



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104202263 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 10

(21) 申请号 201410465083. 1

(22) 申请日 2014. 09. 12

(71) 申请人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街 5 号北京理工大学

(72) 发明人 沈蒙 李凡

(51) Int. Cl.

H04L 12/911 (2013. 01)

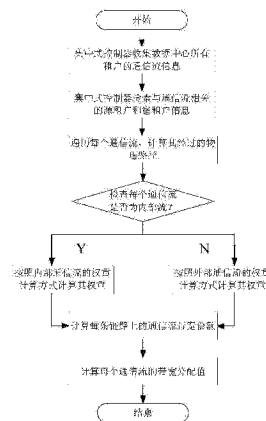
权利要求书2页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种多租户数据中心带宽资源公平分配方法

(57) 摘要

本发明涉及一种多租户数据中心带宽资源公平分配方法,属于网络虚拟化领域。首先集中式控制器收集数据中心所有租户的通信流信息,检索与通信流相关的源租户和宿租户信息;然后遍历每个通信流,计算其经过的物理路径;检查每个通信流是否为内部通信流,计算其权重;最后计算每条物理链路上的内部通信流和外部通信流的带宽份额,并计算每个通信流的带宽分配值。本发明的多租户数据中心带宽资源公平分配方法,既可以保证租户的公平共享,又能提高带宽资源的使用效率,有利于多租户数据中心的大规模推广和应用。



1. 一种多租户数据中心带宽资源公平分配方法,其特征在于:

步骤一、集中式控制器收集数据中心所有租户的通信流信息;一个完整的通信流由一个四元组  $\langle p, q, S, D \rangle$  来表述,其中,  $p$  表示通信流的源虚拟机,  $q$  表示通信流的宿虚拟机,  $S$  表示虚拟机  $p$  所属的租户,称为源租户,  $D$  表示虚拟机  $q$  所属的租户,称为宿租户;

步骤二、集中式控制器检索与通信流相关的源租户和宿租户信息,包括源租户的内部虚拟带宽请求量,记为  $B_{S_i}^i$ ,源租户的外部虚拟带宽请求量,记为  $B_{S_i}^e$ ,宿租户的内部虚拟带宽请求量记为  $B_{D_j}^j$ ,宿租户的外部虚拟带宽请求量  $B_{D_j}^e$ ;

步骤三、遍历每个通信流,计算其经过的物理路径,记为  $\text{path}(p, q)$ ;  $\text{path}(p, q) = \{l_1, l_2, l_3, \dots, l_n\}$ ,其中  $l_n$  为物理链路,  $n$  为链路编号,即物理路径是数据中心网络中从源虚拟机  $p$  到宿虚拟机  $q$  的一组物理链路的集合;

步骤四、检查每个通信流是否为内部通信流;若是,按照内部通信流的权重计算方式计算其权重  $w_{pq}$ ,即  $w_{pq} = \min\left(\frac{B_{S_i}^i}{N_p^i}, \frac{B_{D_j}^j}{N_q^j}\right)$ ,其中  $N_p^i$  为源虚拟机  $p$  的内部通信流个数,  $N_q^j$  为宿虚拟机  $q$  的内部通信流个数,  $\min$  为取两者中的较小值;若不是内部通信流,按照外部通信流的权重计算方式计算其权重  $w_{pq}$ ,即  $w_{pq} = \min\left(\frac{B_{S_i}^e}{N_p^e}, \frac{B_{D_j}^e}{N_q^e}\right)$ ,其中  $N_p^e$  为源虚拟机  $p$  的外部通信流个数,  $N_q^e$  为宿虚拟机  $q$  的外部通信流个数,  $\min$  为取两者中的较小值;

步骤五、计算每条物理链路上的内部通信流和外部通信流的带宽份额;具体包括以下步骤:

1) 根据步骤三得到的每个通信流的路径信息,统计每条物理链路  $l$  上的内部通信流集合  $I(l)$  和外部通信流集合  $O(l)$ ;

2) 根据步骤二获取每条物理链路  $l$  的带宽  $C_l$ 、计算链路  $l$  上所有内部通信流所需的带宽之和  $F_l^i$ 、链路  $l$  上所有外部通信流所需的带宽之和  $F_l^e$ ;

