



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102427420 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 07

(21) 申请号 201110402454. 8

程祥等. 基于粒子群优化的虚拟网络映射算法. 《电子学报》. 2011, 第 39 卷 (第 10 期),

(22) 申请日 2011. 12. 06

审查员 杜放

(73) 专利权人 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 怀进鹏 曹洋 马帅 樊文飞  
沃天宇 胡春明

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

代理人 刘芳

(51) Int. Cl.

H04L 12/46 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102223281 A, 2011. 10. 19, 权利要求 1.

CN 102075429 A, 2011. 05. 25, 全文.

CN 102075402 A, 2011. 05. 25, 全文.

程祥等. 虚拟网络映射问题研究综述. 《通信学报》. 2011, 第 32 卷 (第 10 期),

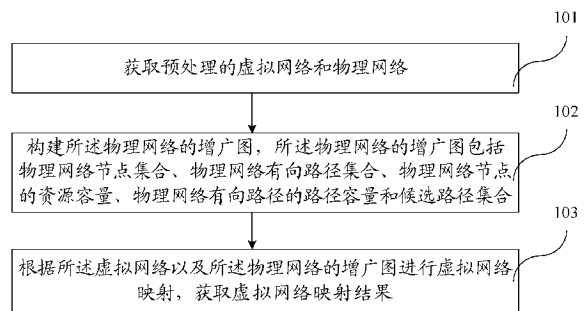
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

基于图模式匹配的虚拟网络映射方法及装置

(57) 摘要

本发明提供一种基于图模式匹配的虚拟网络映射方法及装置,该方法包括:获取预处理的虚拟网络和物理网络;构建所述物理网络的增广图,所述物理网络的增广图包括物理网络节点集合、物理网络有向路径集合、物理网络节点的资源容量、物理网络有向路径的路径容量和候选路径集合,所述候选路径集合包括所述物理网络节点集合中的任意两个节点之间的所有有向路径中路径容量最大值;根据所述虚拟网络以及所述物理网络的增广图进行虚拟网络映射,获取虚拟网络映射结果。本发明还提供了相应的装置,本发明提供的技术方案,能够提高虚拟网络映射效率。



1. 一种基于图模式匹配的虚拟网络映射方法,其特征在于,包括:

获取预处理的虚拟网络和物理网络;

构建所述物理网络的增广图,所述物理网络的增广图包括物理网络节点集合、物理网络有向路径集合、物理网络节点的资源容量、物理网络有向路径的路径容量和候选路径集合,所述候选路径集合包括所述物理网络节点集合中的任意两个节点之间的所有有向路径中路径容量最大值;

根据所述虚拟网络以及所述物理网络的增广图进行虚拟网络映射,获取虚拟网络映射结果;

其中,所述根据虚拟网络以及所述物理网络的增广图进行虚拟网络映射之前还包括:

对所述虚拟网络进行最小化处理,获取最小化的虚拟网络;

所述根据虚拟网络以及所述物理网络的增广图进行虚拟网络映射,获取虚拟网络映射结果包括:

对于最小化的虚拟网络节点集合中的每个节点,通过基于增广图进行有深度限制的搜索,找出可行的节点映射,所述节点映射使得一定存在可行的链路映射,获取虚拟网络映射结果。

2. 根据权利要求1所述的基于图模式匹配的虚拟网络映射方法,其特征在于,所述物理网络包括物理网络节点集合、物理网络链路集合、物理网络节点的资源容量、物理网络链路的资源容量;所述虚拟网络包括虚拟网络节点集合、虚拟网络链路集合、虚拟网络节点的资源需求量和虚拟网络链路的资源需求量。

3. 根据权利要求1-2任一所述的基于图模式匹配的虚拟网络映射方法,其特征在于,所述根据虚拟网络以及所述物理网络的增广图进行虚拟网络映射包括:

依次获取虚拟网络节点集合中的各个节点在物理网络上的节点映射结果;

根据所述节点映射结果从物理网络的增广图中获取链路映射结果;

根据所述节点映射结果以及所述链路映射结果组合生成虚拟网络映射结果。

4. 一种基于图模式匹配的虚拟网络映射装置,其特征在于,包括:

第一获取模块,用于获取预处理的虚拟网络和物理网络;

构建模块,用于构建所述物理网络的增广图,所述物理网络的增广图包括物理网络节点集合、物理网络有向路径集合、物理网络节点的资源容量集合、物理网络有向路径的路径容量集合和候选路径集合,所述候选路径集合包括所述物理网络节点集合中的任意两个节点之间的所有有向路径中路径容量最大值;

映射处理模块,用于根据所述虚拟网络以及所述物理网络的增广图进行虚拟网络映射,获取虚拟网络映射结果;

其中,还包括:

最小化处理模块,用于对所述虚拟网络进行最小化处理,获取最小化的虚拟网络;

所述映射处理模块,具体用于对于最小化的虚拟网络节点集合中的每个节点,通过基于增广图进行有深度限制的搜索,找出可行的节点映射,所述节点映射使得一定存在可行的链路映射,获取虚拟网络映射结果。

5. 根据权利要求4所述的基于图模式匹配的虚拟网络映射装置,其特征在于,所述映射处理模块包括:

节点映射单元,用于依次获取虚拟网络节点集中的各个节点在物理网络上的节点映射结果;

链路映射单元,用于根据所述节点映射结果从物理网络的增广图中获取链路映射结果;

组合单元,用于根据所述节点映射结果以及所述链路映射结果组合生成虚拟网络映射结果。

## 基于图模式匹配的虚拟网络映射方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及虚拟网络映射技术,尤其涉及一种基于图模式匹配的虚拟网络映射方法及装置,属于网络技术领域。

### 背景技术

[0002] 随着网络技术、网络化软件及服务的不断发展,承载具有不同目标的网络应用已经称为互联网的主要功能之一。然而,由于互联网简单的数据包传递服务以及相对僵化的结构,在同时支持多类型网络应用的过程中,互联网物理资源的利用率、各类型网络应用的运行效率随着网络服务种类的增多而急剧下降。设计新技术提高互联网对多类型网络应用的支持是当前互联网技术发展的重要方向。网络虚拟化技术正式解决这一问题的有效手段之一。在网络虚拟化中,多个虚拟网络共存于同一个物理网络,每个虚拟网络提为一个网络服务提供单一的运行环境,使得不同网络服务之间相对隔离,互不影响。

[0003] 在网络虚拟化中,一个最基本的问题就是如何合理高效的使用物理网络资源,也就是如何为虚拟网络分配物理网络资源(包括节点资源——CPU、内存、存储,链路资源——带宽等),使得运行在虚拟网络中的网络应用能正常运行的前提下物理网络资源能得到合理、充分的利用。从本质上讲,一个虚拟网络由一组虚拟网络节点和链接这些节点的虚拟网络链路组成,同时还有对虚拟网络节点资源(CPU、内存、外存等)和链路资源(带宽、延时等)的约束。虚拟网络映射的目的是将虚拟网络节点映射到物理网络节点上,虚拟网络链路映射到物理网络(可达)路径上,并分配相应物理网络节点和链路上的资源给虚拟网络满足虚拟网络节点和链路上的资源需求,同时最大化物理网络资源利用率。这里物理网络资源利用率可以等价看作物理网络所能同时接收并处理的虚拟网络映射请求数目,即虚拟网络请求接收率。

[0004] 现有技术中提供了虚拟机映射、单路径虚拟网络映射和多路径虚拟网络映射等多类虚拟网络映射方法,其映射过程分为虚拟网络节点映射和链路映射两个过程,且对于完成虚拟网络映射的节点,有可能不存在满足链路映射的情况,导致进行虚拟网络映射的效率低。

### 发明内容

[0005] 本发明提供一种用于提高虚拟网络映射效率的基于图模式匹配的虚拟网络映射方法及装置。

[0006] 本发明提供的基于图模式匹配的虚拟网络映射方法,包括:

[0007] 获取预处理的虚拟网络和物理网络;

