



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111095189 A

(43)申请公布日 2020.05.01

(21)申请号 201880059137.0

(22)申请日 2018.08.20

(30)优先权数据

15/704,712 2017.09.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2020.03.12

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2018/056279 2018.08.20

(87)PCT国际申请的公布数据

W02019/053533 EN 2019.03.21

(71)申请人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

(72)发明人 L·古波塔 M·布尔力克

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 吴信刚

(51)Int.Cl.

G06F 3/06(2006.01)

H04L 29/08(2006.01)

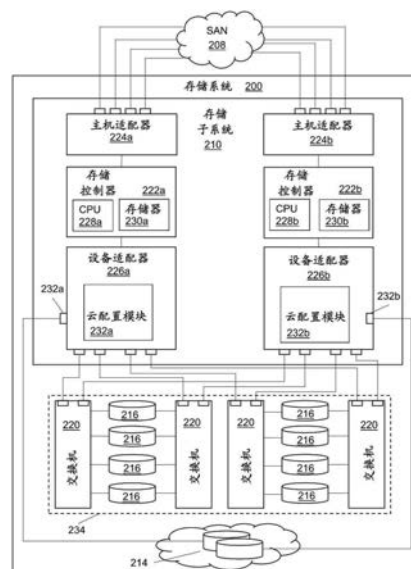
权利要求书3页 说明书13页 附图4页

## (54)发明名称

使用基于云的模组的精简配置

## (57)摘要

一种用于使用基于云的模组的精简配置的计算机实现的方法包括：确定与存储控制器相关的所有多个本地模组的未使用物理存储空间的总量；将未使用物理存储空间的总量与第一阈值进行比较；响应于确定未使用物理存储空间的所述总量小于所述第一阈值，创建一个或多个基于云的模组。创建所述一个或多个基于云的模组中的每个基于云的模组包括经由云接口在一个或多个对应的云存储设备上分配存储空间；将分配的存储空间映射到对应的虚拟本地地址；以及将虚拟本地地址分组为与存储控制器相关联的虚拟本地模组。



1. 一种计算机实现的方法,包括:  
确定与存储控制器相关联的所有多个本地模组的未使用物理存储空间的总量;  
将未使用物理存储空间的总量与第一阈值进行比较;  
响应于确定未使用物理存储空间的总量小于所述第一阈值,创建一个或多个基于云的模组;  
其中创建所述一个或多个基于云的模组中的每个包括:  
经由云接口在一个或多个对应的云存储设备上分配存储空间;  
将分配的存储空间映射到对应的虚拟本地地址;以及  
将所述虚拟本地地址分组为与所述存储控制器相关联的虚拟本地模组。
2. 如权利要求1所述的计算机实现的方法,还包括在所述一个或多个基于云的模组上存储在创建所述一个或多个基于云的模组之后写入的新数据。
3. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法,还包括:  
把在创建所述一个或多个基于云的模组之前存储在所述多个本地模组上的数据移动到所述一个或多个基于云的模组;以及  
把在创建所述一个或多个基于云的模组之后写入的新数据存储在该所述多个本地模组上。
4. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法,还包括:  
将针对所述基于云的模组中之一的本地数据访问请求转换为针对所述云接口配置的云数据访问请求;以及  
经由所述云接口将所述云数据访问请求传送到所述一个或多个对应的云存储设备。
5. 根据权利要求1所述的计算机实现的方法,还包括:  
确定所述多个本地模组和所述一个或多个基于云的模组的已使用存储空间的总量;  
确定所述多个本地模组的存储空间总量与所确定的已使用存储空间的总量之间的差;  
响应于确定所述差大于第二阈值,将数据从所述一个或多个基于云的模组移动到所述多个本地模组。
6. 根据权利要求5所述的计算机实现的方法,其中所述第一阈值不同于所述第二阈值。
7. 如权利要求5所述的计算机实现的方法,还包括在将所有所述数据从所述一个或多个基于云的模组移动到所述多个本地模组之后移除所述一个或多个基于云的模组。
8. 一种存储系统,包括:  
主机适配器,具有被配置为将所述主机适配器通信地耦合到一个或多个主机设备的一个或多个端口;  
存储控制器,包括处理器和存储器,所述存储控制器通信地耦合到所述主机适配器;以及  
设备适配器,包括处理器和存储器,所述设备适配器通信地耦合到所述存储控制器;  
其中,所述设备适配器还包括通信地耦合到多个本地存储驱动器的多个端口和经由网络通信地耦合到多个云存储设备的至少一个网络端口;  
其中,所述设备适配器和所述存储控制器中的一个还被配置为实现云配置模块,所述云配置模块被配置为:  
响应于确定所述多个本地存储驱动器上的未使用物理存储空间的总量小于第一预定

阈值,创建一个或多个基于云的模组;

其中,为了创建所述一个或多个基于云的模组中的每个模组,所述云配置模块被配置为:

经由云接口在一个或多个对应的云存储设备上分配存储空间;

将所分配的存储空间映射到对应的虚拟本地地址;以及

将所述虚拟本地地址分组为与所述存储控制器相关联的虚拟本地模组。

9. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述虚拟本地模组包括虚拟本地RAID阵列。

10. 如权利要求8所述的系统,其中所述云配置模块还被配置成在所述一个或多个基于云的模组上存储在创建所述一个或多个基于云的模组之后写入的新数据。

11. 根据权利要求8所述的系统,其中所述云配置模块还被配置为:

把在创建所述一个或多个基于云的模组之前存储在所述多个本地存储驱动器上的数据移动到所述一个或多个基于云的模组;以及

把在创建所述一个或多个基于云的模组之后写入的新数据存储在该所述多个本地存储驱动器上。

12. 根据权利要求8所述的系统,其中所述云配置模块还被配置为:

将针对所述基于云的模组之一的本地数据访问请求转换为针对所述云接口配置的云数据访问请求;以及

经由所述云接口将所述云数据访问请求传送到所述一个或多个对应的云存储设备。

13. 根据权利要求8所述的系统,其中所述云配置模块还被配置为:

确定所述多个本地存储驱动器和所述一个或多个基于云的模组的已使用存储空间的总量;

确定所述多个本地存储驱动器的存储空间总量与所确定的已使用存储空间的总量之间的差;

响应于确定所述差大于第二预定阈值,将数据从所述一个或多个基于云的模组移动到所述多个本地存储驱动器。

14. 根据权利要求13所述的系统,其中所述第一预定阈值不同于所述第二预定阈值。

15. 如权利要求13所述的系统,其中所述云配置模块还被配置成在将所有所述数据从所述一个或多个基于云的模组移动到所述多个本地存储驱动器之后移除所述一个或多个基于云的模组。

16. 一种计算机程序产品,包括其中存储有计算机可读程序的计算机可读存储介质,其中所述计算机可读程序在由处理器执行时使所述处理器:

确定与存储控制器相关联的所有多个本地独立磁盘冗余阵列(RAID)阵列的未使用物理存储空间的总量;

将未使用物理存储空间的总量与第一预定阈值进行比较;

响应于确定未使用物理存储空间的总量小于所述第一预定阈值,创建一个或多个基于云的模组;

其中,为了创建所述一个或多个基于云的模组中的每个模组,所述计算机可读程序被配置为使得所述处理器:

经由云接口在一个或多个对应的云存储设备上分配存储空间;

将所分配的存储空间指派给相应的虚拟本地地址;以及

将所指派的虚拟本地地址组织成与所述存储控制器相关联的对应虚拟本地RAID阵列。

17. 根据权利要求16所述的计算机程序产品,其中所述计算机可读程序还被配置成使所述处理器在所述一个或多个基于云的模组上存储在创建所述一个或多个基于云的模组之后写入的新数据。

18. 根据权利要求16所述的计算机程序产品,其中所述计算机可读程序还被配置为使得所述处理器:

把在创建所述一个或多个基于云的模组之前存储在所述多个本地RAID阵列上的数据移动到所述一个或多个基于云的模组;以及

把在创建所述一个或多个基于云的模组之后写入的新数据存储在该所述多个本地RAID阵列上。

19. 根据权利要求16所述的计算机程序产品,其中所述计算机可读程序还被配置为使得所述处理器:

确定所述多个本地RAID阵列和所述一个或多个基于云的模组的已使用存储空间的总量;

确定所述多个本地RAID阵列的存储空间总量与所确定的已使用存储空间的总量之间的差;