3) 计算每条物理链路上的内部通信流带宽份额:  $C_l^i = \frac{F_l^i}{F_l^i + F_l^e} C_l$ , 外部通信流带宽份额:

$$C_l^e = \frac{F_l^e}{F_l^i + F_l^e} C_l;$$

步骤六、计算每个通信流的带宽分配值。

2. 如权利要求 1 所述的一种多租户数据中心带宽资源公平分配方法,其特征还在于,每个通信流的带宽分配值计算方法为:

1) 根据步骤三得到的每个通信流的路径信息,计算每条物理链路  $l$  上的内部通信流权重之和  $W_l^i$ 、外部通信流权重之和  $W_l^e$ :  $W_l^i = \sum_{(p,q) \in I(l)} w_{pq}$ ,  $W_l^e = \sum_{(p,q) \in O(l)} w_{pq}$ ,其中,  $I(l)$  为链路  $l$  上的内部通信流集合,  $O(l)$  为链路  $l$  上的外部通信流集合;

2) 计算该通信流在路径的每条链路  $l$  上获得的带宽份额  $B_{pq}(l)$ ;若通信流为内部通信流,则  $B_{pq}(l) = \frac{w_{pq}}{W_l^i} C_l^i$ ;否则,  $B_{pq}(l) = \frac{w_{pq}}{W_l^e} C_l^e$ ;

3) 该通信流的带宽分配值为其在路径上获得的所有带宽份额的最小值,即

$$B_{pq} = \min_{i \in \text{path}(p,q)} B_{pq}(i)$$

## 一种多租户数据中心带宽资源公平分配方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种多租户数据中心带宽资源公平分配方法,属于网络虚拟化领域。

### 背景技术

[0002] 当前,数据中心通常采用多租户技术将物理硬件资源(如CPU、存储、带宽等)抽象为虚拟资源(如虚拟机),以支持大量并发用户。每个用户(又称租户)能够根据业务需求,向数据中心运营商租用虚拟资源,并根据资源使用量付费。因此,多租户数据中心一方面可以支持租户根据业务需求灵活调整虚拟资源的使用规模,另一方面可以提高物理资源的利用率,从而提高运营商收益。

[0003] 在数据中心网络中,带宽资源相对于计算资源和存储资源而言,是非常紧缺的。目前采用的资源分配方法多为完全竞争方法和静态分配带宽的方法。如果采用多租户完全竞争的带宽分配方式,可以充分利用带宽资源,但是会引发公平性问题,即不能保证租户获得所需的网络带宽资源。如果采用静态分配的带宽分配方式,可以保证租户对带宽资源的公平共享,但是会引发效率问题,即当租户不使用带宽时,静态分配给它的带宽资源也无法被其他租户使用,从而造成带宽利用率下降,影响了运营商收益。由此看来,设计一种兼顾公平和效率的多租户数据中心带宽分配方法具有巨大价值。为此,我们设计了多租户数据中心带宽资源公平分配方法,既可以保证租户的公平共享,又能提高带宽资源的使用效率,实现运营商与租户的双赢。

### 发明内容

[0004] 本发明基于如下合理的假设:数据中心的服务器采用树型拓扑连接,并且使用一个集中式控制器负责计算分配给租户的带宽。

[0005] 具体内容包括:

[0006] 步骤一、集中式控制器收集数据中心所有租户的通信流信息。一个完整的通信流由一个四元组  $\langle p, q, S, D \rangle$  来表述,其中,  $p$  表示通信流的源虚拟机,  $q$  表示通信流的宿虚拟机,  $S$  表示虚拟机  $p$  所属的租户,称为源租户,  $D$  表示虚拟机  $q$  所属的租户,称为宿租户;

[0007] 在多租户数据中心网络中,虚拟机是虚拟计算资源(如CPU)和虚拟存储资源(如内存容量、存储容量)的集合,用作虚拟资源的基本单位。若通信流的源租户与宿租户相同,则称该通信流为内部通信流;否则,称为外部通信流;

[0008] 步骤二、集中式控制器检索与通信流相关的源租户和宿租户信息,包括源租户的内部虚拟带宽请求量,记为,源租户的外部虚拟带宽请求量,记为,宿租户的内部虚拟带宽请求量记为,宿租户的外部虚拟带宽请求量;

