



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110554973 A

(43)申请公布日 2019.12.10

(21)申请号 201910465802.2

(22)申请日 2019.05.31

(30)优先权数据

62/679,851 2018.06.03 US

16/147,673 2018.09.29 US

(71)申请人 苹果公司

地址 美国加利福尼亚

(72)发明人 L·D·德塞 B·C·特兰伯尔

(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 邹丹

(51)Int.Cl.

G06F 12/02(2006.01)

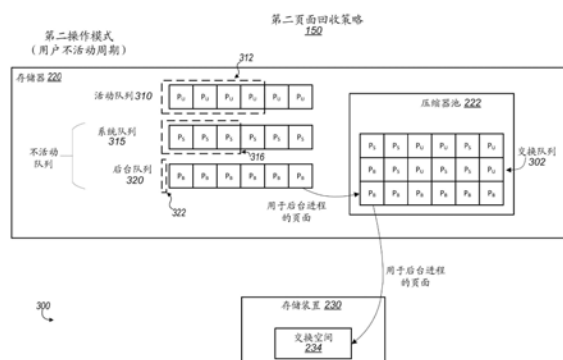
权利要求书3页 说明书13页 附图6页

## (54)发明名称

用户空闲模式下的存储页面回收

## (57)摘要

本发明题为“用户空闲模式下的存储页面回收”。本发明公开了涉及虚拟存储页面回收策略的技术。在一些实施方案中，计算设备的操作系统在第一操作模式期间实现针对对应于用户进程和非用户进程的页面的第一页面回收策略。然后，计算设备可以在检测到用户不活动的一些指示时进入第二操作模式。然后，操作系统可在第二操作模式期间实现针对对应于用户进程和非用户进程的页面的第二页面回收策略，其中相对于第一页面回收策略，所述第二页面回收策略优先逐出对应于非用户进程的页面。



1. 一种方法,包括:

由计算设备的操作系统在第一操作模式期间实现针对对应于用户进程和非用户进程的页面的第一页面回收策略;

由所述计算设备进入第二操作模式,其中基于所述计算设备的用户不活动的指示来进入所述第二操作模式;以及

由所述操作系统在所述第二操作模式期间实现针对对应于用户进程和非用户进程的页面的第二页面回收策略,其中相对于所述第一页面回收策略,所述第二页面回收策略优先逐出对应于非用户进程的页面。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述非用户进程包括后台进程,并且其中相对于所述第一页面回收策略,所述第二页面回收策略相比于对应于用户进程的页面逐出更高百分比的对应于后台进程的页面。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中所述第一页面回收策略指定对应于后台进程的页面的第一页面保留参数,并且其中所述第二页面回收策略指定对应于后台进程的所述页面的较低的第二页面保留参数。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中所述较低的第二页面保留参数指定在所述第二操作模式期间用于保留在存储器中的对应于后台进程的页面的数量。

5. 根据权利要求3所述的方法,其中,在所述第二页面回收策略的实现期间,所述较低的第二页面保留参数不要求用于所述非用户进程的任何页面保留在存储器中。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中所述实现所述第二页面回收策略包括:

由所述操作系统检测在所述第二操作模式期间第一非用户进程的发起;以及

由所述操作系统指定被分配给所述第一非用户进程的多个页面作为对应于后台进程的页面。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述第一非用户进程是系统进程。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第一页面回收策略指定在所述第一操作模式期间保留在存储器中的对应于用户进程的页面的第三页面保留参数,并且其中所述第二页面回收策略指定在所述第二操作模式期间保留在存储器中的对应于用户进程的页面的第四页面保留参数,其中所述第四页面保留参数大于所述第三页面保留参数。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第二页面回收策略的实现使得对应于用户进程的所述页面中的全部保留在存储器中直至转换回到所述第一操作模式。

10. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

由所述计算设备响应于指示相对于所述计算设备的用户活动的触发事件而返回到所述第一操作模式;以及

在重新进入所述第一操作模式时,重新实现所述第一页面回收策略。

11. 一种具有在其上存储的程序指令的非暂态计算机可读介质,所述程序指令可由计算设备执行以执行包括以下项的操作:

由所述计算设备的操作系统在第一操作模式期间实现针对对应于用户进程和非用户进程的页面的第一页面回收策略;

由所述计算设备进入第二操作模式,其中基于所述计算设备的用户不活动的指示来进入所述第二操作模式;以及

由所述操作系统在所述第二操作模式期间实现针对对应于用户进程和非用户进程的页面的第二页面回收策略,其中相对于所述第一页面回收策略,所述第二页面回收策略优先逐出对应于非用户进程的页面。

12.根据权利要求11所述的非暂态计算机可读介质,其中所述非用户进程包括后台进程,并且其中相对于所述第一页面回收策略,所述第二页面回收策略相比于对应于用户进程的页面逐出更高百分比的对应于后台进程的页面。

13.根据权利要求12所述的非暂态计算机可读介质,其中所述第一页面回收策略指定对应于后台进程的页面的第一页面保留参数,并且其中所述第二页面回收策略指定对应于后台进程的所述页面的较低的第二页面保留参数。

14.根据权利要求13所述的非暂态计算机可读介质,其中,在所述第二页面回收策略的实现期间,所述较低的第二页面保留参数不要求用于所述非用户进程的任何页面保留在存储器中。

15.根据权利要求11所述的非暂态计算机可读介质,其中所述实现所述第二页面回收策略包括:

由所述操作系统检测在所述第二操作模式期间第一非用户进程的发起;以及

由所述操作系统指定被分配给所述第一非用户进程的多个页面作为对应于后台进程的页面。

16.一种计算设备,包括:

至少一个处理器;和

非暂态计算机可读介质,所述非暂态计算机可读介质具有在其上存储的程序指令,所述程序指令可由所述至少一个处理器执行以执行包括以下项的操作:

由所述计算设备的操作系统在第一操作模式期间实现针对对应于用户进程和非用户进程的页面的第一页面回收策略;

由所述计算设备进入第二操作模式,其中基于所述计算设备的用户不活动的指示来进入所述第二操作模式;以及

由所述操作系统在所述第二操作模式期间实现针对对应于用户进程和非用户进程的页面的第二页面回收策略,其中相对于所述第一页面回收策略,所述第二页面回收策略优先逐出对应于非用户进程的页面。

17.根据权利要求16所述的计算设备,其中所述非用户进程包括后台进程,并且其中相对于所述第一页面回收策略,所述第二页面回收策略相比于对应于用户进程的页面逐出更高百分比的对应于后台进程的页面。

18.根据权利要求17所述的计算设备,其中所述第一页面回收策略指定对应于后台进程的页面的第一页面保留参数,并且其中所述第二页面回收策略指定对应于后台进程的所述页面的较低的第二页面保留参数。

19.根据权利要求16所述的计算设备,其中所述实现所述第二页面回收策略包括:

响应于页面错误,由所述操作系统将对应于非用户进程的一个或多个页面移动到压缩器池中的交换队列的前面。

20.根据权利要求19所述的计算设备,其中所述实现所述第二页面回收策略还包括:

由所述操作系统将对应于后台进程的所述一个或多个页面从存储设备上的交换空间

移动到所述交换队列的所述前面。

## 用户空闲模式下的存储页面回收

### 技术领域

[0001] 本公开整体涉及计算机存储器领域,以及更具体地,涉及当计算设备在用户不活动的状态下操作时的虚拟存储页面回收。

### 背景技术

[0002] 相关技术描述

[0003] 现代计算设备通常实现虚拟存储器系统,其中诸如随机存取存储器(RAM)的主存储装置(即,主存储器)用作诸如硬盘驱动器、光盘驱动器等的辅助存储装置的高速缓存。为了处理访问特定存储器位置的请求,存储器管理单元(MMU)可以接收特定存储器位置的虚拟存储器地址,并将虚拟地址转换为存储器中的对应物理地址。MMU然后可参考物理地址以检索所需的数据。

[0004] 虚拟地址到物理地址的映射通常存储在称为页表的数据结构中。当操作系统将一组数据(称为页面)从辅助存储装置加载到主存储装置中时,可插入映射。在一些情况下,当MMU无法确定针对给定虚拟地址的物理地址时,可能会发生页面错误,例如,因为页表不包含该地址的映射,映射不再有效等等。中央处理器单元(CPU)可以通过调用操作系统从辅助存储装置检索所请求的数据来处理页面错误。然而,处理页面错误可花费大量时间,例如,从辅助存储装置检索数据,将其写入主存储装置,将相应的映射插入页面表等。此外,在主存储装置中的所有页面都在使用的情况下,操作系统可能需要选择一个或多个现有页面以“逐出”或替换,然后才能将来自辅助存储装置的数据写入主存储装置。在各种情况下,可能希望以最小化由于页面错误导致的用户应用程序的延迟的方式从主存储装置中逐出页面。