[0008] 构建所述物理网络的增广图,所述物理网络的增广图包括物理网络节点集合、物理网络有向路径集合、物理网络节点的资源容量、物理网络有向路径的路径容量和候选路径集合,所述候选路径集合包括所述物理网络节点集合中的任意两个节点之间的所有有向路径中路径容量最大值;

[0009] 根据所述虚拟网络以及所述物理网络的增广图进行虚拟网络映射,获取虚拟网络映射结果。

[0010] 本发明提供的基于图模式匹配的虚拟网络映射装置,包括:

[0011] 第一获取模块,用于获取预处理的虚拟网络和物理网络;

[0012] 构建模块,用于构建所述物理网络的增广图,所述物理网络的增广图包括物理网络节点集合、物理网络有向路径集合、物理网络节点的资源容量集合、物理网络有向路径的路径容量集合和候选路径集合,所述候选路径集合包括所述物理网络节点集合中的任意两个节点之间的所有有向路径中路径容量最大值;

[0013] 映射处理模块,用于根据所述虚拟网络以及所述物理网络的增广图进行虚拟网络映射,获取虚拟网络映射结果。

[0014] 本发明提供的基于图模式匹配的虚拟网络映射方法及装置,通过构建物理网络的增广图,该虚拟网络的增广图不仅包括物理网络节点集合、物理网络节点资源容量,还包括物理网络有向路径集合、物理网络有向路径的路径容量,而且还包括了候选路径集合,该候选路径集合包括了物理网络节点集合中的任意两个节点之间的所有有向路径中路径容量最大值,使得再进行虚拟网络映射的过程中对于查找到的节点映射结果,都有对应的链路映射结果,从而避免了现有技术中查找到节点映射的结果,而无法得到链路映射结果的缺陷,能够提高虚拟网络映射效率。

#### 附图说明

[0015] 图1为本发明基于图模式匹配的虚拟网络映射方法的流程示意图;

[0016] 图2为本发明基于图模式匹配的虚拟网络映射装置的结构示意图;

[0017] 图3为本发明实施例中映射处理模块的结构示意图。

#### 具体实施方式

[0018] 本发明提供了一种基于图模式匹配的虚拟网络映射方法,能够提高虚拟网络映射效率,图1为本发明基于图模式匹配的虚拟网络映射方法的流程示意图,如图1所示,包括如下的步骤:

[0019] 步骤101、获取预处理的虚拟网络和物理网络,其中该物理网络包括物理网络节点集合、物理网络链路集合、物理网络节点的资源容量、物理网络链路的资源容量;该虚拟网络包括虚拟网络节点集合、虚拟网络链路集合、虚拟网络节点的资源需求量、虚拟网络链路的资源需求量;

[0020] 步骤102、构建所述物理网络的增广图,所述物理网络的增广图包括物理网络节点集合、物理网络有向路径集合、物理网络节点的资源容量、物理网络中有向路径的路径容量和候选路径集合,所述候选路径集合包括所述物理网络节点集合中的任意两个节点之间的所有有向路径中资源容量最大值;

[0021] 步骤103、根据所述虚拟网络以及所述物理网络的增广图进行虚拟网络映射,获取虚拟网络映射结果。

[0022] 本发明上述实施例提供的基于图模式匹配的虚拟网络映射方法,通过构建物理网络的增广图,该虚拟网络的增广图不仅包括物理网络节点集合、物理网络节点资源容量,还

包括物理网络有向路径集合、物理网络有向路径的路径容量,而且还包括了候选路径集合,该候选路径集合包括了物理网络节点集合的任意两个节点之间的所有有向路径中路径容量最大值,使得再进行虚拟网络映射的过程中对于查找到的节点映射结果,都有对应的链路映射结果,从而避免了现有技术中查找节点映射的结果,而无法得到链路映射结果的缺陷,能够提高虚拟网络映射效率。

