



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112425129 A

(43) 申请公布日 2021. 02. 26

(21) 申请号 201980048136.0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2019.02.15

H04L 29/00 (2006.01)

(30) 优先权数据

16/038,826 2018.07.18 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.01.18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/CN2019/075133 2019.02.15

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2020/015356 EN 2020.01.23

(71) 申请人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72) 发明人 陈洪武 傅贵 胡振华 张志珂

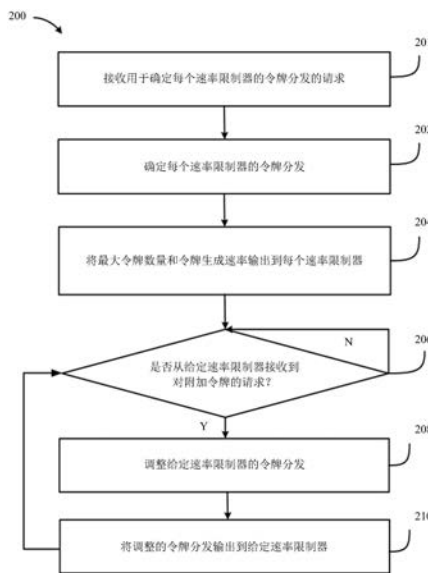
权利要求书2页 说明书15页 附图13页

(54) 发明名称

云计算系统中集群速率限制的方法和系统

(57) 摘要

本文描述了用于使用至少一个速率限制控制器对一个或多个服务实例集群进行速率限制的系统和方法。为多个速率限制器中的每一个速率限制器确定令牌分发(token distribution)。所述令牌分发包括最大令牌数量和令牌生成速率。将所述最大令牌数量和所述令牌生成速率分配给所述多个速率限制器中的每一个速率限制器。从所述多个速率限制器中的至少给定的一个速率限制器接收对附加令牌的至少一个请求。根据所述请求以及根据所述多个速率限制器中的至少所述给定的一个速率限制器的令牌消耗信息,调整所述多个速率限制器中的至少所述给定的一个速率限制器的令牌分发。将调整的令牌分发分配给所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器。



1. 一种计算机实现的对云计算系统中的服务实例集群进行速率限制的方法,其特征在于,所述方法包括:

在速率限制控制器处接收用于为多个速率限制器中的每一个速率限制器确定令牌分发的请求,每个速率限制器与所述服务实例集群中的一个相关,所述多个速率限制器中的每一个速率限制器对所述服务实例集群中的对应一个的服务实例进行速率限制;

在所述速率限制控制器处为所述多个速率限制器中的每一个速率限制器确定所述令牌分发,所述令牌分发包括最大令牌数量和令牌生成速率;

所述速率限制控制器向所述多个速率限制器中的每一个速率限制器输出所述最大令牌数量和所述令牌生成速率;

从所述多个速率限制器中的至少给定的一个速率限制器接收对附加令牌的至少一个请求;

根据所述请求以及根据所述多个速率限制器中的至少所述给定的一个速率限制器的令牌消耗信息,向所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器输出调整的令牌分发。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述调整的令牌分发是根据所述多个速率限制器的总体令牌消耗信息确定的。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,为所述多个速率限制器中的每一个速率限制器确定所述令牌分发包括确定要分配给所述多个速率限制器的总令牌数量,所述总令牌数量小于或等于所述多个速率限制器的最大可用令牌数量。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,为多个速率限制维度中的每一个速率限制维度确定要分配给所述多个速率限制器的总令牌数量。

5. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,确定所述令牌分发还包括通过计算所述最大可用令牌数量与所述总令牌数量之间的差值来获得剩余令牌数量。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,确定所述令牌分发包括确定要分配给所述多个速率限制器的总令牌生成速率,所述总令牌生成速率小于或等于所述多个速率限制器的最大令牌生成速率。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,确定所述令牌分发还包括通过计算所述最大令牌生成速率与所述总令牌生成速率之间的差值来获得剩余令牌生成速率。

8. 根据权利要求1至7中的任一项所述的方法,其特征在于,确定所述令牌分发包括:

确定第一服务实例集群的多个速率限制的总令牌数量,所述总令牌数量小于或等于所述第一服务实例集群的最大令牌数量;

确定所述多个速率限制的总令牌生成速率,所述总令牌生成速率小于或等于所述第一服务实例集群的最大令牌生成速率;

从所述多个速率限制中的每一个速率限制的所述最大令牌数量和所述最大令牌生成速率中确定多个速率限制器中的每一个速率限制器的所述令牌分发。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述多个速率限制中的每一个速率限制是对多个速率限制维度中的给定的一个速率限制维度进行速率限制。

10. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,调整所述令牌分发包括:

根据所述剩余令牌数量和所述多个速率限制器中的至少所述给定的一个速率限制器

的所述令牌消耗信息,确定针对所述最大令牌数量要提供给所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器的附加令牌数量;

将所述剩余令牌数量减少所述附加令牌数量;

对于所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器,将所述最大令牌数量增加所述附加令牌数量。

11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,确定所述附加令牌数量包括:根据所述多个速率限制器的总体令牌消耗信息确定要提供给所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器的所述附加令牌数量。

12. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,确定所述附加令牌数量包括:将要提供给所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器的所述附加令牌数量确定为所述剩余令牌数量的函数。

13. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,还包括:在所述速率限制控制器处确定所述剩余令牌数量为零,并请求所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器在请求附加令牌之前等待一段时间。

14. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,还包括:在所述速率限制控制器处确定所述剩余令牌数量小于阈值,并请求从所述多个速率限制器中的一个或多个速率限制器返回令牌。

15. 根据权利要求1至14中的任一项所述的方法,其特征在于,所述一个或多个服务实例集群包括后端服务实例集群和前端服务实例集群,所述方法还包括使用所述至少一个速率限制控制器以用于:

在确定所述后端服务实例集群过载之后,针对所述后端服务实例集群的服务实例,对从所述前端服务实例集群的服务实例接收到的请求进行限制。

16. 根据权利要求1至15中的任一项所述的方法,其特征在于,当速率限制的当前令牌数量为零时,所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器将传入请求存储在速率限制器相关的队列中。

17. 根据权利要求16所述的方法,其特征在于,所述队列是第一队列;并且其中,当所述第一队列具有待决请求时,所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器将第二队列的未使用令牌分配给所述第一队列。

18. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,包括指令,当计算机执行所述指令时,使所述计算机执行根据权利要求1至17中的任一项所述的方法。

19. 一种计算机程序产品,其特征在于,包括指令,当计算机执行所述程序时,使所述计算机执行根据权利要求1至17中的任一项所述的方法。

20. 一种数据处理系统,其特征在于,包括用于执行根据权利要求1至17中的任一项所述的方法的装置。

云计算系统中集群速率限制的方法和系统

[0001] 相关申请案交叉申请

[0002] 本申请要求于2018年7月18日提交的、申请号为16/038,826、发明名称为“云计算系统中集群速率限制的方法和系统(METHOD AND SYSTEM FOR CLUSTER RATE LIMITING IN A CLOUD COMPUTING SYSTEM)”的美国专利申请的优先权,其通过引用的方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明大体上涉及对云计算系统提供的服务实例集群内的服务实例进行速率限制,更具体地,涉及使用令牌对分布式计算多集群的服务实例进行速率限制。

背景技术

[0004] 云计算是一种基于网络的计算(例如,基于互联网的计算)形式,支持访问可配置的计算资源共享池和更高级别的服务,这些服务通常可以通过互联网以最少的管理工作量快速提供。云计算是继从基于主机的计算向以服务形式实现的基于客户端-服务器的计算转换之后的又一范式转换。云计算服务提供商通常提供三种主要服务(以下简称为云计算服务):基础设施即服务(infrastructure as a service,IaaS)、平台即服务(platform as a service,PaaS)和软件即服务(software as a service,SaaS),通过按需创建虚拟机供客户使用。IaaS提供可供客户租用和使用的计算基础设施。计算基础设施包括被虚拟化并在客户之间共享的物理计算资源(例如处理器、存储器、存储装置、服务器、网络组件等)。PaaS提供了一个平台,支持客户开发、运行和管理软件应用,而无需构建和维护计算基础设施。SaaS通过互联网以订购方式按需提供在计算基础设施上运行的软件应用。

[0005] 在例如云计算等分布式计算环境中,当来自多个租户、应用、应用程序接口(application programming interface,API)调用和/或下载/上传操作的请求共享相同的网络或磁盘输入/输出带宽时,需要控制流量速率。控制流量速率可以阻止一个或多个请求占用大部分带宽,并防止拒绝服务(denial-of-service,DoS)攻击。这可以通过限制每个时间段的请求数量、每秒带宽和/或并发连接数量来实现。

[0006] 当大量请求由配备有负载均衡器的服务实例集群提供服务时,不适合对服务实例集群中的每个节点进行速率限制(例如使用计数器算法、滑动窗口算法、漏桶算法、令牌桶算法等),这是由于例如:服务(例如后端服务)的负担过重、内存开销增加、请求优先级不支持、或速率限制效果缺乏平滑性。反而更适合进行集群速率限制,即,使用速率限制器对服务实例集群进行速率限制。但是,在现有的集群速率限制解决方案中,为了让与给定服务实例相关的每个速率限制器知道是接受还是拒绝请求,每个速率限制器必须为每个请求验证保存在共享位置(例如Redis™或Cassandra™数据库)中的中央配置参数和计数器。这会导致速率限制器生成消耗带宽的流量,导致带宽和延迟开销问题。

[0007] 为了避免这些问题,可以将令牌均匀分发到各个服务实例,也可以周期性地或当令牌耗尽时,向给定的服务实例提供令牌。但是,由于期望在服务实例集群前提供的负载均衡器具有低延迟,因此负载均衡器不能充当速率限制器或查看每个请求,以便根据速率限

制规则(例如来自租户、应用或API)将请求均匀地分发到服务实例。负载均衡器通常只使用例如轮询方案等简单的规则,在不知道速率限制的情况下,尽可能快地将请求分发到服务实例。对于请求服务,该分发可以是均衡的,但对于速率限制,该分发是不均衡的。如果每个速率限制器仅通过考虑自己的令牌来做出决策,即不知道在服务实例集群中处理请求的方式,则这种速率限制的不均衡分发通常会导致速率限制不准确。

[0008] 现有集群速率限制解决方案的另一缺点是前端服务实例与后端服务实例之间缺乏协调。特别是,在前端服务实例调用后端服务实例的情况下,两者之间的速率限制通常不协调,导致后端服务实例在接收到来自前端服务实例的附加负载时变得过载。

[0009] 因此,需要改进的系统和方法,用于对在分布计算环境中提供的服务实例集群进行速率限制。

发明内容

[0010] 本文描述了用于对一个或多个服务实例集群进行速率限制的系统和方法。

[0011] 一方面,提供了一种对云计算系统中的服务实例集群进行速率限制的方法。所述方法包括:在速率限制控制器处接收用于为多个速率限制器中的每一个速率限制器确定令牌分发的请求,每个速率限制器与所述服务实例集群中的一个相关,所述多个速率限制器中的每一个速率限制器对所述服务实例集群中的对应一个的服务实例进行速率限制;在所述速率限制控制器处为所述多个速率限制器中的每一个速率限制器确定所述令牌分发,所述令牌分发包括最大令牌数量和令牌生成速率;所述速率限制控制器向所述多个速率限制器中的每一个速率限制器输出所述最大令牌数量和所述令牌生成速率;从所述多个速率限制器中的至少给定的一个速率限制器接收对附加令牌的至少一个请求;根据所述请求以及根据所述多个速率限制器中的至少所述给定的一个速率限制器的令牌消耗信息,向所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器输出调整的令牌分发。

[0012] 在一些方面中,所述调整的令牌分发是根据所述多个速率限制器的总体令牌消耗信息确定的。

[0013] 在一些方面中,为所述多个速率限制器中的每一个速率限制器确定所述令牌分发包括确定要分配给所述多个速率限制器的总令牌数量,所述总令牌数量小于或等于所述多个速率限制器的最大可用令牌数量。

[0014] 在一些方面中,为多个速率限制维度中的每一个速率限制维度确定要分配给所述多个速率限制器的总令牌数量。

[0015] 在一些方面中,确定所述令牌分发还包括通过计算所述最大可用令牌数量与所述总令牌数量之间的差值来获得剩余令牌数量。

[0016] 在一些方面中,确定所述令牌分发包括确定要分配给所述多个速率限制器的总令牌生成速率,所述总令牌生成速率小于或等于所述多个速率限制器的最大令牌生成速率。

[0017] 在一些方面中,确定所述令牌分发还包括通过计算所述最大令牌生成速率与所述总令牌生成速率之间的差值来获得剩余令牌生成速率。

[0018] 在一些方面中,确定所述令牌分发包括:确定第一服务实例集群的多个速率限制的总令牌数量,所述总令牌数量小于或等于所述第一服务实例集群的最大令牌数量;确定所述多个速率限制的总令牌生成速率,所述总令牌生成速率小于或等于所述第一服务实例

集群的最大令牌生成速率;从所述多个速率限制中的每一个速率限制的所述最大令牌数量和所述最大令牌生成速率中确定多个速率限制器中的每一个速率限制器的所述令牌分发。

[0019] 在一些方面中,所述多个速率限制中的每一个速率限制是对多个速率限制维度中的给定的一个速率限制维度进行速率限制。

[0020] 在一些方面中,调整所述令牌分发包括:根据所述剩余令牌数量和所述多个速率限制器中的至少所述给定的一个速率限制器的所述令牌消耗信息,确定要提供给所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器的所述最大令牌数量的附加令牌数量;将所述剩余令牌数量减少所述附加令牌数量;对于所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器,将所述最大令牌数量增加所述附加令牌数量。