### 发明内容

[0005] 公开了涉及虚拟存储页面回收策略的技术。在一些实施方案中,计算设备的操作系统在第一操作模式期间实现针对对应于用户进程和非用户进程的页面的第一页面回收策略。一些非用户进程可包括代表用户执行的后台进程(例如,维护任务),而其他进程是系统进程。然后,计算设备可基于用户不活动的指示进入第二操作模式。然后,操作系统可在第二操作模式期间实现针对对应于用户进程和非用户进程的页面的第二页面回收策略。在各种实施方案中,相对于第一页面回收策略,第二页面回收策略优先逐出对应于非用户进程的页面。例如,在一些实施方案中,与对应于用户进程的页面相比,第二页回收策略逐出更高百分比的对应于后台进程的页面。因此,实现第二页面回收策略允许系统在用户不活动周期开始时优先用户正在运行的进程,例如通过节流计划在夜间、在空闲时间期间运行的进程等。该策略旨在最小化扰乱机器的先前用户可见状态,以便当用户返回到机器时尽管与这些非用户进程共享相同的计算资源(例如,存储器和虚拟存储器),但是他们先前工作的性能尽可能最佳,即使这些非用户进程已经运行了许多小时。

## 附图说明

[0006] 图1A-图1B是根据一些实施方案的分别示出第一页面回收策略和第二页面回收策略的框图。

[0007] 图2是根据一些实施方案的示出一种示例性计算设备的框图。

[0008] 图3是根据一些实施方案的示出当计算设备在对应于用户不活动的周期的第二操作模式下操作时页面回收策略的示例性具体实施的框图。

[0009] 图4和图5是根据一些实施方案的示出用于实现虚拟存储页面回收策略的示例性方法的流程图。

[0010] 图6是根据一些实施方案的示出一种示例性计算设备的框图。

[0011] 本公开包括对“一个实施方案”，“特定实施方案”，“一些实施方案”，“各种实施方案”，“实施方案”等的引用，这些短语或类似短语的出现不必指相同的实施方案。特定特征、结构或特性可以与本公开一致的任何合适的方式被组合。

[0012] 尽管上文描述了具体实施方案，但这些实施方案并非要限制本公开的范围，即使仅相对于特定特征描述单个实施方案的情况下也是如此。本公开中提供的特征示例意在进行例示，而非限制，除非做出不同表述。本文的说明书意在涵盖此类替代形式、修改形式和等价形式，这对知晓本公开有效效果的本领域技术人员将是显而易见的。

[0013] 尽管本文所公开的实施方案易受各种修改形式和替代形式的影响，但本发明的特定实施方案在附图中以举例的方式示出并在本文中详细描述。然而，应该理解，附图和对其的详细描述并非旨在将权利要求的范围限制于所公开的特定形式。相反，本申请旨在覆盖落入由所附权利要求限定的本申请的公开内容的精神和范围内的所有修改、等同物和另选方案。本文所使用的标题仅用于组织目的，并不旨在用于限制说明书的范围。

[0014] 应理解，本公开不限于特定的设备或方法，其当然可以变化。另外应当了解，本文使用的术语只是为了描述特定实施方案的目的，并非旨在进行限制。如本文所用，单数形式“一”，“一个”和“该”包括单数和复数指示物，除非上下文另有明确说明。此外，贯穿本申请，术语“可以”用于允许的意义上（即，具有潜在可能的，能够的），而不是在强制意义上（即必须）。术语“包括”及其派生词意指“包括但不限于”。术语“耦接”意味着直接或间接连接。

[0015] 在本公开内，不同实体（其可被不同地称为“单元”、“电路”、其他部件等）可被描述或声称成“被配置为”执行一个或多个任务或操作。此表达方式—被配置为[执行一个或多个任务]的[实体]—在本文中用于指代结构（即，物理的事物，诸如电子电路）。更具体地，此表达方式用于指示此结构被布置成在操作期间执行一个或多个任务。结构可被说成“被配置为”执行某个任务，即使该结构当前并非正被操作。“被配置为将虚拟存储器地址转换为相应的物理地址的存储器管理单元”旨在涵盖例如具有在操作期间执行该功能的电路系统的集成电路，即使所涉及的集成电路当前并非正被使用（例如电源未连接到它）。因此，被描述或表述成“被配置为”执行某个任务的实体是指用于实施该任务的物理的事物，诸如设备、电路、存储有可执行程序指令的存储器等等。该短语在本文中不被用于指代无形的事物。术语“被配置为”并不旨在意指“可配置为”。例如，未经编程的FPGA不会被认为是“被配置为”执行某个特定功能，虽然在编程之后其可能“可配置为”执行该功能。

## 具体实施方式

[0016] 在操作期间,计算设备可同时执行各种类型的进程,包括用户进程和非用户进程。此外,现代计算设备通常实现虚拟存储器系统,其中主存储器用作高速缓存以存储来自辅助存储装置的数据(例如,用于用户进程和非用户进程的数据)。因此,在执行各种进程时,计算设备将用于这些进程的数据的页面存储在主存储器中。一旦主存储器中的所有可用页面都在使用中,操作系统通常需要选择用于从主存储器中逐出的页面以为新请求的数据腾出空间。操作系统可实现各种页面回收策略用于确定从主存储器中逐出哪些页面。如本文所用,术语“页面回收策略”指的是确定从主存储器中选择页面以便逐出的方式的具体实施。在一些实施方案中,例如,可基于一组规则和参数来实现页面回收策略,所述规则和参数指定选择页面以用于逐出的方式。例如,操作系统可实现最近最少使用(LRU)页面回收策略,其中从存储器中逐出最近最少使用的页面以为新数据提供空间。该页面回收策略和其他页面回收策略存在各种缺点。

[0017] 例如,常规的页面回收策略可以从存储器中逐出与用户应用程序相关联的那些页面,从而导致后续的页面错误,并因此在用户试图使用那些用户应用程序时引起延迟。例如,考虑这样的实例,其中在使用各种用户应用程序之后,用户停止使用计算设备一段延长的时间(例如,几个小时),其中一个或多个用户应用程序(以及相应的用户进程)仍然是活动的。在用户不活动的一些指示(例如,时间阈值或者用户发出的明确锁定命令)之后,计算设备可以转换到指示用户不活动的不同操作模式。在用户空闲时间的这些周期期间,计算设备可有利地执行其他类型的进程,这里称为“非用户进程”。(然而,注意,在用户空闲时间的这些部分期间,计算设备的一个或多个处理器可以处于其全功率状态。)这些非用户进程可以包括后台(或维护)进程以及由操作系统或代表操作系统发起的进程。后台进程的示例包括云同步任务、搜索索引、照片处理、备份以及由应用程序注册的任何定制请求用于在空闲时间运行或者在稍后安排。系统进程的示例包括推送通知处理、DHCP租约续订以及通常始终运行的许多其他系统守护进程。然而,在用户空闲时间期间执行这些非用户进程时,常规的页面回收策略可以从主存储器中逐出与用户进程相对应的页面。在一些情况下,这种常规的页面回收策略可以从主存储器中逐出与用户进程相对应的全部或大量页面。当用户随后在计算设备处于与用户不活动对应的操作模式之后尝试使用与那些用户进程相对应的用户应用程序时,这继而将导致页面错误以及服务那些页面错误的相关延迟。然而,下面讨论的范例可以允许在用户不活动的周期结束时更快地恢复用户处理,这可以基于诸如经由计算系统的I/O设备接收的用户输入的触发事件来检测。

[0018] 现在参照图1A-图1B,根据本公开的一个实施方案,分别描绘了由计算设备实现的第一页面回收策略100和第二页面回收策略150的框图。图1A-图1B描绘了用户进程页面110(即,与用户进程相关联的主存储器中的页面)和非用户进程页面120(与非用户进程相关联的主存储器中的页面)。如本文所用,术语“用户进程”指的是由用户发起并且当计算设备从对应于用户活动周期的第一操作模式转换到对应于用户不活动周期的第二操作模式时处于活动状态的进程。因此,用户进程可以对应于由用户发起的各种用户应用程序中的一者或多者,诸如电子邮件客户端、网页浏览器、日历应用程序等。注意,在各种实施方案中,执行用户应用程序可能导致计算设备执行多个用户进程。即,在一些实施方案中,给定用户应用程序可具有与用户应用程序相关联的多个用户进程。在一些情况下,用户进程可以被认

为是“前台”进程，而不是计划在停机期间运行的进程。

[0019] 如本文所用，“用户进程”与“非用户进程”不同，“非用户进程”如本文所使用的，广泛地指代不是用户进程的任何进程。在各种实施方案中，术语“非用户进程”可以包含多个不同类型或类别的进程，例如系统进程和后台进程。如本文所用，“系统进程”是指由计算设备的操作系统发起并且“属于”其的进程。在一些实施方案中，例如，系统进程可包括维护网络连接状态，调度进程用于执行等。如上所述并且如本领域中已知的“后台进程”指的是由用户安排在后台运行的进程。如上所述，后台进程的示例是计划在夜间运行的云备份作业。

[0020] 在所示实施方案中，第一页面回收策略100和第二页面回收策略150是指定在计算设备分别在第一操作模式和第二操作模式下操作时执行虚拟存储页面逐出的方式的策略。也就是说，如图1A所示，在计算设备处于第一操作模式时实现第一页面回收策略100。

