



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102123093 B

(45) 授权公告日 2012.09.26

(21) 申请号 201110052872.9

(22) 申请日 2011.03.04

(73) 专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037 号

Yifeng Zhu 等. Improved Read

Performance in a Cost-Effective,
Fault-Tolerant Parallel Virtual File System
(LEFT-PVFS). 《IEEE COMPUTER SOCIETY》. 2003,

审查员 熊金安

(72) 发明人 冯丹 童薇 刘景宁 王晓静
赵威

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 方放

(51) Int. Cl.

H04L 12/56 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1885821 A, 2006.12.27, 全文.

CN 101409674 A, 2009.04.15, 全文.

US 6067557 A, 2000.05.23, 全文.

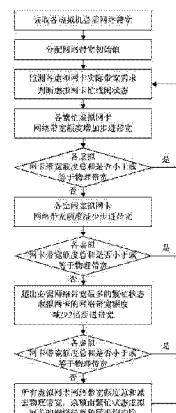
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种虚拟机必需网络带宽保障方法

(57) 摘要

一种虚拟机必需网络带宽保障方法，属于虚拟机系统中网络资源调度和分配方法，解决现有网络带宽控制方法中，网络配置无法修改、无法保障虚拟网卡必需最小带宽的问题，实时修改虚拟网卡带宽额度，以保证各虚拟网卡的必需网络带宽，并最大程度利用物理带宽，提高网络硬件设备的利用率。本发明用于包括虚拟化平台和 M 个虚拟机的虚拟机系统，各虚拟机中配置 1~2 块虚拟网卡，顺序包括网络带宽额度分配步骤、忙或闲状态判断步骤和网络带宽额度调整步骤。本发明通过实时监测虚拟化平台中虚拟网卡对网络带宽的使用情况，判断虚拟网卡的忙或闲状态，将空闲的网络资源转移给有使用需求的虚拟机，保障虚拟机的必需网络带宽，充分利用了网络带宽。



1. 一种虚拟机必需网络带宽保障方法,用于包括虚拟化平台和 M 个虚拟机的虚拟机系统,M = 1 ~ 32,各虚拟机中配置 1 ~ 2 块虚拟网卡,顺序包括下述步骤:

一、网络带宽额度分配步骤,包括下述过程:

1. 1 虚拟化平台从用户配置文件读取各虚拟网卡的必需网络带宽,用户配置文件为有需求的虚拟网卡设置其必需网络带宽,将其它虚拟网卡的必需网络带宽设置为 0,各虚拟网卡必需网络带宽总和小于或等于物理带宽;

1. 2 虚拟化平台依据所读取的用户配置文件,为各虚拟网卡分配周期时间内的网络带宽额度初始值,周期时间为 5 ~ 50 毫秒;

二、忙或闲状态判断步骤,虚拟化平台监测周期时间内各虚拟网卡实际带宽需求,判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度,是则该虚拟网卡为空闲状态,否则该虚拟网卡为繁忙状态,转步骤三;

三、网络带宽额度调整步骤,包括下述过程:

3. 1 将各繁忙状态虚拟网卡的网络带宽额度增加步进带宽,判断所有虚拟网卡网络带宽额度总和是否小于或者等于物理带宽,是则转步骤二;否则进行过程 3. 2;

3. 2 将各空闲状态虚拟网卡的网络带宽额度减少步进带宽,判断所有虚拟网卡网络带宽额度总和是否小于或者等于物理带宽,是则转步骤二;否则进行过程 3. 3;

3. 3 将各繁忙状态虚拟网卡的网络带宽额度与其必需网络带宽比较,将超出必需网络带宽最多的虚拟网卡的网络带宽额度减少 2 倍步进带宽,判断所有虚拟网卡网络带宽额度总和是否小于或者等于物理带宽;是则转步骤二;否则进行过程 3. 4;

3. 4 将所有虚拟网卡网络带宽额度总和减去物理带宽,余额由所有繁忙状态虚拟网卡的网络带宽额度平均扣除,转步骤二;

所述物理带宽为虚拟化平台提供的物理网络带宽总和,所述步进带宽为 0.001 ~ 0.05 倍物理带宽。

2. 如权利要求 1 所述的一种虚拟机必需网络带宽保障方法,其特征在于:

所述网络带宽额度调整步骤的过程 3. 3 中,超出必需网络带宽最多的虚拟网卡数目大于 1 时,将各超出必需网络带宽最多的虚拟网卡的网络带宽额度均减少 2 倍步进带宽。

一种虚拟机必需网络带宽保障方法

技术领域

[0001] 本发明属于虚拟机系统中网络资源调度和分配方法,具体涉及一种虚拟机必需网络带宽保障方法,用于将有限的网络带宽资源分配给有使用需求的虚拟机,以保障各虚拟机维持网络服务的必需网络带宽。