[0023] 本发明实施例提供的技术方案,可以看作是一种带宽半独占式虚拟网络映射,该虚拟网络可以用图 $G_P = (V_P, E_P, f_{V_P}, f_{E_P})$ 表示,物理网络可以用图 $G_S = (V_S, E_S, f_{V_S}, f_{E_S})$ 表示,这里 $V_P$ 表示虚拟网络节点集合, $E_P$ 表示虚拟网络链路集合, $f_{V_P}$ 表示虚拟网络节点的资源需求量, $f_{E_P}$ 表示虚拟网络链路的资源需求量; $V_S$ 表示物理网络节点集合, $E_S$ 表示物理网络链路集合, $f_{V_S}$ 表示物理网络节点的资源容量, $f_{E_S}$ 表示物理网络链路的资源容量。对于给定虚拟网络和物理网络,带宽半独占式虚拟网络映射可以由二元组 $((g_V, g_E), C)$ 定义。其中:

[0024] (1) 对任意 $v \in V_P, g_V(v) \in V_S$ 表示虚拟网络节点到物理网络节点的映射,对任意虚拟网络链路 $e = (u, v) \in E_P, g_E(u, v) \in P(g_V(u), g_V(v))$ 表示一条虚拟网络链路映射到一条物理网络路径,这里 $P(g_V(u), g_V(v))$ 表示物理网络中所有从节点 $g_V(u)$ 到节点 $g_V(v)$ 的路径的集合;

[0025] (2)  $C$ 是一组对虚拟网络节点资源(CPU资源)和链路资源(带宽)分配的约束,具体如下:

[0026] a)  $\sum_{\forall v \in V_P, g_V(v)=u} f_{V_P}(v) \leq f_{V_S}(u) (\forall u \in V_S)$ ,表示物理网络节点 $u$ 具有足够的CPU等资源提供给所有映射到该节点上的虚拟网络节点 $v$ ;

[0027] b)  $\max_{\forall e_V \in E_P, e_S \in g_E(e_V)} f_{E_P}(e_V) \leq f_{E_S}(e_S) (\forall e_S \in E_S)$ ,表示物理网络路径链路 $e_S$ 的带宽大于或等于那些映射到的物理网络路径 $e_S$ 的虚拟网络链路 $e_V$ 的链路约束中的最大者。

[0028] 由以上定义可以看出,在带宽半独占的虚拟网络映射中,具有如下的优点:

[0029] A、同一虚拟机网络的两个节点可以映射到一个物理网络节点上;

[0030] B、对于每个物理网络链路而言,任何时刻其能够单独为映射到该链路上的任何一个虚拟网络链路提供足够带宽资源,并且是多个虚拟网络链路共享式约束,有效提供了带宽资源的利用率。

[0031] 本发明实施例提供的映射方法适用于那些统一虚拟网络中不需要同时持续进行多对虚拟机通信的场景(串行工作的分布式应用),或者那些对链路带宽QoS持续性要求不高的应用场景。

[0032] 以下对本发明的技术方案进行详细的说明:

[0033] 首先,构建物理网络的增广图,该物理网络的增广图能够达到同步节点和链路映射的目的,使得映射过程中通过增广图所找到的可行节点映射必定存在与之匹配的可行链路映射。

[0034] 具体的,对于给定物理网络 $G_S = (V_S, E_S, f_{V_S}, f_{E_S})$ ,其增广图 $G_{aug} = (V_{aug}, E_{aug}, f_{V_{aug}}, f_{E_{aug}}, P_{aug})$ 需要确定如下内容:

[0035] 1) 物理网络增广图中的节点与物理网络中节点,以及各节点的资源容量相同,即节点集合 $V_{aug} = V_S$ ,资源容量 $f_{V_{aug}} = f_{V_S}$ ;

[0036] 2) 在物理网络增广图中,对于物理网络中存在的任意两个节点  $u, v$ ,只要其在网络中可达,则  $G_S$  中存在从  $u$  到  $v$  的有向路径,即  $u, v \in V_S, (u, v) \in E_{aux}$ ,其中  $E_{aux}$  表示物理网络有向路径集合,,物理网络中的边仅属于物理网络增广图中的一特殊路径;

