或物理计算机之上,它可以运行操作系统(称为客户操作系统)和应用程序,它有自己的虚拟硬件。虚拟机不是仿真器和模拟器,它们是真实的计算机,可以实现与物理计算机相同甚至超过物理计算机的功能。

[0006] 用户可以使用虚拟化技术基于少量的物理服务器提供大规模的虚拟化服务,因此大大降低了云数据中心的构建费用。目前,电能消耗成为云计算数据中心的主要运营成本。以 Google 为例,据已有公开信息,Google 在全球共有 36 个数据中心,一年消耗大约 790 亿千瓦时电力;2011 年,全美国的数据中心共消耗电能 10000 亿千瓦时,折合 74 亿美元。节能问题已经成为云数据中心运营急需解决的一大难题。在云计算数据中心运营中,其通过其庞大的物理服务器集群为用户提供虚拟机自助服务,虚拟机主要创建在各个物理服务器之上,虚拟机的创建会使得物理服务器集群产生大量废热,从而使周围的温度升高,据测算,最高问题可达 50 多度,温度的升高会引起空调制冷系统的工作,通过空调制冷系统来保持数据中心的标准温度,由此引起的电能消耗,约占云数据中心电能消耗的 40%。虚拟机的集中放置,其核心思想是将虚拟机的创建集中于较少的物理服务器之上,从而减少物理服务器废热的产生,节省电能消耗。因此,通过高效的虚拟机集中放置降低制冷系统的电能消耗成为云数据中心节能的一个重要途径。

[0007] 当今主流的虚拟机放置方法主要包括打包法，分条法，负载感知法及内存亲近法。

[0008] 打包法的基本思想是以尽量少使用节点为目标，将虚拟机集中在部分云计算中的节点上运行，实现方式上，采用虚拟机运行数目最多优先原则，即当需要为新建虚拟机选择宿主机时，选择拥有最多数量虚拟机运行的宿主机，打包法的优点是该方法可使大量的虚拟机集中在少数的物理节点上运行，可降低物理服务器成本，打包法的不足是虚拟机过于集中，致使虚拟机资源抢占概率过大，为保证虚拟服务器的质量，大量虚拟机的迁移及资源调整行为必不可少，这样会产生大量的开销。

[0009] 分条法基本思想是以最大化单个服务器节点可用资源为目标，将虚拟机散布在所有节点上运行，实现方式上，采用虚拟机运行数目最少优先原则，即当需要为新建虚拟机选择宿主机是，选择拥有最少数量虚拟机运行的宿主机，其基本思路是受集群负载均衡启发，是虚拟机按数量均匀分布，降低虚拟机资源抢占概率，其缺点是依据虚拟机数量进行放置，把虚拟机数量仅仅抽象为节点上的负载值，过于单一，并且无法区别不同资源(如 CPU，内存，硬盘等)请求的虚拟机对节点造成的实际负载，不够细化，难以实现更细粒度和精度的资源分配需求。

[0010] 负载感知法的目标与分条法相同，力求最大化单个节点上的可用资源。基本设计思路是受节点负载最小启发，将新建虚拟机放置在具有最小负载的节点上运行。实现方式上，采用最大 CPU 空闲率优先原则，即当需要为新建虚拟机选择宿主机是，选择 CPU 空闲率最大的宿主机。其优点与分条法相同，受负载均衡启发，由于考虑节点上的 CPU 资源使用情况，可达到分布式计算系统范围内的 CPU 资源负载均衡。其缺点是该方法只考虑了 CPU 资源，对节点的内存，网络和磁盘使用情况等集群节点负责的重要组成，缺乏考虑。