[0021] 在一些方面中,确定所述附加令牌数量包括:根据所述多个速率限制器的总体令牌消耗信息确定要提供给所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器的所述附加令牌数量。

[0022] 在一些方面中,确定所述附加令牌数量包括:将要提供给所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器的所述附加令牌数量确定为所述剩余令牌数量的函数。

[0023] 在一些方面中,所述方法还包括:在所述速率限制控制器处确定所述剩余令牌数量为零,并请求所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器在请求附加令牌之前等待一段时间。

[0024] 在一些方面中,所述方法还包括:在所述速率限制控制器处确定所述剩余令牌数量小于阈值,并请求从所述多个速率限制器中的一个或多个速率限制器返回令牌。

[0025] 在一些方面中,所述一个或多个服务实例集群包括后端服务实例集群和前端服务实例集群,所述方法还包括在确定所述后端服务实例集群过载之后,针对所述后端服务实例集群的服务实例,对从所述前端服务实例集群的服务实例接收到的请求进行限制。

[0026] 在一些方面中,当速率限制的当前令牌数量为零时,所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器将传入请求存储在速率限制器相关的队列中。

[0027] 在一些方面中,所述队列是第一队列,当所述第一队列具有待决请求时,所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器将第二队列的未使用令牌分配给所述第一队列。

[0028] 在一些方面中,提供了一种存储计算机可读指令的非瞬时性计算机可读介质,当由处理器执行时,使得所述处理器执行以下操作:接收用于为多个速率限制器中的每一个速率限制器确定令牌分发的请求,每个速率限制器与所述服务实例集群中的一个相关,所述多个速率限制器中的每一个速率限制器对所述服务实例集群中的对应一个的服务实例进行速率限制;为所述多个速率限制器中的每一个速率限制器确定所述令牌分发,所述令牌分发包括最大令牌数量和令牌生成速率;将所述最大令牌数量和所述令牌生成速率输出到所述多个速率限制器中的每一个速率限制器;从所述多个速率限制器中的至少给定的一个速率限制器接收对附加令牌的至少一个请求;根据所述请求以及根据所述多个速率限制器中的至少所述给定的一个速率限制器的令牌消耗信息,向所述多个速率限制器中的所述给定的一个速率限制器输出调整的令牌分发。

附图说明

- [0029] 参考附图,其中:
- [0030] 图1A为根据实施例的用于提供云计算服务的云计算架构的框图。
- [0031] 图1B为根据一个实施例的用于对服务实例集群内的服务实例进行速率限制的速率限制控制器和速率限制器的逻辑框图。
- [0032] 图2为根据一个实施例的用于对一个或多个服务实例集群进行速率限制的示例性方法的流程图。
- [0033] 图3A为根据一个实施例的图2中根据速率限制确定服务实例集群的多个速率限制器中的每一个速率限制器的令牌分发的步骤的流程图。
- [0034] 图3B为图1B中的速率限制控制器、服务实例和速率限制器的逻辑框图,并且示出了根据一个实施例的租户的令牌分发。
- [0035] 图4A为根据一个实施例的图2中根据最大集群容量和最大集群速率确定多个速率限制器中的每一个速率限制器的令牌分发的步骤的流程图。
- [0036] 图4B为图1B中的速率限制控制器、服务实例和速率限制器的框图,并且示出了根据一个实施例的分配给租户的令牌和令牌生成速率。
- [0037] 图4C为图1B中的速率限制控制器、服务实例和速率限制器的框图,并且示出了根据一个实施例的多个速率限制的令牌分发。
- [0038] 图5A为根据一个实施例的图2中的调整令牌分发的步骤的流程图。
- [0039] 图5B为图1B中的速率限制控制器、服务实例和速率限制器的框图,并且示出了根据一个实施例的从速率限制控制器请求附加令牌的速率限制器。
- [0040] 图5C为图1B中的速率限制控制器、服务实例和速率限制器的框图,并且示出了根据一个实施例的被分配附加令牌的速率限制器。
- [0041] 图6为根据一个实施例的用于对服务实例进行速率限制的示例性方法的流程图。
- [0042] 图7为根据一个实施例的图1中的云计算架构的IaaS的物理机的示例的示意图。
- [0043] 应注意的是,在整个附图中,相同的附图标记标识相同的特征。

具体实施方式

[0044] 图1A为示意性地示出能够提供云计算服务的云计算架构的逻辑框图。所示出的云计算架构10(以下称为云10)的逻辑图通常包括基础设施平台12(例如IaaS层)、应用平台14(例如PaaS层)和应用16(例如SaaS层)。基础设施平台12包括物理硬件资源38和虚拟化层11,虚拟化层11向应用平台14呈现物理硬件资源38的抽象。虚拟化层11呈现的抽象取决于承载在应用平台14上的应用32的需求。物理硬件资源38包括:物理机34,其包括处理资源(例如,中央处理器(central processing unit,CPU)、图形处理单元(graphic processing unit,GPU)、加速器、张量处理单元(tensor processing unit,TPU));物理存储装置36,其包括存储器等存储资源(例如,静态随机存取存储器(static random access memory,SRAM)、动态随机存取存储器(dynamic random access memory,DRAM)、同步DRAM(synchronous DRAM,SDRAM)、只读存储器(read-only memory,ROM)、持久性存储设备(例如硬盘驱动器、光驱)或其组合);以及通常驻留在数据中心内的网络资源(未示出)。如本领域所理解的,数据中心包括物理硬件资源38的集合(通常以服务器的形式),物理硬件资源38

可以用作包括处理、存储装置和网络资源的集合计算资源。在数据中心内,多个服务器可以连接在一起,以提供计算资源池,虚拟化实体可以基于该资源池进行实例化。数据中心之间可以互连,以形成通过连接资源相互连接的计算资源池。连接资源可以采取物理连接的形式,例如以太网或光通信链路。

[0045] 虚拟化层11通过提供基础设施即服务(infrastructure as a service,IaaS)设施来支持应用32的灵活和高效的多租户运行时和托管环境。虚拟化层11包括虚拟化管理器或虚拟机监控器(未示出),虚拟化管理器或虚拟机监控器可以为由应用平台14托管的每个应用32提供安全性和资源“沙盒(sandbox)”。每个沙盒可以实现为虚拟机(virtual machine,VM) 48,虚拟机48可以包括适当的操作系统和对虚拟化存储资源20的受控访问。

[0046] 虚拟化层11对物理硬件资源38的虚拟化被认为是云10的基础技术。虚拟化是一种支持创建计算资源(例如,处理、存储和网络资源)的虚拟计算资源池的技术,这些计算资源通过连接资源相互连接。虚拟化可以采取实例化VM 48的形式,对于网络上的另一实体以及对于VM 48上执行的软件,VM 48与物理计算设备无异。VM 48具有一组计算资源(例如处理、存储和连接资源),操作系统可以在其上运行。VM 48可以具有可以被分配网络地址的虚拟网络接口。在底层资源与VM 48之间,通常存在管理资源隔离和网络交互的虚拟机监控器(未示出)。VM 48的用途之一是提供与云10上运行的其它进程的隔离。最初开发的VM 48是一种允许不同的进程运行的机制,不必担心单个错误进程会导致整个系统崩溃。相反,错误进程将包括在自己的VM 48中。这种隔离允许每个VM 48具有自己的网络接口集。通常,单个底层计算资源可以支持多个虚拟化实体。

[0047] 本领域技术人员将理解,更近的发展是使用容器代替VM 48。如上所述,每个VM 48通常包括其自己的操作系统,这通常会增加冗余计算、存储和连接资源的使用。容器允许单个OS内核支持多个隔离的应用。代替允许每个VM 48运行自己的OS的虚拟机监控器,单个OS托管负责强制执行VM 48将提供的资源隔离的容器。

[0048] 应用平台14能够托管应用32,并且包括应用平台服务22。应用平台服务22向托管在应用平台14上的应用32提供一套中间件应用服务和基础设施服务。托管在应用平台14上的应用32可以在VM上运行,也可以在物理机上运行。在图1A描绘的实施例中,应用平台服务22包括用于内存数据存储的云缓存服务系统24、用于应用的数据库服务26、用于向用户客户发布消息的消息服务28,应用程序接口(application program interface,API)网关服务30和速率限制控制服务100。API网关服务30使客户能够创建、发布和维护应用程序接口(application program interface,API)以访问其它云服务。本领域技术人员将理解,应用平台服务22可以向客户提供其它中间件应用服务,例如通知服务、运行时服务等。来自客户的应用32可以在相应的VM 48或物理机34内部署和执行。

[0049] 图1B示出了云10的速率限制控制服务100的逻辑框图。速率限制控制服务100包括第一服务实例集群110₁(以下称为“第一集群110₁”)和第二服务实例集群110₂(以下称为“第二集群110₂”)。第一集群110₁包括第一多个服务实例120_{1,2...N}。本文使用的术语服务实例是指在云10的执行环境中运行的服务的实例化。在云的相同执行环境中和/或云10的不同多个执行环境中运行的同一服务的多个实例可以有多个。服务实例120_{1,2...N}中的每一个服务实例可以由机器122_{1,2...N}实现,机器122_{1,2...N}可以是虚拟机48或物理机34。第一服务实例集群110₁(以下称为第一集群110₁)包括第一多个速率限制器130_{1,2...M},用于对第一多个服务

实例 $120_{1,2,\dots,N}$ 进行速率限制。类似地,第二服务实例集群 110_2 (以下称为第二集群 110_2)包括第二多个服务实例 $120'_{1,2,\dots,L}$ 和第二多个速率限制器 $130'_{1,2,\dots,P}$,用于对第二多个服务实例 $120'_{1,2,\dots,L}$ 进行速率限制。服务实例 $120'_{1,2,\dots,L}$ 中的每一个服务实例可以由机器 $122_{1,2,\dots,L}$ 实现,机器 $122_{1,2,\dots,L}$ 可以是虚拟机48或物理机34。第一多个速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 的速率限制器的数量 M 和第一多个服务实例 $120_{1,2,\dots,N}$ 的服务实例的数量 N 可以不同,也可以相同。类似地,第二多个速率限制器 $130'_{1,2,\dots,P}$ 的速率限制器的数量 P 和第二多个服务实例 $120'_{1,2,\dots,L}$ 的服务实例的数量 L 可以不相同,也可以相同。虽然图1B示出了每个服务实例具有与其相关的速率限制器,但这是为了举例,在实际实现中可以是其它配置。

[0050] 第一集群 110_1 和第二集群 110_2 可以通过类似的方式实现。以第一集群 110_1 为例,服务实例 $120_{1,2,\dots,N}$ 可以用于云10提供的任何合适的服务。例如,服务实例 $120_{1,2,\dots,N}$ 可以用于处理一个或多个应用、处理请求(例如,超文本传输协议(hypertext transfer protocol, HTTP)请求、API请求、来自租户的请求,应用请求)、文件下载和/或上传操作和/或任何其它合适的操作。每个速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 具有用于对服务实例 $120_{1,2,\dots,N}$ 进行速率限制的令牌分发。令牌分发在本文档的其它部分中进一步详细讨论。速率限制可以包括限制从客户端到服务实例的单位时间请求数量(例如,每秒请求数、每分钟请求数、每小时请求数、每天请求数等),限制客户端与服务实例之间的网络带宽(例如,每秒KB、MB、GB数量等),限制从客户端到服务实例的并发连接和/或任何其它合适的速率限制。在一些实施例中,如图1B所示,第一多个服务实例 $120_{1,2,\dots,N}$ 为前端服务实例,第二多个服务实例 $120'_{1,2,\dots,L}$ 为后端服务实例。前端服务实例中的一个或多个可以向后端服务实例中的一个或多个请求处理。前端服务实例的一个示例为Web服务器的服务实例,后端服务实例的示例为应用服务器的服务实例。

[0051] 图1B中示出的两个集群 110_1 、 110_2 只是为了举例,并且应理解,速率限制器控制服务100可以包括任何合适数量的服务实例集群。因此,每个集群包括多个服务实例,多个速率限制器中的每一个速率限制器用于对一个或多个分布式计算集群中的对应的一个分布式计算集群的服务实例进行速率限制。

[0052] 负载均衡器180用于接收传入请求,并以任何合适的方式将传入请求分发到服务实例 $120_{1,2,\dots,N}$ 。传入请求可以来自经由例如互联网等通信网络访问云10的一个或多个客户端计算设备,或者来自云10提供的其它服务。负载均衡器180可以在专用软件和/或硬件(例如,多层交换机、域名系统服务器进程和/或软件和/或硬件的任何其它合适配置)中实现。负载均衡器180可以通过分布式方式实现。负载均衡器180可以由机器185实现,机器185可以是虚拟机48或物理机34。

[0053] 速率限制控制器150用于监督和动态控制速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 、 $130'_{1,2,\dots,P}$ 的操作。速率限制控制器150可以使用专用软件和/或硬件实现。速率限制控制器150可以通过分布式方式实现(例如,可以为逻辑负载均衡器的功能实现多个负载均衡器以提供更好的可扩展性)。虽然图1B中仅示出了单个速率限制控制器150,但是在一些实施例中,可以使用多个速率限制控制器150。例如,多个速率限制控制器150可以具有分配的速率限制(例如,使用一致性哈希),用于对服务实例 $120_{1,2,\dots,N}$ 、 $120'_{1,2,\dots,L}$ 进行速率限制。速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 、 $130'_{1,2,\dots,P}$ 可以用于并行操作(例如,为了可扩展性)。速率限制控制器150可以通过在机器155上执行软件来实现,机器155可以是虚拟机48或物理机34。