背景技术

[0002] 虚拟机系统在硬件设施利用率、服务可靠性、服务器的整合等方面具有巨大的优势,正面临着前所未有的发展和机遇。虚拟机系统包括虚拟化平台和多个虚拟机,各虚拟机中配置一块或多块虚拟网卡,多个虚拟机可以在一个物理平台上同时运行,各虚拟网卡各自使用一定的网络带宽,虚拟网卡之间相互独立,能够公平、安全的分享物理网络的资源。

[0003] 随着越来越多的网络应用需要向用户提供持续、稳定的服务,虚拟化平台在网络繁忙时,如何确保虚拟机依然能够以稳定的质量向用户提供连续不间断的服务,成为虚拟机网络质量保证的一个问题。通过虚拟化平台中网络带宽控制算法,控制虚拟机中虚拟网卡的带宽分配,是实现虚拟机网络分配的一种方法。

[0004] 剑桥大学 2003 年所提出的 Xen 虚拟化平台,使用带有权值的先进先出策略,实现对虚拟机中虚拟网卡带宽的上限控制。虚拟化平台读取各虚拟网卡的网络带宽预定值,并据此为各虚拟网卡分配网络带宽额度。网络带宽额度为周期时间内,虚拟网卡可以使用网络带宽的最大值,当虚拟网卡对带宽的需求大于预分配的网络带宽额度时,虚拟网卡申请并等待下一周期时间虚拟化平台再次分配网络带宽额度。在此基础之上,各虚拟网卡共享网络带宽资源。

[0005] 现有网络带宽的分配方法,当 N 块虚拟网卡同时繁忙时,各虚拟网卡可以使用物理网络带宽的 $1/N$,虚拟网卡可以实现公平共享网络资源;但为了保证虚拟机的网络服务质量,虚拟化平台需要保障虚拟机维持服务所需要的最少网络带宽,本申请中称为必需网络带宽,现有网络带宽的分配方法中,虚拟化平台通过权值限制其他虚拟网卡的最大带宽额度,来保障某些虚拟网卡的必需网络带宽,这一策略的弊端在于,当网络带宽有空闲时,其他虚拟网卡受限于带宽上限,无法充分利用空闲的网络带宽资源,造成网络资源的浪费;虚拟机在启动时,通过读取虚拟机配置文件,确定虚拟机网络带宽等信息,实现对虚拟机网络的初始化,在虚拟机运行过程中,网络配置修改无法生效,对带宽的再次分配只能通过中断用户服务,重启虚拟机实现。

发明内容

[0006] 本发明提出一种虚拟机中必需网络带宽保障方法,解决现有网络带宽控制方法中,网络配置无法修改、无法保障虚拟网卡必需最小带宽的问题,实时修改虚拟网卡带宽额度,以保证各虚拟网卡的必需网络带宽,并最大程度利用物理带宽,提高网络硬件设备的利用率。

[0007] 本发明的一种虚拟机必需网络带宽保障方法,用于包括虚拟化平台和 M 个虚拟机

的虚拟机系统， $M = 1 \sim 32$ ，各虚拟机中配置 $1 \sim 2$ 块虚拟网卡，顺序包括下述步骤：

[0008] 一、网络带宽额度分配步骤，包括下述过程：

[0009] 1. 1 虚拟化平台从用户配置文件读取各虚拟网卡的必需网络带宽，用户配置文件为有需求的虚拟网卡设置其必需网络带宽，将其它虚拟网卡的必需网络带宽设置为 0，各虚拟网卡必需网络带宽总和小于或等于物理带宽；

[0010] 1. 2 虚拟化平台依据所读取的用户配置文件，为各虚拟网卡分配周期时间内的网络带宽初始值，周期时间为 $5 \sim 50$ 毫秒；

[0011] 二、忙或闲状态判断步骤，虚拟化平台监测周期时间内各虚拟网卡实际带宽需求，判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度，是则该虚拟网卡为空闲状态，否则该虚拟网卡为繁忙状态，转步骤三；

[0012] 三、网络带宽额度调整步骤，包括下述过程：

[0013] 3. 1 将各繁忙状态虚拟网卡的网络带宽额度增加步进带宽，判断所有虚拟网卡网络带宽额度总和是否小于或者等于物理带宽，是则转步骤二；否则进行过程 3. 2；

[0014] 3. 2 将各空闲状态虚拟网卡的网络带宽额度减少步进带宽，判断所有虚拟网卡网络带宽额度总和是否小于或者等于物理带宽，是则转步骤二；否则进行过程 3. 3；

[0015] 3. 3 将各繁忙状态虚拟网卡的网络带宽额度与其必需网络带宽比较，将超出必需网络带宽最多的虚拟网卡的网络带宽额度减少 2 倍步进带宽，判断所有虚拟网卡网络带宽额度总和是否小于或者等于物理带宽；是则转步骤二；否则进行过程 3. 4；