[0009] 步骤三、遍历每个通信流,计算其经过的物理路径,记为  $\text{path}(p, q)$ 。 $\text{path}(p, q) = \{l_1, l_2, l_3, \dots, l_n\}$ ,其中  $l_n$  为物理链路,  $n$  为链路编号,即物理路径是数据中心网络中从源虚拟机  $p$  到宿虚拟机  $q$  的一组物理链路的集合。

[0010] 步骤四、检查每个通信流是否为内部通信流。若是,按照内部通信流的权重计算方

式计算其权重,即 $= \min(\cdot)$ ,其中为源虚拟机的内部通信流个数,为宿虚拟机  $q$  的内部通信流个数, $\min$  为取两者中的较小值;若不是内部通信流,按照外部通信流的权重计算方式计算其权重,即 $= \min(\cdot)$ ,其中为源虚拟机的外部通信流个数,为宿虚拟机  $q$  的外部通信流个数, $\min$  为取两者中的较小值;

[0011] 步骤五、计算每条物理链路上的内部通信流和外部通信流的带宽份额。具体包括以下步骤:

[0012] 1) 根据步骤三得到的每个通信流的路径信息,统计每条物理链路  $l$  上的内部通信流集合和外部通信流集合;

[0013] 2) 根据步骤二获取每条物理链路  $l$  的带宽、计算链路  $l$  上所有内部通信流所需的带宽之和、链路  $l$  上所有外部通信流所需的带宽之和;

[0014] 3) 计算每条物理链路上的内部通信流带宽份额:  $\cdot$ ,外部通信流带宽份额:  $\cdot$ 。

[0015] 步骤六、计算每个通信流的带宽分配值。具体包括以下步骤:

[0016] 1) 根据步骤三得到的每个通信流的路径信息,计算每条物理链路  $l$  上的内部通信流权重之和、外部通信流权重之和:  $\cdot$ ,其中,为链路  $l$  上的内部通信流集合,为链路  $l$  上的外部通信流集合;

[0017] 2) 计算该通信流在路径的每条链路  $l$  上获得的带宽份额。若通信流为内部通信流,则  $\cdot$ ;否则,  $\cdot$ ;

[0018] 3) 该通信流的带宽分配值为其在路径上获得的所有带宽份额的最小值,即

[0019] 有益效果

[0020] 多租户数据中心带宽资源公平分配方法,既可以保证租户的公平共享,又能提高带宽资源的使用效率,有利于多租户数据中心的大规模推广和应用。

## 附图说明

[0021] 图 1. 流程图;

[0022] 图 2. 本发明应用示例示意图;

[0023] 图 3 本发明的实例图;

[0024] 图 4. 带宽资源利用率实验柱状图;

[0025] 图 5. 任务完成时间实验曲线图。

## 具体实施方式

[0026] 下面结合附图对本发明进行具体说明:

[0027] 本发明的具体工作流程如图 1 所示。

[0028] 如图 2 所示,根据步骤一集中式控制器收集数据中心所有租户的通信流信息。一个完整的通信流由一个四元组  $\langle p, q, S, D \rangle$  来表述,其中, $p$  表示该流的源端虚拟机, $q$  表示该流的宿端虚拟机, $S$  表示虚拟机  $p$  所属的租户(称为源租户), $D$  表示虚拟机  $q$  所属的租户(称为宿租户)。

[0029] 在多租户数据中心网络中,虚拟机是虚拟计算资源(如 CPU)和虚拟存储资源(如内存容量、存储容量)的集合,用作虚拟资源的基本单位。若该流的源租户与宿租户相同,则称该流为内部通信流;否则,称该流为外部通信流。

[0030] 下面通过一个具体实例阐述多租户数据中心带宽资源的公平分配方法,数据中心拓扑和租户虚拟机分布情况如图 3 所示。在本实例中,数据中心包含两台服务器(即物理机),每台服务器可以支撑 4 个虚拟机。服务器通过交换机相连,链路带宽均为 1Gbps(即 1000Mbps)。为表述方便,称与服务器 1 相连的链路为  $l_1$ ,与服务器 2 相连的链路为  $l_2$ 。现有两个租户 P 与 Q,租户 P 使用虚拟机 x 和 y,租户 Q 使用虚拟机 c, d, e, f, g 和 h。租户 P 的内部带宽需求为 800Mbps,外部带宽需求为 200Mbps,租户 Q 的内部带宽需求为 200Mbps,外部带宽需求为 100Mbps。

