



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117311925 A
(43) 申请公布日 2023. 12. 29

(21) 申请号 202211666393.0
(22) 申请日 2022.12.23
(30) 优先权数据
17/853,686 2022.06.29 US
(71) 申请人 红帽公司
地址 美国北卡罗来纳州
(72) 发明人 M. 齐尔金
(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105
专利代理师 胡琪
(51) Int.Cl.
G06F 9/48 (2006.01)

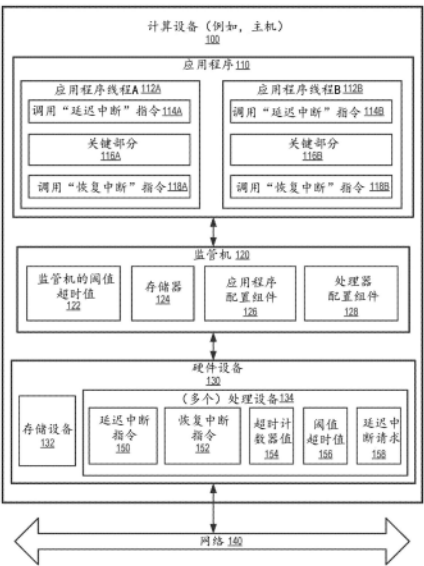
权利要求书2页 说明书16页 附图6页

(54) 发明名称

使用中断延迟指令同步并发任务

(57) 摘要

本申请涉及使用中断延迟指令同步并发任务。一种示例方法，可以包括：响应于由处理设备接收到请求延迟中断的中断延迟指令，禁止由处理设备传送中断；在禁止传送中断之后接收一个或多个中断请求；以及响应于确定满足延迟终止标准，传送一个或多个中断，其中一个或多个中断中的每一个由中断请求中的相应一个指定。该方法还可以包括接收请求传送延迟的和后续的中断的恢复中断传送指令，其中响应于接收到恢复中断传送指令，满足延迟终止标准。该方法还可以包括，响应于接收到恢复中断传送指令，启用由处理设备进行的一个或多个中断和后续的中断的传送。



1. 一种方法,包括:

响应于由处理设备接收到请求延迟中断的中断延迟指令,禁止由所述处理设备传送中断;

在禁止中断传送之后,接收一个或多个中断请求;和

响应于确定满足延迟终止标准,传送一个或多个中断,其中所述一个或多个中断中的每一个由所述中断请求中的相应一个指定。

2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

接收请求传送延迟的和后续的中断的恢复中断传送指令,其中响应于接收到所述恢复中断传送指令,满足所述延迟终止标准。

3. 根据权利要求2所述的方法,还包括:

响应于接收到所述恢复中断传送指令,启用由所述处理设备进行的所述一个或多个中断和后续的中断的传送。

4. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述中断延迟指令和所述恢复中断传送指令由在所述处理设备的非特权模式下执行的程序代码调用。

5. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

根据与从接收到所述中断延迟指令起已经过去的时间量相对应的数值差值,确定是否满足超时标准,

其中如果满足所述超时标准,则满足所述延迟终止标准。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中,如果所述数值差值超过阈值超时值,则满足所述超时标准。

7. 根据权利要求5所述的方法,其中,所述数值差值是根据当前计数器值和阈值计数器值来确定的,其中所述当前计数器值对应于自接收到所述中断延迟指令以来应用任务已经执行的时间量,并且其中所述阈值计数器值是从操作系统监管机接收的。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述阈值计数器值由操作系统监管机根据应用任务的时间片中的时间量来确定。

9. 根据权利要求5所述的方法,其中,根据当前时间和中断传送被禁止的时间之间的差异,确定所述数值差值。

10. 根据权利要求5所述的方法,其中,所述数值差值对应于自中断传送被禁止以来由所述处理设备执行的指令数量。

11. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

将所述一个或多个中断请求中的每一个存储在数据结构中,其中传送所述一个或多个中断包括从所述数据结构中检索所述一个或多个中断请求。

12. 一种存储有指令的非暂时性机器可读存储介质,所述指令使得处理设备执行包括以下的操作:

响应于接收到请求延迟中断的中断延迟指令,禁止由所述处理设备传送中断;

在禁止中断传送之后,接收一个或多个中断请求;和

响应于确定满足延迟终止标准,传送一个或多个中断,其中所述一个或多个中断中的每一个由所述中断请求中的相应一个指定。

13. 根据权利要求12所述的非暂时性机器可读存储介质,所述操作还包括:

接收请求传送延迟的和后续的中断的恢复中断传送指令,其中响应于接收到所述恢复中断传送指令,满足所述延迟终止标准。

14. 根据权利要求13所述的非暂时性机器可读存储介质,所述操作还包括:

响应于接收到所述恢复中断传送指令,启用由所述处理设备进行的所述一个或多个中断和后续的中断的传送。

15. 根据权利要求13所述的非暂时性机器可读存储媒体,其中,所述中断延迟指令和所述恢复中断传送指令由在所述处理设备的非特权模式中执行的程序代码调用。

16. 根据权利要求12所述的非暂时性机器可读存储介质,所述操作还包括:

根据与从接收到所述中断延迟指令起已经过去的时间量相对应的数值差值,确定是否满足超时标准,

其中如果满足所述超时标准,则满足所述延迟终止标准。

17. 一种系统,包括:

存储设备;和

处理设备,可操作地耦合到存储设备,以执行包括以下的操作:

响应于接收到请求延迟中断的中断延迟指令,禁止由所述处理设备传送中断;

在禁止中断传送之后,接收一个或多个中断请求;和

响应于确定满足延迟终止标准,传送一个或多个中断,其中所述一个或多个中断中的每一个由所述中断请求中的相应一个指定。

18. 根据权利要求17所述的系统,所述操作还包括:

接收请求传送延迟的和后续的中断的恢复中断传送指令,其中响应于接收到所述恢复中断传送指令,满足所述延迟终止标准。

19. 根据权利要求18所述的系统,所述操作还包括:

响应于接收到所述恢复中断传送指令,启用由所述处理设备进行的所述一个或多个中断和后续的中断的传送。

20. 根据权利要求18所述的系统,其中,所述中断延迟指令和所述恢复中断传送指令由在所述处理设备的非特权模式下执行的程序代码调用。

使用中断延迟指令同步并发任务

技术领域

[0001] 本公开总体上涉及计算机系统中的并发处理,并且更具体地,涉及使用中断延迟指令同步并发任务。

背景技术

[0002] 计算机系统可使用多处理或时间分片等技术同时执行多项任务,多处理中的每项任务在不同的处理器上执行,在放弃或被另一任务抢占之前时间分片中的每项任务可在同一处理器上执行相对较短的时间。任务的执行可以由操作系统来管理,操作系统可以抢占正在执行的任务,并使另一个任务执行一段时间。

[0003] 当不同的事件序列发生时,如果系统能够以不同的方式运行,并且系统不控制哪个序列发生的确定,则在计算机系统中可能发生竞争情况。系统的行为取决于哪些可能的序列实际发生。如果一个或多个可能的序列会导致不正确的系统行为,那么竞争条件就是系统中的错误或缺陷,并且可能被利用来导致系统执行未授权的操作。