[0016] 3. 4 将所有虚拟网卡网络带宽额度总和减去物理带宽，余额由所有繁忙状态虚拟网卡的网络带宽额度平均扣除，转步骤二；

[0017] 所述物理带宽为虚拟化平台提供的物理网络带宽总和，所述步进带宽为 $0.001 \sim 0.05$ 倍物理带宽。

[0018] 所述的一种虚拟机必需网络带宽保障方法，所述网络带宽额度调整步骤的过程 3. 3 中，超出必需网络带宽最多的虚拟网卡数目大于 1 时，将各超出必需网络带宽最多的虚拟网卡的网络带宽额度均减少 2 倍步进带宽。

[0019] 所述的一种虚拟机必需网络带宽保障方法，所述闲或忙状态判断步骤可以包括下述过程：

[0020] A. 虚拟化平台监测周期时间内各虚拟网卡实际带宽需求，当虚拟网卡使用完分配的网络带宽额度后，向虚拟化平台申请再次分配网络带宽额度；

[0021] B. 虚拟化平台判断各虚拟网卡连续两次申请分配网络带宽额度的时间间隔是否大于所述周期时间，是则该虚拟网卡为空闲状态，否则该虚拟网卡为繁忙状态。

[0022] 当虚拟网卡连续两次申请分配网络带宽额度的时间间隔大于所述周期时间时，该虚拟网卡实际带宽需求小于分配的网络带宽额度，表示在所述周期时间内网络带宽需求较分配的网络带宽额度少，分配的网络带宽有剩余，虚拟网卡空闲；

[0023] 当虚拟网卡连续两次申请分配网络带宽额度的时间间隔小于或等于所述周期时间时，该虚拟网卡实际带宽需求不小于分配的网络带宽额度，表示在所述周期时间内网络带宽需求较网络带宽额度多，原分配的网络带宽不足，虚拟网卡繁忙。

[0024] 本发明动态读出和写入虚拟机中虚拟网卡的信息，动态修改虚拟网卡网络带宽额度，在不中断用户服务的前提下，对虚拟网卡进行配置；保留了带宽额度调度策略稳定、准

确、公平的特点,通过实时监测虚拟化平台中虚拟网卡对网络带宽的使用情况,判断虚拟网卡的忙或闲状态,将空闲的网络资源转移给有使用需求的虚拟机,保障虚拟机的必需网络带宽;在多虚拟网卡同时繁忙时,保障各虚拟网卡的必需网络带宽,并在此前提下,剩余带宽公平分配;对于部分虚拟机繁忙时,将带宽资源分配给有网络需求的虚拟网卡,充分利用网络带宽;同时虚拟化平台可根据用户需求,定义网络带宽额度调整的幅度,在系统灵敏度和调整开销中寻求平衡。

附图说明

- [0025] 图 1 为本发明的流程示意图;
- [0026] 图 2 为三个虚拟机的带宽调整曲线示意图。

具体实施方式

[0027] 下面结合实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0028] 本实施例的硬件平台采用 Intel E5600 处理器,2G 内存,物理网卡带宽为 100Mbps;本实施例包括虚拟化平台和 3 个虚拟机 Dom1、Dom2 和 Dom3,各虚拟机采用单核虚拟 CPU,256M 内存;每个虚拟机使用单块虚拟网卡,故虚拟机网络带宽即为虚拟网卡网络带宽;测试用的客户端和各虚拟机连接在同一个交换机,组成星型网络。测试使用惠普公司开发的 Netperf 测试软件,以充分占用虚拟机网络带宽。Dom1 设定必需网络带宽为 20Mbps,Dom2 设定必需网络带宽为 40Mbps,Dom3 不做必须网络带宽要求,虚拟化平台周期时间为 10ms,步进带宽为 0.005 倍物理带宽。虚拟机 Dom1 和 Dom2 在 0 ~ 3 秒中,网络请求空闲;3 ~ 5 秒中,虚拟机 Dom1 和 Dom2 网络请求开始繁忙,实际带宽需求均大于 100Mbps;5 秒后,虚拟机 Dom1 请求减少,实际带宽请求降低为 0Mbps,虚拟机 Dom2 请求维持繁忙不变;Dom3 网络请求虚拟机运行后一直处于繁忙状态,实际带宽请求大于 100Mbps。