[0021] 图1A-图1B还描绘了分别与用户进程页面110和非用户进程页面120相关联的页面保留参数115和125。在各种实施方案中，当为进程分配页面时，基于它们分配给的进程类型（例如，用户进程、后台进程、系统进程等）对这些页面进行分类和标记（例如，在页表中）。在各种实施方案中，页面保留参数115和125指的是特定类别的页面（例如，用户进程页面、后台进程页面、系统进程页面等）内的页面的目标量（例如，数量、百分比等）用于在特定操作模式期间保留在主存储器中。例如，在图1A的简化实施方案中，第一页面回收策略100指定用户进程页面110的页面保留参数115是四，这意味着当页面从主存储器中逐出时，第一操作模式期间，操作系统将在主存储器中保留至少四个用户进程页面110。类似地，在图1A中，第一页面回收策略100指定非用户进程页面120的页面保留参数125是二，这意味着当页面从主存储器中逐出时，在第一操作模式期间，操作系统将在主存储器中保留至少两个非用户进程页面120。注意，提供这些简化示例仅仅是为了便于讨论本公开。进一步注意，尽管在所描绘的实施方案中页面保留参数115大于页面保留参数125，但是该实施方案仅作为一个示例提供。在其他实施方案中，第一页面回收策略100可以根据需要将页面保留参数125指定为等于或大于页面保留参数115。

[0022] 在本公开的各种实施方案中，当计算设备在第一操作模式下操作时而不是当计算设备在对应于用户不活动周期的第二操作模式下操作时，计算设备可以实现不同的页面回收策略。例如，如图1B所示，当计算设备在第二操作模式下操作时，所描绘的实施方案实现第二页面回收策略150。在各种实施方案中，相对于第一页面回收策略100，第二页面回收策略150相比于对应于用户进程的页面优先逐出对应于非用户进程的页面。例如，与第一页面回收策略100一样，第二页面回收策略150也指定页面保留参数115和125。然而，在第二页面回收策略150中，非用户进程页面120的页面保留参数125已减少到0。因此，当在计算设备处于第二操作模式时从主存储器中逐出页面时，在所示实施方案中，第二页面回收策略150不保证保留任何非用户进程页面120。

[0023] 如下面将更详细讨论的，在各种实施方案中，第一页面回收策略100和第二页面回收策略150可以进一步区分非用户进程页面120的类型。例如，在一些实施方案中，页面保留参数125可以指定要保留在主存储器中的与后台进程对应的页面的量，代替与其他类型的非用户进程诸如系统进程对应的页面的量或除此以外。在一些此类实施方案中，实现第二页面回收策略150使得操作系统逐出比用户进程页面110更高百分比的对应于后台进程的页面。需注意，尽管在图1B中页面保留参数125已经减小到0，但是该实施方案仅作为示例提



供。在其他实施方案中,页面保留参数125可以减小到大于0但仍低于其在第一页面回收策略100中的值的值。

[0024] 本公开解决了计算机存储器领域中的技术问题,并且更具体地,涉及虚拟存储页面回收领域中的技术问题。例如,如上所述,当计算设备在对应于用户不活动周期的第二操作模式下操作时,常规页面回收策略可能逐出主存储器中与在计算设备进入用户不活动周期之前使用的用户进程对应的所有页面或者大量页面。当用户随后尝试使用计算设备时,在这种情况下,主存储器将不再存储用于那些用户进程的页面,从而导致操作系统服务这些页面错误时的延迟。

[0025] 然而,在本公开的各种实施方案中,计算设备实现第二页面回收策略(例如,策略150),同时计算设备处于对应于用户不活动周期的第二操作模式,其中第二页面回收策略优先逐出对应于非用户进程(例如,后台进程)的页面而不是对应于用户进程的页面。在各种实施方案中,这样的第二页面回收策略确保当计算设备返回到第一操作模式时,对应于用户进程的页面保持存储在主存储器中,从而减少用户应用程序的页面错误及其伴随的延迟。因此,在至少一些实施方案中,所公开的系统和方法通过当计算设备在对应于用户不活动周期的第二功率模式中操作时,优先逐出对应于非用户进程的页面,从而减少用户体验的延迟并改善整个计算设备的功能。

[0026] 现在转向图2,示出了示出图示计算设备200的各方面的框图。在例示的实施方案中,计算设备200包括软件元件202和硬件元件204。在各种实施方案中,计算设备200对应于可以在其上实现所公开的页面回收策略(例如,策略100和150)的设备。

[0027] 软件元件202包括多个进程206A-206N和操作系统210。在各种实施方案中,操作系统210可执行以管理计算设备200的操作。例如,操作系统210包括进程调度器216,其可执行以调度将由CPU 240执行的各种进程(例如,进程206A-206N)。进程206A-206N可以是任何合适类型的进程中的一者或多者,诸如用户进程、后台进程、系统进程等。注意,在一些情况下,根据需要,可以同时执行不同类型的进程(例如,用户进程和后台进程)。操作系统210还包括存储器管理器212,在各种实施方案中,存储器管理器212可执行以基于计算设备200正在其中操作的操作模式来实现各种页面回收策略214,如下所述。

[0028] 在例示的实施方案中,硬件元件204包括存储器220、存储装置230、CPU 240、存储器管理单元(MMU) 250和系统管理控制器260。在各种实施方案中,CPU 240被配置为执行指令以实现软件元件202的各个方面。例如,在一些实施方案中,CPU 240被配置为执行操作系统210的指令以促进虚拟存储器的实现。在各种实施方案中,操作系统210在存储器220中维护一个或多个页表228,其包括虚拟地址到存储器220中的对应物理地址的转换。在各种实施方案中,MMU 250被配置为接收存储器请求并将这些请求中指定的虚拟地址转换为可用于从存储器220(例如,从一个或多个页面226A-226N)检索数据的相应物理地址。在各种实施方案中,MMU 250可以包括表行走单元,其被配置为从存储器220中的一个或多个页表228检索转换以用于MMU 250中的本地化存储。

[0029] 在所示实施方案中,存储器220被示出为具有存储在其上的多个页面226A-226N(统称为“页面226”)。当MMU 250能够从虚拟存储器地址确定有效物理地址时,可以从存储在存储器220中的一个或多个页面226中检索所请求的数据,而不必从存储装置230检索数据。然而,在页面错误的情况下,CPU 240(或MMU 250,在各种实施方案中)可以调用操作系

统210来服务页面错误,例如,通过从存储装置230检索一页或多页数据(例如,从应用程序数据232)。一旦操作系统210从存储装置230检索所请求的页面,它就必须确定存储器220中存储所请求的页面的位置。在存储器220中的所有页面都在使用的情况下,在各种实施方案中,操作系统210必须选择一个或多个现有页面用于在将来自存储装置230的所请求数据写入存储器220之前逐出(例如,基于一个或多个页面回收策略)。在从存储装置230检索到所请求的数据之后,操作系统210可以相应地更新页表228以包括新添加的页面的转换,并且可以移除被逐出的任何页面的转换。

[0030] 存储器220还包括队列224,在各种实施方案中,队列224基于其各自进程所属的类别指定存储在存储器220中的页面226。例如,如上所述,当为进程分配页面226时,基于进程的性质对其进行分类。例如,如果该进程是用户进程(例如,对应于电子邮件客户端的进程),则为该进程分配的页面226被分类和指定(例如,在一个或多个页表228的字段内)作为用户进程的页面。类似地,如果该进程是后台进程(例如,将文件备份到远程存储设备)或系统进程(例如,维护网络连接),则为该进程分配的页面226被分类并指定为用于非用户进程(例如,分别为后台进程或系统进程)的页面。

[0031] 在各种实施方案中,操作系统210维护各种队列224,其指定存储器220中属于各种类别中的每者的页面226。例如,在各种实施方案中,队列224包括用于与用户进程相关联的页面的“活动队列”和用于与非用户进程相关联的页面的“非活动队列”。在各种实施方案中,对于不同类型的非用户过程,非活动队列可进一步分化成多个队列。例如,在一些实施方案中,非活动队列包括用于与后台进程相关联的页面的“后台队列”,用于与系统进程相关联的页面的“系统队列”等。在一些实施方案中,队列224可以被实现为由操作系统210维护的链接表。然而,注意,该实施方案仅作为示例提供,并且在其他实施方案中,可以根据需要使用任何合适的数据结构来实现队列224。

[0032] 在各种实施方案中,计算设备200被配置为基于设备200在其中操作的操作模式来实现各种页面回收策略(例如,策略100和150)。例如,硬件元件204包括系统管理控制器260,在各种实施方案中,系统管理控制器260被配置为控制计算设备200的功率管理的各个方面,诸如计算设备200在给定时间操作的操作模式。例如,在接收到用户不活动的一些指示(例如,超时阈值或显式锁定命令)之后,系统管理控制器260可以将计算设备200转换到与该用户不活动相对应的第二操作模式,如上所述。在各种实施方案中,存储器管理器212可以接收(例如,来自系统管理控制器260)计算设备200当前正在操作的操作模式的指示。此类指示可以例如在给定间隔之后周期性地,随着计算设备200在操作模式之间转换等接收或确定。基于计算设备200的操作模式,存储器管理器212可以实现一个或多个页面回收策略214,其可以包括上面讨论的策略100和150。