响应于确定所述差大于第二预定阈值,将数据从所述一个或多个基于云的模组移动到所述多个本地RAID阵列。

20. 如权利要求19所述的计算机程序产品,其中所述计算机可读程序还被配置成使所述处理器在将所有所述数据从所述一个或多个基于云的模组移动到所述多个本地RAID阵列之后移除所述一个或多个基于云的模组。

21. 根据权利要求15所述的计算机程序产品,其中所述计算机可读程序还被配置为使所述处理器将对所述一个或多个虚拟本地RAID阵列的本地数据访问请求转换为根据所述云接口的应用编程接口(API)的要求的云数据访问请求。

22. 一种计算设备,包括:

网络适配器,所述网络适配器被配置为经由网络将所述计算设备通信地耦合到一个或多个云存储设备;

存储介质,被配置为存储数据;以及

处理器,其通信地耦合到所述网络适配器和所述存储介质,其中所述处理器被配置为:执行如权利要求1至7中任一项所述的方法的步骤。

## 使用基于云的模组的精简配置

### 背景技术

[0001] 存储网络(例如存储区域网络(SAN))用于将不同类型的数据存储系统与不同类型的服务器(在此也称为“主机系统”)互连。一些服务器涉及各种硬件,例如数据存储介质、存储控制器、存储器以及伴随的电力系统、冷却系统等。

[0002] 存储控制器响应于读和写请求来控制对数据存储介质和存储器的访问。存储控制器可以根据诸如RAID(独立磁盘冗余阵列)、JBOD(简单磁盘捆绑)以及其它冗余和安全级别的数据存储设备来引导数据。作为示例,诸如DS8000系列的**IBM®**ESS(企业存储服务器)具有计算机实体、高速缓存、非易失性存储等的冗余集群。

### 发明内容

[0003] 本发明的各方面包括一种用于使用基于云的模组的精简配置的计算机实现的方法、计算机程序产品、计算设备和系统。实施本发明的示例方法包括:确定与存储控制器相关联的所有多个本地模组的未使用物理存储空间的总量;将未使用物理存储空间的所述总量与第一阈值进行比较;响应于确定未使用物理存储空间的所述总量小于所述第一阈值,创建一个或多个基于云的模组。创建所述一个或多个基于云的模组中的每个基于云的模组包括经由云接口在一个或多个对应的云存储设备上分配存储空间;将分配的存储空间映射到对应的虚拟本地地址;以及将所述虚拟本地地址分组为与所述存储控制器相关联的虚拟本地模组。

[0004] 上述发明内容并非旨在描述本发明的每个所示实施例或每种实施方式。

### 附图说明

[0005] 应理解,附图仅描绘了本发明的示例性实施例,因此不应被认为是对范围的限制,将通过使用附图来更具体且详细地描述本发明的示例性实施例,在附图中:

[0006] 图1是描绘示例网络环境的高级框图;

[0007] 图2是描绘示例存储系统的高级框图。

[0008] 图3是示例设备适配器的框图。

[0009] 图4是描绘使用基于云的模组的精简配置的示例方法的流程图。

[0010] 根据通常实践,各种所描述的特征未按比例绘制,而是绘制成强调与本发明的示例性实施例相关的具体特征。

### 具体实施方式

[0011] 在以下详细描述中,参考了形成其一部分的附图,并且其中通过说明示出了本发明的具体的说明性实施例。然而,应当理解,可以利用本发明的其他实施例,并且可以进行逻辑、机械和电气改变。此外,附图和说明书中呈现的方法不应被解释为限制可以执行各个步骤的顺序。因此,以下详细描述不应被理解为限制性的。

[0012] 如本文所使用的,短语“至少一个”、“一个或多个”以及“和/或”是开放式表达,其

在操作中是连接的和分离的。例如,表述“A、B和C中的至少一个”、“A、B或C中的至少一个”、“A、B和C中的一个或多个”、“A、B或C中的一个或多个”和“A、B和/或C”中的每一个表示单独的A、单独的B、单独的C、A和B一起、A和C一起、B和C一起、或A、B和C一起。另外,术语“一”或“一个”实体是指一个或多个该实体。因此,术语“一”(或“一个”)、“一个或多个”和“至少一个”在此可以互换使用。还应注意,术语“包含”、“包括”和“具有”可以互换使用。如本文所使用的术语“自动”及其变型是指当执行过程或操作时在没有实质性人类输入的情况下完成的任何过程或操作。如果人工输入指导或控制如何或何时执行该过程或操作,则认为该输入是实质性的。如果输入不指导或控制如何或何时执行使用人类输入的过程,则该过程仍被认为是自动的。

[0013] 如本文所使用的术语“确定”、“计算”和“运算”及其变型可互换使用,并且包括任何类型的方法、过程、数学运算或技术。在下文中,“通信”或“通信地耦合”将表示允许两个或更多系统、组件、模块、设备等使用任何协议或格式来交换数据、信号或其他信息的任何电连接,无论是无线的还是有线的。此外,通信地耦合的两个组件不需要直接彼此耦合,而是也可经由其它中间组件或装置耦合在一起。

[0014] 图1是示出示例网络架构100的高级框图。网络架构100仅作为示例而非限制来呈现。实际上,本文公开的系统和方法可适用于除图1所示的网络架构100之外的各种不同的网络架构。

[0015] 如图所示,网络架构100包括一个或多个客户端或客户端计算机102-1...102-N,其中N是客户端计算机的总数,以及一个或多个主机106-1...106-M,其中M是主机(在此也称为“服务器计算机”106、“主机系统”106或“主机设备”106)的总数。应当理解,尽管图1中示出了五个客户端102,但是在其他实施例中可以使用其他数量的客户端102。例如,在一些实施例中,仅实现一个客户端102。在其他实施例中,使用多于五个或少于五个客户端102。类似地,应当理解,尽管图1中示出了四个主机106,但是可以使用任何合适数量的主机106。例如,在一些实施例中,仅使用单个主机106。在本发明的其它实施例中,可以使用多于四个或少于四个存储主机106。

[0016] 每个客户端计算机102可以被实现为台式计算机、便携式计算机、膝上型或笔记本电脑、上网本、平板计算机、口袋计算机、智能电话或任何其他合适类型的电子设备。类似地,主机106中的每一个可以使用任何合适的主机计算机或服务器来实现。这样的服务器可以包括但不限于IBM**Systemz**®和IBM**Systemi**®服务器,以及UNIX服务器、微软Windows服务器和Linux平台。

[0017] 客户端计算机102经由网络104通信地耦合到主机106。网络104可以包括例如局域网(LAN)、广域网(WAN)、因特网、内联网等。通常,客户端计算机102发起通信会话,而服务器计算机106等待来自客户端计算机102的请求。在本发明的某些实施例中,计算机102和/或服务器106可以连接到一个或多个内部或外部直接附接的存储系统112(例如,硬盘驱动器、固态驱动器、磁带驱动器等的阵列)。这些计算机102、106和直接附接的存储系统112可以使用诸如ATA、SATA、SCSI、SAS、光纤通道等协议进行通信。

[0018] 在本发明的某些实施例中,网络架构100可以包括服务器106后面的存储网络108,例如存储区域网络(SAN) 108或LAN108(例如,当使用网络附接存储时)。在图1所示的例子中,网络108将服务器106连接到一个或多个存储子系统110。尽管为了说明的目的仅示出了

一个存储子系统110,但是应当理解,在本发明的其他实施例中可以使用多于一个的存储子系统110。存储子系统110管理到存储设备阵列116的连接。存储设备阵列116可以包括硬盘驱动器和/或固态驱动器的阵列。为了访问存储子系统110,主机系统106可以通过从主机106上的一个或多个端口到存储子系统110上的一个或多个端口的物理连接进行通信。连接可以通过交换机、结构、直接连接等。在本发明的某些实施例中,服务器106和存储子系统110可以使用诸如光纤通道(FC)或iSCSI的联网标准进行通信。

[0019] 在常规系统中,确定要配置多少存储容量可能是困难和/或昂贵的。一些系统利用被称为精简配置的技术,该技术提供比可用物理存储空间更多的逻辑存储空间。随着由于存储数据的增长而需要更多的物理存储空间,配置并添加额外的存储驱动器以增加容量。然而,这可能引入服务不可用的停机时间以及购买、配置和安装新存储驱动器的额外成本。另外,如果当没有更多的物理空间并且还没有添加额外的容量时发生新的写入,则新的写入将失败。相反,如果提供了比所需更多的容量,则空间未被使用并且导致存储空间的低效使用和初始提供的成本。