[0004] 如果两个同时运行的任务访问共享资源,例如,一个任务修改存储器中的数据项,另一个任务从存储器中读取数据项,并使用共享变量的结果值执行操作,则可能发生竞争情况。也就是说,任务产生的结果可以取决于读和写操作发生的顺序。处理器可以通过执行第一任务的一些指令、抢先(例如,停止)第一任务、执行第二任务的一些指令、抢先第二任务、执行第一任务的更多指令等等来执行并发任务。通常,每个并发执行的任务可以在执行其任何指令之后被抢占,此时另一任务可以执行指令,并且处理器可以以这种方式继续在任务之间切换。如果数据项由第一任务读取,并且与第一任务同时执行的第二任务向数据项写入新值,则第一任务可能读取数据项的旧值或新值。如果程序代码没有阻止两个任务的并发访问,或者没有正确地处理每个可能的输出,那么就会出现不正确的程序行为。访问共享数据项的程序代码的每个部分在这里被称为“并发敏感部分”。可以保护临界区,使得它不会在两个任务中同时执行,或者与在另一任务中访问相同共享资源的另一临界区同时执行。

发明内容

[0005] 根据本公开的一方面,提供一种方法,包括:响应于由处理设备接收到请求延迟中断的中断延迟指令,禁止由处理设备传送中断;在禁止中断传送之后,接收一个或多个中断请求;和响应于确定满足延迟终止标准,传送一个或多个中断,其中一个或多个中断中的每一个由中断请求中的相应一个指定。

[0006] 根据本公开的实施例,该方法还包括:接收请求传送延迟的和后续的中断的恢复中断传送指令,其中响应于接收到恢复中断传送指令,满足延迟终止标准。

[0007] 根据本公开的实施例,该方法还包括:响应于接收到恢复中断传送指令,启用由处理设备进行的一个或多个中断和后续的中断的传送。

[0008] 根据本公开的实施例,中断延迟指令和恢复中断传送指令由在处理设备的非特权

模式下执行的程序代码调用。

[0009] 根据本公开的实施例,该方法还包括:根据与从接收到中断延迟指令起已经过去的时间量相对应的数值差值,确定是否满足超时标准,其中如果满足超时标准,则满足延迟终止标准。

[0010] 根据本公开的实施例,如果数值差值超过阈值超时值,则满足超时标准。

[0011] 根据本公开的实施例,数值差值是根据当前计数器值和阈值计数器值来确定的,其中当前计数器值对应于自接收到中断延迟指令以来应用任务已经执行的时间量,并且其中阈值计数器值是从操作系统监管机接收的。

[0012] 根据本公开的实施例,阈值计数器值由操作系统监管机根据应用任务的时间片中的时间量来确定。

[0013] 根据本公开的实施例,根据当前时间和中断传送被禁止的时间之间的差异,确定数值差值。

[0014] 根据本公开的实施例,数值差值对应于自中断传送被禁止以来由处理设备执行的指令数量。

[0015] 根据本公开的实施例,该方法还包括:将一个或多个中断请求中的每一个存储在数据结构中,其中传送一个或多个中断包括从数据结构中检索一个或多个中断请求。

[0016] 根据本公开的另一方面,提供一种存储有指令的非暂时性机器可读存储介质,指令使得处理设备执行包括以下的操作:响应于接收到请求延迟中断的中断延迟指令,禁止由处理设备传送中断;在禁止中断传送之后,接收一个或多个中断请求;和响应于确定满足延迟终止标准,传送一个或多个中断,其中一个或多个中断中的每一个由中断请求中的相应一个指定。

[0017] 根据本公开的实施例,操作还包括:接收请求传送延迟的和后续的中断的恢复中断传送指令,其中响应于接收到恢复中断传送指令,满足延迟终止标准。

[0018] 根据本公开的实施例,操作还包括:响应于接收到恢复中断传送指令,启用由处理设备进行的一个或多个中断和后续的中断的传送。

[0019] 根据本公开的实施例,中断延迟指令和恢复中断传送指令由在处理设备的非特权模式中执行的程序代码调用。

[0020] 根据本公开的实施例,操作还包括:根据与从接收到中断延迟指令起已经过去的时间量相对应的数值差值,确定是否满足超时标准,其中如果满足超时标准,则满足延迟终止标准。

[0021] 根据本公开的又一方面,提供一种系统,包括:存储设备;和处理设备,可操作地耦合到存储设备,以执行包括以下的操作:响应于接收到请求延迟中断的中断延迟指令,禁止由处理设备传送中断;在禁止中断传送之后,接收一个或多个中断请求;和响应于确定满足延迟终止标准,传送一个或多个中断,其中一个或多个中断中的每一个由中断请求中的相应一个指定。

[0022] 根据本公开的实施例,操作还包括:接收请求传送延迟的和后续的中断的恢复中断传送指令,其中响应于接收到恢复中断传送指令,满足延迟终止标准。

[0023] 根据本公开的实施例,操作还包括:响应于接收到恢复中断传送指令,启用由处理设备进行的一个或多个中断和后续的中断的传送。

[0024] 根据本公开的实施例,中断延迟指令和恢复中断传送指令由在处理设备的非特权模式下执行的程序代码调用。

附图说明

[0025] 本公开以示例的方式进行说明,而不是以限制的方式进行说明,当结合附图考虑时,可参考以下详细说明更全面地理解本公开内容,其中:

[0026] 图1描绘了根据本公开的一个或多个方面,可使用中断延迟指令有效同步线程的示例计算系统的高级框图;

[0027] 图2示出了根据本公开的一个或多个方面,由应用程序、监管机(supervisor)和处理器执行的保护应用程序的关键部分的示例操作的交互图;

[0028] 图3描绘了根据本公开的一个或多个方面,中断延迟指令延迟中断的示例方法的流程图;

[0029] 图4描绘了根据本公开的一个或多个方面,用于退出处理设备的中断延迟状态的示例方法的流程图;

[0030] 图5描绘了根据本公开的一个或多个方面,应用程序使用中断延迟指令保护临界区的示例方法的流程图;