[0054] 参考图2,示出了用于对一个或多个服务实例集群进行速率限制的示例性方法200的流程图。根据一个实施例,方法200由用于对图1B中的第一多个服务实例 $120_{1,2,\dots,N}$ 进行速率限制的速率限制控制器150实现。虽然在本文中参考第一集群 110_1 解释方法200,但这是为了举例。方法200可以用于对一个或多个服务实例集群进行速率限制,例如但不限于第一集群 110_1 和第二集群 110_2 。此外,虽然本文参考速率限制控制器150解释方法200,但这是为了举例。方法200可以由多个速率限制控制器执行,具体取决于实际实现方式。

[0055] 在步骤201中,速率限制控制器150接收用于确定速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 中的每一个速率限制器的令牌分发的请求。该请求可以从云系统管理员使用的计算设备接收,用于配置速率限制控制器150。例如,与云系统管理员相关的计算设备可以向速率限制控制器150发送请求,以便配置速率限制控制器150。在另一示例中,当云10的用户购买服务并在云10中提供服务时,请求可以自动生成。请求可以指定速率限制,速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 中的每一个速率限制器的令牌分发基于该速率限制。如本文所用的,术语速率限制是指对服务实例 $120_{1,2,\dots,N}$ 进行速率限制的标准。速率限制可以是对租户、应用、API、将客户端连接到云10中提供的服务实例的网络的带宽(例如,从客户端传输到服务实例的20MB/s的数据)、客户端与在云10中提供的服务实例之间的并发连接数量或其组合的速率限制。客户端可以是云10的用户的计算设备,通过互联网或者云10中提供的其它服务实例连接到云10并访问云10。其它类型的速率限制也在考虑之中。如本文所使用的,术语租户是指以特定权限访问在云10中提供的服务的至少一个用户(例如,组织、部门、用户组等)。给定类型的速率限制(例如租户、应用等)可以称为速率限制维度。可以周期性地接收用于确定令牌分发的请求,例如,每次速率限制服务100添加和/或删除新的速率限制时。

[0056] 在步骤202中,速率限制控制器150确定速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 中的每一个速率限制器的令牌分发,令牌分发包括速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 中的每一个速率限制器的最大令牌数量和令牌生成速率。如本文所使用的,术语令牌是指对服务实例进行速率限制的度量单位。例如,每个令牌可以对应于请求数量、带宽量、并发连接数量和/或任何其它合适的度量单位。最大令牌数量是指分发给给定速率限制器的最大令牌数量。速率限制器在任何给定时刻都保持当前令牌数量,并在每次使用令牌时减少当前令牌数量。当前令牌数量可以视为令牌分发的一部分。如本文所使用的,术语令牌生成速率是指单位时间内令牌的重新生成速率。给定速率限制器的当前令牌数量以令牌生成速率重新生成,直到达到最大令牌数量。对于速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 中的每一个速率限制器,最大令牌数量和令牌生成速率(即令牌分发)可以不同,这取决于实际实现方式。

[0057] 每个速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 可以类似于用于蓄水的桶。桶具有最大容量(即,最大令牌数量)、重新填充速率(即,令牌生成速率)和当前级别(即,当前令牌数量)。例如,当水从桶中倒出(即,当使用令牌时),桶中的水的当前水平降低(即,当前令牌数量减少)。由于桶未充满,以重新填充速率(即令牌生成速率)将水加回到桶中(即,当前令牌数量增加),直到达到桶的最大容量(即,最大令牌数量)。

[0058] 在步骤204中,速率限制控制器150将最大令牌数量和令牌生成速率(即,令牌分发)输出到速率限制器 $130_{1,2,\dots,N}$ 中的每一个速率限制器。例如,第一速率限制器 130_1 可以由速率限制控制器150分配100个令牌作为最大令牌数量和10个令牌/分钟的令牌生成速率,第二速率限制器 130_2 可以由速率限制控制器150分配200个令牌作为最大令牌数量和15个

令牌/分钟的令牌生成速率。

[0059] 在步骤206中,速率限制控制器150从速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 中的给定的一个速率限制器接收对附加令牌请求。例如,给定速率限制器可以是第一速率限制器 130_1 。来自第一速率限制器 130_1 的请求可以包括令牌消耗信息。令牌消耗信息可以包括第一速率限制器 130_1 的当前令牌数量。令牌消耗信息可以包括第一速率限制器 130_1 的令牌的消耗速率。如本文所使用的,术语消耗速率是指在一段时间内令牌消耗的平均速率。令牌消耗信息可以包括历史数据。如本文所使用的,术语历史数据是指标识在一段时间内历史消耗令牌数量的信息。应理解,可以通过类似的方式从速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 中的任一个速率限制器接收请求。

[0060] 在步骤208中,速率限制控制器150调整给定速率限制器的令牌分发,以获得调整的令牌分发。继续给定速率限制器是第一速率限制器 130_1 的示例,在步骤208中,根据步骤206中的请求和至少第一速率限制器 130_1 的消耗信息调整第一速率限制器 130_1 的令牌分发。根据一个实施例,还根据速率限制器 $130_{1,2,\dots,N}$ 的总体令牌消耗信息调整第一速率限制器 130_1 的令牌分发。例如,可以从速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 中的一个或多个收集令牌消耗信息,例如,每次速率限制器请求附加令牌并提供令牌消耗信息时。可以对令牌消耗信息进行处理以确定速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 的令牌消耗趋势。趋势可以用于调整第一速率限制器 130_1 的令牌分发,然后获得第一速率限制器 130_1 的调整令牌分发。

[0061] 调整的令牌分发可以包括对给定速率限制器的最大令牌数量和/或令牌生成速率的调整。例如,可以增加第一速率限制器 130_1 的最大令牌数量和/或提高第一速率限制器 130_1 的令牌生成速率。最大令牌数量和/或令牌生成速率的调整可以是临时调整(例如对于给定的一段时间)。例如,在经过一段时间之后,最大令牌数量和/或令牌生成速率可以返回到它们的原始值(例如调整之前的值)。调整的令牌分发还可以包括对第一速率限制器 130_1 的当前令牌数量的调整。例如,可以将附加数量的令牌分配给第一速率限制器 130_1 ,并且第一速率限制器 130_1 然后将当前令牌数量增加附加数量的令牌。令牌分发的调整可以包括增加当前令牌数量而不增加最大令牌数量。或者,令牌分发的调整可以包括增加当前令牌数量以及也增加最大令牌数量。例如,如果第一速率限制器 130_1 的最大令牌数量从10个令牌增加到15个令牌,则第一速率限制器 130_1 的当前令牌数量可以增加5个令牌。可以通过与参考第一速率限制器 130_1 所描述的方式类似的方式,调整速率限制器 $130_{1,2,\dots,N}$ 中的任一个的令牌分发。令牌分发的调整可以不同,这取决于实际实现方式。

[0062] 在步骤210中,速率限制控制器150将调整的令牌分发输出到给定速率限制器。继续给定速率限制器是第一速率限制器 130_1 的示例,速率限制控制器150可以将调整的数量令牌和/或调整的令牌生成速率输出到第一速率限制器 130_1 。速率限制控制器150可以输出附加数量的令牌,用于增加第一速率限制器 130_1 的当前令牌数量。可以通过与参考第一速率限制器 130_1 所描述的方式类似的方式,将调整的令牌分发输出到速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 中的任一个。

[0063] 根据一个实施例,重复该方法的步骤206至210,以进一步从速率限制器 $130_{1,2,\dots,N}$ 中的任一个请求附加令牌。换句话说,速率限制控制器150从速率限制器 $130_{1,2,\dots,N}$ 中的至少一些接收对附加令牌的多个请求,并相应地调整和输出每个请求的速率限制器 $130_{1,2,\dots,N}$ 的令牌分发。

[0064] 参考图3A,示出了图2的步骤202中确定令牌分发的示例性实施例。在该示例中,速率限制控制器150根据速率限制确定速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 中的每一个速率限制器的令牌分发。多个维度(或类型)组合的速率限制可以称为子速率限制或子限制。例如,限制L为所有租户调用应用X;限制M为租户A调用应用X;限制N为租户B调用应用X。则限制M和N为限制L的子限制, $M+N \leq L$ 。限制L可以称为M和N的超速率限制或超限制。子速率限制也称为速率限制。多个子速率限制可以在一个维度(例如,以上描述的租户维度)中根据其超速率限制(例如,以上描述的应用X)进行拆分。

[0065] 在步骤302中,速率限制控制器150确定速率限制的最大可用令牌数量。例如,最大可用令牌数量可以是分配给用于对租户A进行速率限制的速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 的最大令牌数量。在步骤304中,速率限制控制器150确定要分配给速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 的总令牌数量。总令牌数量是分配给速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 的最大令牌数量之和。总令牌数量小于或等于速率限制的最大可用令牌数量。换句话说,确定分配给速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 的每一个最大令牌数量,使得总令牌数量不超过速率限制的最大可用令牌数量。例如,如果租户A具有100个最大可用令牌,则速率限制控制器150可以将最大可用令牌数量的百分比(例如,80%)分配给速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 。要分配给速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 的令牌可以统一地分配,也可以不统一地分配。在步骤306中,速率限制控制器150通过速率限制的最大可用令牌数量与速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 的总令牌数量之间的差值确定剩余令牌数量(例如,20%)。

[0066] 在步骤308中,速率限制控制器150确定速率限制的最大令牌生成速率。例如,最大令牌生成速率可以是分配给用于对租户A进行速率限制的速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 的最大令牌生成速率。在步骤310中,速率限制控制器150通过计算速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 的令牌生成速率之和,确定要分配给速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 的总令牌生成速率。总令牌生成速率小于或等于在步骤308中确定的最大令牌生成速率。换句话说,确定速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 中的每一个的令牌生成速率,使得总令牌生成速率不超过最大令牌生成速率。例如,如果租户A具有100个令牌的最大令牌生成速率,则速率限制控制器150可以(统一地或非统一地)将最大令牌生成速率的百分比分配给速率限制器 $130_{1,2,\dots,M}$ 。在步骤312中,通过计算在步骤308中确定的最大令牌生成速率与在步骤310中确定的总令牌生成速率之间的差值来确定剩余令牌生成速率。

[0067] 另外参考图3B,示出了用于对租户A进行速率限制的令牌分发的示例,以进一步说明图3A的流程。示出了四个速率限制器 130_1 、 130_2 、 130_3 和 130_4 的令牌分发,它们用于对四个服务实例 120_1 、 120_2 、 120_3 和 120_4 进行速率限制。对租户A进行速率限制,使得租户A具有100个的最大可用令牌(例如,如在步骤302中确定的)。分别为速率限制器 130_1 、 130_2 、 130_3 和 130_4 分配20、15、20和25个令牌作为最大令牌数量。四个速率限制器 130_1 、 130_2 、 130_3 和 130_4 的总令牌数量为 $20+15+20+25=80$ 个令牌(例如,如在步骤304中确定的)。剩余令牌数量为 $100-80=20$ 个令牌(例如,如在步骤306中确定的)。此外,租户A具有100个令牌/分钟的总令牌生成速率(例如,如在步骤308中确定的)。分别为四个速率限制器 130_1 、 130_2 、 130_3 和 130_4 分配10、15、30和25个令牌/分钟作为令牌生成速率。四个速率限制器 130_1 、 130_2 、 130_3 和 130_4 的总令牌生成速率为 $10+15+30+25=80$ 个令牌/分钟(例如,如在步骤310中确定的)。剩余令牌生成速率为 $100-80=20$ (例如,如在步骤312中确定的)。如本文档其它部分所描述的,速率限制控制器150可以使用剩余令牌数量和/或剩余令牌生成速率来调整四个速率限制器

130₁、130₂、130₃和130₄的令牌分发。

[0068] 虽然图3A的过程是通过单个速率限制进行描述的,但是图3A的流程也可以用于多个速率限制。例如,图3A的流程可以用于每个速率限制维度,例如用于多个租户中的每一个租户、多个应用中的每一个应用。换句话说,每个租户和/或每个应用可以具有与其相关的速率限制。根据一个实施例,与给定租户相关的速率限制包括给定租户的最大可用令牌数量和给定租户的最大令牌生成速率。根据一个实施例,与给定应用相关的速率限制包括给定应用的最大可用令牌数量和给定应用的最大令牌生成速率。因此,与给定速率限制维度(例如,租户、应用等)相关的速率限制可以包括用于给定速率限制维度的最大可用令牌数量和用于给定速率限制维度的最大令牌生成速率。

[0069] 参考图4A,示出了用于确定图2的步骤202中令牌分发的另一示例性实施例。在本实施例中,速率限制控制器150根据分布式计算集群110₁的最大集群容量和最大集群速率,确定每个限制器130_{1,2,...,M}的令牌分发。最大集群容量是最大令牌数量,通过该最大令牌数量,速率限制控制器150可以将令牌分配给速率限制维度中的每个速率限制。最大集群速率是最大令牌生成速率,通过该最大令牌生成速率,速率限制控制器150可以将令牌生成速率分配给速率限制维度中的每个速率限制。在步骤402中,速率限制控制器150确定集群110₁的最大集群容量和最大集群速率。其中,最大集群容量和最大集群速率可以为预定值。最大集群容量和最大集群速率的确定可以不同,这取决于实际实现方式。在一些实施例中,针对运行在第一集群110₁上的每个API的调用次数确定最大集群容量和最大集群速率。换句话说,运行在第一集群110₁上的每个API的调用次数可以具有与其相关的最大集群容量和最大集群速率。可以为每个速率限制维度确定最大集群容量和最大集群速率。因此,每个速率限制维度可以具有与其相关的最大集群容量和最大集群速率。可以为每个速率限制维度(例如,应用、租户等)确定最大集群容量和最大集群速率。类似地,每个速率限制维度(例如应用、租户等)可以具有与其相关的最大集群容量和最大集群速率。