[0033] 例如,当计算设备200在第一操作模式下操作时,存储器管理器212可以实现第一页面回收策略100,如上所述,其包括各种页面保留参数。例如,上面讨论的页面回收策略100包括分别对应于用户进程页面110和非用户进程页面120的页面保留参数115和125。如上所述,页面保留参数115指定与用户进程相对应的页面的数量(例如,如活动队列所指示的)以保留在存储器220中,并且页面保留参数125指定与非用户进程相对应的页面的数量(例如,由非活动队列所指示的)以保留在存储器220中。在第一页面回收策略100中,在各种实施方案中,参数115和125指定当计算设备200在第一操作模式下操作时要保留在存储器

中的相应页面的数量。

[0034] 当计算设备200在对应于用户活动周期的第一操作模式下操作时,操作系统210可以基于第一页面回收策略100执行分页操作,使得当页面226被移动到存储器220并从存储器220中逐出时,用于用户进程和非用户进程的足够数量的页面被保留在存储器中以满足由参数115和125指定的量。在各种实施方案中,响应于各种事件(例如,用户不活动、用户命令、根据时间表等),计算设备200可以从第一操作模式被置于与用户空闲时间对应的第二操作模式。当计算设备200在第二操作模式下操作时,在本公开的各种实施方案中,操作系统210基于第二页面回收策略150执行分页。如上所述,第二页面回收策略150相对于策略100优先逐出对应于非用户进程的页面。在策略150中,在一些实施方案中,可以调整一个或多个页面保留参数以实现这种优先级排序。例如,在策略150中,页面保留参数125可以减少(例如,减小某个百分比、到某个值等),使得它不要求将非用户进程的任何页面保存在存储器220中。另外,在一些实施方案中,更具体地,页面保留参数125可以对应于存储器220中的后台页面的保留。在此类实施方案中,在策略150中,可以减少页面保留参数125,使得当计算设备200在第二操作模式下操作时,不保证任何数量的后台页面保留在存储器220中。因此,当操作系统210基于策略150从存储器220逐出页面226时,它将开始对非用户进程的页面226(例如,后台队列中的页面)这样做。

[0035] 如上所述,当计算设备200在第二操作模式下操作时,可以执行各种进程。例如,在用户空闲时间的这些周期期间,计算设备200可以有利地执行非用户进程,诸如后台进程和系统进程。在各种实施方案中,页面回收策略150可以指定在计算设备200在第二操作模式下操作时发起的每个进程将被指定(例如,使用参考位)作为“空闲进程”,因为这些进程在用户空闲时间周期被发起。此外,在各种实施方案中,策略150可以进一步指定为空闲进程分配的每个页面将被指定为对应于后台进程的页面,并且因此被包括在后台队列中。需注意,在各种实施方案中,即使对应的空闲进程不是后台进程,也可以将为空闲进程分配的页面指定为对应于后台进程的页面。例如,在一些实施方案中,可在计算设备200在操作模式下操作时发起系统进程。在此类实施方案中,该系统进程可以被指定为空闲进程,并且为其分配的页面可以被指定为后台进程的页面。

[0036] 因此,在各种实施方案中,当计算设备200在第二操作模式下操作并且执行空闲进程时,将用于那些空闲进程的页面指定为用于后台进程的页面。另外,在各种实施方案中,在策略150中,调整页面保留参数125,使得当计算设备200在第二操作模式下操作时,不保证有后台页面保留在存储器220中。因此,当执行空闲进程时,策略150响应于页面错误而优先逐出后台队列中的页面。例如,如参考图3更详细讨论的,响应于页面错误,操作系统210可以从后台队列中选择一个或多个页面以逐出到压缩器池222。在一些实施方案中,可以将一个或多个被逐出的后台页面移动到压缩器池222内的交换队列的前面。此外,当压缩器池222变满时,操作系统210可以将一个或多个后台页面从交换队列的前面移动到存储装置230上的交换空间234。注意,在各种实施方案中,存储装置230和交换空间234可以使用任何合适的存储设备来实现。在一个实施方案中,例如,存储装置230是硬盘驱动器,并且交换空间234对应于该硬盘驱动器上的分区。在另一个实施方案中,例如,存储装置230是混合存储设备,其包括固态驱动器(例如,NAND闪存)和硬盘驱动器。在此类实施方案中,交换空间234可被实现为存储装置230上的固态驱动器的一部分。

[0037] 需注意,当在第一操作模式下操作时,在各种实施方案中,非活动队列可以包含用于后台进程和系统进程的页面,例如在相应的后台和系统队列内。在操作系统210转换到第二页面回收策略150(即,在第二操作模式期间)之后,将用于空闲进程的页面指定为后台页面。然而,在各种实施方案中,在计算设备200进入第二操作模式时处于非活动队列中的系统进程的页面可以保持被指定为用于系统进程的页面(例如,在系统队列中)。因此,在此类实施方案中,在从第一操作模式到第二操作模式的转换期间正在进行的那些系统进程可能不被指定为空闲进程,因此,用于这些系统进程的页面将不被指定为后台进程。换句话说,在一些实施方案中,与当计算设备200从第一操作模式转换到第二操作模式时正在执行的系统进程对应的页面将不被指定为在策略150下优先逐出的后台页面。

[0038] 还应当注意,尽管本文仅具体列出了三类进程(“用户进程”,“后台进程”和“系统进程”),但这些实施方案仅作为示例提供,并不旨在限制本公开的范围。在其他实施方案中,在不脱离本公开的范围的情况下,可以实现附加的或更少类别的进程。然而,在各种实施方案中,所使用的类别可用于区分用户进程(和用户进程的页面)和非用户进程(并且因此用于非用户进程的页面),使得在第二操作模式期间,操作系统210可以实现页面回收策略,该策略优先考虑与非用户进程相对应的页面的逐出而不是与用户进程相对应的页面。

[0039] 现在参考图3,框图300描绘了当计算设备200以第二操作模式操作时页面回收策略150的示例性具体实施。在例示的实施方案中,存储器220包括三个队列:活动队列310、系统队列315和后台队列320。在各种实施方案中,队列310,315和320是由操作系统210维护的列表,其指定存储在存储器220中的页面,该页面基于它们被分配给的进程而分类。

[0040] 如图3所示,队列310,315和320中的每者包括多个页面。例如,活动队列310包括与用户进程(“P<sub>U</sub>”)对应的多个页面,系统队列315包括与系统进程(“P<sub>S</sub>”)对应的多个页面,后台队列320包括与后台进程对应的多个页面(“P<sub>B</sub>”)。需注意,尽管在图3中示出了队列310,315和320中的每者具有相同的尺寸,但是该实施方案仅作为示例提供,并且不旨在限制本公开的范围。在其他实施方案中,可以根据需要以任何合适的方式分配队列310,315和320(或图3中未示出的其他队列)的相对大小。进一步注意,如图3所示,队列310,315和320中的每者都是满的。因此,响应于页面错误,在所描绘的实施方案中,操作系统210必须选择一个或多个页面以从存储器220中逐出。

[0041] 在图3的实施方案中,队列310,315和320中的每者具有由第二页面回收策略150指定的相应页面保留参数。例如,活动队列310具有页面保留参数312,系统队列315具有页面保留参数316,后台队列320具有页面保留参数322。在例示的实施方案中,页面保留参数322相对于第一页面回收策略100已减少到零。当操作系统210基于第二页面回收策略150开始逐出页面时,在各种实施方案中,它可以从后台队列320中的页面开始。例如,在所示实施方案中,操作系统210可以将对应于后台进程的一个或多个(例如,1,8,64等)页面移动到压缩器池222的交换队列302的前面。在各种实施方案中,交换队列302是存储在存储器220中的压缩页面的队列(例如,列表),其中压缩页面被移动到交换空间234的顺序基于它们在交换队列302中的相应位置。此外,在各种实施方案中,当压缩器池222变满时,页面可以从交换队列302的前面移动到交换空间234(例如,在闪存设备、硬盘驱动器等上)。例如,在图3中,用于后台进程的页面从交换队列302的前面移动到交换空间234。

[0042] 在各种实施方案中,已经被逐出到交换空间234的页面可以稍后被检索并移动到

例如压缩器池222。在一些此类实施方案中,从交换空间234恢复的一个或多个页面可以被移回到交换队列302的前面,使得在需要从压缩器池222中逐出附加页面的情况下,可以首先将被恢复的页面逐出。

[0043] 需注意,在各种实施方案中,只有在后台队列320中的所有页面都已从存储器220中逐出之后,操作系统210才开始从系统队列315或活动队列310中逐出页面。此外,如在下面参考图4更详细地讨论的,在一些实施方案中,可以增加页面回收策略150中的页面保留参数312,以确保当计算设备200转换到第二操作模式时存储在存储器220中的对应于用户进程的所有页面保留在存储器220中直至计算设备200返回到第一操作模式。