[0011] 内存亲近法是由 Timothy Wood 博士提出的一种基于内存共享感知的虚拟机放置系统，包括一个内存识别系统，能够有效判断一组虚拟机之间的内存共享潜能，并计算出更有效的放置方式。另外，随着负荷变化，系统还将利用在线迁移优化虚拟机放置，其优点是从集群范围寻找虚拟内存页相同的虚拟机，是他们迁移到同一个集群节点，共享虚拟内存，可提高物理内存利用率，节约内存，提升集群的虚拟机容纳数量。其缺点是由于需要通过虚拟机迁移实现虚拟机放置，方法过程较为复杂，并且若共享虚拟内存的虚拟机过多，无法保证虚拟服务器的服务质量。

[0012] 对于以上提出的虚拟机放置方法，仅从虚拟机放置本身来考虑问题并未结合空调制冷系统能耗的因素进行设计，对于打包法，其思想是尽量将多个虚拟机集中放置到较少的物理服务器中，从而实现电能的减少，但是该方法仅考虑了物理服务器逻辑上的集中，实际中，部署的服务器可能位于不同的物理机柜区域，按此方法部署会使得不同物理服务器区域的温度上升，造成制冷系统的工作，从而消耗电能；对于分条法、负载感知、内存亲近的方法，其思想是将虚拟机分散到多个物理结点，从而实现负载均衡的功能，该类方法会引起大规模范围内温度的上升，引起制冷空调的大面积工作。因此上述方法在实现过程中无法实现空调制冷系统的节能。

## 发明内容

[0013] 本发明为了克服上述技术问题的缺点，提出了一种最大限度地将所有待创建虚拟

机集中放置的节能的云计算数据中心虚拟机放置方法。

[0014] 本发明的节能的云计算数据中心虚拟机放置方法,其特别之处在于:a. 建立物理服务器区域,将空调制冷系统的一个出风口覆盖的所有物理服务器划分为同一物理服务器分区,形成基于云计算的物理服务器区域;并设物理服务器区域在横向、纵向上所包含的物理服务器分区数目分别为  $x$ 、 $y$  个, $x$ 、 $y$  均为正整数;b. 获取物理服务器信息,获取步骤 a 中所有物理服务器的资源使用信息和所在分区信息;c. 计算待创建虚拟机资源,获取每个待创建虚拟机的 CPU、内存和硬盘大小,并计算出要创建所有虚拟机所需的请求资源;设所需的 CPU、内存和硬盘的请求资源分别为  $CPU_{demand}$ 、 $RAM_{demand}$  和  $DISK_{demand}$ ;d. 对物理服务器进行排序,对所有物理服务器依据可用资源的大小进行排序,形成物理服务器序列集合,该序列集合记为  $PM$ ;e. 建立待创建虚拟机与物理服务器之间的映射,在可用资源满足待创建虚拟机请求资源的基础上,搜索满足需求的物理服务器资源序列;并按照序列中包含物理服务器数量的多少对该资源序列进行分类,形成物理服务器序列集合,分别记为  $VM_1$ ,  $\dots$ ,  $VM_n$ ,其中  $VM_n$  表示包含  $n$  个物理服务器且可用资源满足需求的所有序列的集合, $n$  为正整数;f. 判断是否有单个物理服务器满足需求,如果有集合  $VM_1$  存在,则  $VM_1$  中任何一台物理服务器的可用资源均可创建出所有虚拟机,选择其中任一物理服务器作为待创建虚拟机的节点;如不存在集合  $VM_1$ ,则执行步骤 g;g. 判断是否存在同一分区内的满足要求的物理服务器序列,遍历物理服务器序列集合  $VM_2$ ,  $\dots$ ,  $VM_n$ ,寻找出位于同一物理服务器分区内的物理服务器序列,在该物理服务器序列上创建所有虚拟机;如不存在处于同一分区内的满足要求的物理服务器序列,则执行步骤 h;h. 选取空调能耗成本最小、且物理服务器数量最少的服务器序列,来创建所有虚拟机;空调能耗成本大小与物理服务器集中程度大小成反比。