[0070] 在步骤404中,速率限制控制器150确定速率限制的总令牌数量,速率限制的总令牌数量小于或等于最大集群容量。每个速率限制都有一个最大可用令牌数量(如之前所描述的),速率限制的总令牌数量是最大可用令牌数量之和。速率限制控制器150还确定速率限制的总令牌生成速率,速率限制的总令牌生成速率小于或等于最大集群速率。每个速率限制都有一个最大令牌生成速率(如之前所描述),速率限制的总令牌生成速率是最大令牌生成速率之和。

[0071] 在步骤406中,速率限制控制器150确定每个速率限制器130_{1,2,...,M}和每个速率限制的令牌分发。例如,图3A的流程可以用于速率限制中的每一个。每个速率限制器130_{1,2,...,M}的令牌分发的确定可以不同,这取决于与该速率限制器相关的速率限制的类型。

[0072] 另外参考图4B,示出了从最大集群容量和最大集群速率分配令牌的示例,以进一步说明图4A的流程。在本示例中,云10的三个租户A、B和C可以访问API服务X的实例集群,以请求API服务X实例。租户A、B和C中的每一个租户都具有对API服务X实例进行请求的速率限制,速率限制由最大可用令牌数量和最大令牌生成速率定义。在该示例中,速率限制控制器150在步骤402中确定API服务X实例集群具有1000个令牌的最大集群容量和2000个令牌/分钟的最大集群速率。在该示例中,速率限制控制器150在步骤404中为多个租户A、B和C中的每一个租户确定最大可用令牌数量和最大令牌生成速率。在该示例中,第一租户A的速率限

制包括100个令牌的最大可用令牌数量和100个令牌/分钟的最大令牌生成速率；第二租户B的速率限制包括200个令牌的最大可用令牌数量和300个令牌/分钟的最大令牌生成速率；第三租户C的速率限制包括500个令牌的最大可用令牌和1000个令牌/分钟的最大令牌生成速率。在本示例中，每个令牌对应API服务X实例的请求。每个租户的速率限制可以根据每个租户购买的服务确定。例如，租户C可以比租户A和租户B支付更多费用，因此可以分配更大的可用令牌最大数量和更大的令牌生成速率。

[0073] 每个速率限制的最大可用令牌数量之和小于或等于集群最大容量。例如，最大集群容量为1000个令牌，则租户A、B和C的最大可用令牌数量之和为 $100+200+500=800$ 个令牌，小于1000个令牌。类似地，每个速率限制的最大令牌生成速率之和小于或等于最大集群速率。例如，最大集群速率为2000个令牌/分钟，则租户A、B和C的最大令牌生成速率之和为 $100+300+1000=1400$ 个令牌/分钟，小于2000个令牌/分钟。因此，可以确定每个速率限制的最大可用令牌数量，使得多个速率限制的最大可用令牌数量之和不超过最大集群容量。类似地，可以确定每个速率限制的最大令牌生成速率，使得多个速率限制的最大令牌生成速率之和不超过最大集群速率。

[0074] 另外参考图4C，示出了用于对租户A和B进行速率限制的令牌分发的示例，以根据结合图4B描述的示例进一步说明图4A的步骤406。所示出的用于对租户A进行速率限制的令牌分发与图3B所出的相同。还示出了用于对租户B进行速率限制的四个速率限制器130₁、130₂、130₃和130₄的令牌分布。分别为四个速率限制器130₁、130₂、130₃和130₄分配50、45、40和40个令牌作为对租户B进行速率限制的最大令牌数量。四个速率限制器130₁、130₂、130₃和130₄对租户B进行速率限制的总令牌数量为175个，对租户B进行速率限制的剩余令牌数量为25个令牌。此外，为四个速率限制器130₁、130₂、130₃和130₄中的每一个速率限制器分配70个令牌/分钟作为对租户B进行速率限制的令牌生成速率。四个速率限制器130₅、130₆、130₇、130₈对租户B进行速率限制的总令牌生成速率为280个令牌/分钟，对租户B进行速率限制的剩余令牌生成速率为20个令牌/分钟。速率限制控制器150可以使用对租户A的速率限制的剩余令牌数量和/或剩余令牌生成速率，并使用对租户B的速率限制的剩余令牌数量和/或剩余令牌生成速率，来调整速率限制器130₁、130₂、130₃和130₄的令牌分发。

[0075] 在一些实施例中，速率限制控制器150以与参考多个租户描述的方式类似的方式为多个应用中的每一个应用确定最大可用令牌数量和最大令牌生成速率。因此，多个速率限制可以与多个应用相关。在一些实施例中，速率限制控制器150为每个租户和每个应用确定最大可用令牌数量和最大令牌生成速率。换句话说，在一些实施例中，多个速率限制与多个租户和多个应用相关。多个速率限制中的每一个速率限制的最大可用令牌数量和最大令牌生成速率的确定可以不同，这取决于实际实现方式。

[0076] 根据一个实施例，不论速率限制如何在不同速率限制维度中配置，对于任何类型的请求，存在多个服务实例能够处理的最大集群容量（例如，在所有速率限制维度中每秒总API调用数量）。

[0077] 在许多情况下，速率限制器130_{1,2,...,M}应该能够对服务实例120_{1,2,...,N}进行速率限制，而无需从速率限制控制器150请求附加的令牌。但是，例如，当给定速率限制器用完令牌（例如，令牌不足或没有令牌）时，速率限制器可以从速率限制控制器150请求附加的令牌。因此，这可以减少速率限制控制器150与速率限制器130_{1,2,...,M}之间的网络流量。

[0078] 参考图5A,示出了调整给定速率限制器的令牌分发的步骤的示例性实施例(图2的步骤208)。在步骤501中,在步骤206中接收到给定速率限制器对附加令牌请求之后,速率限制控制器150根据剩余令牌数量和至少给定速率限制器的令牌消耗信息,确定针对最大令牌数量要提供给给定速率限制器的附加令牌数量。根据一个实施例,要提供给给定速率限制器的附加令牌数量是针对给定速率限制的。附加令牌数量可以根据给定速率限制的总体令牌消耗信息确定。例如,给定的速率限制器可以是第一速率限制器130₁,并且给定的速率限制可以是对租户A进行速率限制。速率限制控制器150可以将针对最大令牌数量要提供给第一速率限制器130₁的附加令牌数量确定为剩余令牌数量的函数。要提供给第一速率限制器130₁的附加令牌数量可以是租户A的剩余令牌数量的百分比。在这种情况下,因为剩余令牌数量随着每个后续请求而减少,所以为每个后续请求提供的附加令牌数量会相应地减少。如果附加令牌数量为1个令牌,则有效地由速率限制控制器150紧密控制第一速率限制器130₁。当剩余令牌数量为0时,速率限制控制器150不再分配令牌。速率限制控制器150可以将要提供给第一速率限制器130₁的附加令牌数量确定为剩余令牌数量和第一多个速率限制器130₁、2...M中的一个或多个的令牌消耗信息(即,总体令牌消耗信息)的函数。例如,第一多个速率限制器130₁、2...M的趋势可以用于确定要提供给第一速率限制器130₁的附加令牌数量。在一些实施例中,预测学习算法使用消耗信息(例如,历史数据)和/或来自第一多个速率限制器130₁、2...M的趋势来确定要提供给第一速率限制器130₁的附加令牌数量。

[0079] 在步骤502中,速率限制控制器150将剩余令牌数量减少附加令牌数量。继续给定速率限制器是第一速率限制器130₁以及对租户A进行速率限制的示例,将租户A的剩余令牌数量减少要提供给第一速率限制器130₁的附加令牌数量。

[0080] 在步骤503中,对于多个速率限制器中的给定的一个速率限制器,速率限制控制器150将最大令牌数量增加附加令牌数量。继续给定速率限制器是第一速率限制器130₁以及对租户A进行速率限制的示例,将租户A的第一速率限制器130₁的最大令牌数量增加要提供给第一速率限制器130₁的附加令牌数量。

[0081] 另外参考图5B和图5C,根据图3B的示例性令牌分发说明了第一速率限制器130₁的令牌分发的调整。在图5B中,第一速率限制器130₁已请求附加的令牌,因为第一速率限制器130₁具有0个令牌。第一速率限制器130₁提供其消耗信息,并请求附加令牌。该示例的速率限制控制器150中的剩余令牌数量为20个令牌。在该示例中,速率限制控制器150确定要提供的附加令牌数量为5个令牌。在图5C中,速率限制控制器150针对最大令牌数量向第一速率限制器130₁分配5个附加令牌。在该示例中,第一速率限制器130₁的数量从20个令牌增加到25个令牌。在本示例中,第一速率限制器130₁的当前令牌数量从0个令牌增加到5个令牌。

[0082] 在一些实施例中,速率限制控制器150根据剩余令牌生成速率和至少给定速率限制器的令牌消耗信息确定要提供给给定速率限制器的附加令牌生成速率。附加令牌生成速率可以通过与附加令牌数量的方式类似的方式确定。例如,附加令牌生成速率可以是剩余令牌生成速率的函数(例如,百分比)。速率限制控制器150还可以将附加令牌生成速率确定为剩余令牌生成速率和速率限制器130₁、2...M中的一个或多个的令牌消耗信息(即,总体令牌消耗信息)的函数。例如,速率限制器130₁、2...M的趋势可以用于确定附加令牌生成速率。在一些实施例中,预测学习算法使用消耗信息(例如,历史数据)和/或来自速率限制器130₁、2...M的趋势来确定附加令牌生成速率。在一些实施例中,速率限制控制器150将剩余令

牌生成速率降低附加令牌生成速率。在一些实施例中,速率限制控制器150将给定速率限制器的令牌生成速率增加给定速率限制器的附加令牌生成速率。

[0083] 返回参考图5A,在一些实施例中,在步骤504中,速率限制控制器150请求从速率限制器130_{1,2...M}中的一个或多个返回令牌。当剩余令牌数量小于阈值时,可以请求返回令牌。例如,如果剩余令牌数量小于速率限制的最大可用令牌数量的预定百分比,则速率限制控制器150可以请求返回令牌。速率限制控制器150可以确定向哪些限制器130_{1,2...M}请求返回令牌。例如,速率限制控制器150可以选择在预定时间段内未请求附加令牌的速率限制器。因此,速率限制控制器150可以从要求较低的速率限制器收集未使用的令牌,以用于要求较高的速率限制器。当给定的速率限制器返回一定数量的令牌时,给定的速率限制器可以将其最大令牌数量和/或当前令牌数量减少返回的令牌数量。类似地,当速率限制控制器150接收到给定速率限制器返回的一定数量的令牌时,速率限制控制器150可以将其剩余令牌数量增加返回的令牌数量。当速率限制控制器150接收到给定速率限制器返回的一定数量的令牌时,速率限制控制器150可以将返回数量的令牌分配给另一速率限制器。

[0084] 在一些实施例中,在步骤506中,当剩余令牌数量为零时,速率限制控制器150请求给定速率限制器在请求附加令牌之前等待一段时间。

[0085] 在一些实施例中,第一集群110₁是前端实例集群,第二集群110₂是后端服务集群。在一些实施例中,在步骤508中,速率限制控制器150确定后端服务实例集群是否过载。在步骤510中,当确定后端服务实例集群过载时,速率限制控制器150限制(例如,放慢或停止)从服务实例前端集群的服务实例到服务实例后端集群的请求。前端服务实例集群的服务实例的被限制的请求可以暂时存储在服务实例前端集群的队列中,或者被前端服务实例集群拒绝。在一些实施例中,在步骤512中,速率限制控制器150确定之前过载的后端服务实例集群是否已改善,使得它不再过载。在步骤514中,当确定之前过载的后端服务实例集群已经改善(例如不再过载)时,速率限制控制器150解除从前端服务实例集群的服务实例到后端服务实例集群的服务实例的请求的限制。

[0086] 参考图6,示出了用于对服务实例进行速率限制的示例性方法600的流程图。方法600由用于对服务实例(例如,图1B的第一服务实例120₁)进行速率限制的速率限制器(例如,图1B的第一服务实例130₁)实现。虽然本文参考第一速率限制器130₁解释方法600,但方法600可以由本文描述的速率限制器中的任一种执行。

[0087] 在步骤602中,第一速率限制器130₁接收用于根据给定的速率限制对第一服务实例120₁进行速率限制的最大令牌数量和令牌生成速率。在步骤604中,第一速率限制器130₁根据最大令牌数量和令牌生成速率对第一服务实例120₁进行速率限制。例如,如果每个令牌对应一个API调用的请求,则每次API服务实例120₁服务该请求时,第一速率限制器130₁从当前令牌数量中扣除一个令牌。当当前令牌数量小于最大令牌数量时,第一服务实例120₁根据令牌生成速率增加当前令牌数量。

[0088] 在步骤606中,第一速率限制器130₁确定是否需要更多的令牌。例如,如果当前令牌数量小于阈值,则第一速率限制器130₁可以确定需要更多的令牌。又例如,如果当前令牌数量正在以超过阈值的速率减少,则第一速率限制器130₁可以确定需要更多的令牌。在一些实施例中,第一速率限制器130₁确定令牌生成的速率是否不足以满足当前令牌数量的减少速率。第一速率限制器130₁可以监测令牌消耗,并记录令牌消耗信息。例如,第一速率限