[0020] 尽管存在可以提供存储用于基本需要的数据(诸如用于存档)的相对成本有效的方式的云存储服务,但是云存储服务的常规使用不提供具有本地连接的存储阵列的企业存储系统的相同特征和益处,诸如下面讨论的高级管理特征。与常规企业存储系统和常规云存储服务相比,本文描述的本发明的实施例利用云存储驱动器的可用性来以云存储看起来像企业存储系统的本地存储阵列的方式从云存储创建存储阵列,这实现了针对存储在云中的数据的高级数据管理特征,并且使得精简配置更加无缝(例如,当需要/添加容量时更少的服务中断),如以下更详细描述。特别地,当需要需求时,本文描述的本发明的实施例可以动态地为存储控制器添加存储阵列,同时仍然对存储在虚拟云阵列上的数据实现对本地存储阵列可用的相同特征。因此,本文描述的本发明的实施例提供了一种实现企业存储系统的用于存储在云存储驱动器上的数据的益处以及用于使精简配置更无缝的方案。

[0021] 图2是存储系统200的高级框图。存储系统200包括存储驱动器(例如,硬盘驱动器和/或固态驱动器)的一个或多个阵列。如图所示,存储系统200包括存储子系统210、多个交换机202和多个存储驱动器216,例如硬盘驱动器和/或固态驱动器(例如基于闪存的驱动器)。存储子系统210可以使一个或多个主机(例如,开放系统和/或大型机服务器)能够访问多个存储驱动器216中的数据。

[0022] 在本发明的一些实施例中,存储子系统210包括一个或多个存储控制器222。在图2所示的例子中,存储子系统包括存储控制器222a和存储控制器222b。尽管为了解释的目的,在此仅示出了两个存储控制器226,但是应当理解,在本发明的其他实施例中可以使用多于两个的存储控制器。图2中的存储子系统210还包括主机适配器224a、224b和设备适配器226a、226b,以将存储子系统210分别连接到主机设备和存储驱动器204。多个存储控制器222a、222b提供冗余以帮助确保数据可用于所连接的主机。因此,当一个存储控制器(例如,存储控制器222a)发生故障时,另一个存储控制器(例如,222b)可以拾取发生故障的存储控制器的I/O负载,以确保I/O能够在主机和存储驱动器204之间继续。该过程可以被称为“故障转移”。

[0023] 每个存储控制器222可以包括相应的一个或多个处理器228和存储器230。存储器230可以包括易失性存储器(例如,RAM)以及非易失性存储器(例如,ROM、EPROM、EEPROM、闪

存等)。易失性和非易失性存储器可以存储在处理器228上运行并且用于访问存储驱动器204中的数据的软件模块。存储控制器222可以托管这些软件模块的至少一个实例。这些软件模块可以管理对存储驱动器204中的逻辑卷的所有读取和写入请求。

[0024] 特别地,每个存储控制器222经由相应的设备适配器226通信地耦合到存储驱动器204。每个设备适配器226被配置为管理对存储驱动器216的输入/输出(I/O)访问(本文中也称为数据访问请求或访问请求)。例如,设备适配器226逻辑地组织存储驱动器216并且确定在存储驱动器216上何处存储数据。存储驱动器216(也称为磁盘驱动器模块(DDM))可以包括具有不同性能特性的不同类型的驱动器的组。例如,存储驱动器216可以包括(相对)慢的“近线”磁盘(例如,每分钟7200转(RPM)的旋转速度)、SAS磁盘驱动器(例如,10k或15k RPM)和相对快的固态驱动器(SSD)的组合。

[0025] 设备适配器226经由交换机220耦合到存储驱动器216。每个交换机220可以通过光纤连接将存储驱动器216耦合到设备适配器的光纤交换机。设备适配器226在逻辑上将存储驱动器216分组到阵列站点234中。为了说明的目的,在图2中描绘了包括存储驱动器216的单个阵列站点234。然而,应当理解,在本发明的其他实施例中可以包括由存储驱动器216组成的多于一个阵列站点。阵列站点234可以被格式化为独立磁盘冗余阵列(RAID)阵列234。可以理解,可以使用任何类型的RAID阵列(例如RAID0、RAID5、RAID10等)。每个RAID阵列也被称为一个模组。每个模组被分成多个相等大小的分区,这些分区被称为区段(extent)。每个区段的大小可以基于实现而变化。例如,每个区段的大小可以至少部分地取决于区段存储类型。区段存储类型(例如固定块(FB)或计数关键数据(CKD))取决于连接到存储子系统的主机的类型(例如开放系统主机或大型机服务器)。然后将区段分组以构成逻辑卷。

[0026] 存储子系统210可以实现各种管理特征和功能,例如但不限于全盘加密、非易失性存储(NVS)算法(例如,阈值处理、升级、降级)、存储池分条(旋转区段)、动态卷扩展、动态数据重定位、智能写入缓存和自适应多流预取。具有与图2所示的架构类似的架构的存储系统210的一个示例是IBM DS8000™系列企业存储系统。DS8000™是高性能、高容量的存储子系统,提供被设计成支持连续操作的磁盘和固态存储。然而,这里公开的本发明的实施例不限于IBM DS8000™系列企业存储系统,而是可以在任何相当或类似的存储系统或存储系统组中实现,而不管与系统相关联的制造商、产品名称、或组件名称。因此,IBM DS8000™仅仅是作为例子给出的,而不是限制性的。

[0027] 另外,在图2所示的本发明的实施例中,设备适配器226中的每一个包括相应的网络端口232,诸如以太网端口,其经由诸如因特网的网络将设备适配器226通信地耦合到云存储设备214。在图2所示的示例中,每个设备适配器226还包括相应的云配置模块232,其被配置为将云存储设备214分配和分组为虚拟RAID阵列,使得云存储设备214对于存储控制器2226看起来像是本地RAID阵列或模组。这样,可用于诸如RAID阵列234的本地模组的存储控制器226的特征和功能也可用于云模组214。

[0028] 如以下关于图3和4更详细地描述的,云配置模块232被配置为在存储控制器命令和/或I/O访问与云接口命令和/或I/O访问之间转换。应当注意,尽管在该示例中,云配置模块232被包括在设备适配器226中,但是在本发明的其他实施例中,云配置模块232可以被包括在存储控制器222中。特别地,在本发明的一些实施例中,每个存储控制器222包括相应的



云配置模块,其对到相应设备适配器226的命令进行转换。

[0029] 因此,本文描述的本发明的实施例实现了相对于常规云存储系统的优点。例如,常规云存储系统通常启用相对基本的功能,诸如远程存档、备份和检索。然而,这种传统系统不能对存储在云中的数据执行高级管理功能,例如上述管理功能(例如,NVS算法,诸如阈值处理、升级和降级)。因此,通过使用云配置模块232,如以下更详细讨论的,本文描述的实施例使得能够对存储在云存储设备上的数据执行高级管理特征,这对于常规云存储系统是不可用的。具体地,通过使用云配置模块232,存储控制器222和设备适配器226能够访问和利用由云存储构成的虚拟RAID阵列或模组,就好像该虚拟RAID阵列是耦合到设备适配器226的本地驱动器而不是远程存储一样。以此方式,可用于本地驱动器的相同管理特征/功能(诸如以上提到的那些)可用于远程云存储而不用修改与实现那些管理特征相关联的底层代码和/或硬件。

[0030] 此外,通过创建对于存储子系统210看起来像本地存储的虚拟RAID阵列,这里描述的实施例提供了对实现更无缝的精简配置的问题的解决方案。具体地,云配置模块232被配置为监视存储系统中的一个或多个RAID阵列(例如,阵列234)的多个存储设备上的空闲空间或未使用存储空间的数量。基于所监视的未使用存储空间的数量,云配置模块232可以创建一个或多个基于云的模组以增加存储系统200的容量,同时针对基于云的模组上的数据实现相同的管理特征。另外,与安装和配置附加的本地存储阵列相比,基于云的模组的创建和添加减少了服务中断。