[0044] 示例性方法

[0045] 现在转到图4,示出了用于基于计算设备的操作模式实现各种页面回收策略的示例方法400的流程图。在各种实施方案中,方法400可以由图2的计算设备200执行,其可以包括(或者可以访问)具有存储在其上的程序指令的非暂时性计算机可读介质,所述程序指令可由计算设备200执行以引起参考图4所述的操作。图4包括要素402-406。然而,为了便于理解,这些要素以特定顺序示出,也可使用其他顺序。在各种实施方案中,方法要素中的一些可按与所示次序不同的次序并发执行,或者可被省去。也可根据需要执行附加的方法要素。

[0046] 在402处,在例示的实施方案中,计算设备的操作系统在第一操作模式期间实现针对对应于用户进程和非用户进程的页面的第一页面回收策略。例如,在一些实施方案中,计算设备200的操作系统210可以在计算设备200处于第一操作模式时(例如,当尚未达到用户不活动阈值时,例如当用户与计算设备200交互时)实现第一页面回收策略100。如上所述,非用户进程可以包括各种类型的进程,例如后台进程、系统进程等。

[0047] 在404处,在所示的实施方案中,计算设备基于计算设备的用户的不活动的指示进入第二操作模式。例如,计算设备200可以在一段时间内没有接收到用户输入之后进入第二操作模式。

[0048] 在406处,在所示实施方案中,操作系统在第二操作模式期间为对应于用户进程和非用户进程的页面实现第二页面回收策略(例如,策略150),其中,第二页面回收策略相对于第一页面回收策略优先逐出对应于非用户进程的页面。例如,第一页面回收策略100可以指定对应于后台进程的页面的第一页面保留参数,第二页面回收策略150可以指定对应于后台进程的页面的第二下页面保留参数。(这些保留参数通常也可以对应于非用户进程,包括各种实施方案中的系统进程。)在各种实施方案中,第二较低页面保留参数指定与在第二操作模式期间保留在存储器中的后台进程(或非用户进程)相对应的页面量。此外,在一些实施方案中,在实现第二页面回收策略期间,第二较低页面保留参数可以不要求将非用户进程的任何页面(例如,后台进程)保存在存储器中。此外,在各种实施方案中,第一页回收策略为与第一操作模式期间保留在存储器中的用户进程相对应的页面指定第三页保留参数,并且第二页回收策略为与在第二操作模式期间保留在存储器中的用户进程对应的页面指定第四页面保留参数。在一些此类实施方案中,第四页保留参数大于第三页保留参数。

[0049] 在各种实施方案中,要素406可以包括由操作系统(例如,操作系统210)检测在第二操作模式期间第一非用户进程的发起,并且由操作系统指定分配给非用户进程的多个页面作为对应于后台进程的页面。例如,在一些实施方案中,第一非用户进程是系统进程。此外,在各种实施方案中,要素406还可以包括:响应于页面错误,由操作系统将对应于非用户

进程的一个或多个页面移动到压缩器池中的交换队列的前面。

[0050] 在各种实施方案中,相对于第一页回收策略,第二页回收策略使得相比于对应于用户进程的页面逐出更高百分比的对应于后台进程的页面,使得当计算设备从第二操作模式转换回到第一操作模式时,对应于用户进程的更大数量的多个页面保持存储在存储器中。因此,当计算设备响应于触发事件(例如,击键)返回到第一操作模式时,对应于用户进程的大百分比(并且可能全部)的多个页面保持存储在存储器中。

[0051] 现在参考图5,其描绘了方法500的流程图。如上所述,上述方法400描绘了示例性方法的流程图。图5描绘了用于执行虚拟存储页面回收的另一方法500的流程图。在各种实施方案中,方法500可由图2的计算设备200执行,其可以包括(或者可以访问)具有存储在其上的程序指令的非暂时性计算机可读介质,所述程序指令可由计算设备200执行以引起参考图5所述的操作。图5包括要素502-508。然而,为了便于理解,这些要素以特定顺序示出,也可使用其他顺序。在各种实施方案中,方法要素中的一些可按与所示次序不同的次序并发执行,或者可被省去。也可根据需要执行附加的方法要素。

[0052] 在502处,在例示的实施方案中,计算设备的操作系统在第一操作模式期间维持对应于用户进程的多个页面存储在计算设备的存储器(例如,存储器220)中的指示。例如,在一些实施方案中,操作系统可以在第一操作模式期间实现第一页面回收策略,该策略指定用于用户进程和非用户进程的第一页面保留参数。在504处,在所示实施方案中,计算设备响应于检测到用户关于计算设备的不活动而进入第二操作模式-例如,达到没有用户输入到I/O设备(例如键盘或指示设备)的时间阈值。然而,请注意,该实施方案仅作为示例而提供,并不旨在限制本公开的范围。在其他实施方案中,例如,响应于检测到用户已经提供“锁定”计算设备的输入、将计算设备置于“请勿打扰”设置等,计算设备可以进入第二操作模式。此外,在一些实施方案中,可以维护关于计算设备的使用的数据(例如,计算设备不活动的时间、用户不活动的长度等)并且可以应用机器学习原理来确定何时进入第二操作模式。

[0053] 在506处,在例示的实施方案中,在第二操作模式期间,操作系统实现与在第一操作模式中使用的先前分页策略不同的分页策略,其中,不同的分页策略试图在存储器中维护与用户进程相对应的最大数量的多个页面。例如,在一些实施方案中,在第二操作模式期间,操作系统可以实现第二页面回收策略,该策略为用户进程和非用户进程指定第二页面保留参数,其中第二页保留参数与第一页保留参数不同,相对于第一操作模式,增加与非用户进程相对应的被逐出页的百分比。在一些实施方案中,不同分页策略的实现可以使得与用户进程相对应的所有多个页面都被保存在计算设备的存储器中。此外,在一些实施方案中,对于与非用户进程相对应的页面,不同的分页策略可能没有最小页面保留参数。需注意,在一些实施方案中,第二页面回收策略可相比于用于其他用户进程的页面进一步优先保留用于一些用户进程的页面。例如,在此类实施方案中,对于频繁使用的用户进程(例如,web浏览器、电子邮件客户端等),相对于不常使用的用户进程的页面(例如,电子表格应用程序),第二页面回收策略可以保留更高百分比的页面。在508处,在所示实施方案中,计算设备在响应于用户活动的指示(例如,经由键盘或指示设备的输入)退出第二操作模式时,返回到第一操作模式并重新实现先前的分页策略。因此,在方法400和500中,当用户恢复关于计算设备的活动时,在不活动开始的时间段内用户正在处理的用户进程将尽可能地保持在存储器中,这导致用户活动的更快恢复,因为不会强制用户页面从辅助存储装置重新加

载。因此,方法400和500的回收范例导致更好的系统性能和改进的用户体验。

[0054] 示例性计算设备

[0055] 现在转向图6,其示出了计算设备600的示例性实施方案的框图。在一些实施方案中,可将设备600的元件包括在片上系统(SOC)内。在一些实施方案中,可将设备600包括在可以是电池供电的移动设备中。因此,设备600的功率消耗可能是重要的设计考虑因素。在例示的实施方案中,设备600包括结构体610、处理器复合体620、图形单元630、显示单元640、高速缓存/存储器控制器650、输入/输出(I/O)桥660。在各种实施方案中,设备600还可包括如上所述的MMU 250和系统管理控制器260。

[0056] 结构体610可以包括各种互连件、总线、MUX、控制器等,并且可以被配置为促进设备600的各种元件之间的通信。在一些实施方案中,结构体610的各部分可以被配置为实现各种不同的通信协议。在其他实施方案中,结构体610可以实现单个通信协议,并且耦接到结构体610的元件可以在内部从单个通信协议转换为其他通信协议。如本文所用,术语“耦接到”可指示元件之间的一个或多个连接,并且耦接可包括中间元件。例如,在图6中,图形单元630可被描述为通过结构体610和高速缓存/存储器控制器650“耦接到”存储器。相比之下,在图6的例示的实施方案中,图形单元630“直接耦接”到结构体610,因为不存在中间元件。

[0057] 在所示实施方案中,处理器复合体620包括总线接口单元(BIU)622、高速缓存624和核626A和626B。在各种实施方案中,处理器复合体620可包括各种数量的处理器、处理器核和/或高速缓存。例如,处理器复合体620可以包括1、2或4个处理器核,或任何其他合适的数。在一个实施方案中,高速缓存624是组关联L2高速缓存。在一些实施方案中,核626A和/或626B可以包括内部指令和/或数据高速缓存。在一些实施方案中,结构体610、高速缓存624或设备600中的其他地方的一致性单元(未示出)可被配置为维持设备600的各个高速缓存之间的一致性。BIU 622可被配置为管理处理器复合体620和设备600的其他元件之间的通信。诸如核626的处理器核可以被配置为执行特定指令集架构(ISA)的指令,其可以包括操作系统指令和用户应用指令。这些指令可存储在计算机可读介质,诸如耦接到下面讨论的存储器控制器650的存储器中。

[0058] 图形单元630可包括一个或多个处理器和/或一个或多个图形处理单元(GPU)。例如,图形单元630可接收面向图形的指令,诸如OPENGL<sup>®</sup>、Metal或DIRECT3D<sup>®</sup>指令。图形单元630可基于所接收的面向图形的指令执行专用GPU指令或执行其他操作。图形单元630通常可被配置为并行处理大块数据,并且可在帧缓冲器中构建图像以输出到显示器。图形单元630可包括在一个或多个图形处理流水线中的变换、照明、三角形和/或渲染引擎。图形单元630可输出用于显示图像的像素信息。