[0015] 步骤 a 中,每个物理服务器分区中应设置各自的温度传感器,以便空调制冷系统根据检测的温度来控制相应出风口的开闭;物理服务器分区简称分区。步骤 b 中,物理服务器的资源使用信息为 CPU、内存和硬盘的使用信息,所在分区信息为物理服务器所在分区的坐标信息。步骤 c 中, $CPU_{demand}$  为所有待创建虚拟机的 CPU 之和, $RAM_{demand}$  为所有待创建虚拟机的内存之和, $DISK_{demand}$  为所有待创建虚拟机的硬盘之和。步骤 d 中,对物理服务器进行排序,是为了步骤 e 中便于与待创建虚拟机形成映射。步骤 e 中,形成了满足资源需求的所有物理服务器序列集合,以便于选择出能耗最低的虚拟机放置方案。步骤 f 中,如果有集合  $VM_1$  存在,则表明有一台物理服务器的可用资源即可满足创建所有虚拟机的要求,则在一台物理服务器上创建,以便达到最佳的节能目的。步骤 g 中,在同一分区内的物理服务器上创建所有虚拟机,也有利于服务器的集中散热,达到较佳的节能目的。步骤 h 中,如果不存在一个或同一分区的物理服务器满足创建虚拟机的要求,则选取两个或两个以上分区内的物理服务器来创建虚拟机,选取物理服务器集中程度最大的服务器序列来放置虚拟机,以降低能耗成本。

[0016] 本发明的节能的云计算数据中心虚拟机放置方法,设物理服务器分区的位置用二维坐标  $P=(i, j)$  表示;空调能耗成本用  $cost$  标示,定义:

$$\text{cost} = \sum_{P=0}^n L(P_1 - P_2) + \alpha$$

其中  $\alpha$  为满足需求的物理服务器资源序列中所包含的分区个数,  $L(P_1 - P_2)$  标示满足条件的物理服务器所在两分区之间的拓扑距离;  $\sum_{P=0}^n L(P_1 - P_2)$ , 标示满足条件的物理服务器所在分区两两分区之间的拓扑距离的总和; 其特征在于: 所述步骤 g 中, 如果计算出物理服务器序列集合的空调能耗成本  $\text{cost}$  的值为 1, 则表明该物理服务器序列集合位于同一物理服务器分区内; 如果物理服务器分区  $P_1$ 、 $P_2$  的坐标分别为  $(i_1, j_1)$ 、 $(i_2, j_2)$ , 则  $L(P_1 - P_2) = \sqrt{(i_2 - i_1)^2 + (j_2 - j_1)^2}$ ; 步骤 h 中, 按照  $VM_1, \dots, VM_n$  的顺序求取所有物理服务器序列的空调能耗成本  $\text{cost}$  的值, 选取第一个最小  $\text{cost}$  值所对应的物理服务器序列来创建所有虚拟机。

[0017] 对于空调能耗成本  $\text{cost}$  的计算公式, 采用分区的个数与两两分区之间的拓扑距离之和来标示, 更能反映出服务器序列中物理服务器的集中程度, 可较佳的反映出实际的能耗大小。对于  $L(P_1 - P_2)$  采用公式  $\sqrt{(i_2 - i_1)^2 + (j_2 - j_1)^2}$  进行计算, 是物理服务器分区在横向、纵向间距均相等的条件下得出的。

[0018] 本发明的节能的云计算数据中心虚拟机放置方法, 步骤 d 中, 所述的物理服务器的可用资源包括 CPU、内存和硬盘的可用资源, 分别用  $CPU_{\text{available}}$ 、 $RAM_{\text{available}}$  和  $DISK_{\text{available}}$  标示, 分别采用以下公式进行计算:

$$CPU_{\text{available}} = CPU_{\text{total}} - CPU_{\text{used}} - CPU_{\text{threshold}}$$

$$RAM_{\text{available}} = RAM_{\text{total}} - RAM_{\text{used}} - RAM_{\text{threshold}}$$

$$DISK_{\text{available}} = DISK_{\text{total}} - DISK_{\text{used}} - DISK_{\text{threshold}}$$