[0031] 图3是可以被实现为诸如设备适配器226的设备适配器或诸如存储控制器222的存储控制器的示例计算设备300的框图。出于解释的目的,计算设备300在此是相对于设备适配器来描述的。在图3所示的例子中,设备适配器300包括存储器325、存储装置335、互连(例如BUS)340、一个或多个处理器305(这里也称为CPU305)、I/O设备接口350和网络适配器或端口315。

[0032] 每个CPU305检索并执行存储在存储器325和/或存储装置335中的编程指令。互连340用于在CPU305、I/O设备接口350、存储装置335、网络适配器315和存储器325之间移动数据,例如编程指令。互连340可以使用一个或多个总线来实现。在本发明的各种实施例中,CPU305可以是单个CPU、多个CPU或具有多个处理核的单个CPU。在本发明的一些实施例中,处理器305可以是数字信号处理器(DSP)。通常包括存储器325以表示随机存取存储器(例如,静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)或闪存)。存储装置335一般被包括以表示非易失性存储器,诸如硬盘驱动器、固态设备(SSD)、可移除存储卡、光学存储装置或闪存设备。

[0033] 在本发明的一些实施例中,存储器325存储云配置指令301,并且存储装置335存储映射表307。然而,在本发明的各种实施例中,云配置指令301和映射表307部分地存储在存储器325中并且部分地存储在存储装置335中,或者它们全部地存储在存储器325中或者全部地存储在存储装置335中。

[0034] 当由CPU305执行时,云配置指令301使得CPU305利用映射表307来实现以上关于图2讨论的云配置模块。应当注意,尽管云配置指令301和映射表307被描绘为存储在设备适配器300中并由其执行/利用,但是在其他实施例中,云配置指令301和映射表307可以被存储在诸如图2中所示的存储控制器222a和/或存储控制器222b的存储控制器上并由其执行/利

用。云配置指令301使得CPU305在云存储设备(诸如图2中描绘的云存储设备214)上分配空间。可以静态地或当出现需要时按需分配空间。例如,空间可以被先验地或在运行时分配。此外,云存储模组可以被创建为具有不同的存储容量。

[0035] 云配置指令301进一步使CPU305将所分配的存储分组到一个或多个虚拟模组中,并且将云存储设备与一个或多个虚拟模组之间的映射存储在映射表307中。具体地,云配置指令301使CPU305生成将所分配的存储空间映射到对应的虚拟本地地址并且将虚拟本地地址分组以创建一个或多个虚拟本地模组或RAID阵列的映射表307。以这种方式,云存储的虚拟模组对于经由I/O设备接口350通信地耦合到设备适配器300的存储控制器而言看起来像本地直接附接的模组。I/O设备接口350还将设备适配器300通信地耦合到存储设备的本地模组,诸如固态驱动器和近线驱动器(例如,上面讨论的存储驱动器216)。例如,I/O设备接口350可以包括光纤端口。如这里所使用的,本地模组是由直接连接到设备适配器300而没有诸如因特网的中间广域网的存储设备组成的模组或RAID阵列。

[0036] 当接收到I/O访问(例如,读或写请求)时,云转换指令301使CPU305确定该请求是否针对存储在云存储的虚拟模组上的数据。当请求针对存储在云存储的虚拟模组上的数据时,云配置指令301转换I/O访问(本文也称为数据访问请求或访问请求)以便经由云接口传输到云存储设备。例如,云配置指令301可使用由云接口用来访问云存储设备的命令、格式、设备地址等来转换I/O访问。如在此所使用的,术语I/O访问、读/写访问和数据访问可以互换使用。示例性云接口可以包括但不限于**IBM®**CloudManager或**Amazon®**简单存储服务(Amazon S3)接口。因此,如上所述,云配置指令301透明地使云存储与其他本地存储设备类似地可用于存储控制器。

[0037] 另外,如上所述,云配置指令301使得CPU305通过根据需要创建一个或多个基于云的模组来动态地增加存储容量,以实现更无缝的精简配置。也就是说,与逻辑存储空间相比,与计算设备300相关联的存储系统可以被提供有更少的本地物理存储空间,并且可以通过使用看起来是本地模组的基于云的模组来添加附加的物理存储空间,如上所述。例如,云配置指令301可以被配置为使得CPU305执行使用基于云的模组的精简配置方法,如参考图4更详细地描述的。

[0038] 另外,在本发明的一些实施例中,云配置指令303被配置成使CPU305向基于云的模组指派服务级别。在本发明的一些这样的实施例中,存在三个服务级别。然而,在本发明的提供多个服务级别的其他实施例中,可以提供两个或多于3个服务级别。在该示例中,利用三个服务级别,并且服务级别的选择基于被镜像的数据的可压缩性、虚拟本地模组的相应输入/输出数据速率以及服务级别协议。例如,如果服务级别协议指示低服务质量,虚拟本地模组的I/O数据速率低于阈值,并且被访问的数据是可压缩的,则选择第一服务级别。低服务质量可以是低于预定义的阈值服务级别的任何服务质量。第一服务级别是该示例中的三个选项中的最低服务级别。例如,它可以包括比其它两个服务级别更高的等待时间和更低的吞吐量。如果服务级别协议指示低服务质量,虚拟本地模组的I/O数据速率低于阈值,并且数据是不可压缩的,则选择第二服务级别。第二服务级别具有比第一服务级别更大的吞吐量和/或更少的等待时间。最后一个或第三个服务级别用于所有其它数据(例如,SLA指示服务级别高于预定义阈值和/或I/O数据速率高于阈值)。第三服务级别具有比第一和第二服务级别更大的吞吐量和/或更少的等待时间。

[0039] 通过提供不同级别的服务,设备适配器326能够利用云存储的虚拟模组来提供满足客户对数据存储和访问的需要的更大灵活性。应当注意,尽管示例的第一、第二和第三级别被描述为在等待时间和吞吐量方面不同,但是可以使用其他因素来区分服务级别。例如,在本发明的一些实施例中,三个服务级别具有相同的等待时间和吞吐量,但是在成本和冗余级别上不同。

[0040] 图4是描绘使用基于云的模组的精简配置的方法400的流程图。方法400可以由诸如设备适配器226的设备适配器或诸如存储控制器222的存储控制器来实现。例如,方法400可由执行诸如云配置指令301的指令的诸如计算设备300中的CPU305的CPU来实现。应当理解,示例方法400中的动作顺序是出于解释的目的而提供的,并且该方法可以在本发明的其他实施例中以不同的顺序执行。类似地,应当理解,在本发明的其他实施例中,可以省略一些动作或者可以包括附加动作。

[0041] 在框402,确定与存储控制器相关联的所有多个本地模组的未使用物理存储空间的总量。这可以被确定为总存储容量和所使用的存储空间的总量之间的差。

[0042] 在框404,将未使用物理存储空间的总量与第一阈值进行比较。在一些实施例中,第一阈值是预定的或被先验地设置的。例如,在本发明的一些实施例中,第一阈值可以被设置为总存储容量的百分比,例如50%、70%等。在本发明的其它实施例中,第一阈值可被设置为特定存储量,例如10吉字节(GB)、100GB等。

[0043] 在框406,基于所述比较,确定未使用物理存储的总量是否小于第一阈值。如果未使用物理存储空间的总量小于第一阈值,则在框408处创建一个或多个基于云的模组。每个基于云的模组包括一个或多个云存储设备上的存储空间。所述一个或多个云存储设备上的存储空间被映射到对应的虚拟本地地址,所述虚拟本地地址被分组为虚拟本地模组,如上所述。另外,如本文所使用的,云存储设备是经由诸如因特网的广域网(而不是局域网或直接通信链路)访问的存储设备。

[0044] 创建所述一个或多个新的基于云的模组包括经由云接口在一个或多个对应的云存储设备上分配存储空间。云接口是被配置为使得能够访问云存储设备的接口。例如,云接口可以被实现为应用编程接口(API)。在上面讨论了示例云接口。分配云存储可包括经由云接口请求指定量的存储。

[0045] 创建所述新的基于云的模组还包括将所分配的存储空间映射到对应的虚拟本地地址。例如,在本发明的一些实施例中,设备适配器或存储控制器将分配的存储空间指派给相应的虚拟本地地址。如在此所使用的,虚拟本地地址是看起来是经由本地连接耦合到设备适配器的存储设备的地址的存储器地址。本地连接指的是不在诸如因特网的广域网或远程网络上的连接。