- [0029] 本实施例顺序包括下述步骤:
- [0030] 一、网络带宽额度分配步骤,包括下述过程:
- [0031] 1.1 虚拟化平台从用户配置文件读取各虚拟网卡的必需网络带宽,Dom1 的虚拟网卡 A 的必需网络带宽为 20Mbps,Dom2 的虚拟网卡 B 的必需网络带宽为 40Mbps,Dom3 的虚拟网卡 C 的必需网络带宽为 0Mbps,各虚拟网卡必需网络带宽总和为 60Mbps,小于物理带宽 100Mbps;
- [0032] 1.2 虚拟网卡 A 的网络带宽初始值设置为 20Mbps,虚拟网卡 B 的网络带宽初始值设置为 40Mbps,虚拟网卡 C 的网络带宽初始值设置为 0Mbps;
- [0033] 二、忙或闲状态判断步骤,虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求,判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度,虚拟网卡 A 和 B 的实际带宽需求均为 0Mbps,小于分配的网络带宽额度 20Mbps 和 40Mbps,均判断为空闲状态;虚拟网卡 C 实际带宽需求大于 100Mbps,大于分配的网络带宽额度 0Mbps,判断为繁忙,转步骤三;
- [0034] 三、网络带宽额度调整步骤,包括下述过程:
- [0035] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 C 网络带宽额度增加步进带宽 0.5Mbps,此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 20Mbps、40Mbps 和 0.5Mbps,所有网络带宽额度总和为

60.5Mbps，小于物理带宽 100Mbps，转步骤二；

[0036] 重复上述步骤二、步骤三的过程 3.1，至 800ms 后，虚拟网卡 C 网络带宽额度增加至 40Mbps，虚拟网卡 A 和 B 的网络带宽额度分别为 20Mbps 和 40Mbps，转步骤二；

[0037] 二、忙或闲状态判断步骤，虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求，判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度，虚拟网卡 A 和 B 的实际带宽需求为 0Mbps，均小于分配的网络带宽额度，判断为空闲状态；虚拟网卡 C 的实际带宽需求大于 100Mbps，大于分配的网络带宽额度 40Mbps，判断为繁忙状态，转步骤三；

[0038] 三、网络带宽额度调整步骤，包括下述过程：

[0039] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 C 的网络带宽额度增加步进带宽 0.5Mbps，此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 20Mbps、40Mbps 和 40.5Mbps，所有网络带宽额度总和为 100.5Mbps，大于物理带宽 100Mbps，进行过程 3.2；

[0040] 3.2 将空闲状态的虚拟网卡 A 和 B 的虚拟网卡的网络带宽额度减少步进带宽 0.5Mbps，此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 19.5Mbps、39.5Mbps 和 40.5Mbps，所有网络带宽额度总和为 99.5Mbps，小于物理带宽，转步骤二；

[0041] 二、忙或闲状态判断步骤，虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求，判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度，虚拟网卡 A 和 B 的实际带宽需求均为 0Mbps，小于分配的网络带宽额度 19.5Mbps 和 39.5Mbps，均判断为空闲状态；虚拟网卡 C 的实际带宽需求大于 100Mbps，大于分配的网络带宽额度 40.5Mbps，判断为繁忙状态，转步骤三；

[0042] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 C 的网络带宽额度增加步进带宽 0.5Mbps，此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 19.5Mbps、39.5Mbps 和 41Mbps，所有网络带宽额度总和为 99.5Mbps，小于物理带宽 100Mbps，转步骤二；

[0043] 重复上述步骤二和步骤三，至 1600ms 后，虚拟网卡 A 的虚拟网卡网络带宽额度减少为 0Mbps，虚拟网卡 B 的虚拟网卡网络带宽额度减少为 20Mbps，虚拟网卡 C 的网络带宽额度增加至 80Mbps，转步骤二；

[0044] 二、忙或闲状态判断步骤，虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求，判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度，虚拟网卡 A 实际带宽需求均为 0Mbps，等于分配的网络带宽额度 0Mbps，判断为空闲状态；虚拟网卡 B 的实际带宽需求均为 0Mbps，小于分配的网络带宽额度 20Mbps，判断为空闲状态；虚拟网卡 C 的实际带宽需求大于 100Mbps，大于分配的网络带宽额度 80Mbps，判断为繁忙状态，转步骤三；

[0045] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 C 的网络带宽额度增加步进带宽 0.5Mbps，此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 0Mbps、20Mbps 和 80.5Mbps，所有网络带宽额度总和为 100.5Mbps，大于物理带宽 100Mbps，进行过程 3.2；

[0046] 3.2 将空闲状态的虚拟网卡 A 和 B 的网络带宽额度减少步进带宽 0.5Mbps，此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 0Mbps、19.5Mbps 和 80.5Mbps，所有网络带宽额度总和为 100Mbps，等于物理带宽，转步骤二；

[0047] 重复上述步骤二、步骤三的过程 3.1、3.2，在虚拟网卡 A 和 B 空闲，虚拟网卡 C 维持繁忙状态时，虚拟网卡 A 和 B 的网络带宽额度降低为 0Mbps，虚拟网卡 C 的网络带宽额度增加至 100Mbps，充分占用了物理网络带宽，达到了对物理网络设备的高效利用，这一动态调

整过程需要 2000ms；

[0048] 重复上述步骤二，在 3 秒时，Dom1 和 Dom2 虚拟机网络请求增加，虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求，判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度；虚拟网卡 A、B 和 C 实际带宽需求均大于 100Mbps，大于分配的网络带宽额度 0Mbps、0Mbps 和 100Mbps，均判断为繁忙状态，转步骤三；