其中, 右下标注为  $\text{total}$  的表示资源总量, 为  $\text{used}$  的表示已用资源量, 为  $\text{threshold}$  的表示设定的预留阈值; 步骤 e 中, 如果一个或多个物理计算机的 CPU、内存和硬盘的可用资源分别大于或等于  $CPU_{\text{demand}}$ 、 $RAM_{\text{demand}}$  和  $DISK_{\text{demand}}$ , 则认为该序列为满足需求的物理服务器资源序列。

[0019] 物理服务器中, 对 CPU、内存、硬盘的使用设置相应的预留阈值, 是保证服务器正常运转的需要, 因此, 资源的可用数量并非已知资源总量与目前已经使用数量的简单差值, 应在此差值基础上减去各个资源定义的预留阈值。

[0020] 本发明的有益效果是: 本发明的云计算数据中心虚拟机放置方法, 优先选用满足要求的一个物理服务器来创建虚拟机; 在不存在满足要求的一个物理服务器的情况下, 再选用同一分区内的物理服务器来创建虚拟机; 在前两者都不存在的情况下, 最终选用集中程度最高的物理服务器序列来创建虚拟机, 实现了最为节能的虚拟机放置方法。本发明的云计算数据中心虚拟机放置方法中, 通过建立空调能耗成本  $\text{cost}$  计算公式, 可有效、准确地通过物理服务器的集中程度来表征空调能耗成本的大小, 以选择出最为节能的虚拟机放置方案。

## 附图说明

[0021] 图 1 为本发明的虚拟机放置方法的流程图；

图 2 为本发明中物理服务器分区结构示意图；

图 3 为本发明中不同物理服务器分区之间的拓扑距离计算示意图。

## 具体实施方式

[0022] 下面结合附图与实施例对本发明作进一步说明。

[0023] 如图 1、图 2 和图 3 所示，分别给出了虚拟机放置方法的流程图、物理服务器分区结构示意图以及不同分区之间的拓扑距离计算示意图，本发明的云计算数据中心虚拟机放置方法包括以下步骤：

a. 建立物理服务器区域，将空调制冷系统的一个出风口覆盖的所有物理服务器划分为同一物理服务器分区，形成基于云计算的物理服务器区域；并设物理服务器区域在横向、纵向上所包含的物理服务器分区数目分别为  $x$ 、 $y$  个， $x$ 、 $y$  均为正整数；

设物理服务器分区的位置用二维坐标  $P = (i, j)$  表示；空调能耗成本用  $cost$  标示，定义：

$$cost = \sum_{P=0}^n L (P_1 - P_2) + \alpha$$

其中  $\alpha$  为满足需求的物理服务器资源序列中所包含的分区的个数， $L (P_1 - P_2)$  标示满足条件的物理服务器所在两分区之间的拓扑距离； $\sum_{P=0}^n L (P_1 - P_2)$ ，标示满足条件的物理服务器所在分区两两分区之间的拓扑距离的总和；

b. 获取物理服务器信息，获取步骤 a 中所有物理服务器的资源使用信息和所在分区信息；物理服务器的资源使用信息为 CPU、内存和硬盘信息，分区信息为物理服务器的坐标信息；

c. 计算待创建虚拟机资源，获取每个待创建虚拟机的 CPU、内存和硬盘大小，并计算出要创建所有虚拟机所需的请求资源；设所需的 CPU、内存和硬盘的请求资源分别为  $CPU_{demand}$ 、 $RAM_{demand}$  和  $DISK_{demand}$ ；

d. 对物理服务器进行排序，对所有物理服务器依据可用资源的大小进行排序，形成物理服务器序列集合，该序列集合记为  $PM$ ；

所述的物理服务器的可用资源包括 CPU、内存和硬盘的可用资源，分别用  $CPU_{available}$ 、 $RAM_{available}$  和  $DISK_{available}$  标示，分别采用以下公式进行计算：