[0031] 图6描绘了根据本公开一个或多个方面的示例计算设备的框图;和

[0032] 图7描绘了根据本公开的示例操作的说明性计算设备的框图。

具体实施方式

[0033] 本文描述了使用中断延迟指令同步并发任务的系统和方法。同步技术可用于保护不应在多个任务中同时执行的程序代码的关键部分。例如,如果与访问共享资源的另一任务中的程序代码同时执行,对共享资源做出改变的程序代码段可能导致不可预测的行为。程序代码可以使用这种同步技术来防止在一个代码段中执行多个任务。例如,可以使用锁获取和释放操作来实现并发任务之间的同步。例如,读取存储在存储器中的数据值的任务可以在读取数据项之前调用锁获取操作,并且在使用从数据项读取的值之后调用锁释放操作。写入数据项的任务可以在写入数据项之前调用锁获取操作,并在写入数据项之后释放锁。在任务持有锁期间,阻止其他任务获取锁。因此,锁定操作防止相关联的数据项被一个以上的任务同时访问(例如,读或写)。然而,锁定操作可能会有相当大的性能开销,因为每个锁定操作都可能涉及调用系统调用或忙于等待。系统调用可以将执行转移到操作系统内核,这可能涉及相对低效的操作,例如导致处理器中断和切换到处理器的特权执行模式。使用系统调用来执行每个锁定操作会大大降低应用程序的性能。忙于等待可以作为一种称为“旋转锁”的替代锁定技术,但是忙于等待涉及处理密集型操作,例如在循环中重复检查变量,因此降低了应用程序的性能。可以通过使用其他同步技术来避免使用锁,例如无锁数据结构或在更新数据之前复制数据的读取-复制-更新操作。这种无锁同步技术允许一个以上的任务同时访问数据结构。然而,无锁技术会增加应用程序代码的复杂性,同时仍然会降低应用程序的整体性能。在对性能敏感的应用程序中,例如,在执行网络分组处理的应用中,使用诸如系统调用或上述其他技术的锁定操作的开销会限制分组被处理的速率。

[0034] 本公开的各方面通过提供中断延迟系统解决了上述及其他缺陷,该系统可提高保

护程序代码中关键部分的效率。中断可以是处理器响应中断请求而执行的动作。中断请求可以由例如操作系统产生,例如,抢占当前任务并使不同的任务被硬件设备、另一处理器或外围设备执行,以使处理器执行其他时间敏感的操作。如果处理器接受中断请求,则处理器通过执行这里称为“传送”中断的操作来使所请求的中断发生。传送中断可以包括挂起处理器的当前活动,例如,通过挂起当前正在执行的程序代码、保存处理器的状态以及执行与中断相关联的程序代码。与中断相关联的程序代码在这里被称为中断处理程序。在中断处理程序完成时,处理器可以恢复其活动,例如,通过继续执行被暂停的程序代码,或者通过执行不同任务的程序代码。

[0035] 应用程序代码可使用所公开的中断延迟系统,使处理器在应用程序执行程序代码的关键部分期间有效地延迟中断。由于操作系统使用中断来抢占或暂停程序代码的执行,因此禁止中断可以防止在多线程中执行的应用程序的关键部分的并发执行。

[0036] 中断延迟系统可包括提供一个或多个中断延迟指令的处理器,应用程序可调用该指令来延迟和重新启用中断的传送。例如,中断延迟指令可以包括“延迟中断”指令,应用程序可以在进入临界区之前调用该指令来延迟中断,以及“恢复中断”指令,应用程序可以在退出临界区之后调用该指令来恢复中断的传送。

[0037] 延迟中断指令可使处理器进入中断延迟状态,在该状态下,中断请求存储在数据结构中,例如延迟中断请求列表,而不是被传送。当调用恢复中断指令时,或者当超时发生时,可以随后传送延迟的中断。相比之下,当调用了不延迟地禁止中断的指令(例如X86处理器的cli(清除中断)指令)时,由处理器生成或发送到处理器的中断被丢弃,并且随后不可用于应用程序。

[0038] 由于延迟中断指令暂时禁止中断的传送,因此,应用程序可安全地执行关键部分,例如,无需同时执行另一任务。延迟中断指令可以禁止处理器传送中断,直到满足延迟终止条件,并且使得处理器将在中断被禁止的时间期间接收的中断请求存储在数据结构中。延迟中断指令还可以使处理器检测超时的发生,并在超时发生时退出中断延迟状态。处理器可以通过重新启用中断的传送并传送由存储在数据结构中的中断请求指定的中断来退出中断延迟状态。例如,如果由延迟中断指令启动的计数器达到阈值超时值,就会发生超时。例如,处理器可以以周期性的时间间隔或对于每个执行的处理器指令递增计数器。在其他示例中,如果从延迟中断指令的执行开始中断已经被延迟了至少阈值时间量,则可能发生超时。恢复中断指令可以通过启用后续中断的传送并传送延迟的中断来使处理器退出中断延迟状态,这是由存储在数据结构中的中断请求指定的。

[0039] 在阈值时间量后恢复中断的传送可防止中断延迟超过一小段时间。如果应用程序在退出临界区时调用恢复中断指令,处理器会在检测到超时时重新启用中断,并将延迟的中断(如果有)发送给应用程序。如果超时标准使用阈值时间量,则该阈值时间量可以是例如处理器调度配额的一部分。处理器调度配额可以是用于应用程序的任务的监管机调度器的时间片中的剩余时间量。处理器调度配额可以是,例如,在调度不同的任务执行之前,监管机允许任务执行的时间量。监管机可以向处理器提供处理器调度配额。提供给处理器的处理器调度配额可以是例如在一个时间片中应用的任务可用的总时间(例如,从任务被调度执行的时间片的开始到结束)或者应用的任务可用的剩余时间量(例如,从时间片期间的当前时间到时间片的结束)。例如,处理配额可以是1毫秒和1秒之间的值。如果处理配额是

10毫秒,那么阈值时间量可以是处理配额的十分之一,即1毫秒。作为另一示例,阈值时间量可以是处理配额的二十分之一,例如0.5毫秒。如果超时标准使用执行的指令的阈值数量,则阈值数量可以从期望在临界区中执行的指令的数量中导出。

[0040] 本文所述的系统和方法包括对多线程处理技术的技术改进。具体地,本公开的各方面可以提高不同执行线程使用的同步操作的效率,以保护不应与其他线程并发执行的关键部分。多线程执行通常用于计算机应用中,并且可以使应用程序能够使用多个处理器或处理器核心来同时执行任务。诸如锁定操作的同步操作可以使用处理器指令来实现,这些处理器指令延迟中断以获取锁,并且重新启用中断以释放锁。与诸如系统调用或忙于等待的其他技术相比,处理器指令可以以低得多的等待时间来执行,因此使用所公开的中断延迟指令可以导致比使用其他技术实现的应用性能高得多的应用性能。

[0041] 下文通过示例而非限制的方式详细描述了上述方法和系统的各个方面。

[0042] 图1描绘了根据本公开的一个或多个方面,可使用中断延迟指令150和恢复中断传送指令152(“恢复中断”指令)有效同步线程112的示例计算系统100的高级框图。应当注意,计算设备100的其他架构是可能的,并且利用本公开的实施例的计算设备的实现不必限于所描绘的特定架构。计算设备100可以是单个主机或布置在集群中的多个主机,并且可以包括机架式服务器、工作站、台式计算机、笔记本计算机、平板计算机、移动电话、掌上型计算设备、个人数字助理(PDA)等。在一个示例中,计算设备100可以是用x86硬件实现的计算设备。在另一示例中,计算设备100可以是用ARM®、PowerPC®、SPARC®或其他硬件实现的计算设备。在图1所示的示例中,计算设备100可以包括应用程序110、监管机120和硬件设备130,并且可以通过网络140与其他计算设备通信。