[0046] 创建所述新的基于云的模组还包括将虚拟本地地址分组为虚拟本地模组。例如,设备适配器或存储控制器被配置为分组或安排虚拟本地地址,使得它们看起来是作为存储设备的本地RAID阵列直接连接到设备适配器的。

[0047] 在框410,将数据写入所述新的基于云的模组。在本发明的一些实施例中,将数据写入新的基于云的模组可包括将访问请求转换为被配置用于与所述一个或多个基于云的模组的一个或多个云存储设备相对应的应用编程接口(API)的云数据访问请求,并经由云接口将云数据访问请求传送到所述一个或多个对应的云存储设备。

[0048] 此外,在本发明的一些实施例中,将数据写入新的基于云的模组包括把在创建基于云的模组之前存储在所述多个本地模组上的数据移动到新的基于云的模组。可以使用不同的算法来决定将哪些数据移动到基于云的模组。例如,在本发明的一些实施例中,移动不频繁访问的数据,而将频繁访问的数据保持在本地模组上。在一些这样的实施例中,在创建所述一个或多个基于云的模组之后写入的新数据被写入到所述多个本地模组。

[0049] 在本发明的一些实施例中,将数据写入新的基于云的模组包括将在创建基于云的模组之后写入的新数据存储在所述新的基于云的模组上。因此,在本发明的一些这样的实施例中,不是将新数据写入到本地模组,而是将新数据写入到基于云的模组。因此,在本发明的一些这样的实施例中,存储在本地模组上的数据不需要被移动到基于云的模组。

[0050] 在框412,确定在创建基于云的模组之后所述多个本地模组上的空闲空间的总量是否大于第二阈值。在本发明的一些实施例中,第二阈值是预定的。另外,在本发明的一些实施例中,第二阈值与第一阈值相同。也就是说,在本发明的一些实施例中,第二阈值和第一阈值被设置为相同的值。在本发明的其它实施例中,第一阈值和第二阈值被设置为各自不同的值。特别地,在本发明的一些实施例中,与第一阈值相比,第二阈值对应于更多的所述本地模组上的空闲或未使用空间。例如,在本发明的一些实施例中,第一阈值可以被设置为对应于75%已使用/25%未使用的物理存储空间,而第二阈值被设置为对应于50%已使用/50%未使用。以此方式,如果所使用的数据盘旋在第一阈值附近,则存储控制器或设备适配器可以防止在使用基于云的模组之间来回切换。

[0051] 此外,在框412处确定的空闲空间的总量是指如果不使用基于云的模组那么将可用的空闲空间的量。例如,可以通过从本地模组上的未使用空间减去基于云的模组上使用的空间量来确定空闲空间的总量。类似地,在框412处,可以通过确定所述多个本地模组和基于云的模组的已使用存储空间的总量并且然后求出本地模组的总容量(即,本地模组的存储空间的总量)与本地模组和基于云的模组的已使用存储空间的总量之间的差来确定空闲空间的总量。

[0052] 在创建基于云的模组之后的未使用或空闲空间的量会随着数据被删除而增加。例如,数据经常被创建并随时间增长,直到执行清理作业并删除不需要的数据。这可以是用户的手动删除。它还可以是作为存储系统的高级管理特征的一部分的功能,这些高级管理特征对本地模组和基于云的模组两者都可用,诸如以上讨论的特征。当删除不需要的数据时,存储空间变得可用或被释放。

[0053] 如果在框412处确定本地模组上的总空闲空间大于第二阈值,则在框414处将数据从基于云的模组移动到本地模组。如果在框414处,来自基于云的模组的所有数据被移回到本地模组,则在框416处,基于云的模组可任选地被移除或删除。删除基于云的模组包括解除分配存储空间并删除映射表中的对应条目。以此方式,可以在需要存储空间时动态地创建和删除基于云的模组。

[0054] 如上所述,示例方法400中的动作的顺序是出于解释的目的而提供的,并且在本发明的其他实施例中方法400可以以不同的顺序来执行和/或可以省略一些动作,或者可以包括附加动作。类似地,应当理解,在本发明的其他实施例中,可以省略一些动作,或者可以包括附加动作。例如,在本发明的一些实施例中,省略了框416。在本发明的这样的实施例中,即使在将数据重新定位到本地RAID阵列中的一个或多个之后在基于云的模组中的一个或

多个上不再剩余数据,也不删除基于云的模组。另外,应当理解,上述动作不需要被顺序地执行。

[0055] 在任何可能的技术细节结合层面,本发明的实施例可以是系统、方法和/或计算机程序产品。计算机程序产品可以包括计算机可读存储介质,其上载有用于使处理器实现本发明的实施例的各个方面的计算机可读程序指令。

[0056] 计算机可读存储介质可以是保持和存储由指令执行设备使用的指令的有形设备。计算机可读存储介质例如可以是一——但不限于——电存储设备、磁存储设备、光存储设备、电磁存储设备、半导体存储设备或者上述的任意合适的组合。计算机可读存储介质的更具体的例子(非穷举的列表)包括:便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦式可编程只读存储器(EPROM或闪存)、静态随机存取存储器(SRAM)、便携式压缩盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能盘(DVD)、记忆棒、软盘、机械编码设备、例如其上存储有指令的打孔卡或凹槽内凸起结构、以及上述的任意合适的组合。这里所使用的计算机可读存储介质不被解释为瞬时信号本身,诸如无线电波或者其他自由传播的电磁波、通过波导或其他传输媒介传播的电磁波(例如,通过光纤电缆的光脉冲)、或者通过电线传输的电信号。

[0057] 这里所描述的计算机可读程序指令可以从计算机可读存储介质下载到各个计算/处理设备,或者通过网络、例如因特网、局域网、广域网和/或无线网下载到外部计算机或外部存储设备。网络可以包括铜传输电缆、光纤传输、无线传输、路由器、防火墙、交换机、网关计算机和/或边缘服务器。每个计算/处理设备中的网络适配卡或者网络接口从网络接收计算机可读程序指令,并转发该计算机可读程序指令,以供存储在各个计算/处理设备中的计算机可读存储介质中。

[0058] 用于执行本发明的实施例的操作的计算机程序指令可以是汇编指令、指令集架构(ISA)指令、机器指令、机器相关指令、微代码、固件指令、状态设置数据、集成电路配置数据或者以一种或多种编程语言的任意组合编写的源代码或目标代码,所述编程语言包括面向对象的编程语言——诸如Smalltalk、C++等,以及过程式编程语言——诸如“C”语言或类似的编程语言。计算机可读程序指令可以完全地在用户计算机上执行、部分地在用户计算机上执行、作为一个独立的软件包执行、部分在用户计算机上部分在远程计算机上执行、或者完全在远程计算机或服务器上执行。在涉及远程计算机的情形中,远程计算机可以通过任意种类的网络——包括局域网(LAN)或广域网(WAN)——连接到用户计算机,或者,可以连接到外部计算机(例如利用因特网服务提供商来通过因特网连接)。在本发明的一些实施例中,通过利用计算机可读程序指令的状态信息来个性化定制电子电路,例如可编程逻辑电路、现场可编程门阵列(FPGA)或可编程逻辑阵列(PLA),该电子电路可以执行计算机可读程序指令,从而实现本发明的实施例的各个方面。

[0059] 这里参照根据本发明实施例的方法、装置(系统)和计算机程序产品的流程图和/或框图描述了本发明的各个方面。应当理解,流程图和/或框图的每个方框以及流程图和/或框图中各方框的组合,都可以由计算机可读程序指令实现。

[0060] 这些计算机可读程序指令可以提供给通用计算机、专用计算机或其它可编程数据处理装置的处理器,从而生产出一种机器,使得这些指令在通过计算机或其它可编程数据处理装置的处理器执行时,产生了实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功

能/动作的装置。也可以把这些计算机可读程序指令存储在计算机可读存储介质中,这些指令使得计算机、可编程数据处理装置和/或其他设备以特定方式工作,从而,存储有指令的计算机可读介质则包括一个制造品,其包括实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功能/动作的各个方面的指令。

[0061] 也可以把计算机可读程序指令加载到计算机、其它可编程数据处理装置、或其它设备上,使得在计算机、其它可编程数据处理装置或其它设备上执行一系列操作步骤,以产生计算机实现的过程,从而使得在计算机、其它可编程数据处理装置、或其它设备上执行的指令实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功能/动作。