$$CPU_{available} = CPU_{total} - CPU_{used} - CPU_{threshold}$$

$$RAM_{available} = RAM_{total} - RAM_{used} - RAM_{threshold}$$

$$DISK_{available} = DISK_{total} - DISK_{used} - DISK_{threshold}$$

其中，右下标注为 total 的表示资源总量，为 used 的表示已用资源量，为 threshold 的

表示设定的预留阈值；

e. 建立待创建虚拟机与物理服务器之间的映射,在可用资源满足待创建虚拟机请求资源的基础上,搜索满足需求的物理服务器资源序列;并按照序列中包含物理服务器数量的多少对该资源序列进行分类,形成物理服务器序列集合,分别记为 $VM_1, VM_2, \dots, VM_n$ ,其中 $VM_n$ 表示包含n个物理服务器且可用资源满足需求的所有序列的集合,n为正整数;

该步骤中,如果一个或多个物理计算机的CPU、内存和硬盘的可用资源分别大于或等于 $CPU_{demand}$ 、 $RAM_{demand}$ 和 $DISK_{demand}$ ,则认为该序列为满足需求的物理服务器资源序列;

f. 判断是否有单个物理服务器满足需求,如果有集合 $VM_1$ 存在,则 $VM_1$ 中任何一台物理服务器的可用资源均可创建出所有虚拟机,选择其中任一物理服务器作为待创建虚拟机的节点;如不存在集合 $VM_1$ ,则执行步骤g;

g. 判断是否存在同一分区内的满足要求的物理服务器序列,遍历物理服务器序列集合 $VM_2, \dots, VM_n$ ,寻找出位于同一物理服务器分区内的物理服务器序列,在该物理服务器序列上创建所有虚拟机;如不存在处于同一分区内的满足要求的物理服务器序列,则执行步骤h;

该步骤中,如果计算出物理服务器序列集合的空调能耗成本cost的值为1,则表明该物理服务器序列集合位于同一物理服务器分区内;

h. 选取空调能耗成本最小、且物理服务器数量最少的服务器序列,来创建所有虚拟机;空调能耗成本大小与物理服务器集中程度大小成反比;

如果物理服务器分区 $P_1, P_2$ 的坐标分别为 $(i_1, j_1), (i_2, j_2)$ ,则 $L(P_1 - P_2) = \sqrt{(i_2 - i_1)^2 + (j_2 - j_1)^2}$ ;步骤h中,按照 $VM_2, \dots, VM_n$ 的顺序求取所有物理服务器序列的空调能耗成本cost的值,选取第一个最小cost值所对应的物理服务器序列来创建所有虚拟机。

[0024] 其中,所述的预留阈值是指为了保证物理服务器正常运转为其上运行的资源保留一定的扩展空间而设定的CPU、内存、硬盘的最低剩余容量。分区间的拓扑距离是指两个物理服务器分区之间的距离,用于衡量分区之间的集中程度。

[0025] 如图2所示,处于空调制冷系统同一出风口区域的物理服务器划分为相同的分区中,在对虚拟机放置的过程中,首先判断是否有一个物理服务器的可用资源满足创建要求,如果存在,则在该物理服务器上创建虚拟机;这样就使得虚拟机得以集中,便于统一散热,实现了有效的节能目的。如果不存在满足需求的单个物理服务器,则判断是否存在处于同一分区中的满足创建要求的服务器序列,如存在,则采用处于同一分区中的服务器序列进行创建,这样也有利于物理服务器的集中,便于空调制冷系统同一进行温度控制,也有利于能源的节约。

[0026] 如果上面所述的单个物理服务器或者处于同一分区中的服务器序列都不存在,则采用计算空调能耗成本cost的大小,来选取最为节能的放置虚拟机的物理服务器序列。如图3所示,假设有两台物理服务器满足创建所有虚拟机的要求,其分别处于分