[0037] 3) 在物理网络增广图中,路径是由原物理网络图中的边组成的,对于路径  $(u, v)$  的容量可以按照如下的方式获取,例如路径  $(u, v)$  可能由边  $(u, x)$  和边  $(x, v)$  构成,或者由边  $(u, y)$  和边  $(y, v)$  构成,具体的在计算由边  $(u, x)$  和边  $(x, v)$  构成的路径的容量时,其取边  $(u, x)$  的容量和边  $(x, v)$  的容量的较小值,即  $b(p) = \min\{f_{E_S}(e) | \forall e \in p\}$ ,在计算由边  $(u, y)$  和边  $(y, v)$  构成路径的容量,取边  $(u, y)$  的容量和边  $(y, v)$  的容量的较小值,而物理网络增广图中,在计算路径  $(u, v)$  的容量时,可以去上述两种方式计算得到的路径容量的较大值,即

$$[0038] \quad f_{E_{aux}}(u, v) = \max\{b\{p\} | \forall p \in P(u, v)\}(u, v \in V_S);$$

[0039] 4)  $P_{aux}$  表示候选路径集合,该候选路径集合中的各候选路径为物理网络增广图中任意两点间的所有有向路径中路径容量最大者,即  $P_{aux}(u, v) = p$ ,其中

$$[0040] \quad b(p) = f_{E_{aux}}(u, v)。$$

[0041] 以下是构建增广图的具体步骤:

[0042] 步骤一、初始化  $G_{aux}$  为空图

[0043] 步骤二、对  $V_S$  中每一个节点  $v$ ,逐步按照如下步骤加入  $G_{aug}$  中:

[0044] a) 对已存在于  $G_{aux}$  中的每个点  $u$ ,引入两条新的路径  $(v, u)$  和  $(u, v)$ ,并根据  $u, v$  在  $G_S$  中的连接情况设定路径容量和候选路径,具体的如果  $(v, u)$  和  $(u, v)$  是物理网络中的边,则设定  $f_{E_{aux}}(u, v) = f_{E_S}(u, v), f_{E_{aux}}(v, u) = f_{E_S}(v, u), (P_{E_{aux}}(u, v) = (u, v), P_{E_{aux}}(v, u) = (v, u))$ ,如果  $(v, u)$  和  $(u, v)$  不是物理网络中的边,即  $(u, v) \notin E_S, (v, u) \notin E_S$ ,则令  $f_{E_S}(u, v) = 0, f_{E_S}(v, u) = 0$ ;

[0045] b) 更新  $G_{aux}$  中各路径的路径容量及相应的候选路径。对于增广图中的任意路径  $(u, u') \in E_{aux}$ ,其具体的更新规则如下:

[0046] i. 对于路径  $(u, u')$ ,其可以由路径  $(u, v)$  和路径  $(v, u')$  构成,本步骤中首先计算二者容量的较小值,用  $h$  表示,即  $h := \min\{f_{E_{aux}}(u, v), f_{E_{aux}}(v, u')\}$ ;

[0047] ii. 如果当前的  $f_{E_{aux}}(u, u') < h$ ,则更新如下:  $f_{E_{aux}}(u, u') := h$ ,同时更新候选路径  $P_{aux}(u, u') := P_{aux}(u, v) + P_{aux}(v, u')$ 。

[0048] c) 将  $v$  点加入到物理网络增广图中,同时其在物理网络增广图中的资源容量等于其在原物理网络中的资源容量,即  $V_{aux} := V_{aux} \cup \{v\}, f_{V_{aux}}(v) := f_{V_S}(v)$ 。

[0049] 步骤三、返回已添加所有  $G_S$  中节点的增广图  $G_{aux}$ 。

[0050] 本发明实施例中,在进行虚拟网络映射之前,可以对虚拟网络进行最小化处理,该最小化处理步骤是为了减少寻找映射的计算量而设计的步骤,其主要目标是寻找与输入虚拟网络等价的并且边数目最小的虚拟网络。两个虚拟网络  $G_{R_1}(V_P, E_{R_1}, f_{V_P}, f_{E_{R_1}})$  和  $G_{R_2}(V_P, E_{R_2}, f_{V_P}, f_{E_{R_2}})$  等价,可表示为  $G_{R_1} = G_{R_2}$ ,如果对任意物理网络  $G_S$  以及物理网络资源,存在  $G_{R_1}$  到  $G_S$  的映射是,当且仅当存在  $G_{R_2}$  到  $G_S$  的映射。