[0062] 附图中的流程图和框图显示了根据本发明的多个实施例的系统、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上,流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段或指令的一部分,所述模块、程序段或指令的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。在有些作为替换的实现中,方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如,两个连续的方框实际上可以基本并行地执行,它们有时也可以按相反的顺序执行,这依所涉及的功能而定。也要注意的,框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合,可以用执行规定的功能或动作的专用的基于硬件的系统来实现,或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

[0063] 示例

[0064] 示例1包括一种用于使用基于云的模组的精简配置的计算机实现的方法。该方法包括:确定与存储控制器相关联的所有多个本地模组的未使用物理存储空间总量;将未使用物理存储空间总量与第一阈值进行比较;以及响应于确定未使用物理存储空间总量小于第一阈值而创建一个或多个基于云的模组,创建一个或多个基于云的模组。创建所述一个或多个基于云的模组中的每个基于云的模组包括经由云接口在一个或多个对应的云存储设备上分配存储空间;将分配的存储空间映射到对应的虚拟本地地址;以及将虚拟本地地址分组为与存储控制器相关联的虚拟本地模组。

[0065] 示例2包括示例1的方法,还包括在所述一个或多个基于云的模组上存储在创建所述一个或多个基于云的模组之后写入的新数据。

[0066] 示例3包括示例1-2中的任一项的方法,还包括把在创建所述一个或多个基于云的模组之前存储在所述多个本地模组上的数据移动到所述一个或多个基于云的模组;以及将在创建所述一个或多个基于云的模组之后写入的新数据存储在所述多个本地模组上。

[0067] 示例4包括示例1-3中任一项的方法,还包括将针对基于云的模组中的一个的本地数据访问请求转换为针对云接口配置的云数据访问请求;以及经由云接口将云数据访问请求传送到所述一个或多个对应的云存储设备。

[0068] 示例5包括示例1-4中的任一项的方法,还包括确定所述多个本地模组和所述一个或多个基于云的模组的已使用存储空间总量;确定所述多个本地模组的存储空间总量与所确定的已使用存储空间总量之间的差;以及响应于确定所述差大于第二阈值,将数据从所述一个或多个基于云的模组移动到所述多个本地模组。

[0069] 示例6包括示例5的方法,其中第一阈值不同于第二阈值。

[0070] 示例7包括示例5-6中的任一项的方法,还包括在将所有数据从所述一个或多个基于云的模组移动到所述多个本地模组之后移除所述一个或多个基于云的模组。

[0071] 示例8包括一种存储系统。该存储系统包括：主机适配器，具有被配置为将主机适配器通信地耦合到一个或多个主机设备的一个或多个端口；存储控制器，包括处理器和存储器，所述存储控制器通信地耦合到所述主机适配器；以及包括处理器和存储器的设备适配器，该设备适配器通信地耦合到存储控制器。设备适配器还包括通信地耦合到多个本地存储驱动器的多个端口和经由网络通信地耦合到多个云存储设备的至少一个网络端口。设备适配器和存储控制器中的一个还被配置为实现云配置模块。云配置模块被配置为响应于确定所述多个本地存储驱动器上的未使用物理存储空间的总量小于第一预定阈值，创建一个或多个基于云的模组。为了创建所述一个或多个基于云的模组中的每一个，所述云配置模块被配置为经由云接口在一个或多个对应的云存储设备上分配存储空间；将所分配的存储空间指派给相应的虚拟本地地址；以及将所指派的虚拟本地地址组织成与存储控制器相关联的相应虚拟本地RAID阵列。

[0072] 示例9包括示例8的存储系统，其中，云配置模块还被配置为在所述一个或多个基于云的模组上存储在创建所述一个或多个基于云的模组之后写入的新数据。

[0073] 示例10包括示例8-9中的任一项的存储系统，其中云配置模块还被配置为把在创建所述一个或多个基于云的模组之前存储在所述多个本地存储驱动器上的数据移动到所述一个或多个基于云的模组；以及将在创建所述一个或多个基于云的模组之后写入的新数据存储在所述多个本地存储驱动器上。

[0074] 示例11包括示例8-10中任一项的存储系统，其中云配置模块还被配置为将针对基于云的模组中的一个的本地数据访问请求转换为针对云接口配置的云数据访问请求；以及经由云接口将云数据访问请求传送到所述一个或多个对应的云存储设备。

[0075] 示例12包括示例8-11中的任一项的存储系统，其中云配置模块还被配置为确定所述多个本地存储驱动器和所述一个或多个基于云的模组的已使用存储空间的总量；确定所述多个本地存储驱动器的存储空间总量与所确定的已使用存储空间总量之间的差；以及响应于确定所述差大于第二预定阈值，将数据从所述一个或多个基于云的模组移动到所述多个本地存储驱动器。

[0076] 示例13包括示例12的存储系统，其中，第一预定阈值不同于第二预定阈值。

[0077] 示例14包括示例12-13中的任一项的存储系统，其中，云配置模块还被配置为在将所有数据从所述一个或多个基于云的模组移动到所述多个本地存储驱动器之后移除所述一个或多个基于云的模组。

[0078] 示例15包括一种计算机程序产品，其包括具有存储在其中的计算机可读程序的计算机可读存储介质。所述计算机可读程序在由处理器执行时使所述处理器确定与存储控制器相关联的所有多个本地独立磁盘冗余阵列 (RAID) 阵列的未使用物理存储空间的总量；将未使用物理存储空间的总量与第一预定阈值进行比较；以及响应于确定未使用物理存储空间的总量小于第一预定阈值而创建一个或多个基于云的模组。为了创建所述一个或多个基于云的模组中的每个模组，所述计算机可读程序被配置为使所述处理器经由云接口在一个或多个对应的云存储设备上分配存储空间；将所分配的存储空间指派给相应的虚拟本地地址；以及将所指派的虚拟本地地址组织成与存储控制器相关联的相应虚拟本地RAID阵列。

[0079] 示例16包括示例15的计算机程序产品，其中，计算机可读程序还被配置为使处理器在所述一个或多个基于云的模组上存储在创建所述一个或多个基于云的模组之后写入



的新数据。

[0080] 示例17包括示例15-16中的任一项的计算机程序产品,其中,所述计算机可读程序还被配置为使所述处理器把在创建所述一个或多个基于云的模组之前存储在所述多个本地RAID阵列上的数据移动到所述一个或多个基于云的模组;以及将在创建所述一个或多个基于云的模组之后写入的新数据存储存储在所述多个本地RAID阵列上。

[0081] 示例18包括示例15-17中的任一项的计算机程序产品,其中,所述计算机可读程序还被配置为使所述处理器确定所述多个本地RAID阵列和所述一个或多个基于云的模组的已使用存储空间总量;确定所述多个本地RAID阵列的存储空间总量与所确定的已使用存储空间总量之间的差;以及响应于确定所述差大于第二预定阈值,将数据从所述一个或多个基于云的模组移动到所述多个本地RAID阵列。

[0082] 示例19包括示例18的计算机程序产品,其中,所述计算机可读程序还被配置为使所述处理器在将所有数据从所述一个或多个基于云的模组移动到所述多个本地RAID阵列之后移除所述一个或多个基于云的模组。

[0083] 示例20包括示例15-19中任一项的计算机程序产品,其中计算机可读程序还被配置成使处理器将对所述一个或多个虚拟本地RAID阵列的本地数据访问请求转换成根据云接口的应用编程接口(API)的要求的云数据访问请求。

[0084] 示例21包括一种计算设备。该计算设备包括:网络适配器,被配置为经由网络将所述计算设备通信地耦合到一个或多个云存储设备;存储介质,被配置为存储数据;以及处理器,其通信地耦合到网络适配器和存储介质。所述处理器被配置成确定所有多个本地模组的未使用物理存储空间总量;将未使用物理存储空间总量与第一阈值进行比较;以及响应于确定未使用物理存储空间总量小于第一阈值而创建一个或多个基于云的模组。为了创建所述一个或多个基于云的模组中的每个模组,所述处理器被配置成经由与一个或多个云存储设备相关联的应用编程接口(API)在所述一个或多个云存储设备上分配存储空间;以及生成映射表,所述映射表将所分配的存储空间映射到对应的虚拟本地地址,并且将所述虚拟本地地址分组以从所述一个或多个云存储设备上所分配的存储空间形成对应的虚拟本地模组,所述映射表存储在所述存储介质上。