制器130₁可以确定消耗速率、历史数据、趋势和/或任何其它合适的信息。第一速率限制器130₁可以根据令牌消耗信息确定需要更多的令牌。第一速率限制器130₁可以根据从历史数据和/或趋势中学习的预测确定需要附加令牌。

[0089] 在步骤608中,当确定需要更多令牌时,第一速率限制器130₁向速率限制控制器150发送对附加令牌请求。根据一个实施例,该请求包括第一速率限制器130₁的消耗信息。应理解,除了请求附加令牌之外,该请求还可以包括增加令牌生成速率的请求。来自第一速率限制器130₁的请求包括用于标识第一速率限制器130₁的信息和/或用于标识给定速率限制的信息。

[0090] 在一些实施例中,在步骤610中,当速率限制的当前令牌数量为零时,第一速率限制器130₁将传入请求放入与速率限制相关的队列中。如果队列已满,则第一速率限制器130₁可以拒绝该请求。当根据令牌生成速率生成新令牌或从速率限制控制器150接收新令牌时,队列中的请求在任何传入请求之前由第一服务实例120₁处理。速率限制(例如,每秒应用调用)的不同子速率限制(例如,不同的租户)可以与给定速率限制器中的不同队列相关。

[0091] 在一些实施例中,在步骤612中,当给定队列具有待决请求时,第一速率限制器130₁可以将另一队列的未使用令牌分配给给定队列。例如,如果这些队列的速率限制共享一个超速率限制,则可以做到这一点。例如:队列L的限制为租户A调用应用X;队列M的限制为租户B调用应用X;队列N的限制为租户C调用应用X。可以存在这样的策略,即,只要没有超过包括第一服务实例120₁的第一集群110₁的容量,则允许队列中的待决请求共享空队列的未使用令牌。这些策略可以定义队列之间的不同优先级,以及一个队列中有多少未使用的令牌可以被另一队列使用。高优先级队列可以在低优先级队列之前使用未使用的令牌。例如,如果队列L和M有待决请求,则队列N有未使用的令牌,没有待决请求,队列L的优先级高于队列M(例如:因为租户A比租户B多付费),则队列L的待决请求可以根据定义的策略,在队列M之前(或更多)使用队列N的未使用的令牌。

[0092] 在步骤614中,第一速率限制器130₁接收调整的令牌分发。第一速率限制器130₁可以接收调整的最大令牌数量和/或调整的令牌生成速率。第一速率限制器130₁可以接收要添加到当前令牌数量的附加令牌数量。然后,第一速率限制器130₁根据调整的令牌分发对第一服务实例120₁进行速率限制。

[0093] 因此,应理解,速率限制控制器150可以在速率限制器130_{1,2,...,M}之间自适应地和协作地按需使用剩余数量的令牌和/或剩余令牌生成速率,用于对服务实例120_{1,2,...,N}进行速率限制。

[0094] 参考图7,示出了IaaS层12的示例性物理机34。在该实施例中,物理机34为计算设备910,包括至少一个处理单元912和至少一个存储器914,存储器914中存储有计算机执行指令916。处理单元912可以包括任何合适的设备,用于实现系统,使得指令916在由计算设备910或其它可编程装置执行时可以执行本文所描述的方法200的功能/动作/步骤。处理单元912可以包括例如任何类型的通用微处理器或微控制器、数字信号处理(digital signal processing,DSP)处理器、中央处理器(central processing unit,CPU)、集成电路、现场可编程门阵列(field programmable gate array,FPGA)、可重构处理器、其它适当编程或可编程逻辑电路或其任何组合。

[0095] 存储器914可以包括任何合适的已知或其它机器可读存储介质。存储器914可包括

非瞬时性计算机可读存储介质,例如但不限于电子、磁性、光学、电磁、红外或半导体系统、装置或设备,或上述任何合适的组合。存储器914可以包括位于设备内部或外部的任何类型的计算机存储器的合适的组合,例如随机存取存储器(random-access memory,RAM)、只读存储器(read-only memory,ROM)、光盘只读存储器(compact disc read-only memory,CDROM)、电光存储器、磁光存储器、可擦除可编程只读存储器(erasable programmable read-only memory,EPR0M)、电可擦除可编程只读存储器(electrically-erasable programmable read-only memory,EEPR0M)、铁电RAM(ferroelectric ram,FRAM)等。存储器914可以包括适合于可检索地存储由处理单元912执行的机器可读指令916的任何存储装置(例如,设备)。

[0096] 本文描述的方法和系统可以在高级过程或面向对象的编程或脚本语言或其组合中实现,以与计算机系统(例如计算设备910)通信或协助计算机系统的操作。或者,本文描述的方法和系统可以通过汇编语言或机器语言实现。该语言可以是编译或解释的语言。用于实现本文描述的方法和系统的程序代码可以存储在物理存储装置36(例如物理存储介质或物理存储设备)上,例如ROM、磁盘、光盘、闪存驱动器或任何其它合适的存储介质或设备上。程序代码可以由通用或专用可编程计算机读取,当计算机读取存储介质或设备以执行本文所描述过程时,用于配置和操作计算机。本文描述的方法和系统的实施例也可以认为通过在存储有计算机程序的非瞬时性计算机可读存储介质来实现。计算机程序可以包括计算机可读指令,其使计算机或在一些实施例中为计算设备910的处理单元912以特定和预定义的方式操作以执行本文描述的功能。

[0097] 计算机可执行指令可以由一个或多个物理机34通过多种形式(包括程序模块)执行。一般而言,程序模块包括例程、程序、对象、组件以及数据结构等,其执行特定任务或实现特定抽象数据类型。通常在各种实施例中程序模块的功能性可以视需要组合或分布。

[0098] 以上描述仅是示例性的,本领域技术人员将认识到,在不脱离所公开的本发明的范围的情况下,可以对所描述的实施例进行改变。根据对本发明的审查,落入本发明范围内的其它修改对于本领域技术人员将是显而易见的。

[0099] 本文描述的方法和系统的各个方面可以单独使用、组合使用或以在前述实施例中未具体讨论的各种布置使用,因此其应用不限于前述描述中阐述或附图中所示的部件的细节和布置。例如,在一个实施例中描述的方面可以通过任何方式与其它实施例中描述的方面组合。尽管已经示出和描述了特定的实施例,但是对于本领域的技术人员来说,显而易见的是,在不脱离本发明的更广泛方面的情况下,可以做出改变和修改。所附权利要求的范围不应由示例中阐述的实施例限定,而应给出与整体描述一致的最广泛的合理解释。