[0049] 三、网络带宽额度调整步骤，包括下述过程：

[0050] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 A、B 和 C 网络带宽额度分别增加 0.5Mbps，此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 0.5Mbps、0.5Mbps 和 100.5Mbps，所有网络带宽额度总和为 101.5Mbps，大于物理带宽 100Mbps，进行过程 3.2；

[0051] 3.2 无空闲状态网卡，进行过程 3.3；

[0052] 3.3 将繁忙状态虚拟网卡 A、B 和 C 分配的网络带宽额度和必需网络带宽比较，超出必需网络带宽分别为 -19.5Mbps、-39.5Mbps 和 100.5Mbps，故减少超出必需网络带宽最多的虚拟网卡 C 于 2 倍步进带宽 1Mbps。此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 0.5Mbps、0.5Mbps 和 99.5Mbps。所有网络带宽额度总和为 100.5Mbps，大于物理带宽 100Mbps，进行过程 3.4；

[0053] 3.4 将所有网络带宽额度总和 100.5Mbps 减去物理带宽 100Mbps，余额 0.5Mbps 由所有繁忙的虚拟网卡网络带宽额度平均扣除，此时，虚拟网卡 A、B 和 C 带宽为 0.33Mbps，0.33Mbps 和 99.33Mbps，转步骤二；

[0054] 重复上述步骤二、步骤三的过程 3.1、3.2、3.3、3.4，至 1200ms 后，Dom1 和 Dom2 的虚拟网卡网络带宽额度均增加至 40Mbps，Dom3 虚拟网卡的网络带宽额度减少至 20Mbps，转步骤二；

[0055] 二、忙或闲状态判断步骤，虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求，判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度，虚拟网卡 A、B 和 C 实际带宽需求均大于 100Mbps，大于分配的网络带宽额度 40Mbps、40Mbps 和 20Mbps，均判断为繁忙状态，转步骤三；

[0056] 三、网络带宽额度调整步骤，包括下述过程：

[0057] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 A、B 和 C 网络带宽额度分别增加步进带宽 0.5Mbps，此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 40.5Mbps、40.5Mbps 和 20.5Mbps，所有网络带宽额度总和为 101.5Mbps，大于物理带宽 100Mbps，进行过程 3.2；

[0058] 3.2 无空闲状态网卡，进行过程 3.3；

[0059] 3.3 将繁忙状态虚拟网卡 A、B 和 C 分配的网络带宽额度和必需网络带宽比较，超出必需网络带宽分别为 20.5Mbps、0.5Mbps 和 20.5Mbps，故减少超出必需网络带宽最多的虚拟网卡 A 和 C 于 2 倍步进带宽 1Mbps。此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 39.5Mbps、40.5Mbps 和 19.5Mbps，所有网络带宽额度总和为 99.5Mbps，小于物理带宽 100Mbps，转步骤二；

[0060] 二、忙或闲状态判断步骤，虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求，判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度，虚拟网卡 A、B 和 C 实际带宽需求均大于 100Mbps，大于分配的网络带宽额度 39.5Mbps、40.5Mbps 和 19.5Mbps，均判断为繁忙状态，转步骤三；

[0061] 三、网络带宽额度调整步骤,包括下述过程:

[0062] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 A、B 和 C 网络带宽额度分别增加步进带宽 0.5Mbps, 此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 40Mbps、41Mbps 和 20Mbps, 所有网络带宽额度总和为 101Mbps, 大于物理带宽 100Mbps, 进行过程 3.2;

[0063] 3.2 无空闲状态网卡,进行过程 3.3;

[0064] 3.3 将繁忙状态虚拟网卡 A、B 和 C 分配的网络带宽额度和必需网络带宽比较, 超出必需网络带宽分别为 20Mbps, 1Mbps 和 20Mbps, 故减少超出必需网络带宽最多的虚拟网卡 A 和 C 于 2 倍步进带宽 1Mbps。此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 39Mbps、41Mbps 和 19Mbps, 所有网络带宽额度总和为 99Mbps, 小于物理带宽 100Mbps, 转步骤二;

[0065] 二、忙或闲状态判断步骤,虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求, 判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度, 虚拟网卡 A、B 和 C 实际带宽需求均大于 100Mbps, 大于分配的网络带宽额度 39Mbps、41Mbps 和 19Mbps, 均判断为繁忙状态, 转步骤三;

[0066] 三、网络带宽额度调整步骤,包括下述过程:

[0067] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 A、B 和 C 网络带宽额度分别增加步进带宽 0.5Mbps, 此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 39.5Mbps、41.5Mbps 和 19.5Mbps, 所有网络带宽额度总和为 100.5Mbps, 大于物理带宽 100Mbps, 进行过程 3.2;

[0068] 3.2 无空闲状态网卡,进行过程 3.3;