区 Region9、Region12 内, 对于公式  $\text{cost} = \sum_{P=0}^n L(P_1 - P_2) + \alpha$  来说,  $\alpha = 2$ ,  $\sum_{P=0}^n L(P_1 - P_2) = \sqrt{(4-1)^2 + (3-3)^2} = 3$ , 则  $\text{cost} = 5$ 。还存在 3 台物理服务器满足创建所有虚拟机的要求, 其中 1 台位于分区 Region9 中, 余下的两台位于分区 Region12 中。由于第一种情形下为 2 台服务器, 第二种情形为 3 台服务器, 则选取物理服务器数目最少的序列来放置虚拟机, 以实现最佳的节能效果。

[0027] 如图 3 所示, 如果满足创建要求的服务器序列中包含 3 台物理服务器(设其坐标点分别为  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ ), 其分别处于分区 Region4、Region9 和 Region12 中, 则在计算空调

能耗成本  $\text{cost}$  的过程中,  $\alpha = 3$ ,  $\sum_{P=0}^n L(P_1 - P_2) = L(P_1 - P_2) + L(P_1 - P_3) + L(P_3 - P_2)$   
 $= \sqrt{(1-4)^2 + (3-1)^2} + \sqrt{(4-4)^2 + (3-1)^2} + \sqrt{(4-1)^2 + (3-3)^2} = 5 + \sqrt{13}$ , 这样既可计算出空调能耗成本  $\text{cost}$  的大小。

[0028] 作为一个具体的实验应用, 云计算数据中心拓扑如参考图 2 所示, 共有 6 个服务器分区, 每个分区配有 4 台物理服务器, 单个物理服务器配置 Intel Xeon E5620 2.4G 4 核 8 线程处理器, 32GB RAM, SAS 2.0T RAID5 硬盘, 物理服务器采用 Ubuntu Server 12.04 LTS 操作系统, 采用 Xen Server5.5 作为虚拟化软件。虚拟机创建采用统一规格, 分配 Intel Xeon E5620\*1 的 CPU, 2G 内存, 30G 硬盘, 运行 Windows Server 2003 SP1 操作系统。制冷采用海瑞斯(HIRES)精密空调 Super Precision HFDC/HFUC 0070, 主机功率 6.5KW, 风机功率 0.25KW。

[0029] 测试采用目前数据中心常用的随机虚拟机放置方法及本发明提出的虚拟机放置方法, 经过 10 次每次 50 个虚拟机放置实验, 采用本发明方法可将虚拟机集中放置到 1-2 个物理分区中, 而随机放置方法一般将虚拟机放置到 3 个及以上的物理分区中, 由于虚拟机放置会引起分区温度的上升, 触发空调出风口的工作, 因此采用本发明方法可以有效降低温度升高区域的数量, 从而降低空调能耗, 据估算在本次试验环境下, 可节省空调电能约 10% 以上。