[0051] 对于给定的虚拟网络  $G_P(V_P, E_P, f_{V_P}, f_{E_P})$ ,下面给出最小化处理的具体步骤:

[0052] 步骤一、计算  $G_P$  对应的增广图  $G' = (V_P, E_P', f_{V_P}, f_{E_P'}, \emptyset)$ ;

[0053] 步骤二、初始化最小化虚拟网络 $G_{P_m} = (\emptyset, \emptyset, \emptyset, \emptyset)$ 为空图；

[0054] 步骤三、对 $V_p$ 中的任何一个节点 $v$ ，按照如下步骤加入 $G_{P_m}$ 中：

[0055] a) 将节点 $v$ 加入到最小化虚拟网络中，即 $V_{P_m} := V_{P_m} \cup \{v\}$ 同时另最小化虚拟网络中节点 $v$ 的资源容量为其在原物理网络中的资源容量，即

[0056]  $f_{V_{P_m}}(v) := f_{V_p}(v)$ ；

[0057] b) 对最小化虚拟网络 $V_{P_m}$ 中的任意节点 $u (u \neq v)$ ，进行如下操作：

[0058] 如果增广图中存在路径 $(v, u) \in E_{P'}$ ，而不存在 $u' \in V_{P_m}$ ，以使得 $(u', u) \in E_{P'}$ 且 $(v, u') \in E_{P_m}$ ，则将路径 $(v, u)$ 加入到最小化虚拟网络中，并令其容量为增广图中该路径的容量，即 $E_{P_m} := E_{P_m} \cup \{(v, u)\}$ ， $f_{E_{P_m}}(v, u) := f_{E_{P'}}(v, u)$ ；

[0059] 如果增广图中存在路径 $(u, v) \in E_{P'}$ ，而不存在 $u' \in V_{P_m}$ ，以使得 $(u, u') \in E_{P'}$ 且 $(u', v) \in E_{P_m}$ ，则将路径 $(u, v)$ 加入到最小化虚拟网络中，并令其容量为增广图中该经路径的容量，即 $E_{P_m} := E_{P_m} \cup \{(u, v)\}$ ， $f_{E_{P_m}}(u, v) := f_{E_{P'}}(u, v)$ ；

[0060] 步骤四、重复执行上述的步骤三，在将 $V_p$ 中所有节点加入 $G_{P_m}$ 后，返回 $G_{P_m}$ 。

[0061] 最后，在获得上述的物理网络的增广图，以及最小化虚拟网络后，即可以进行虚拟网络映射，其具体的可以包括如下的步骤：

[0062] 步骤一、依次获取虚拟网络节点集合中的各个节点在物理网络上的节点映射结果，即对于 $V_{P_m}$ 中的每个节点 $v$ ，通过基于增广图进行有深度限制的搜索，找出可行的节点映射（该节点映射使得一定存在可行的链路映射）；如果当前节点不存在可行的节点映射，退出整个步骤，返回结果为不存在可行的带宽半独占式虚拟网络映射。对于给定的最小虚拟网络的节点 $v$ ，搜索深度限制 $K$ ，以及已有可行节点映射的虚拟网络节点集合 $S$ ，其具体执行如下步骤：

[0063] a) 判断搜索迭代次数是否已经超过搜索深度限制 $K$ ，如果超过，即搜索迭代次数 $i > k$ ，则返回空，如果没有超过则执行步骤b， $i$ 的初始值设为0；

[0064] b) 如果在增广图 $G_{aux}$ 中存在节点 $u$ ，使得将 $v$ 映射到 $u$ 上后， $v$ 与 $S$ 中已有的虚拟网络节点之间的链路约束均能得到满足，则将 $v$ 映射到 $u$ 上，即设定： $g_v(v) := u$ ； $S := S \cup \{v\}$ ；并返回 $(g_v, S)$ ，本步骤中一次为虚拟网络节点 $v$ 查找到了映射节点，在执行完本步骤后可以继续执行下一个虚拟网络节点的映射节点的搜索；