[0069] 3.3 将繁忙状态虚拟网卡 A、B 和 C 分配的网络带宽额度和必需网络带宽比较, 超出必需网络带宽分别为 19.5Mbps, 1.5Mbps 和 19.5Mbps, 故减少超出必需网络带宽最多的虚拟网卡 A 和 C 于 2 倍步进带宽 1Mbps。此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 38.5Mbps、41.5Mbps 和 18.5Mbps, 所有网络带宽额度总和为 98.5Mbps, 小于物理带宽 100Mbps, 转步骤二;

[0070] 二、忙或闲状态判断步骤,虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求, 判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度, 虚拟网卡 A、B 和 C 实际带宽需求均大于 100Mbps, 大于分配的网络带宽额度 38.5Mbps、41.5Mbps 和 18.5Mbps, 均判断为繁忙状态, 转步骤三;

[0071] 三、网络带宽额度调整步骤,包括下述过程:

[0072] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 A、B 和 C 网络带宽额度分别增加步进带宽 0.5Mbps, 此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 39Mbps、42Mbps 和 19Mbps, 所有网络带宽额度总和为 100Mbps, 等于物理带宽 100Mbps, 转步骤二;

[0073] 重复上述步骤二、步骤三,至 4460ms 时,虚拟网卡 A 和 C 的网络带宽额度减少至 33Mbps 和 13Mbps, Dom2 的虚拟网卡的网络带宽额度增加至 53Mbps, 转步骤二;

[0074] 二、忙或闲状态判断步骤,虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求, 判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度, 虚拟网卡 A、B 和 C 实际带宽需求均大于 100Mbps, 大于分配的网络带宽额度 33Mbps, 53Mbps 和 13Mbps, 均判断为繁忙状态, 转步骤三;

[0075] 三、网络带宽额度调整步骤,包括下述过程:

[0076] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别增加步进带宽 0.5Mbps,

此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 33.5Mbps、53.5Mbps 和 13.5Mbps，所有网络带宽额度总和为 100.5Mbps，大于物理带宽 100Mbps，进行过程 3.2；

[0077] 3.2 无空闲状态网卡，进行过程 3.3；

[0078] 3.3 将繁忙状态虚拟网卡 A、B 和 C 分配的网络带宽额度和必需网络带宽比较，超出必需网络带宽分别为 13.5Mbps、13.5Mbps 和 13.5Mbps，故减少超出必需网络带宽最多的虚拟网卡 A、B 和 C 于 2 倍步进带宽 1Mbps。此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 32.5Mbps、52.5Mbps 和 12.5Mbps，所有网络带宽额度总和为 97.5Mbps，小于物理带宽 100Mbps，转步骤二；

[0079] 二、忙或闲状态判断步骤，虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求，判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度，虚拟网卡 A、B 和 C 实际带宽需求均大于 100Mbps，大于分配的网络带宽额度 32.5Mbps、52.5Mbps 和 12.5Mbps，判断为繁忙状态，转步骤三；

[0080] 三、网络带宽额度调整步骤，包括下述过程：

[0081] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 A、B 和 C 网络带宽额度分别增加步进带宽 0.5Mbps，此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 33Mbps、53Mbps 和 13Mbps，所有网络带宽额度总和为 99Mbps，大于物理带宽 100Mbps，转步骤二；

[0082] 重复上述步骤二、步骤三，虚拟网卡 A、B 和 C 分别位于 33Mbps、53Mbps 和 13Mbps 和 32.5Mbps、52.5Mbps 和 12.5Mbps 之间动态调节，并一直持续。Dom1 和 Dom2 虚拟机满足了所设置的 20Mbps 和 40Mbps 的必需网络带宽，并和 Dom3 共享了剩余的 40Mbps 带宽，调整网络带宽所需时间为 1460ms。

[0083] 重复上述步骤二，5 秒时，Dom1 虚拟机网络请求减少，虚拟网卡 A 实际带宽请求减少为 0Mbps，小于分配的网络带宽额度 33Mbps，判断为空闲状态；Dom2 和 Dom3 虚拟机保持繁忙状态，虚拟网卡 B 和 C 的实际带宽请求大于 100Mbps，大于分配的网络带宽额度 53Mbps 和 13Mbps 均判断为繁忙状态，转步骤三；

[0084] 三、网络带宽额度调整步骤，包括下述过程：

[0085] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 B 和 C 的网络带宽额度分别增加步进带宽 0.5Mbps，此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 33Mbps、53.5Mbps 和 13.5Mbps，所有网络带宽额度总和为 100Mbps，等于物理带宽，转步骤二；

[0086] 二、忙或闲状态判断步骤，虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求，判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度，虚拟网卡 A 实际带宽需求为 0Mbps，小于分配的网络带宽额度 33Mbps，判断为空闲；虚拟网卡 B 和 C 的实际带宽需求大于 100Mbps，大于分配的网络带宽额度 53.5Mbps 和 13.5Mbps，判断为繁忙，转步骤三；