[0031] 假设现在有 4 个通信流,用四元组分别表示为  $\langle x, e, P, Q \rangle$ ,  $\langle y, e, P, Q \rangle$ ,  $\langle c, f, Q, Q \rangle$  和  $\langle d, f, Q, Q \rangle$ 。按照内部通信流和外部通信流的定义, $\langle x, e, P, Q \rangle$  和  $\langle y, e, P, Q \rangle$  属于外部通信流, $\langle c, f, Q, Q \rangle$  和  $\langle d, f, Q, Q \rangle$  属于内部通信流。链路  $l_1$  上所有内部通信流所需的带宽之和为 400Mbps,所有外部通信流所需的带宽之和为 400Mbps。同样地,链路  $l_2$  上所有内部通信流所需的带宽之和和所有外部通信流所需的带宽之和也均为 400Mbps。

[0032] 根据步骤四,内部通信流  $\langle c, f, Q, Q \rangle$  和  $\langle d, f, Q, Q \rangle$  的权重;外部通信流  $\langle x, e, P, Q \rangle$  和  $\langle y, e, P, Q \rangle$  的权重。

[0033] 根据步骤五,计算每条物理链路上的内部通信流带宽份额和外部通信流带宽份额。对于链路  $l_1$ , Mbps;对于链路  $l_2$ , Mbps。

[0034] 根据步骤六,计算每条物理链路上的内部通信流权重之和、外部通信流权重之和。对于链路  $l_1$ , =, =。同样地,对于链路  $l_2$ , =, =。

[0035] 以流  $\langle x, e, P, Q \rangle$  为例, Mbps, Mbps。因此,该流的带宽分配值为 250Mbps。同样地,可以计算出流  $\langle y, e, P, Q \rangle$ 、 $\langle c, f, Q, Q \rangle$  和  $\langle d, f, Q, Q \rangle$  的带宽分配值均为 250Mbps。

[0036] 按照上述实施方式,对该带宽分配方法(简称为公平分配方法)的性能进行了仿真,并与其他两种可选调度方法进行了比较。用于对比的两种方法简要介绍如下:

[0037] 1) 静态分配方法:分配给租户的带宽不能被其他租户占用。

[0038] 2) 完全竞争方法:分配给租户的带宽可以被其他租户抢占。

[0039] 图 4 是随数据中心负载(任务带宽需求与数据中心带宽总量的比值)的变化,使用不同的带宽分配方法得到的带宽资源利用率仿真结果。可以发现,本发明提出的公平分配方法可以提高数据中心的带宽利用率。

[0040] 图 5 是在数据中心负载为 80%时,使用不同的带宽分配方法得到的任务实际完成时间与最长(期望)完成时间比值的仿真结果。可以看出,本发明提出的公平分配方法使得所有任务的实际完成时间均未超过期望完成时间(即比值不大于 1),从而说明该方法可以保证任务对带宽资源的公平共享。