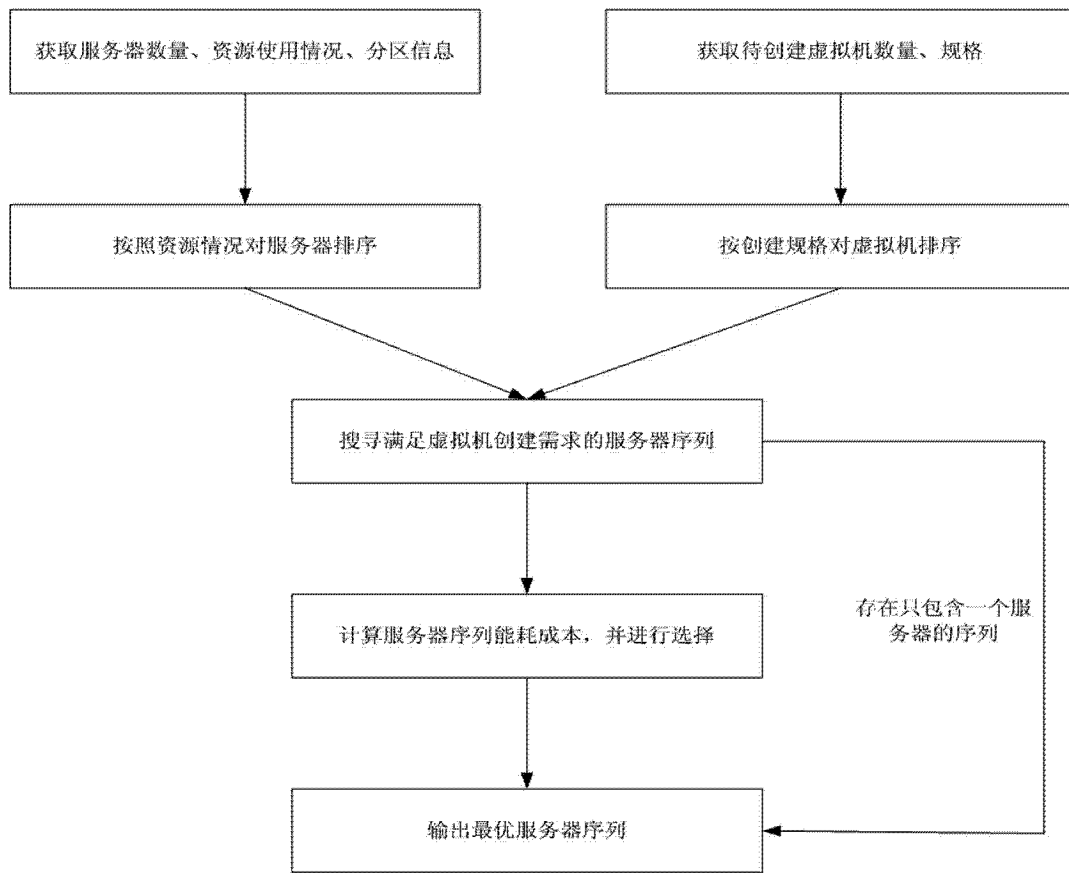


图 1

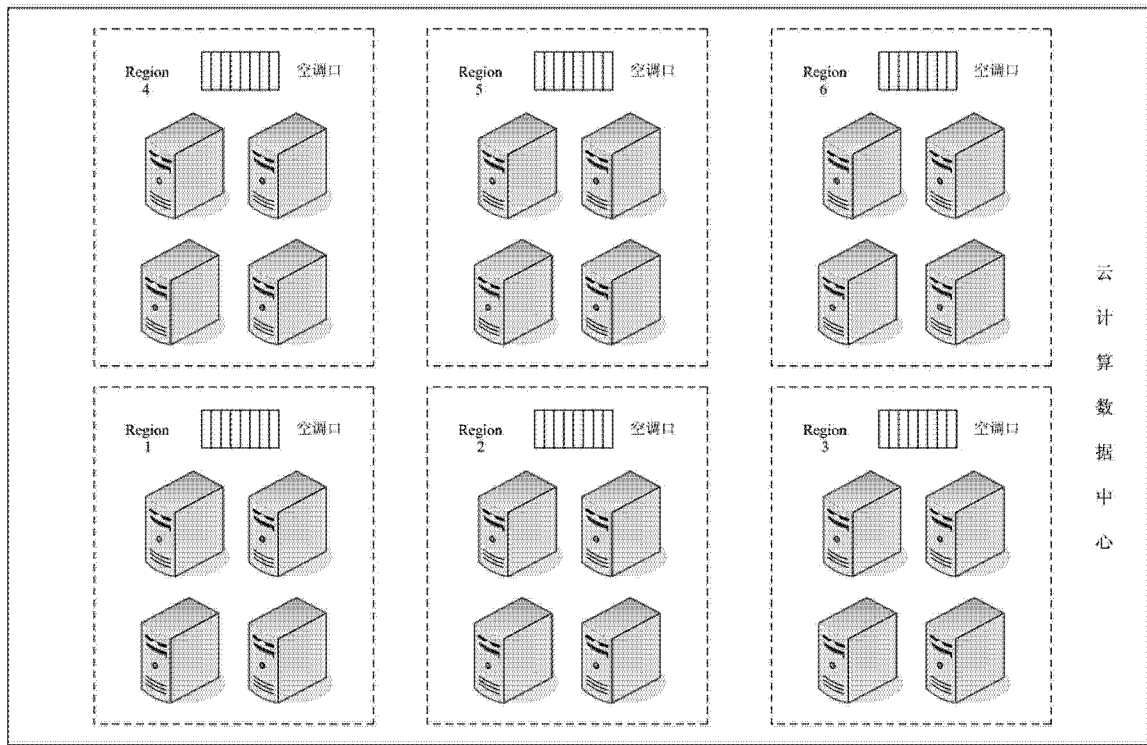