[0043] 应用程序110可为在处理设备134的非特权模式下执行的程序代码。处理设备134在这里也被称为处理器。这里描述为由处理器执行的操作可以由计算机系统100和/或处理设备134执行。应用程序110的执行可以由监管机120发起和管理。应用程序110可以例如通过请求监管机120创建应用程序线程112并提供由每个应用程序线程112A、112B执行的程序代码,来使得应用程序线程112A、112B被创建。

[0044] 并发敏感的应用程序代码部分显示为关键部分116A、116B。临界区116可以是访问一个或多个共享资源的程序代码区。共享资源可以包括例如存储器124中两个应用程序线程112都可以访问的共享存储区域。

[0045] 可对应用程序110进行修改,以在进入临界区116之前,在框114中调用延迟中断指令150,并在退出临界区116时调用恢复中断指令152。如果多个任务(例如,线程)共享一个处理器143,因为中断被禁止,所以正在临界区中执行的任务不会被抢占。在退出临界区116时,任务在框118重新启用中断,并且处理器134可以将任务在临界区中执行时发生的任何中断传送给应用程序。中断可以包括抢占式中断,因此任务可以在执行中断重新启用指令时被监管机抢占。当一个任务被抢占时,另一任务可以在处理器134上执行。如果应用程序110在退出临界区116时没有通过调用恢复中断指令逻辑152来启用中断,则处理器143可以在定时器或计数器(例如,执行的指令的计数)达到阈值时启用中断,并且处理器可以向应用程序110传送延迟的中断(如果有的话)。

[0046] 在一个示例中,每个应用程序线程112A、112B可执行相同的程序代码指令,例如,临界区116A可与临界区116B具有相同的程序代码。在另一示例中,每个应用程序线程112A、

112B可以执行不同的程序代码指令,例如,临界区116A可以具有与临界区116B不同的程序代码。在这两个示例中,处理器可以执行应用程序线程A112A的一个或多个指令,接着是应用程序线程B 112B的一个或多个指令,接着是应用程序线程A112A的一个或多个指令,等等,直到两个线程都退出。

[0047] 如果一个应用程序线程112A向共享内存区域写入数据,而另一应用程序线程112B从共享内存区域读取数据,且线程之间不同步,则可能存在竞争情况。访问共享存储器区域并具有竞争条件的程序代码部分被示为临界区116A、116B。为了消除竞争情况,临界区116A、116B可以通过在临界区116的第一个指令之前的延迟中断指令150的调用114和在临界区116之后的恢复中断指令152的调用118来保护(例如,作为程序代码中在临界区116之后的下一个指令)。

[0048] 在图1所示的两个应用程序线程112中,应用程序线程A112A执行的程序代码包括对延迟中断指令150的调用114A,随后是临界区116A,随后是对恢复中断指令152的调用118A。类似地,应用程序线程B 112B执行程序代码,该程序代码包括对延迟中断指令150的调用114B,接着是临界区116B,接着是对恢复中断指令152的调用118B。由处理器首先执行的线程112A、112B的程序代码可以是延迟中断调用114A或延迟中断调用114B。举例来说,如果首先执行延迟中断调用114A,那么延迟中断指令150延迟中断,且处理器不中断(例如,抢先)应用程序线程A112A,直到恢复中断调用118A之后。因此,在该示例中,应用程序线程B 112B直到恢复中断调用118A之后才执行。如下所述,延迟中断调用114A可使处理器禁止中断,并开始将中断请求(如果有的话)存储在延迟中断请求列表158中。

[0049] 应用程序线程A112A在延迟中断调用114A后继续执行,并执行临界区116A,随后执行恢复中断调用118A。临界区116A可以访问(例如,读取和/或写入)共享存储器区域。由于在临界区116A执行期间中断被禁止,临界区116A不会被抢先执行另一线程。由于临界区116A可以在不被抢先执行另一访问同一共享存储器区域的线程的情况下执行,所以在临界区116A中不会出现竞争情况。

[0050] 在执行临界区116A后,恢复中断调用118A可调用恢复中断指令152,该指令在中断被延迟时传送任何请求的中断,并启用任何后续请求的中断的传送。如果在临界区116A执行期间接收到任何中断请求,则由于被处理器存储在列表中,这些请求出现在延迟中断请求列表158中。对恢复中断指令118A的调用可以传送由在中断被延迟的时间期间存储在延迟中断请求158中的请求所指定的中断。在这个示例中,在延迟中断调用114A和恢复中断调用118A之间的时间期间,中断被延迟。如上所述,通过对恢复中断指令118A的调用118A来实现后续中断的传送。

[0051] 延迟中断指令150可使处理器在处于延迟状态时检测超时的发生,并在超时发生时退出中断延迟状态。处理器可以随时间监控或评估超时标准。如果满足超时标准,则超时已经发生。处理器可以维护超时计数器值154,该超时计数器值154表示时间量、已执行指令的计数或对应于自处理器进入中断延迟状态以来已经过去的时间量的其他量。例如,超时计数器值154可以存储在处理器寄存器中,并且当超时计数器值154小于阈值超时值156并且还没有调用恢复中断指令152时,可以由处理器以周期性间隔或在其他合适的时间递增或更新。在确定超时计数器值154大于或等于阈值超时值156时,处理器可以退出中断延迟状态。在一个示例中,处理器可以针对执行的每个处理器指令或者以周期性的时间间隔递

增计数器。可以响应于接收到中断延迟指令152,或者响应于在接收到中断延迟指令之后禁止中断,来启动计数器。因此,在特定时间,当前计数器值可以对应于自从接收到中断延迟指令以来应用任务已经执行的时间量。

[0052] 超时标准可以是,例如,在超时计数器值154达到阈值超时值156之前,不执行恢复中断调用118A。在另一示例中,超时计数器值154可以被初始化为阈值超时值156,并且当超时计数器值154大于零并且恢复中断指令152没有被调用时,处理器可以递减计数器。在确定超时计数器值154小于或等于零时,处理器可以退出中断延迟状态。在其他示例中,超时标准可以是在延迟中断调用114A之后的阈值时间量内或者在延迟中断调用114A之后正在执行的阈值数量的处理器指令内没有执行恢复中断调用118A。时间的阈值量或处理器指令的阈值数量可以由阈值超时值156来指定。阈值超时值156可以由监管机120提供,并且可以是例如与监管机的阈值超时值122相同的值。例如,在对处理器指令进行计数的情况下,阈值超时值156可以是与处理器或应用程序相关联的处理器调度配额的一部分。因此,阈值超时值156可以小于处理器调度配额。作为示例,如果配额是时间量,则阈值超时值156可以由配额指定的时间量的一部分,例如在一个时间片中应用的任务可用的总时间。在另一示例中,监管机的阈值超时值122(从其确定处理器的超时计数器值154)可以是应用程序110的任务的当前时间片中剩余的时间量(或处理器指令)的一部分。