[0041] 通过实验结果可以看出,本发明提出的多租户数据中心带宽资源公平分配方法,既可以保证租户的公平共享,又能提高带宽资源的使用效率。

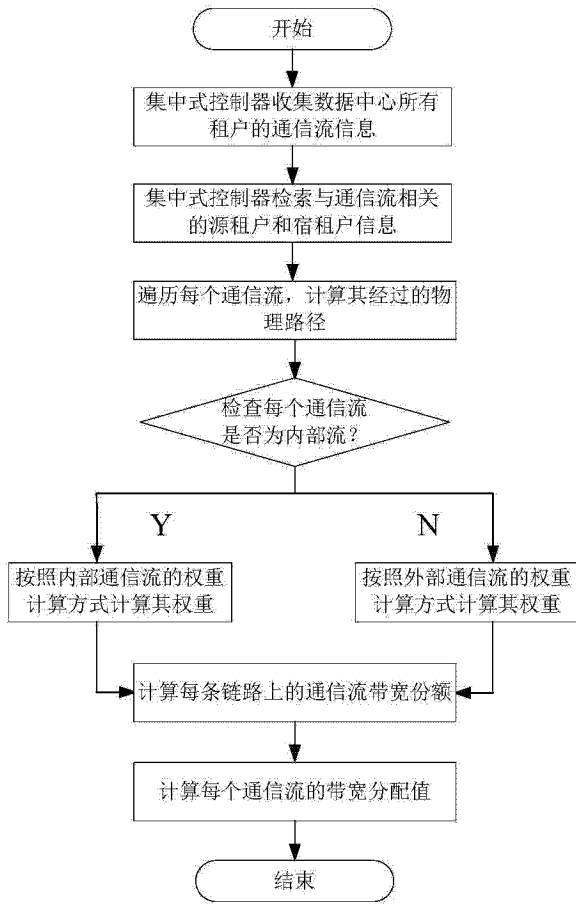


图 1

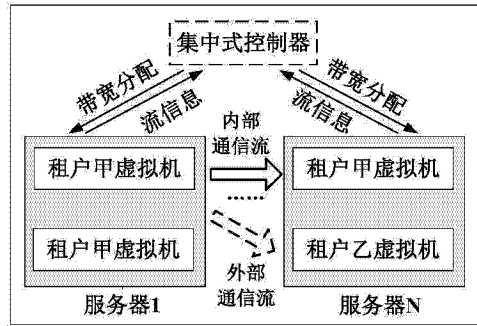


图 2

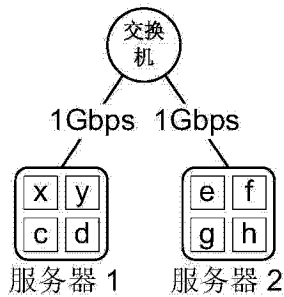


图 3

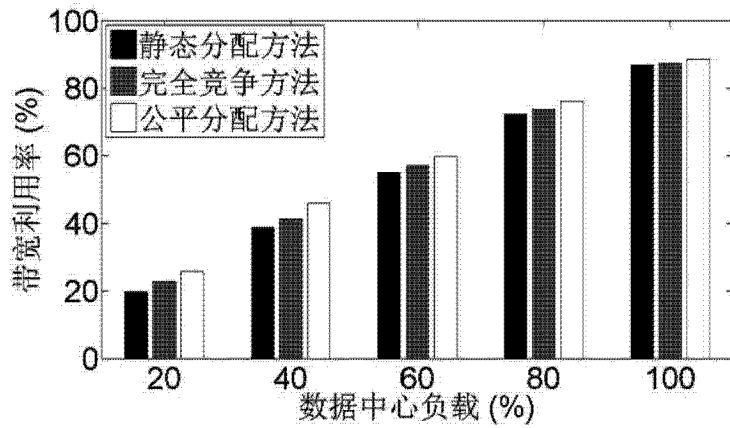


图 4

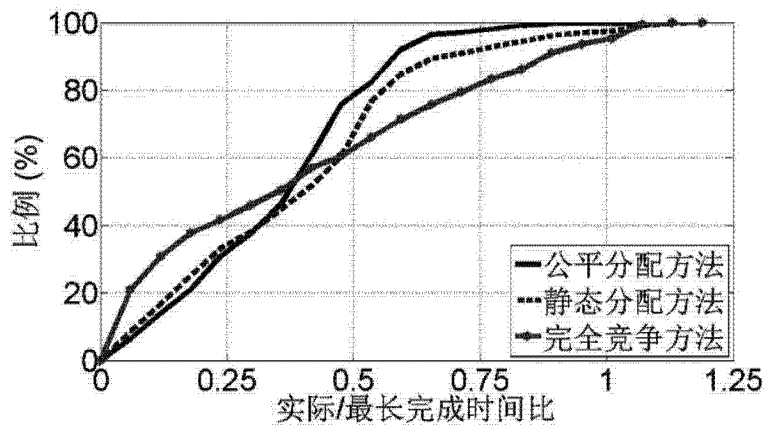


图 5