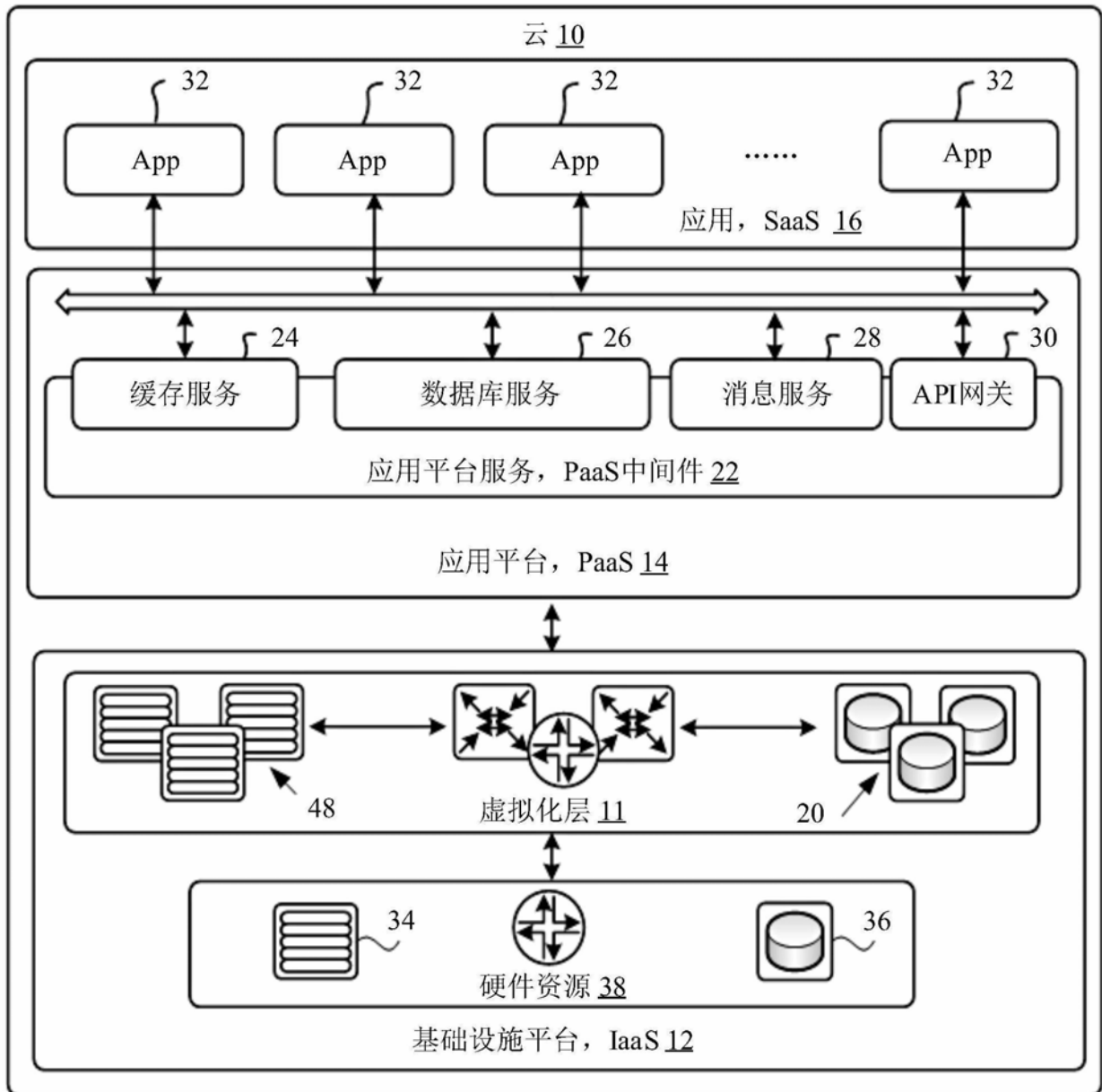


图1A

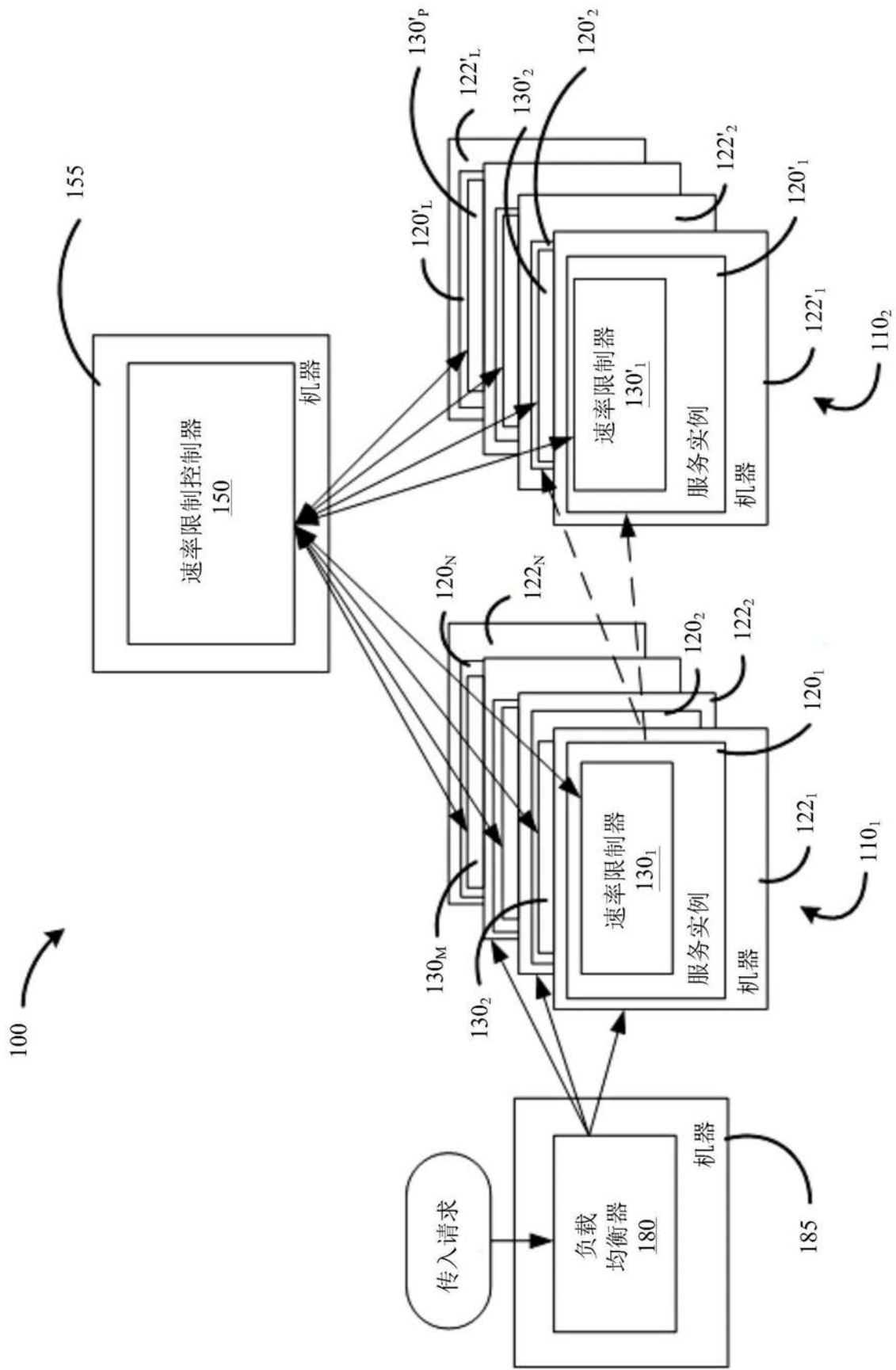


图1B

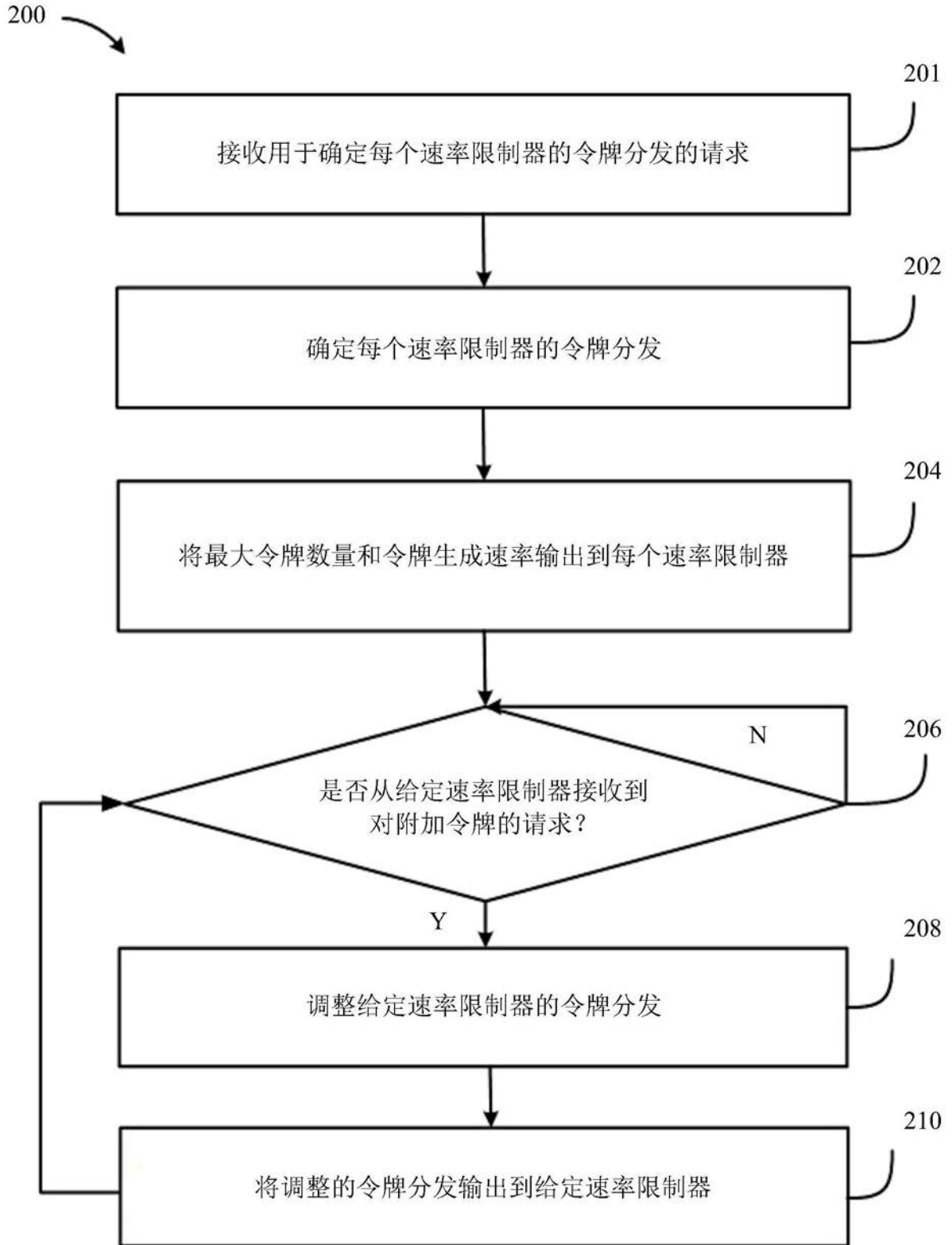


图2

202

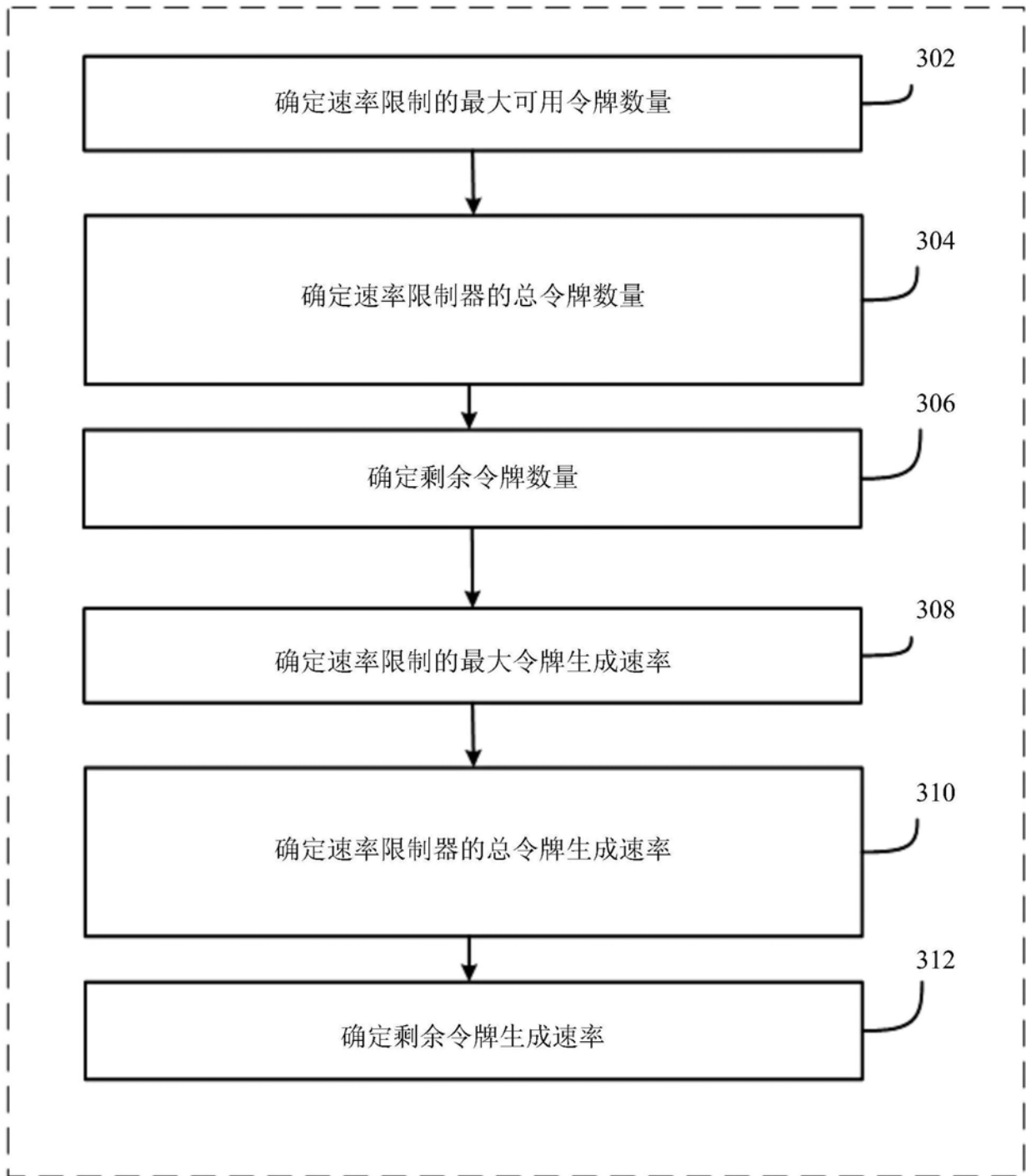


图3A