[0053] 超时标准基于超时计数器值154,其可存储在例如处理器寄存器或存储器位置中。处理器可以随时间增加超时计数器值154,例如,通过以定义的间隔增加超时计数器值154。替代地或附加地,处理器可以随时间周期性地确定超时计数器值154,例如,通过计算处理器已经执行的指令的数量与处理器进入中断延迟状态时处理器已经执行的指令的数量之间的差。阈值超时值156可以是要执行的指令的最大数量,或者是在超时发生之前要执行的指令数量的倍数。监管机120可以从配置信息中检索阈值超时值122,并通过配置指令或寄存器将阈值超时值122提供给处理器。监管机还可以通知应用程序110处理器延迟中断的能力。监管机120可以通过确定超时计数器值154大于或等于阈值超时值156来检测超时已经发生。

[0054] 一旦检测到满足超时标准,处理器可执行超时动作。超时动作可以包括在中断被延迟的时间期间,启用中断并传送由存储在延迟中断请求158中的请求所指定的中断。因此,超时动作类似于由恢复中断指令152执行的操作,并且处理器可以通过响应于检测到超时标准被满足而调用恢复中断指令152来实现超时处理。

[0055] 在满足超时标准后启用中断后,可将中断发送至监管机120和应用程序110。例如,当与应用任务相关联的处理器调度配额到期时,会发生定时器中断。监管机120可以接收定时器中断,并确定应用任务已经超过其调度时间配额。定时器中断也可以中断应用任务。

[0056] 由于中断是在对恢复中断指令的调用118A之后启用的,因此监管机120可抢占应用程序线程A112A(如果尚未退出),并执行应用程序线程B 112B。应用程序线程B 112B包含对延迟中断指令150的调用114B,其停用中断并开始将中断请求(如果有的话)存储在延迟中断请求列表158中。应用程序线程B 112B接着执行临界区116B,由于中断被停用,所以临界区116B未被处理器抢先执行其它线程(未图示)。

[0057] 监管机120也可称为操作系统内核,可为应用程序110提供对底层硬件设备130的一个或多个功能的访问。包括监管机120的操作系统可以管理主机存储器124和硬件设备

130,包括存储设备132和处理设备134。在所示的示例中,监管机120可以直接在计算设备100的硬件上运行,并且可以在处理设备134的监管机模式下执行。在其他示例中,监管机120可以在虚拟机(未示出)内运行,例如作为客户操作系统的组件。虚拟机可以支持硬件仿真、完全虚拟化、半虚拟化、操作系统级虚拟化或其组合。不同的虚拟机可能具有相同或不同类型的客户操作系统,例如Microsoft®、Windows®、Linux®、Solaris®等。

[0058] 监管机120可包括配置数据,如阈值超时值122。阈值超时值122可以是监管机130的可配置参数,并且可以通过例如管理接口或其他配置接口来指定。监管机120还可以包括应用程序配置组件126,其可以向应用程序110提供配置信息。例如,应用程序配置组件126可以向应用程序110发送中断延迟可用的指示,并且应用程序110可以调用中断延迟指令150、152。监管机10还可以包括处理器配置组件128,其可以向处理设备134提供配置信息。例如,处理器配置组件128可以向处理设备134提供阈值超时值122,处理设备134可以将该值作为阈值超时值156存储在存储器中。

[0059] 存储器124可为任何虚拟存储器、逻辑存储器、物理存储器、存储器的其他部分或其组合,用于存储、组织或访问数据。存储器124可以包括由监管机120指定供监管机120使用的计算设备100的一部分存储器,以及由监管机120指定供应用程序110使用的计算设备100的一部分存储器。存储器124可以由监管机120管理。

[0060] 存储设备132可包括能够存储数字数据的任何数据存储设备,并可包括易失性或非易失性数据存储设备。易失性数据存储设备(例如,非永久性存储器)可以在任何持续时间内存储数据,但是在电源循环或断电后可能会丢失数据。非易失性数据存储设备(例如,永久存储器)可以在任何持续时间内存储数据,并且可以在电源循环或断电之后保留数据。在一个示例中,存储设备132可以是物理存储器,并且可以包括易失性存储设备(例如,随机存取存储器(RAM))、非易失性存储设备(例如,闪存、NVRAM)和/或其他类型的存储设备。在另一示例中,存储设备132可以包括一个或多个大容量存储设备,例如硬盘驱动器、固态驱动器(SSD)、其他数据存储设备或其组合。在另一示例中,存储设备132可以包括一个或多个存储设备、一个或多个大容量存储设备、其他数据存储设备或其组合的组合,它们可以或可以不被布置在具有多级的高速缓存层级中。

[0061] 处理设备134(“处理器”)可包括一个或多个能够执行计算任务的处理器。计算任务可以包括执行线程,例如应用程序线程112。每个处理器134可以是能够一次执行一条指令的单核处理器(例如,单条指令流水线),或者可以是同时执行多条指令的多核处理器。指令可以对算术、逻辑或I/O操作进行编码。在一个示例中,处理器134可以被实现为单个集成电路、两个或更多个集成电路,或者可以是多芯片模块的组件(例如,其中各个微处理器管芯被包括在单个集成电路封装中,因此共享单个插座)。处理设备也可以被称为中央处理单元(“CPU”)。

[0062] 网络140可为公共网络(例如,互联网)、私有网络(例如,局域网(LAN)、广域网(WAN))或其组合。在一个示例中,网络140可以包括有线或无线基础设施,其可以由一个或多个无线通信系统提供,例如与网络140连接的无线保真(WiFi)热点和/或可以使用各种数据处理设备、通信塔等实现的无线载波系统。

[0063] 图2描绘了根据本公开的一个或多个方面,由应用程序110、监管机120和处理器134执行的保护应用程序110的关键部分116的示例操作的交互图。图2的交互图示出了示例

交互,其中应用程序线程112在执行了对并发不敏感的指令之后,调用延迟中断指令(框208),执行并发敏感的操作(210),例如临界区中的操作,调用恢复中断指令(框212),并处理在中断被延迟期间(例如,在延迟中断调用和恢复中断调用之间)请求的针对应用程序的延迟中断(框214)。在调用恢复中断指令之后,应用程序线程112可以继续执行并发不敏感的指令(例如,不是临界区的一部分)。

[0064] 示例交互始于框202,其中,监管机120向处理设备134提供阈值超时值122。在框250,处理设备134将内部阈值超时值156设置为从监管机120接收的阈值超时值122。例如,内部阈值超时值156可以是计数器的阈值,或者如上所述的其他值。在框204,监管机120可以向应用程序指示中断延迟可用,例如,处理器134提供延迟中断指令150和恢复中断指令152,应用程序110可以分别调用它们来延迟和恢复中断。可选地,处理器134可以提供单个中断延迟指令,该指令具有指示中断是要被延迟还是恢复的操作数。在框206处,响应于接收到中断延迟可用的指示,应用程序线程112可启用中断延迟指令的使用。作为框204和206的替代,处理器134可以默认地或者如果已经设置了处理器级配置参数来指示要启用中断延迟指令,则启用每个应用的中断,在这种情况下,处理器不需要执行框204,并且应用不需要执行框206。