[0065] c) 如果步骤b中不存在可行的节点 $u$ ，则从 $S$ 中找出虚拟网络节点 $v'$ ，使得将节点 $v$ 映射到节点 $v'$ 原来映射到的物理网络节点上时， $v$ 到除了 $v'$ 外的所有节点的链路约束均能得到满足，则将节点 $v$ 映射到 $g_v(v')$ 上，然后通过递归调用步骤a、步骤b和步骤c，并将 $i$ 的值加1，在搜索深度限制 $K$ 下继续寻找 $v'$ 的可行节点映射，如果在搜索深度限制 $K$ 下递归调用返回 $v'$ 的映射结果为可行的，则返回该可行结果，执行步骤d；

[0066] d) 更新 $S$ ，将节点 $v'$ 从 $S$ 中去除，并将 $v$ 加入到 $S$ 中，然后将 $v$ 映射替到原 $v$ 映射的物理网络节点上，即 $S := S \setminus \{v'\} \cup \{v\}$ ； $g_v(v) := g_v(v')$ 。

[0067] 步骤二、根据节点映射结果从物理网络的增广图中获取链路映射结果，即直接从增广图 $G_{aux}$ 中的候选路径集合 $P_{aux}$ 中读出每个虚拟网络链路的候选路径作为其链路映射结



果,因为候选路径集合中的有向路径的路径容量最大,该步骤中得到的链路映射能够满足虚拟网络链路的资源需求;

[0068] 步骤三、根据由节点映射结果和链路映射结果组成的带宽半独占式虚拟网络映射结果。

[0069] 本发明实施例还提供了一种基于图模式匹配的虚拟网络映射装置,图 2 为本发明基于图模式匹配的虚拟网络映射装置的结构示意图,如图 2 所示,包括第一获取模块 11、构建模块 12 和映射处理模块 13,其中第一获取模块 11 用于获取预处理的虚拟网络和物理网络;构建模块 12 用于构建所述物理网络的增广图,所述物理网络的增广图包括物理网络节点集合、物理网络有向路径集合、物理网络节点的资源容量集合、物理网络有向路径的路径容量集合和候选路径集合,所述候选路径集合包括所述物理网络节点集合中的任意两个节点之间的所有有向路径中路径容量最大值;映射处理模块 13 用于根据所述虚拟网络以及所述物理网络的增广图进行虚拟网络映射,获取虚拟网络映射结果。

[0070] 本发明上述实施例提供的基于图模式匹配的虚拟网络映射装置,通过构建物理网络的增广图,该虚拟网络的增广图不仅包括物理网络节点集合、物理网络节点资源容量,还包括物理网络有向路径集合、物理网络有向路径的路径容量,而且还包括了候选路径集合,该候选路径集合包括了物理网络节点集合中的任意两个节点之间的所有有向路径中路径容量最大值,使得再进行虚拟网络映射的过程中对于查找到的节点映射结果,都有对应的链路映射结果,从而避免了现有技术中查找到节点映射的结果,而无法得到链路映射结果的缺陷,能够提高虚拟网络映射效率。

[0071] 在上述实施例的基础上,其还可以进一步包括最小化处理模块,该最小化处理模块用于对所述虚拟网络进行最小化处理,获取最小化的虚拟网络;此时,其中的映射处理模块具体用于根据最小化的虚拟网络以及所述物理网络的增广图进行虚拟网络映射,获取虚拟网络映射结果。另外,如图 3 所示,上述的映射处理模块 13 可以具体包括节点映射单元 131、链路映射单元 132 和组合单元 133,其中节点映射单元 131 用于依次获取虚拟网络节点集合中的各个节点在物理网络上的节点映射结果;链路映射单元 132 用于根据所述节点映射结果从物理网络的增广图中获取链路映射结果;组合单元 133 用于根据所述节点映射结果以及所述链路映射结果组合生成虚拟网络映射结果。