[0085] 示例22包括示例21的计算设备,其中,处理器还被配置为把在创建所述一个或多个基于云的模组之前存储在所述多个本地模组上的数据移动到所述一个或多个基于云的模组;以及将在创建所述一个或多个基于云的模组之后写入的新数据存储存储在所述多个本地模组上。

[0086] 示例23包括示例21-22中的任一项的计算设备,其中,所述处理器还被配置为在创建所述一个或多个基于云的模组之后确定用于所述多个本地模组的未使用存储空间的后继总量;确定所述一个或多个基于云的模组上的已使用存储空间总量与未使用存储空间的所述后继总量之间的差;以及响应于确定所述差大于第二阈值,将数据从所述一个或多个基于云的模组移动到所述多个本地模组。

[0087] 示例24包括示例23的计算设备,其中,第一阈值不同于第二阈值。

[0088] 示例25包括示例23-24中的任一项的计算设备,其中,处理器还被配置为在将所有数据从所述一个或多个基于云的模组移动到所述多个本地模组之后移除所述一个或多个基于云的模组。



[0089] 尽管在此已经说明和描述了本发明的特定实施例,但是本领域普通技术人员将理解,被计算以实现相同目的的任何布置可以替代所示出的本发明的特定实施例。因此,显然本发明仅由权利要求及其等同物限定。