[0065] 在框208,应用程序线程112可调用延迟中断指令150,从而使处理器134执行延迟中断指令150。在框252,处理器134通过禁止中断的传送来开始执行延迟中断指令150。虽然中断的传送被禁止,但是处理器仍然可以接收中断请求,处理器可以将中断请求存储在数据结构中。处理器134可以通过例如确定处理器134在传送中断之前是否处于延迟中断状态来禁止中断的传送。如果中断被延迟,处理器134可以将中断请求存储在数据结构中,而不传送中断。

[0066] 在禁止中断传送后,延迟中断指令150可将控制返回给应用程序线程112。在框208执行延迟中断指令之后,应用程序线程112可以通过执行并发敏感操作210来继续。在应用程序线程112执行的同时,处理器可以继续执行实现中断延迟的操作,例如框254-266。

[0067] 针对应用程序110的中断可以是,例如,处理器程序代码为应用程序代码的一部分的中断。该中断可以由硬件设备130生成的硬件中断、处理器间中断(IPI)、处理器生成的中断,例如任务上下文切换中断、页面错误中断或其他类型的中断。

[0068] 在操作254中,处理器134可初始化超时计数器值154。例如,如果超时计数器值154表示时间量,则超时计数器值154可以被设置为当前时间或可以与后续时间进行比较以确定该差值是否大于阈值超时值156的其他值(例如,零)。如果超时计数器值154表示已执行指令的计数,则操作254可以将超时计数器值154设置为初始指令数,例如零。然后,CPU可以为执行的每个指令递增超时计数器值154。当检测到超时计数器值154超过指令的阈值数量时,在操作260,处理器可以确定超时标准被满足,并且通过启用中断的传送(框262)、传送由在中断被延迟的时间期间存储在延迟的中断请求158中的请求所指定的中断(框264)、以及停止指令计数器或其他计数器(如果适当的话)(框266)来使处理器退出中断延迟状态。处理器可以通过执行处理器指令来启用中断,例如x86处理器上的sti(存储中断标志)指令。

[0069] 确定是否满足超时标准的框260可在调用延迟中断指令后的任何时间执行(例如,在框252后或框254后)。框260可以在处理器进入延迟状态之前执行(例如,在框262启用中

断传送之前,或者在框264传送延迟的中断之前)。

[0070] 在框252处禁止中断传送后,处理器可通过在框256处接收一个或多个中断请求,并将接收到的中断请求存储在延迟中断请求列表或其他合适的数据结构中,来执行中断延迟操作。处理器可以响应于发送到处理器的每个中断来执行框256。因此,尽管中断延迟操作(框256和258)被示为在框254和260之间执行,但是中断延迟操作可以在其他时间执行。

[0071] 可选地,操作254可将超时计数器值154设置为处理器处于中断延迟状态时要执行的指令的阈值数量。指令的阈值数量可以由阈值超时值156来指定。

[0072] 如果应用程序线程112在满足超时标准之前(例如,在超时发生之前)调用恢复中断指令,则处理器通过启用中断传送(框262),为延迟中断请求列表中的每个中断请求传送中断(框264),并停止指令计数器或其他计数器(如适用)(框266),退出中断延迟状态。在框212调用恢复中断指令之后,应用程序线程112可以在框214处理延迟的中断。在框264,例如,响应于超时标准被满足(框260)或恢复中断指令被调用(框212),延迟的中断可以由处理器传送给应用程序线程112。

[0073] 图3描绘了根据本公开的一个或多个方面,中断延迟指令延迟中断的示例方法的流程图。方法300及其每个单独的功能、例程、子例程或操作可以由执行该方法的计算设备的一个或多个处理器来执行。在某些实现中,方法300可以由单个处理线程来执行。可选地,方法300可以由两个或更多个处理线程来执行,每个线程执行一个或多个单独的功能、例程、子例程或该方法的操作。在说明性示例中,实现方法300的处理线程可以被同步(例如,使用信号量、临界区和/或其他线程同步机制)。可选地,实现方法300的过程可以相对于彼此异步执行。

[0074] 为简化说明,本公开的方法被描绘和描述为一系列动作。然而,根据本公开的动作可以以各种顺序和/或同时发生,并且可以具有本文未呈现和描述的其他动作。此外,并非所有示出的动作都是实现根据所公开主题的方法所必需的。此外,本领域的技术人员将理解和意识到,这些方法可以替代地通过状态图或事件表示为一系列相关的状态。此外,应当理解,本说明书中公开的方法能够存储在制品上,以便于将这些方法运输和转移到计算设备。这里使用的术语“制品”旨在包含可从任何计算机可读设备或存储介质访问的计算机程序。在一个实现中,方法300可以由如图1所示的计算设备100来执行,或者由主机(例如,主机操作系统或固件)、虚拟机(例如,客户操作系统或虚拟固件)、外部设备(例如,PCI设备)、其他可执行代码或其组合来执行。

[0075] 方法300可由服务器设备或客户端设备的处理设备执行,并可从框310开始。在框310处,计算设备100可以响应于处理设备接收到请求延迟处理器中断的中断延迟指令,禁止处理设备传送中断。在框320处,计算设备100可以在禁止中断传送之后接收一个或多个中断请求。在框330处,计算设备100可响应于确定满足延迟终止标准而传送一个或多个中断,其中每个中断由一个或多个中断请求中的相应一个指定。响应于完成上文参考框330描述的操作,该方法可以终止。

[0076] 图4描绘了根据本公开的一个或多个方面,用于退出处理设备的中断延迟状态的示例方法的流程图。方法400及其每个单独的功能、例程、子例程或操作可以由执行该方法的计算设备的一个或多个处理器来执行。在某些实现中,方法400可以由单个处理线程来执行。可选地,方法400可以由两个或更多个处理线程来执行,每个线程执行一个或多个单独

的功能、例程、子例程或该方法的操作。在说明性示例中,实现方法400的处理线程可以被同步(例如,使用信号量、临界区和/或其他线程同步机制)。可选地,实现方法400的过程可以相对于彼此异步执行。

[0077] 为简化说明,本公开的方法被描绘和描述为一系列动作。然而,根据本公开的动作可以以各种顺序和/或同时发生,并且可以具有本文未呈现和描述的其他动作。此外,并非所有示出的动作都是实现根据所公开主题的方法所必需的。此外,本领域的技术人员将理解和意识到,这些方法可以替代地通过状态图或事件表示为一系列相关的状态。此外,应当理解,本说明书中公开的方法能够存储在制品上,以便于将这些方法运输和转移到计算设备。这里使用的术语“制品”旨在包含可从任何计算机可读设备或存储介质访问的计算机程序。在一个实现中,方法400可以由如图1所示的计算设备100来执行,或者由主机(例如,主机操作系统或固件)、虚拟机(例如,客户操作系统或虚拟固件)、外部设备(例如,PCI设备)、其他可执行代码或其组合来执行。

[0078] 方法400可由服务器设备或客户端设备的处理设备执行,并可从框410开始。在框410处,计算设备100可确定恢复中断传送指令已被处于中断延迟状态的处理器调用或中断延迟超时已发生。在框420,计算设备100可以允许处理器传送中断。在框430,处理器可以转变到中断传送启用状态,并为延迟中断请求列表中的每个请求传送中断。响应于完成上文参考框430描述的操作,该方法可以终止。