[0087] 三、网络带宽额度调整步骤，包括下述过程：

[0088] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 B 和 C 的网络带宽额度分别增加步进带宽 0.5Mbps，此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 33Mbps、54Mbps 和 14Mbps，所有网络带宽额度总和为 101Mbps，大于物理带宽 100Mbps，进行过程 3.2；

[0089] 3.2 将空闲状态的虚拟网卡 A 的网络带宽额度减少步进带宽 0.5Mbps，此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 32.5Mbps、54Mbps 和 14Mbps，所有网络带宽额度总和为 100.5Mbps，大于物理带宽，进行过程 3.3；

[0090] 3.3 将繁忙状态的虚拟网卡 B 和 C 分配的网络带宽额度和必需网络带宽比较,超出必需网络带宽分别为 14Mbps 和 14Mbps,故减少超出必需网络带宽最多的虚拟网卡 C 于 2 倍步进带宽 1Mbps。此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 32.5Mbps、53Mbps 和 13Mbps,所有网络带宽额度总和为 98.5Mbps,小于物理带宽 100Mbps,转步骤二;

[0091] 二、忙或闲状态判断步骤,虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求,判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度,虚拟网卡 A 实际带宽需求为 0Mbps,小于分配的网络带宽额度 32.5Mbps,判断为空闲;虚拟网卡 B 和 C 的实际带宽需求大于 100Mbps,大于分配的网络带宽额度 53Mbps 和 13Mbps,判断为繁忙,转步骤三;

[0092] 三、网络带宽额度调整步骤,包括下述过程:

[0093] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 B 和 C 的网络带宽额度分别增加步进带宽 0.5Mbps,此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 32.5Mbps、53.5Mbps 和 13.5Mbps,所有网络带宽额度总和为 99.5Mbps,小于物理带宽 100Mbps,转步骤二;

[0094] 重复上述步骤二、步骤三,至 6 秒时虚拟网卡 A 的网络带宽额度减少为 0Mbps,虚拟网卡 B 的网络带宽额度增加为 70Mbps,虚拟网卡 C 的网络带宽额度减少为 30Mbps,转步骤二;

[0095] 二、忙或闲状态判断步骤,虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求,判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度,虚拟网卡 A 实际带宽需求为 0Mbps,等于分配的网络带宽额度 0Mbps,判断为空闲;虚拟网卡 B 和 C 的实际带宽需求大于 100Mbps,大于分配的网络带宽额度 70Mbps 和 30Mbps,判断为繁忙,转步骤三;

[0096] 三、网络带宽额度调整步骤,包括下述过程:

[0097] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 B 和 C 的网络带宽额度分别增加步进带宽 0.5Mbps,此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 0Mbps、70.5Mbps 和 30.5Mbps,所有网络带宽额度总和为 101Mbps,大于物理带宽 100Mbps,进行过程 3.2;

[0098] 3.2 将空闲状态的虚拟网卡 A 的网络带宽额度减少步进带宽 0.5Mbps,此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 0Mbps、70.5Mbps 和 30.5Mbps,所有网络带宽额度总和为 101Mbps,大于物理带宽 100Mbps,进行过程 3.3;

[0099] 3.3 将繁忙状态虚拟网卡 B 和 C 的分配的网络带宽额度和必需网络带宽比较,超出必需网络带宽分别为 30.5Mbps 和 30.5Mbps,故减少超出必需网络带宽最多的虚拟网卡 C 于 2 倍步进带宽 1Mbps。此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 0Mbps、69.5Mbps 和 29.5Mbps,所有网络带宽额度总和为 99Mbps,小于物理带宽 100Mbps,转步骤二;

[0100] 二、忙或闲状态判断步骤,虚拟化平台监测 10ms 内各虚拟网卡实际带宽需求,判断各虚拟网卡实际带宽需求是否小于或等于分配的网络带宽额度,虚拟网卡 A 实际带宽需求为 0Mbps,等于分配的网络带宽额度 0Mbps,判断为空闲;虚拟网卡 B 和 C 的实际带宽需求大于 100Mbps,大于分配的网络带宽额度 69.5Mbps 和 29.5Mbps,判断为繁忙,转步骤三;

[0101] 三、网络带宽额度调整步骤,包括下述过程:

[0102] 3.1 将繁忙状态的虚拟网卡 B 和 C 的网络带宽额度分别增加步进带宽 0.5Mbps,此时虚拟网卡 A、B 和 C 的网络带宽额度分别为 0Mbps、70Mbps 和 30Mbps,所有网络带宽额度总和为 100Mbps,等于物理带宽 100Mbps,转步骤二;

[0103] 重复上述步骤二、步骤三,虚拟网卡 A、B 和 C 分别位于 0Mbps、69.5Mbps,29.5Mbps

和 0Mbps、70Mbps 和 30Mbps 之间动态调节，并一直持续。Dom2 虚拟机满足了所设置的 40Mbps 的必需网络带宽，并和 Dom3 共享了剩余的 60Mbps 带宽，调整网络带宽所需时间为 1000ms。