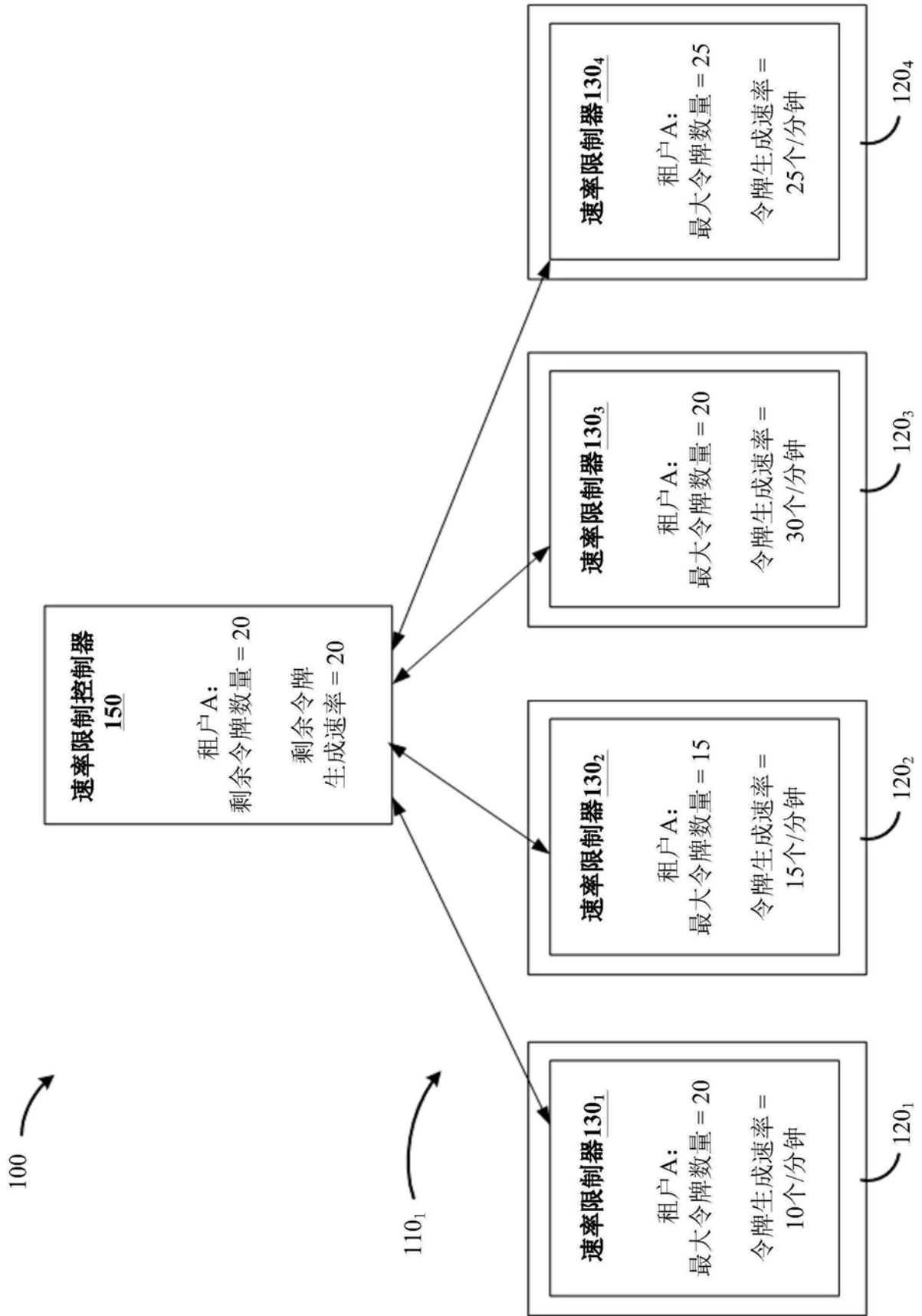


图3B

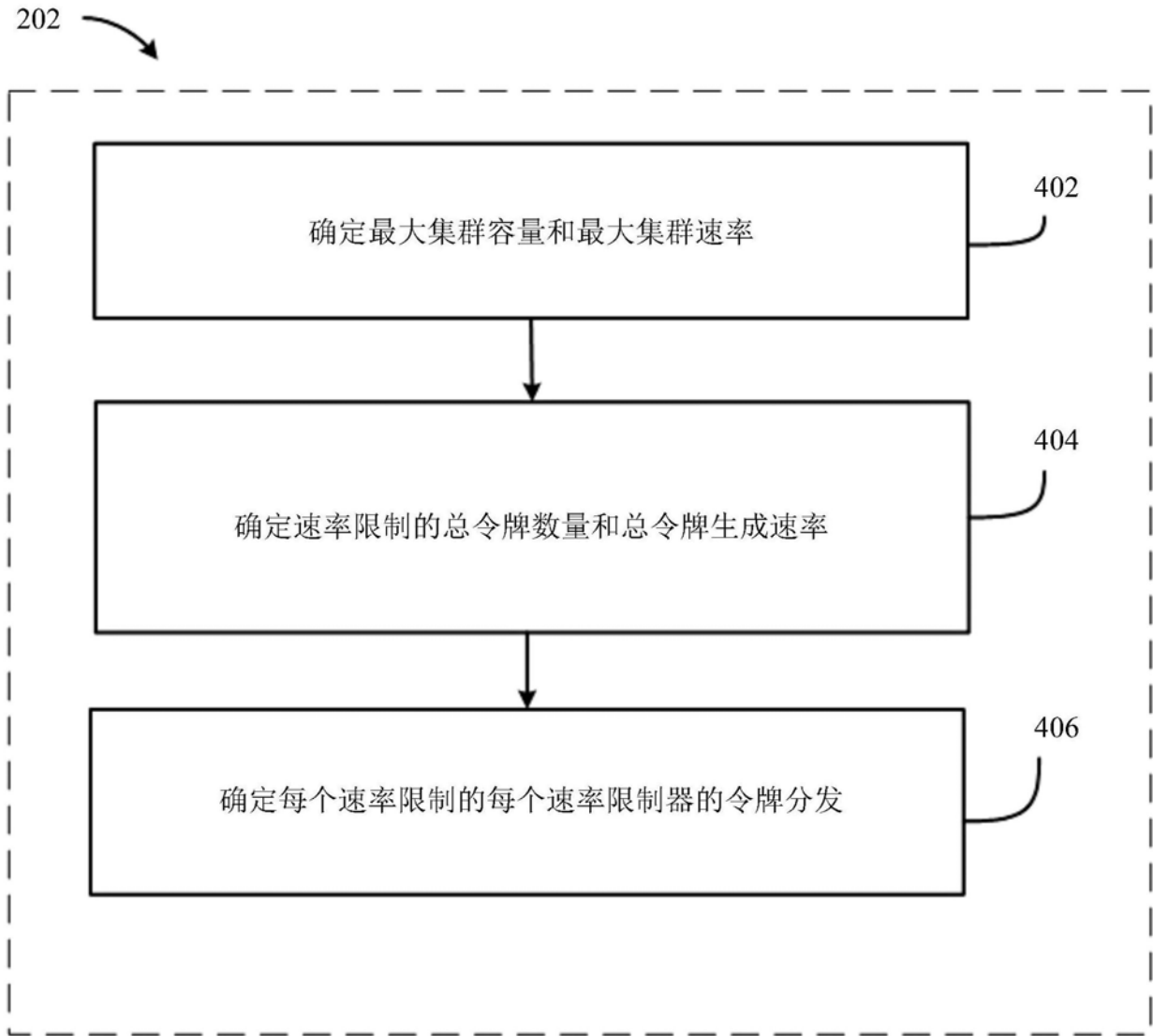


图4A

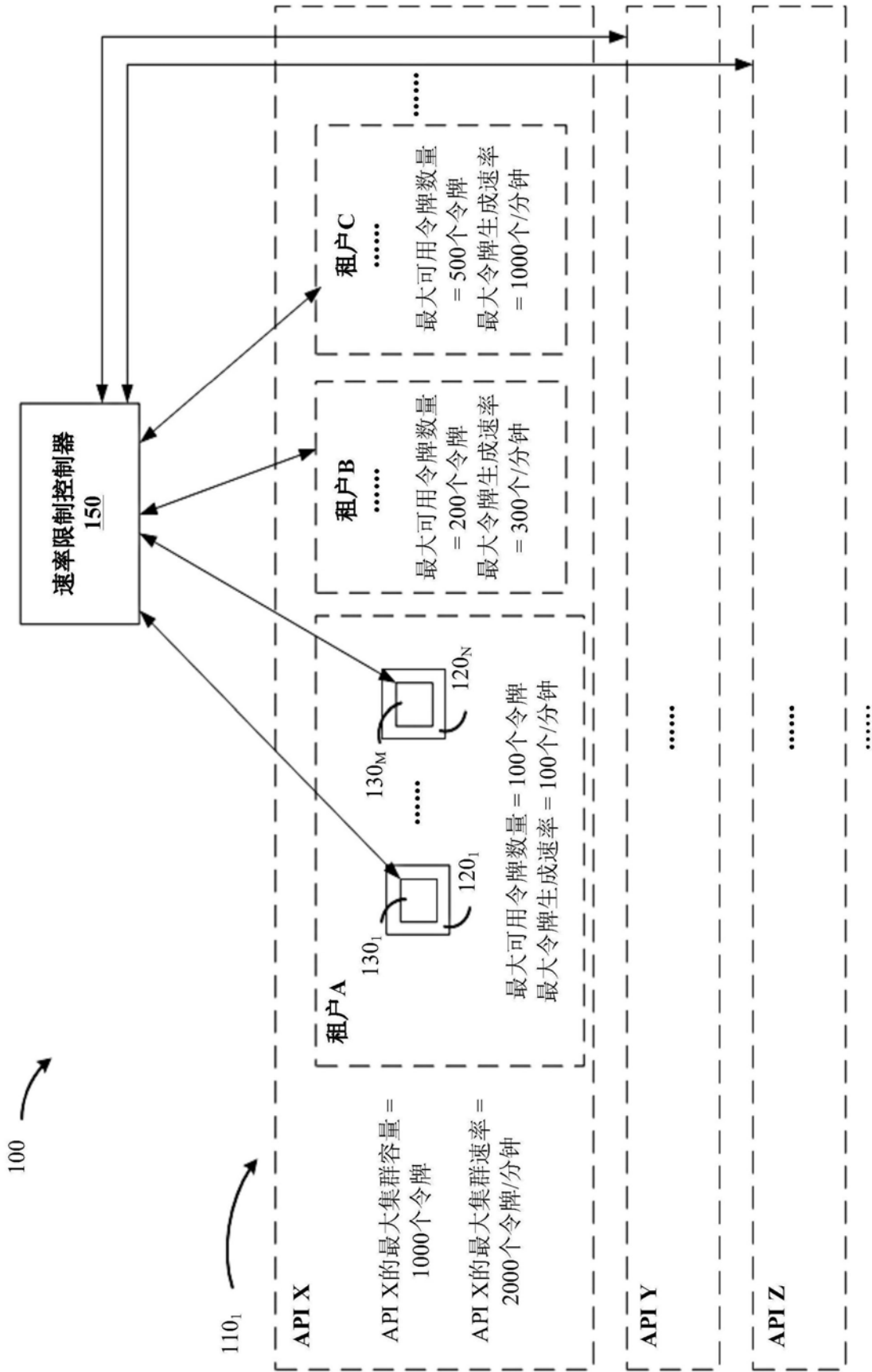


图4B

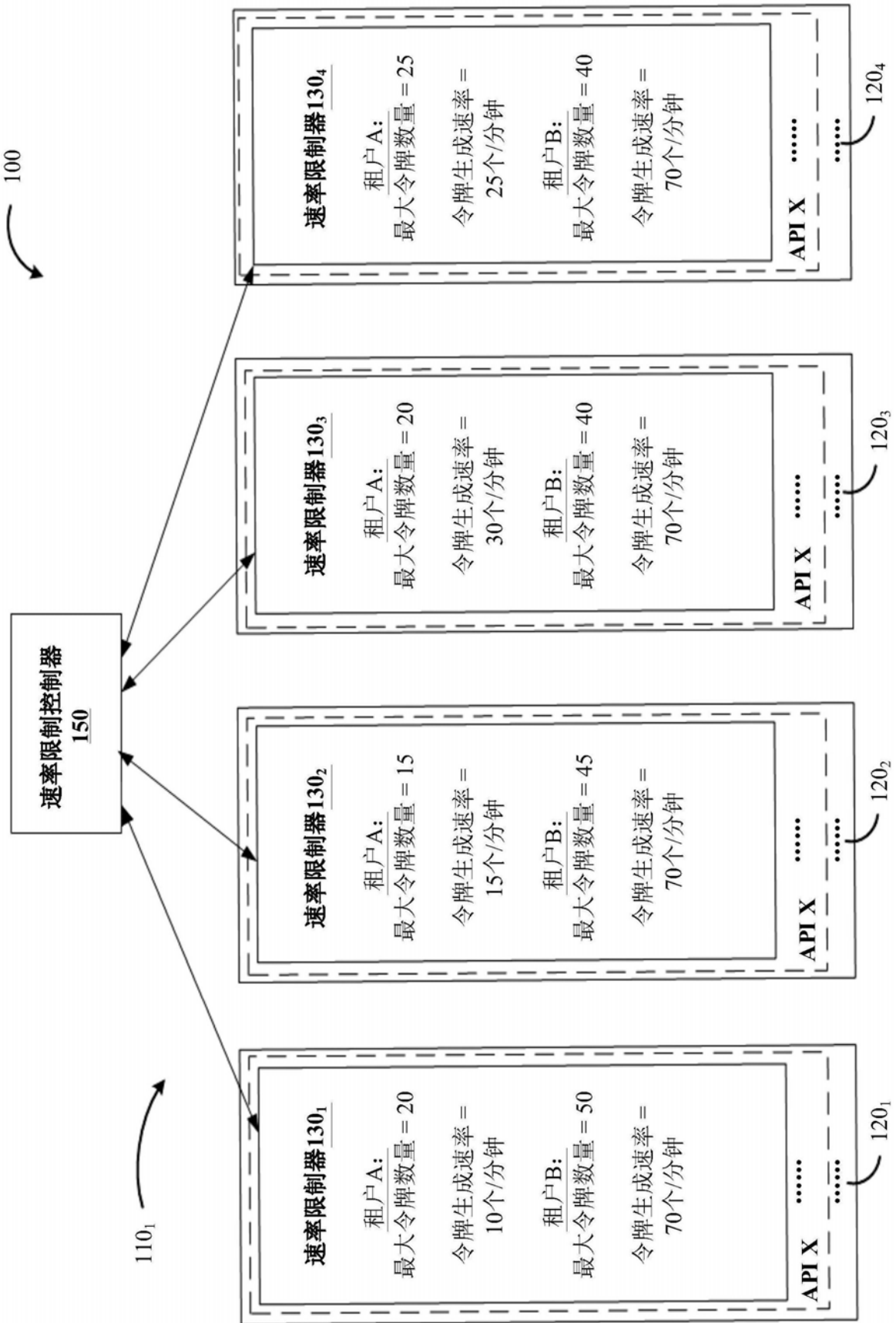


图4C

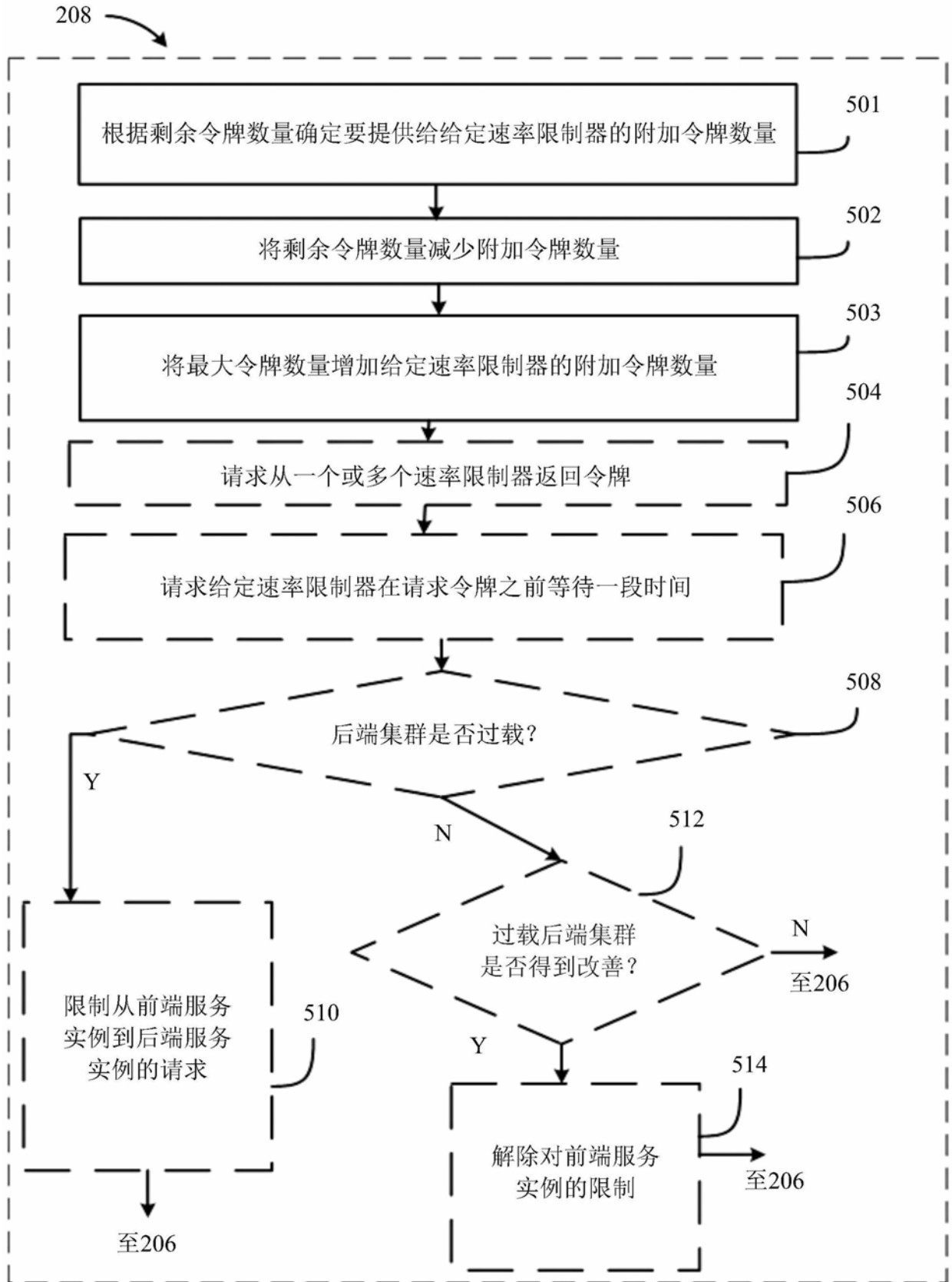