[0079] 图5描绘了根据本公开的一个或多个方面,应用程序使用中断延迟指令保护临界区的示例方法的流程图。方法500及其每个单独的功能、例程、子例程或操作可以由执行该方法的计算设备的一个或多个处理器来执行。在某些实现中,方法500可以由单个处理线程来执行。可选地,方法500可以由两个或更多个处理线程来执行,每个线程执行一个或多个单独的功能、例程、子例程或该方法的操作。在说明性示例中,实现方法500的处理线程可以被同步(例如,使用信号量、临界区和/或其他线程同步机制)。可选地,实现方法500的过程可以相对于彼此异步执行。

[0080] 为简化说明,本公开的方法被描绘和描述为一系列动作。然而,根据本公开的动作可以以各种顺序和/或同时发生,并且可以具有本文未呈现和描述的其他动作。此外,并非所有示出的动作都是实现根据所公开主题的方法所必需的。此外,本领域的技术人员将理解和意识到,这些方法可以替代地通过状态图或事件表示为一系列相关的状态。此外,应当理解,本说明书中公开的方法能够存储在制品上,以便于将这些方法运输和转移到计算设备。这里使用的术语“制品”旨在包含可从任何计算机可读设备或存储介质访问的计算机程序。在一个实现中,方法500可以由如图1所示的计算设备100来执行,或者由主机(例如,主机操作系统或固件)、虚拟机(例如,客户操作系统或虚拟固件)、外部设备(例如,PCI设备)、其他可执行代码或其组合来执行。

[0081] 方法500可由服务器设备或客户端设备的处理设备执行,并可从框510开始。在框510,计算设备100可以接收中断延迟在计算设备的处理器上可用的指示。在框520处,计算设备100可由第一执行线程调用第一处理器指令,第一处理器指令使得处理器延迟向线程传送中断,直到满足至少一个中断传送标准为止。在框530,计算设备100可以执行访问共享资源的一个或多个操作,该共享资源也可由第二执行线程访问。例如,在框530执行的操作可以对应于临界区。

[0082] 在框540,计算设备100可调用第二处理器指令,使处理器恢复向第一线程传送中断。在框550,计算设备100可以由第一线程从处理器接收一个或多个延迟的中断,其中每个延迟的中断表示在调用第一处理器指令和调用第二处理器指令之间发生的相应中断。响应于完成上文参考框550描述的操作,该方法可以终止。

[0083] 图6描绘了根据本公开的一个或多个方面运行的计算机系统600的框图。计算机系统600可以与图1的计算设备100相同或相似,并且可以包括一个或多个处理器和一个或多个存储设备。在所示的示例中,计算机系统600可以包括延迟中断指令接收模块610、中断传送禁止模块615、中断请求接收模块620、延迟终止标准评估模块630、延迟中断传送模块640、恢复中断指令接收模块650和中断传送启用模块660。

[0084] 延迟中断指令接收模块610可使处理器接收请求延迟中断的延迟中断指令。由模块650接收的延迟中断指令和恢复中断指令可以是处理器指令集中的指令。中断传送禁止模块615可以使处理器能够响应于处理设备接收到延迟中断指令,禁止处理设备传送中断。

[0085] 中断请求接收模块620可使处理器在禁止中断传送后接收一个或多个中断请求。处理器可以将每个中断请求存储在数据结构中,例如,延迟中断请求的列表。延迟终止标准评估模块630可以使处理器能够确定满足延迟终止标准。可以通过基于对应于从接收到延迟中断指令起已经过去的时间量的数值差值确定是否满足超时标准来评估延迟终止标准。如果数值差值超过阈值超时值,则可以满足超时标准。在一个示例中,数值差值可以根据当前时间和中断传送被禁止的时间之间的差来确定。在另一个示例中,数值差值可以对应于自从禁止中断传送以来由处理设备执行的指令的数量。

[0086] 延迟中断传送模块640可使处理器在确定满足延迟终止标准时,传送一个或多个中断,其中每个中断由相应的一个中断请求指定。可以从存储中断请求的数据结构中检索中断请求(如上所述)。

[0087] 恢复中断指令接收模块650可使处理器接收恢复中断指令,该指令请求传送延迟的和后续的中断。响应于接收到恢复中断指令,可以满足延迟终止标准。中断传送启用模块660可以使处理器能够响应于接收到恢复中断指令,启用处理设备传送中断。延迟中断指令和恢复中断指令可以是处理设备的指令集中的指令。

[0088] 图7描绘了根据本公开的一个或多个方面运行的计算机系统的框图。在各种说明性示例中,计算机系统700可以对应于图1的计算设备100。计算机系统700可以被包括在支持虚拟化的数据中心内。数据中心内的虚拟化导致使用虚拟机对物理系统进行虚拟化,以整合数据中心基础架构并提高运营效率。虚拟机 (VM) 可以是计算机硬件的基于程序的仿真。例如,VM可以基于与硬盘或其他这样的存储器相关联的计算机硬件资源的计算机架构和功能来操作。VM可以模拟物理环境,但是对硬盘或存储器的请求可以由计算设备的虚拟化层来管理,以将这些请求翻译成底层物理计算硬件资源。这种类型的虚拟化会导致多个虚拟机共享物理资源。

[0089] 在某些实施中,计算机系统700可(例如,通过网络,如局域网 (LAN)、内联网、外联网或互联网) 连接至其他计算机系统。计算机系统700可以在客户端-服务器环境中作为服务器或客户端计算机运行,或者在对等或分布式网络环境中作为对等计算机运行。计算机系统700可以由个人计算机 (PC)、平板PC、机顶盒 (STB)、个人数字助理 (PDA)、蜂窝电话、网络设备、服务器、网络路由器、交换机或网桥,或者能够执行指定该设备要采取的动作的一

组指令(顺序或其他)的任何设备来提供。此外,术语“计算机”应包括单独或联合执行一组(或多组)指令以执行这里描述的任何一种或多种方法的任何计算机集合。

[0090] 在另一方面,计算机系统700可包括处理设备702、易失性存储器704(例如,随机存取存储器(RAM))、非易失性存储器706(例如,只读存储器(ROM)或电可擦除可编程只读存储器(EEPROM))和数据存储设备716,它们可通过总线708相互通信。

[0091] 处理设备702可由一个或多个处理器提供,例如通用处理器(例如,复杂指令集计算(CISC)微处理器、精简指令集计算(RISC)微处理器、超长指令字(VLIW)微处理器、实现其他类型指令集的微处理器或实现多种指令集组合的微处理器)或专用处理器(例如,专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)、数字信号处理器(DSP)或网络处理器)

[0092] 计算机系统700可进一步包括网络接口设备722。计算机系统700还可以包括视频显示单元710(例如,LCD)、字母-数字输入设备712(例如,键盘)、光标控制设备714(例如,鼠标)和信号生成设备720。

[0093] 数据存储设备716可包括非暂时性计算机可读存储介质724,其上可存储编码本文所述任何一种或多种方法或功能的指令726,包括用于实施方法400或500的指令。