[0104] 三个虚拟机的带宽调整曲线如图 2 所示，图中矩形、圆形、三角形分别表示虚拟网卡 A、B 和 C 不同周期时间的网络带宽额度。

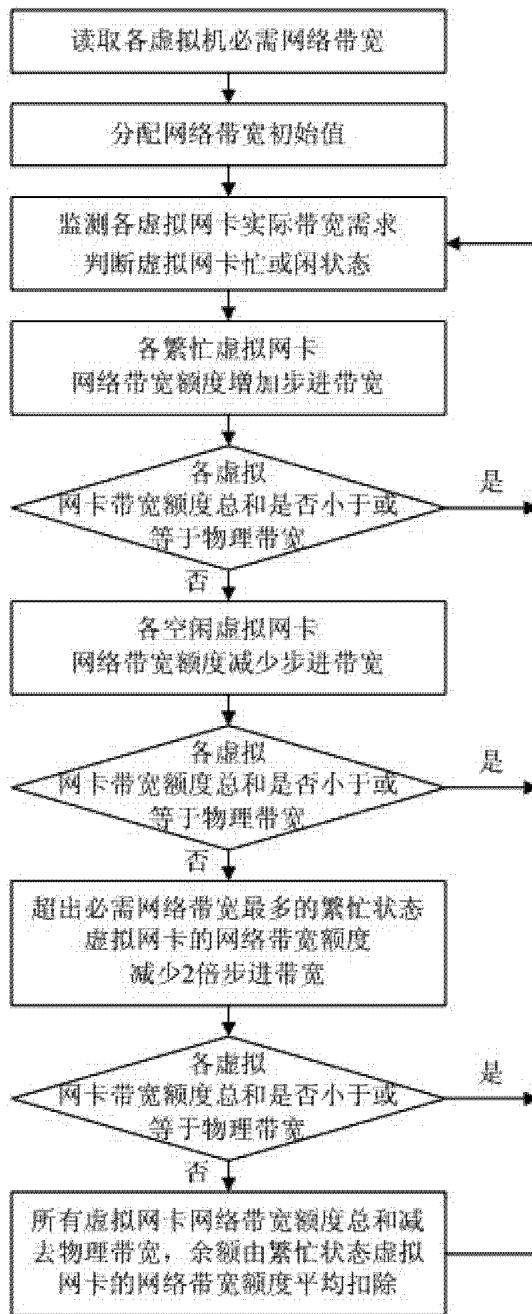


图 1

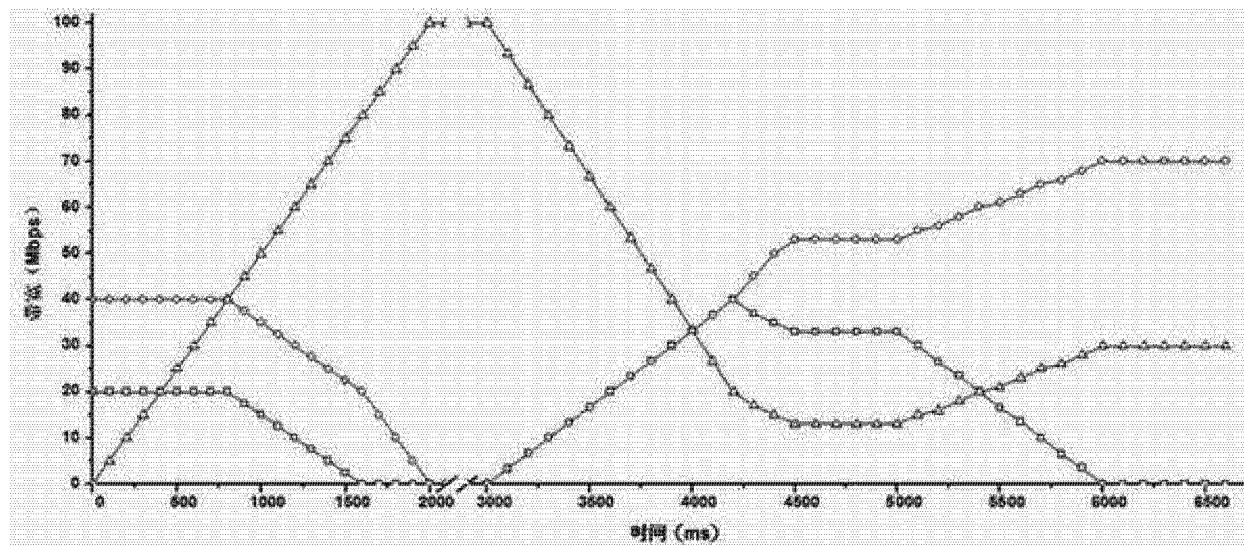


图 2