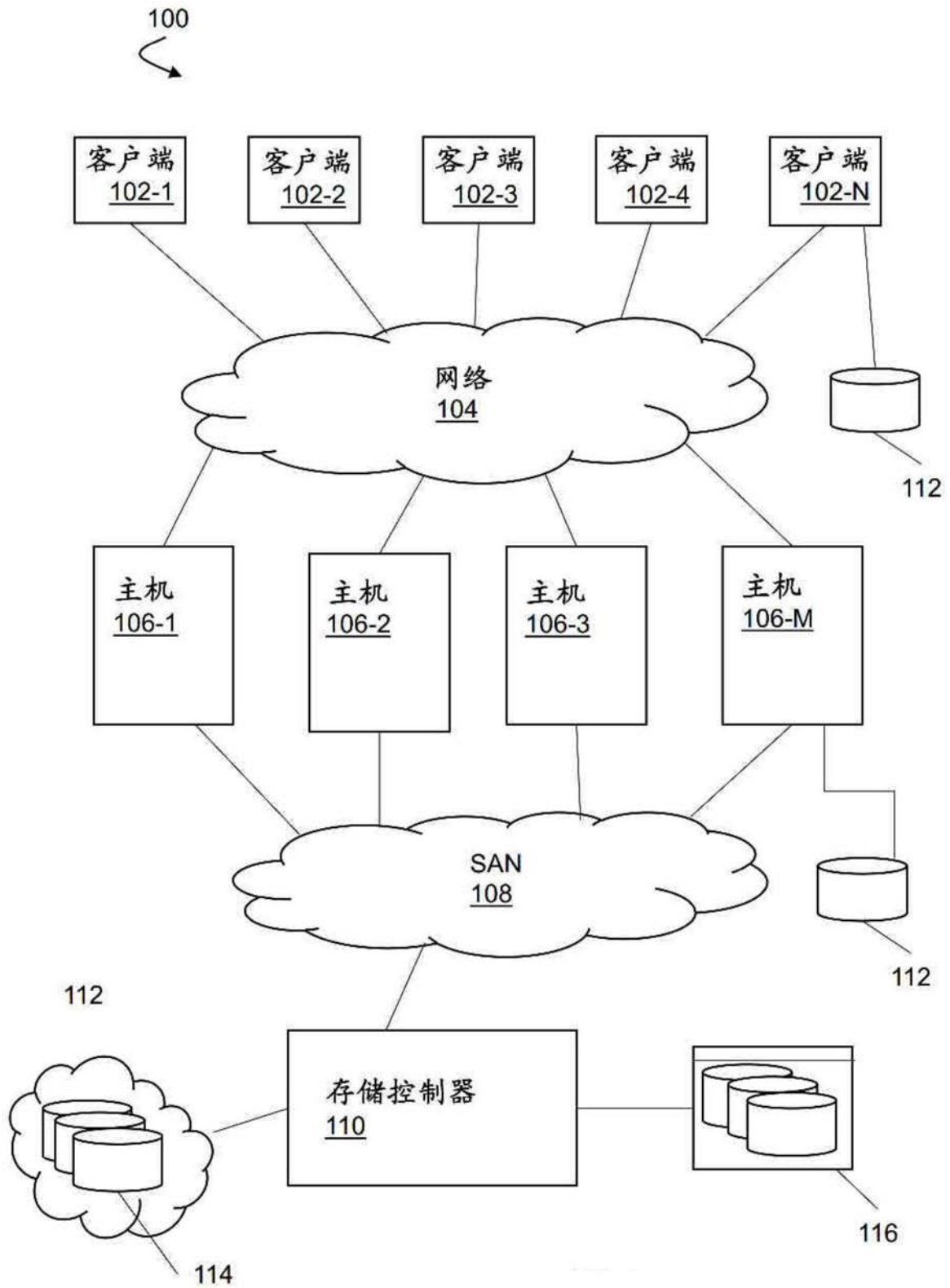


图1

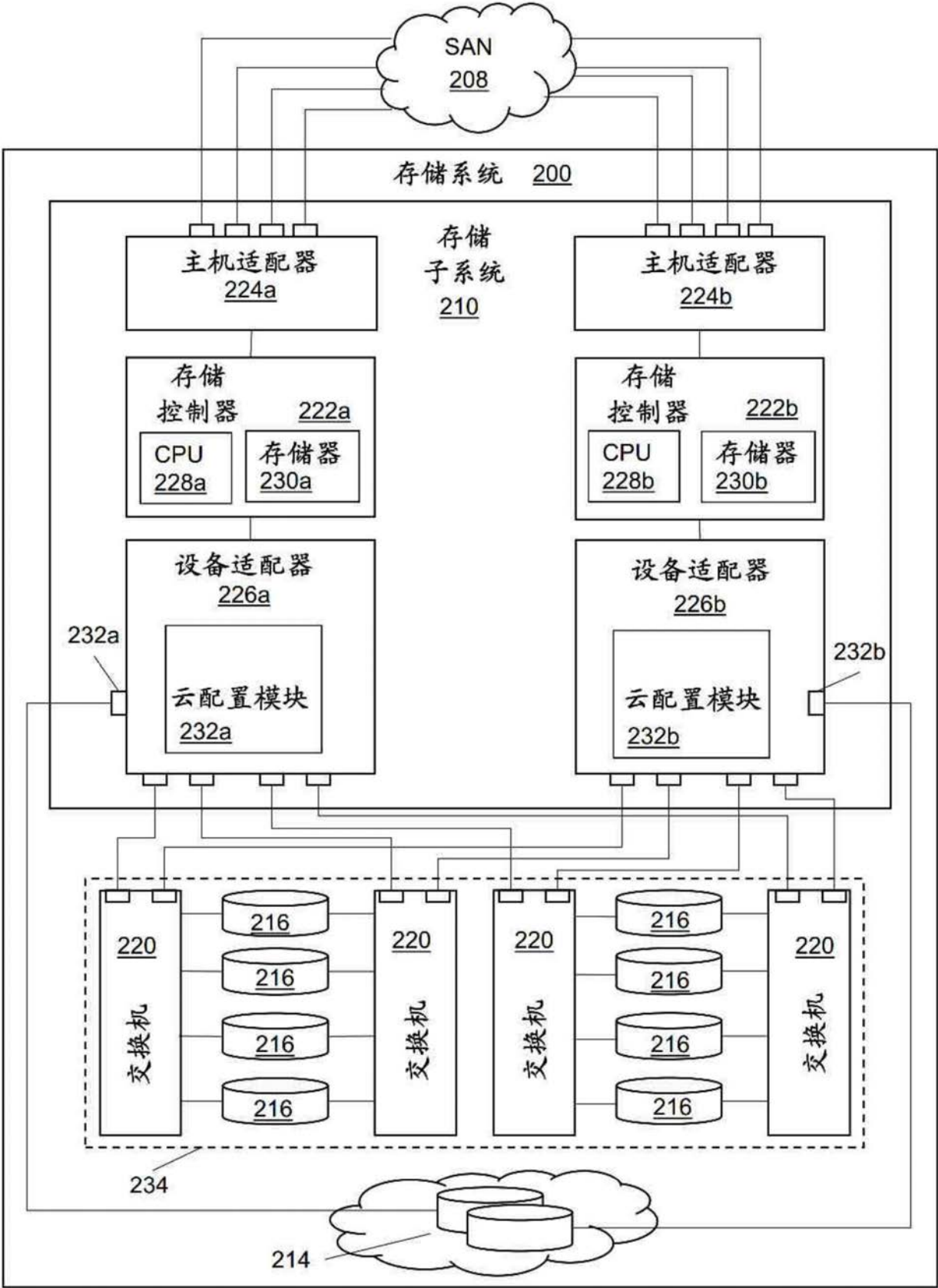


图2

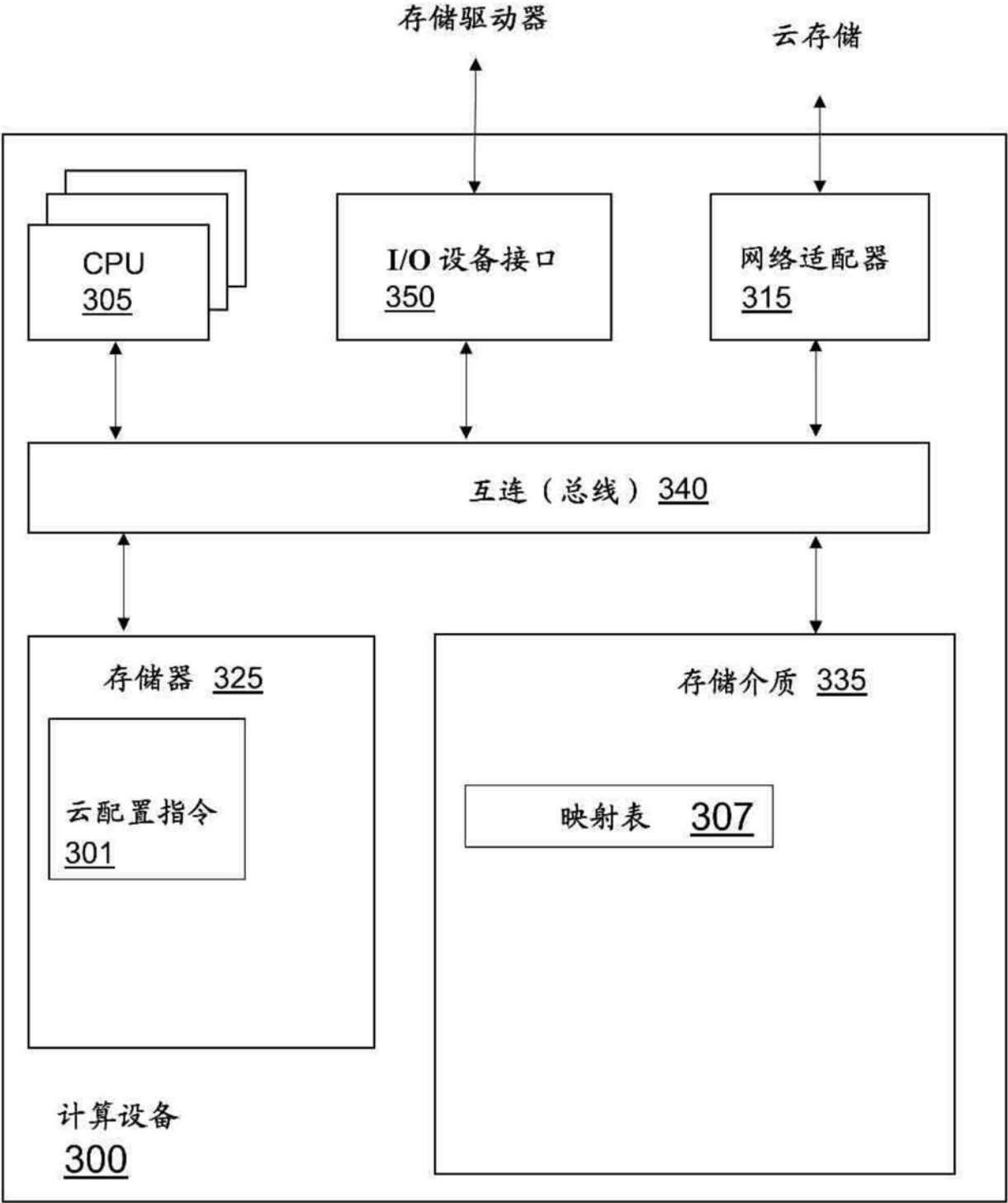


图3

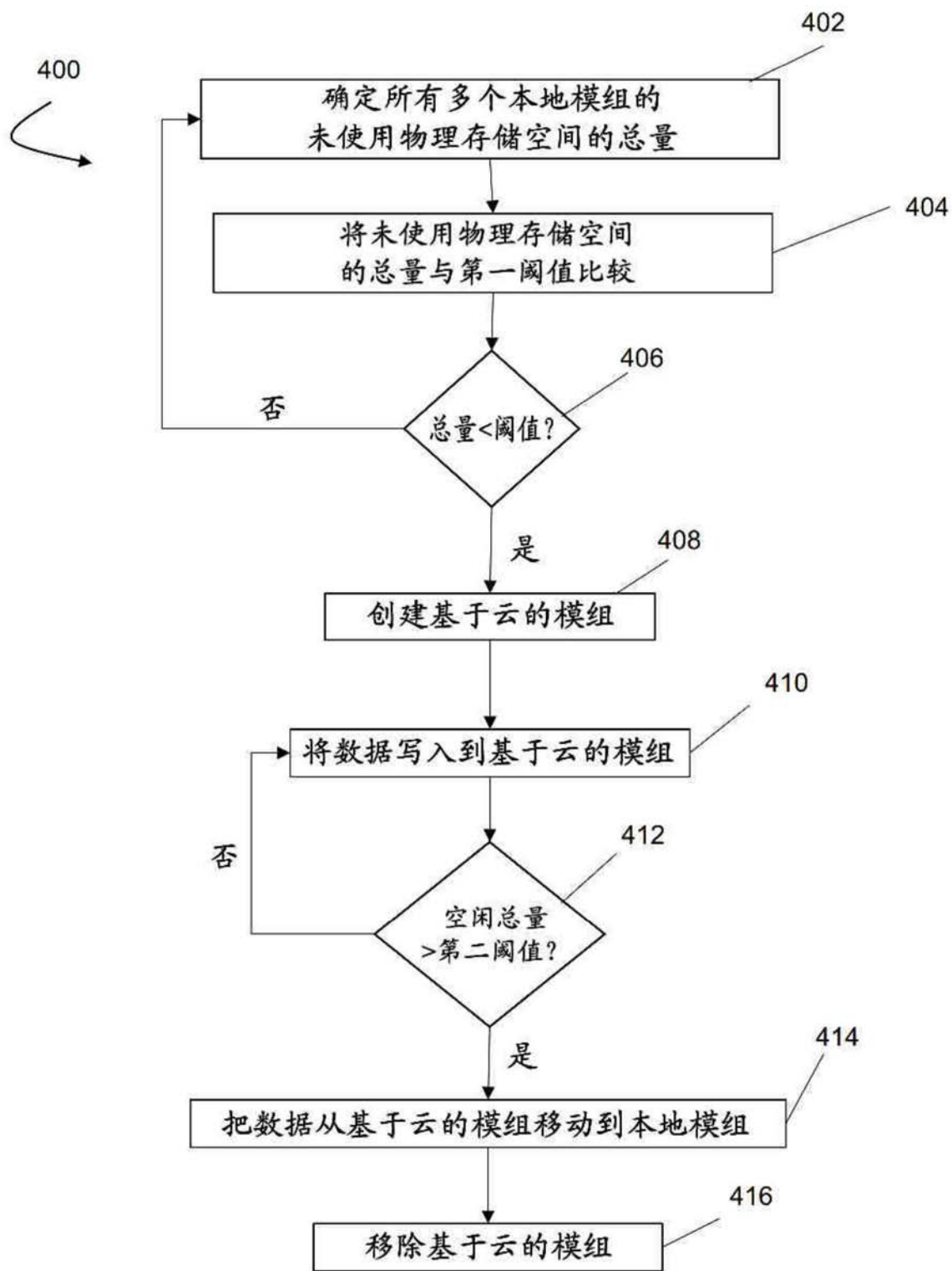


图4