[0059] 显示单元640可被配置为从帧缓冲器读取数据并且提供像素值流以用于显示。在一些实施方案中,显示单元640可被配置为显示流水线。另外,显示单元640可被配置为将多个帧混合以产生输出帧。此外,显示单元640可以包括用于耦接到用户显示器(例如,触摸屏或外部显示器)的一个或多个接口(例如,MIPI或嵌入式显示端口(eDP))。

[0060] 高速缓存/存储器控制器650可被配置为管理结构体610与一个或多个高速缓存和/或存储器之间的数据传输。例如,可将高速缓存/存储器控制器650耦接到L3高速缓存,继而可将该L3高速缓存耦接到系统存储器。在其他实施方案中,可将高速缓存/存储器控制



器650直接耦接到存储器。在一些实施方案中,高速缓存/存储器控制器650可包括一个或多个内部高速缓存。耦接到存储器650的存储器可以是任何类型的易失性存储器,诸如动态随机存取存储器(DRAM)、同步DRAM(SDRAM)、双数据速率(DDR、DDR2、DDR3等)SDRAM(包括SDRAM的移动版本,诸如mDDR3等,或SDRAM的低功率版本,诸如LPDDR2等)、RAMBUSDRAM(RDRAM)、静态RAM(SRAM)等。一个或多个存储器设备可以耦接到电路板上以形成存储器模块,诸如单列直插存储器模块(SIMM)、双列直插存储器模块(DIMM)等。另选地,设备可以与集成电路在芯片堆叠(chip-on-chip)结构、封装堆叠(package-on-package)结构或者多芯片模块结构中安装。耦接到控制器650的存储器可以是任何类型的非易失性存储器,诸如NAND闪存存储器、NOR闪存存储器、纳米RAM(NRAM)、磁阻RAM(MRAM)、相变RAM(PRAM)、赛道存储器、忆阻器存储器等。如上所述,该存储器可存储可由处理器复合体620执行的程序指令,以使设备600执行本文描述的功能。

[0061] I/O桥接部660可以包括被配置为实现例如通用串行总线(USB)通信、安全性、音频和/或低功率永远在线功能的各种元件。I/O桥接部660还可以包括例如脉冲宽度调制(PWM)、通用输入/输出(GPIO)、串行外围接口(SPI)和/或内部集成电路(I2C)的接口。可将各种类型的外围设备和设备经由I/O桥接部660耦接到设备600。例如,这些设备可包括各种类型的无线通信(例如,wifi、蓝牙、蜂窝、全球定位系统等)、附加存储装置诸如存储装置230(例如,RAM存储装置、固态存储装置或者磁盘存储装置)、用户接口设备(例如,键盘、麦克风、扬声器等)等。

[0062] 本公开的范围包括本文(明确或暗示)公开的任意特征或特征组合或其任意推广,而无论其是否减轻本文解决的任何或所有问题。因此,在本专利申请(或要求享有其优先权的专利申请)进行期间可针对特征的任何此类组合作出新的权利要求。具体地,参考所附权利要求书,可将从属权利要求的特征与独立权利要求的特征进行组合,并可通过任何适当的方式而不是仅通过所附权利要求书中所列举的特定组合来组合来自相应独立权利要求的特征。

[0063] 如本文所用,术语“基于”用于描述影响确定的一个或多个因素。此术语不排除可能有附加因素可影响确定。也就是说,确定可仅基于指定的因素或基于所指定的因素及其他未指定的因素。考虑短语“基于B确定A”。此短语指定B是用于确定A的因素或者B影响A的确定。此短语并不排除A的确定也可基于某个其他因素诸如C。此短语也旨在覆盖A仅基于B来确定的实施方案。如本文所用,短语“基于”与短语“至少部分地基于”是同义的。

[0064] 如本文所用,短语“响应于”描述触发效果的一个或多个因素。该短语并未排除其他因素可能影响或以其他方式触发效果的可能性。也就是说,效果可以仅仅响应于这些因素,或者可以响应于指定的因素以及其他未指定的因素。考虑短语“响应于B执行A”。该短语指定B是触发A的性能的因素。该短语不排除执行A也可能响应于某些其他因素,诸如C。该短语还旨在涵盖其中仅响应于B而执行A的实施方案。

[0065] 如本文所用,术语“第一”、“第二”、“第三”等充当其之后的名词的标签,并且不暗指任何类型的排序(例如,空间的、时间的、逻辑的等),除非另有说明。在权利要求书中使用时,术语“或”被用作包含性的或,而不是排他性的或。例如,短语“x,y或z中的至少一者”表示x,y和z中的任何一个,以及它们的任何组合(例如,x和y,但不是z)。

[0066] 所附权利要求书中的表述结构“被配置为”执行一个或多个任务明确地旨在对该



权利要求要素不援引35 U.S.C. §112(f)。于是,所提交的本申请中没有任何权利要求旨在要被解释为具有装置-加-功能要素。如果申请人在申请过程期间想要援引节段112(f),则其将使用“用于”[执行功能]“的装置”结构来表述权利要求要素。