图 2

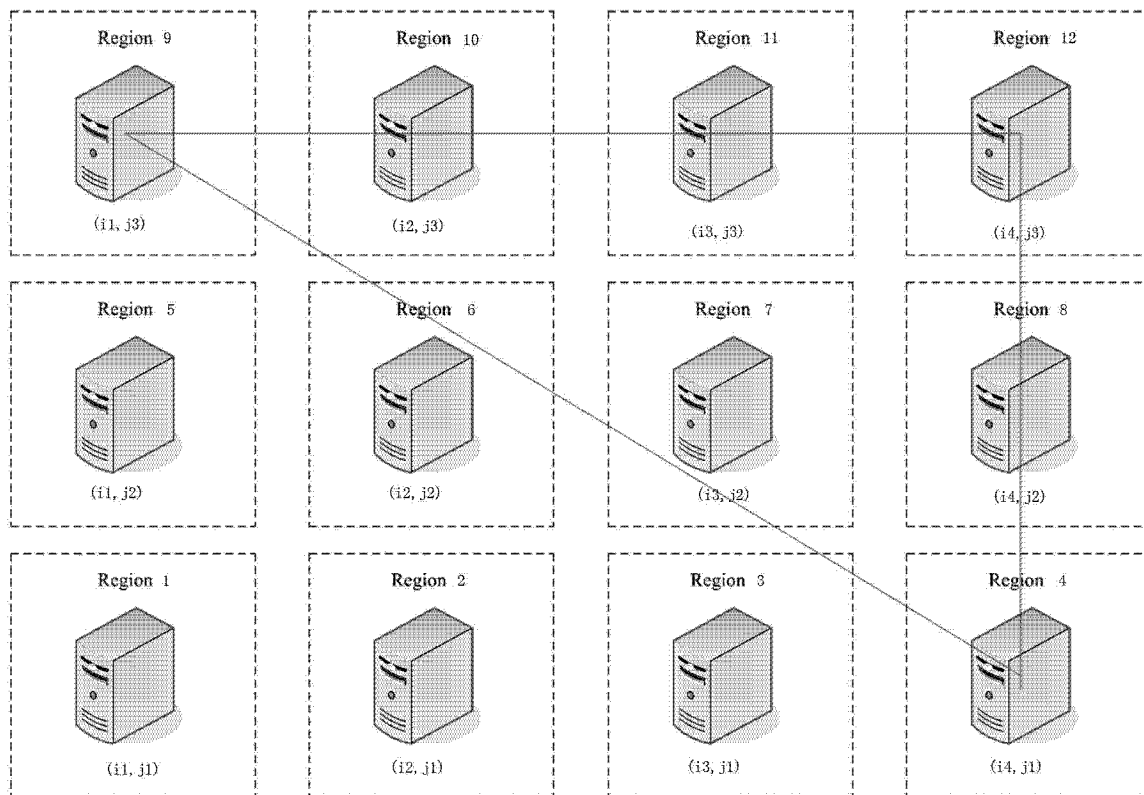


图 3