图5A

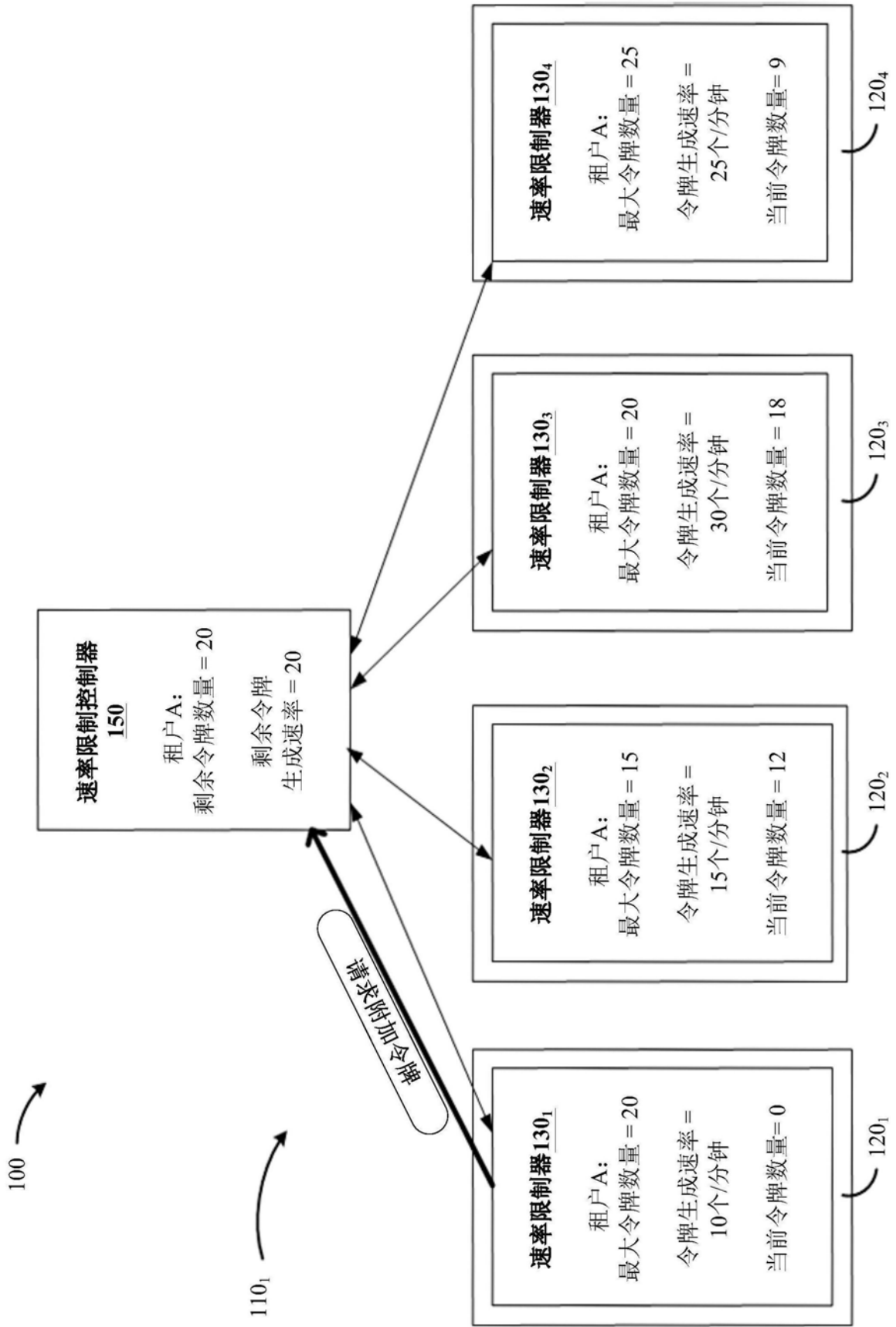


图5B

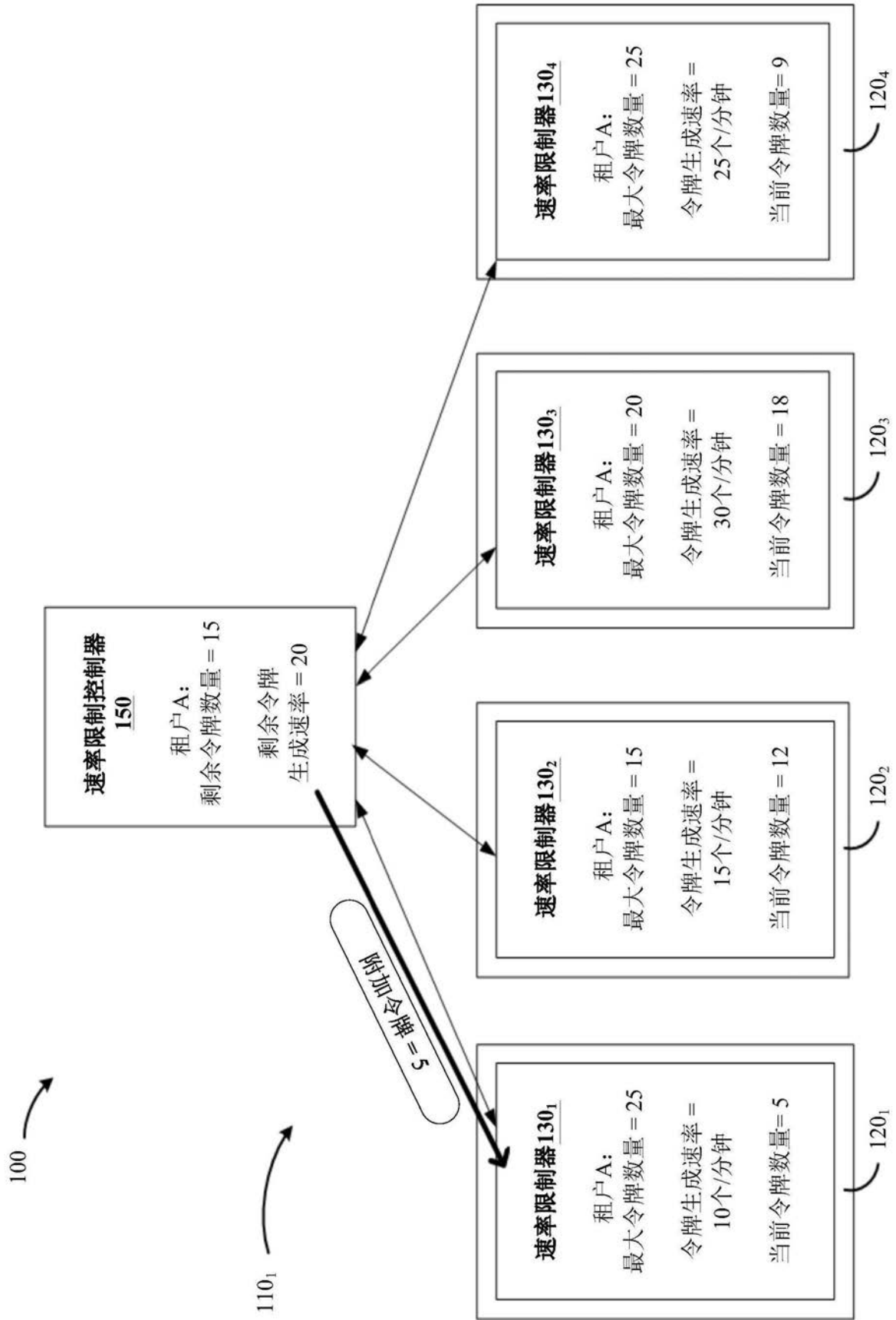


图5C

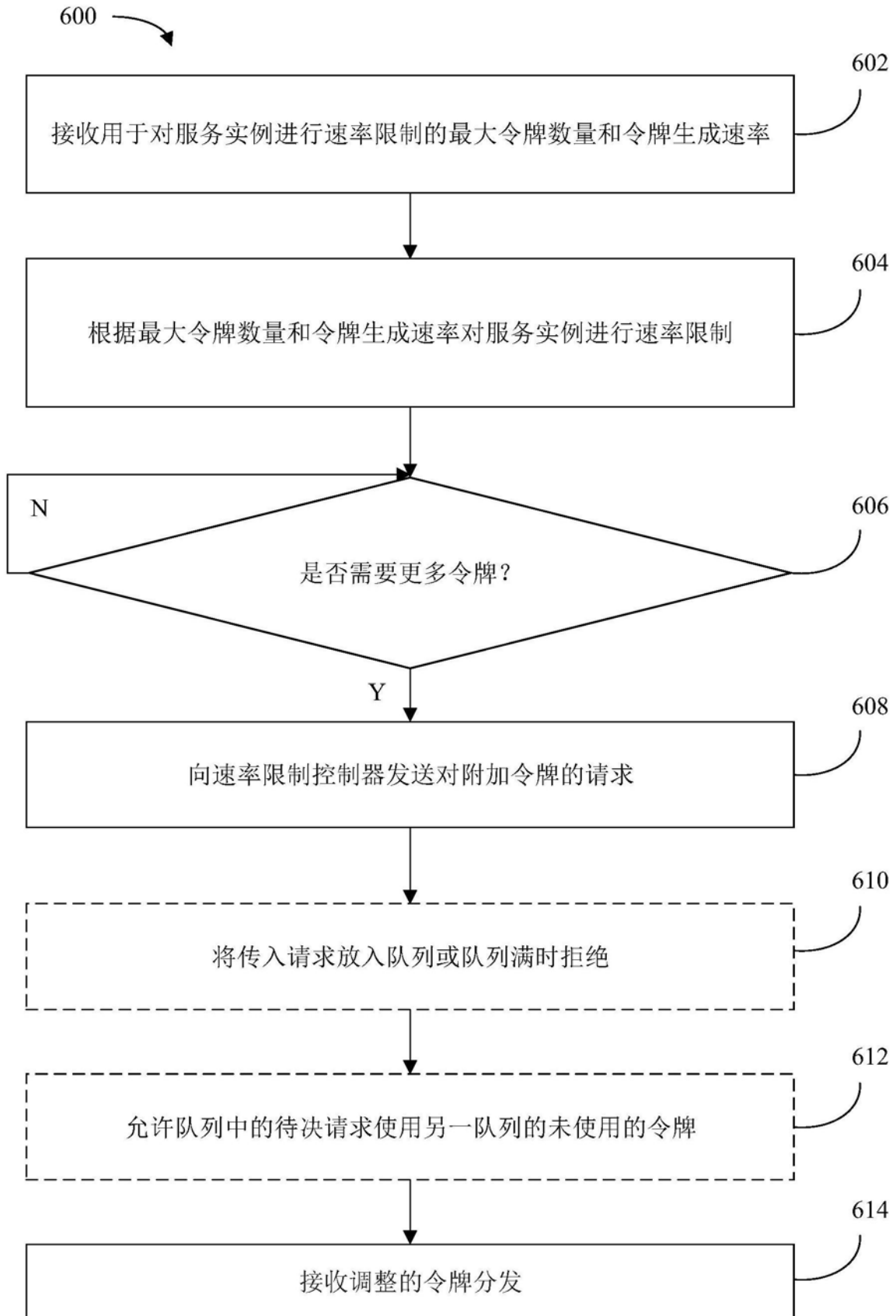


图6

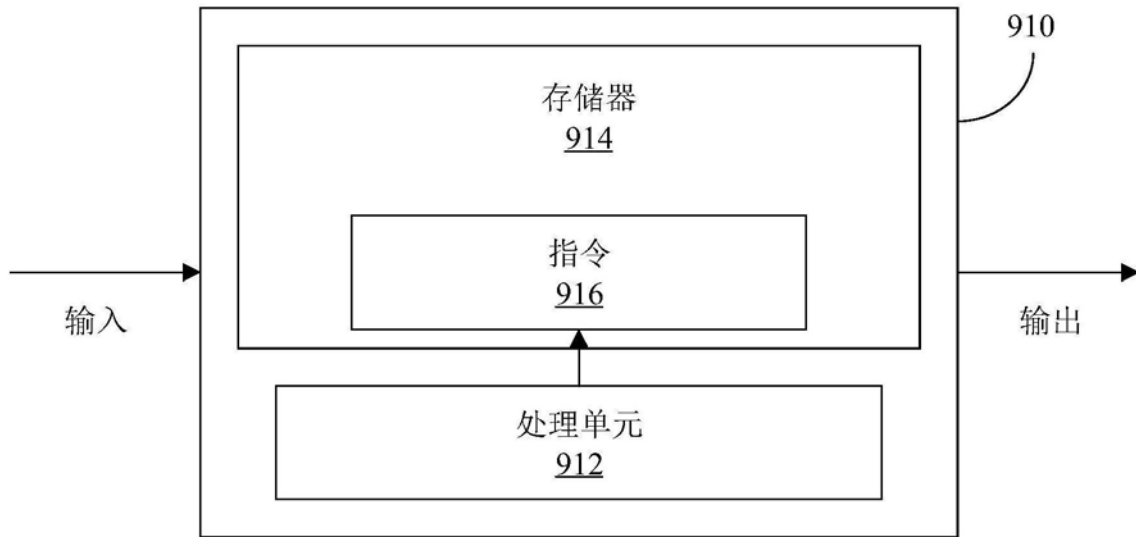


图7