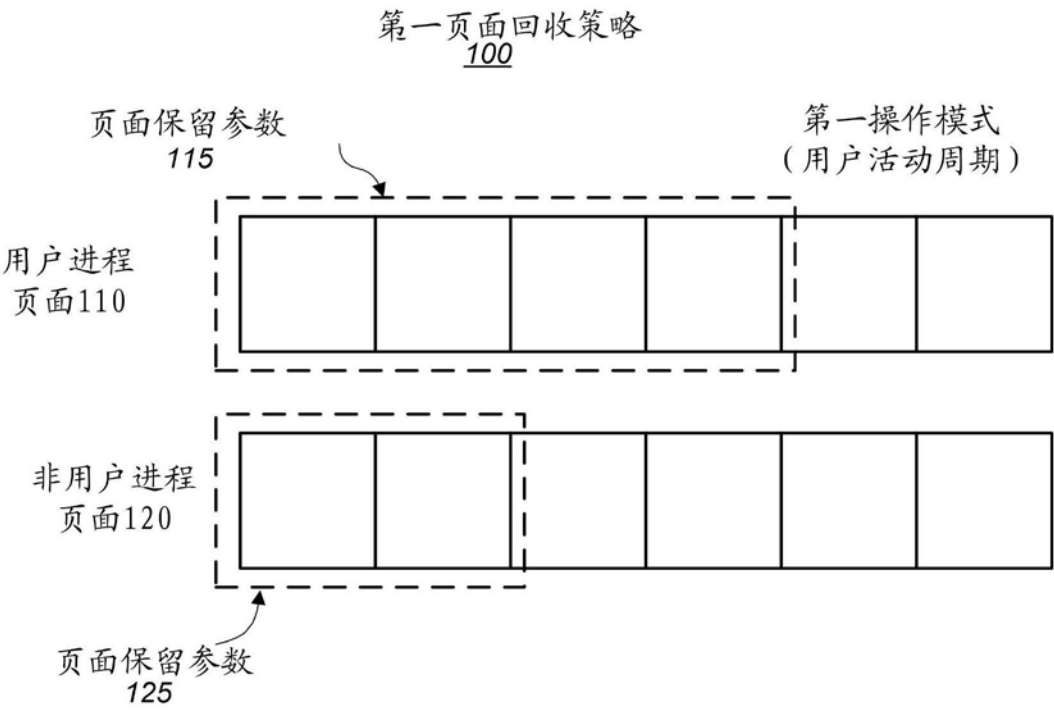


图1A

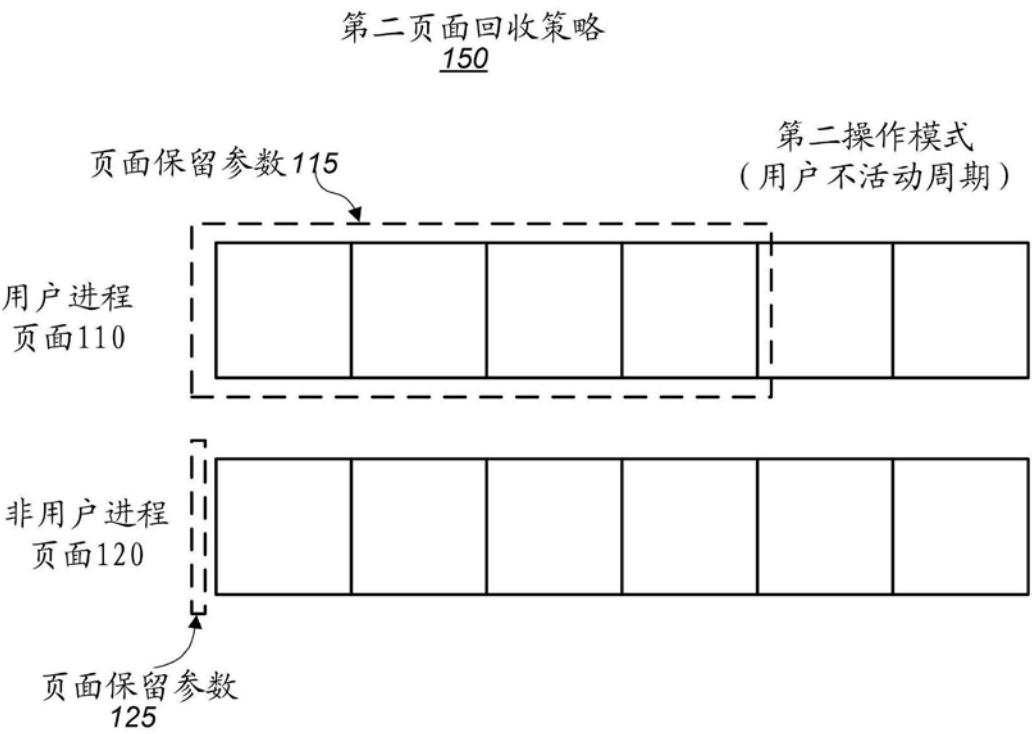


图1B

计算设备  
200

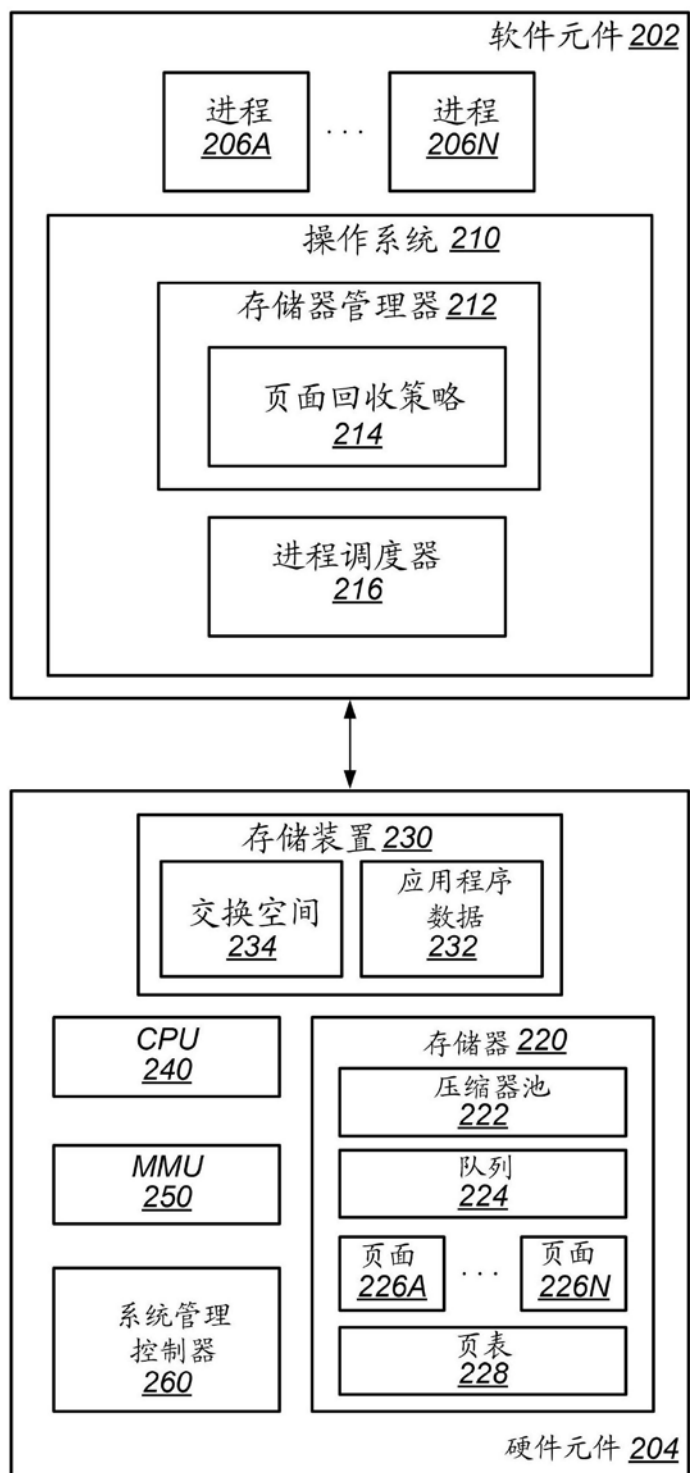


图2

第二页面回收策略  
150

第二操作模式  
(用户不活动周期)