[0072] 本发明具体实施例提供的技术方案,其能够有效的处理虚拟网络链路上的约束,符合计算密集型的云计算或虚拟计算环境中的任务特点,有效提高了物理网络资源利用效率和虚拟网络映射请求接收率;同时实现了一种节点共享机制,有效利用同一物理机上不同虚拟机之间的通信机制,降低物理链路的带宽影响。另外本发明技术方案中能够保证映射过程中一旦找到可行节点映射,则必定存在与之匹配的可行的链路映射,同时本方法能在线性时间内给出该匹配的链路映射,有效提高映射效率。

[0073] 本领域普通技术人员可以理解:实现上述方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成,前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中,该程序在执行时,执行包括上述方法实施例的步骤;而前述的存储介质包括:ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0074] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然

可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

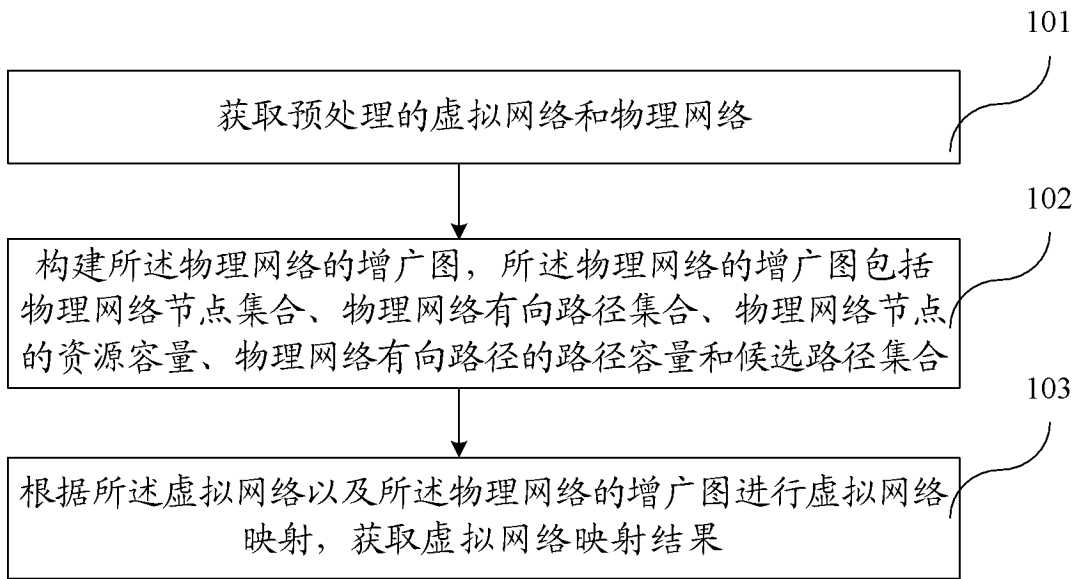


图 1

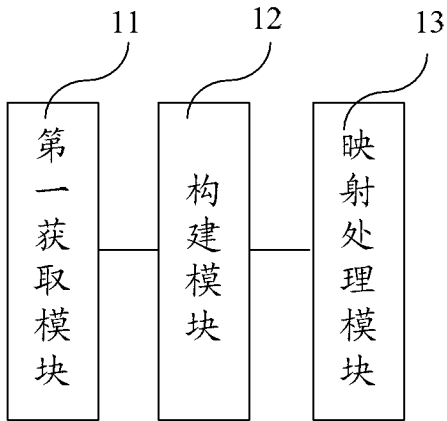


图 2

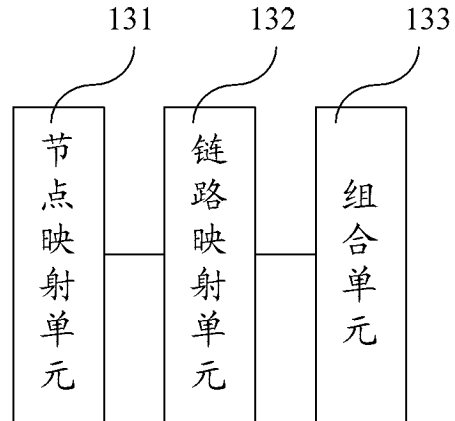


图 3