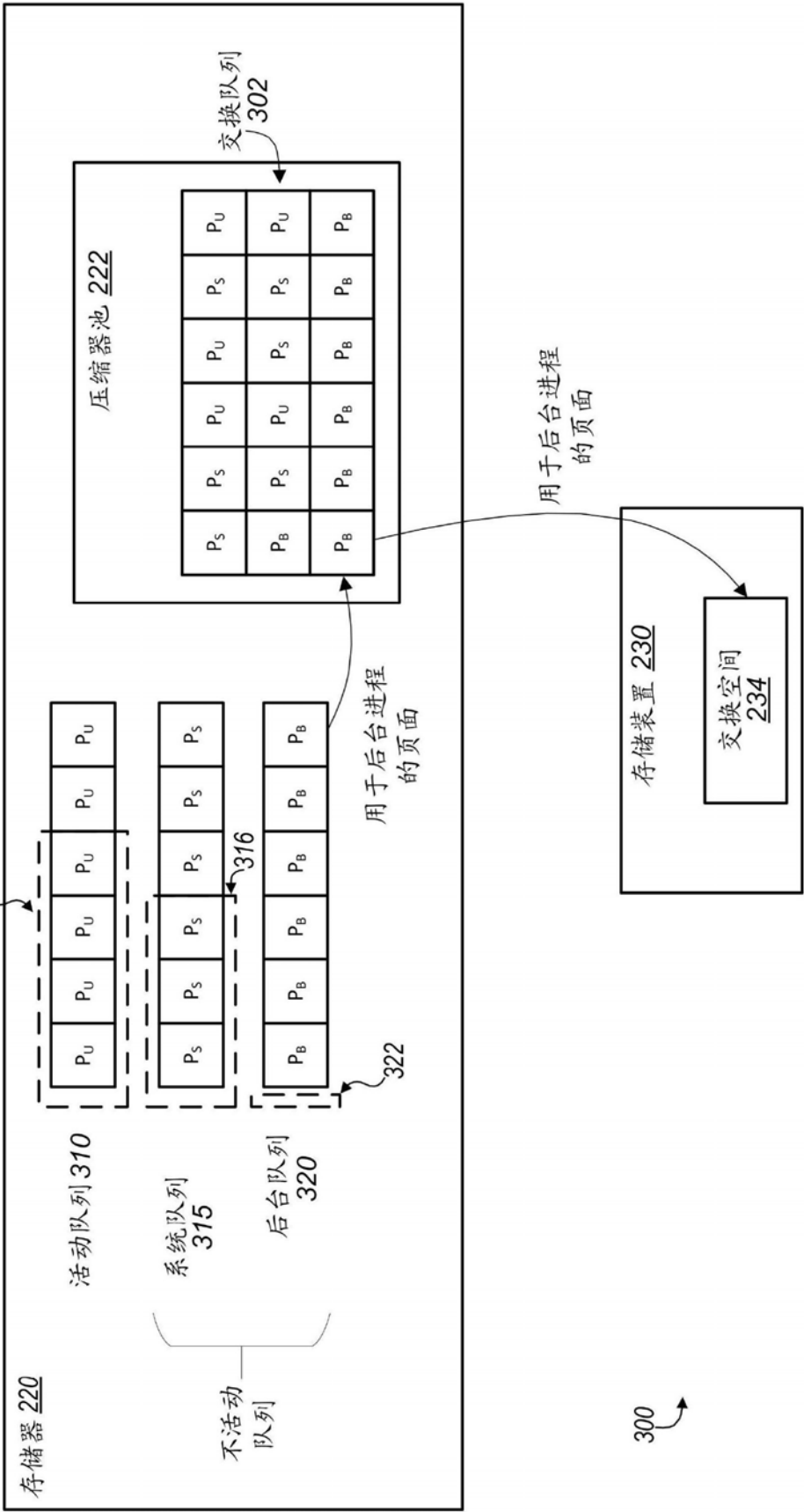


图3

400

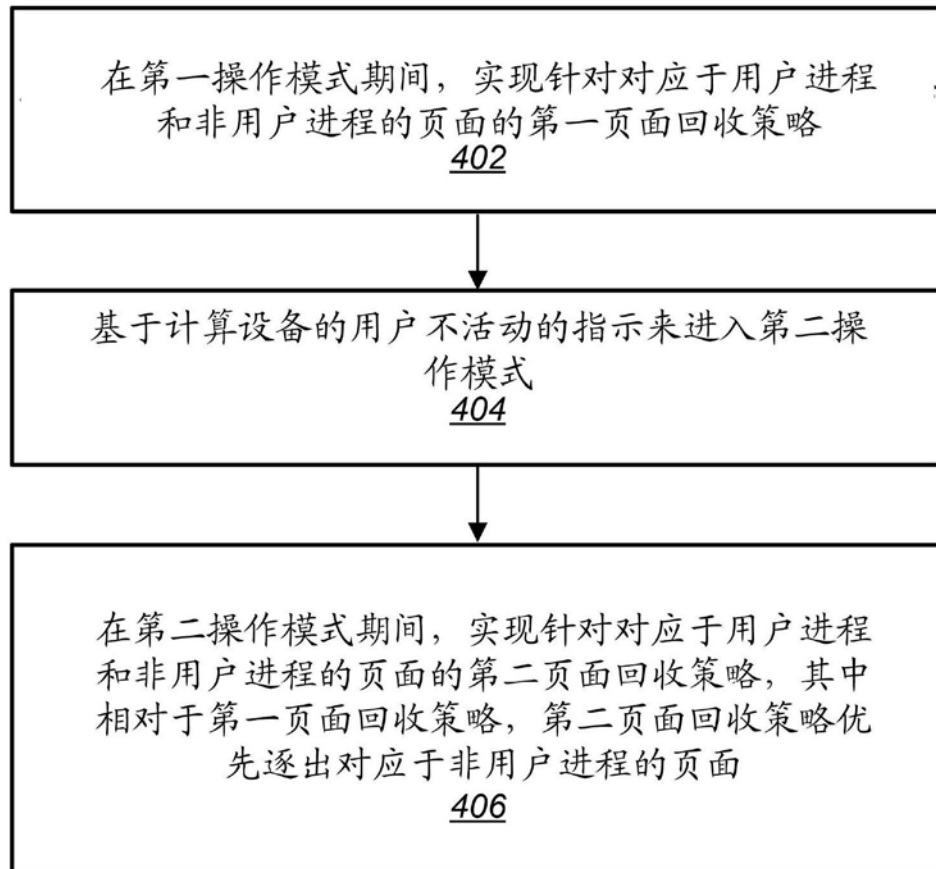


图4

500

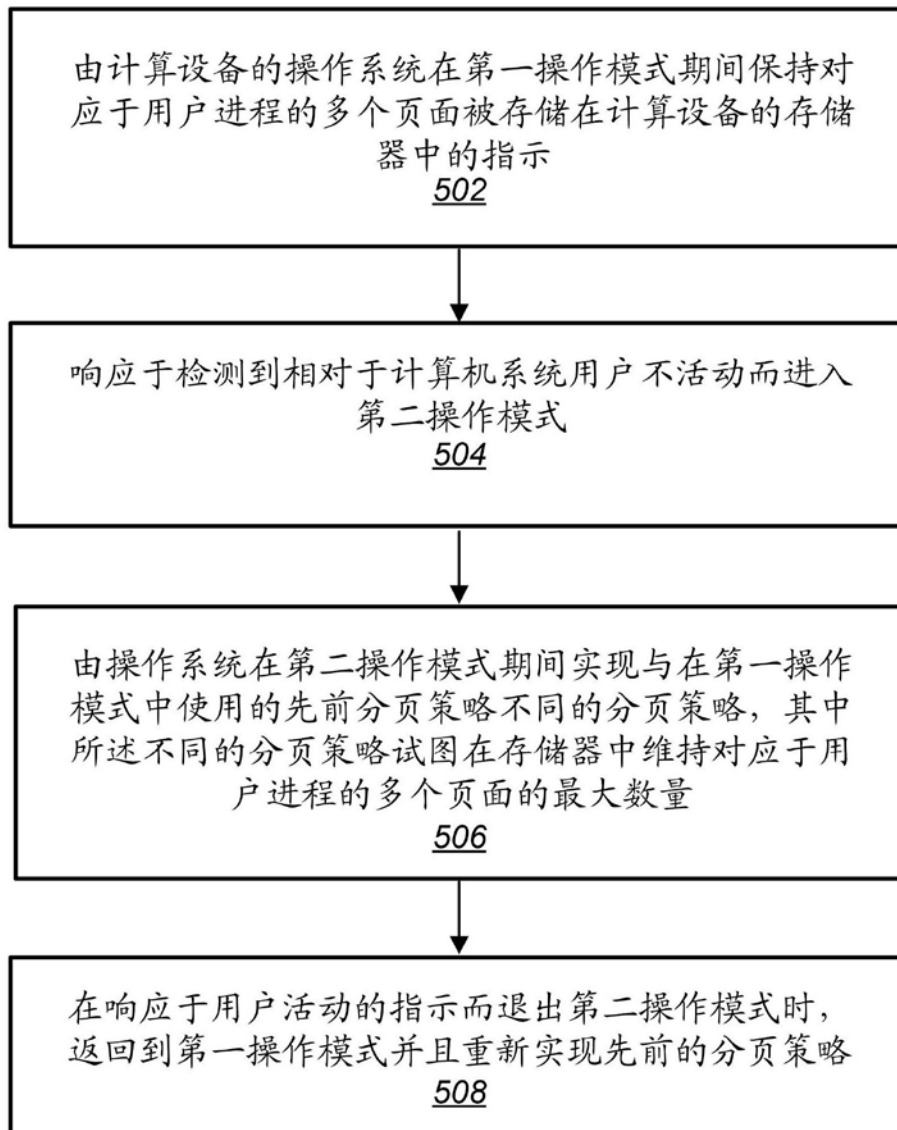


图5

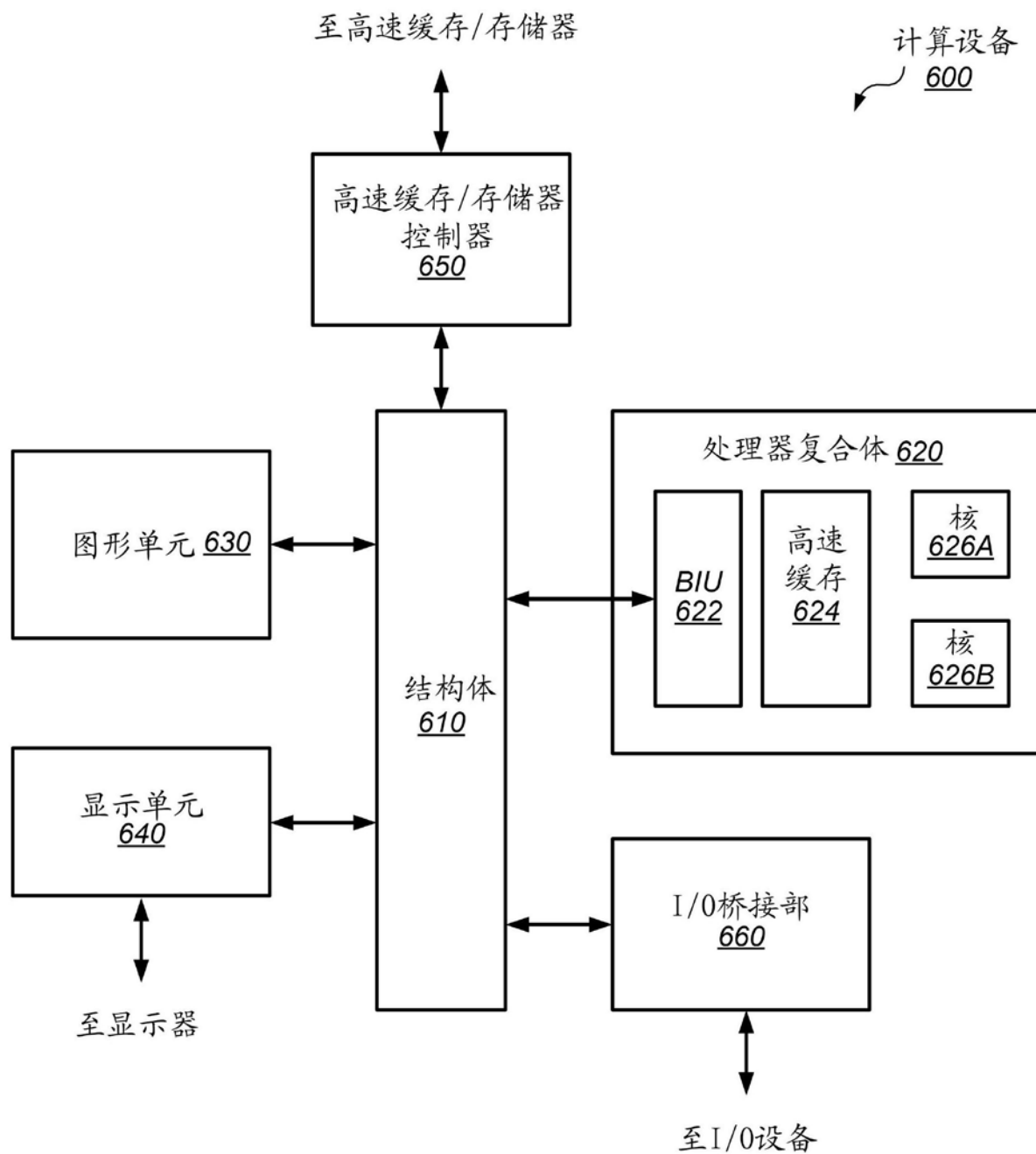


图6