[0094] 在计算机系统700执行指令726期间,指令726也可完全或部分位于易失性存储器704和/或处理设备702内,因此,易失性存储器704和处理设备702也可构成机器可读存储介质。

[0095] 虽然计算机可读存储介质724在说明性示例中显示为单个介质,但术语“计算机可读存储介质”应包括存储一组或多组可执行指令的单个介质或多个介质(例如,集中式或分布式数据库,和/或相关的缓存和服务器等)。术语“计算机可读存储介质”还应包括能够存储或编码一组由计算机执行的指令的任何有形介质,所述指令使计算机执行这里描述的任何一种或多种方法。术语“计算机可读存储介质”应包括但不限于固态存储器、光学介质和磁性介质。

[0096] 其他计算机系统设计和配置也适用于实施本文所述的系统和方法。以下示例说明了根据本公开的一个或多个方面的各种实施方式。

[0097] 本文所述的方法、部件和特征可由离散硬件部件实施,或可集成在其他硬件部件的功能中,如ASICs、FPGA、DSP或类似设备。此外,这些方法、组件和特征可以由硬件设备内的固件模块或功能电路来实现。此外,这些方法、组件和特征可以在硬件设备和计算机程序组件的任意组合中或者在计算机程序中实现。

[0098] 除非另有具体说明,否则术语,如“确定”、“导出”、“加密”、“创建”、“生成”、“使用”、“访问”、“执行”、“获得”、“存储”、“传输”、“提供”、“建立”、“接收”、“识别”、“启动”等,是指由计算机系统执行或实施的动作和过程,其将计算机系统寄存器和存储器内表示为物理(电子)量的数据操纵和转换为计算机系统存储器或寄存器或其他此类信息存储、传输或显示设备内类似表示为物理量的其他数据。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”、“第四”等。如在此所使用的,意味着作为标签来区分不同的元件,并且根据它们的数字名称可能不具有顺序意义。

[0099] 本文所述的示例还涉及用于执行本文所述方法的仪器。该仪器可以被专门构造用于执行这里描述的方法,或者它可以包括由存储在计算机系统内的计算机程序选择性编程的通用计算机系统。这种计算机程序可以存储在计算机可读有形存储介质中。

[0100] 本文所述的方法和说明性示例并非固有地与任何特定的计算机或其他仪器相关。根据这里描述的教导,可以使用各种通用系统,或者可以证明构造更专用的仪器来执行方法400或500和/或其每个单独的功能、例程、子例程或操作是方便的。以上描述中阐述了各种这些系统的结构示例。

[0101] 示例1是一种方法,包括:响应于处理设备接收到请求延迟中断的第一中断延迟指令,禁止由处理设备传送中断;在禁止中断传送之后,接收一个或多个中断请求;以及响应于确定满足延迟终止标准,传送一个或多个中断,其中每个中断由相应的一个中断请求指定。

[0102] 示例2为示例1的方法,还包括:接收第二中断延迟指令,请求传送延迟的和后续的中断,其中响应于接收第二中断延迟指令,满足延迟终止标准。

[0103] 示例3为示例2的方法,还包括:响应于接收到第二中断延迟指令,启用由处理设备进行的中断的传送。

[0104] 示例4为示例2的方法,其中,第一中断延迟指令位于处理设备的指令集中,并通过指定中断传送将被延迟的参数调用,第二中断延迟指令位于处理设备的指令集中,并通过指定中断传送将被恢复的参数调用。

[0105] 示例5为示例2的方法,其中,处理设备的指令集中的第一中断延迟指令和第一中断延迟指令在被执行时,使得中断传送被延迟,第二中断延迟指令在处理设备的指令集中,第二中断延迟指令在被执行时,使得中断传送恢复。

[0106] 示例6为示例2的方法,其中第一中断延迟指令和第二中断延迟指令由在处理设备的非特权模式下执行的程序代码调用。

[0107] 示例7为示例1的方法,其中传送一个或多个中断包括为一个或多个中断请求中的每一个调用与中断请求相关的相应中断处理程序。

[0108] 示例8为示例1的方法,还包括:根据与自接收第一中断延迟指令起已过去的时间量相对应的数值差值,确定是否满足超时标准,其中如果满足超时标准,则满足延迟终止标准。

[0109] 示例9为示例8的方法,其中如果数值差值超过阈值超时值,则满足超时标准。

[0110] 示例10为示例9的方法,其中根据当前计数器值和阈值计数器值确定数值差值,其中当前计数器值对应于自接收中断延迟指令以来应用任务已执行的时间量,并且其中阈值计数器值从操作系统监管机接收。

[0111] 示例11为示例10的方法,其中,所述阈值计数器值由所述操作系统监管机根据应用任务的时间片中的时间量来确定。

[0112] 示例12为示例8的方法,其中,根据当前时间和中断传送被禁止的时间之间的差异,确定数值差值。

[0113] 示例13为示例8的方法,其中数值差值对应于自中断传送被禁止以来由处理设备执行的指令数量。

[0114] 示例14为示例1的方法,其中在中断被禁止时接收一个或多个中断请求。

[0115] 示例15为示例1的方法,还包括:将一个或多个中断请求中的每一个存储在数据结构中,其中传送一个或多个中断包括从数据结构中检索一个或多个中断请求。

[0116] 示例16为存储有指令的非暂时性机器可读存储介质,该指令使处理设备执行包括

以下的操作:由处理设备上的第一执行线程调用延迟中断指令,延迟中断指令使处理设备延迟中断的传送,直到满足至少一个延迟终止标准;以及执行访问共享资源的一个或多个操作,该共享资源也可由第二执行线程访问。

[0117] 示例17为示例16的非暂时性机器可读存储介质,其中,延迟中断指令为处理设备指令集的指令。

[0118] 示例18为示例16的非暂时性机器可读存储介质,还包括:由第一线程调用恢复中断指令,使处理设备恢复中断的传送;以及由第一线程从处理设备接收一个或多个延迟中断,其中每个延迟中断是在调用延迟中断指令和调用恢复中断指令之间请求的。

[0119] 示例19为示例16的非暂时性机器可读存储介质,其中响应于接收到延迟中断指令,满足延迟终止标准。

[0120] 示例20为示例16的非暂时性机器可读存储介质,其中,如果自调用延迟中断指令以来已经过去的时间量至少为阈值超时值,则满足延迟终止标准。

[0121] 示例21为示例16的非暂时性机器可读存储介质,还包括:在超时时段到期后,由第一线程从处理设备接收一个或多个延迟中断,其中每个延迟中断是在调用延迟中断指令和超时时段到期之间请求的。

[0122] 示例22为示例21的非暂时性机器可读存储介质,其中接收一个或多个延迟中断包括为每个延迟中断执行中断处理程序的程序代码指令。

[0123] 示例23为示例16的非暂时性机器可读存储介质,还包括:在由第一执行线程调用之前,由处理设备接收中断延迟在设备上可用的指示。

[0124] 示例24是一种系统,包括:存储设备;以及可操作地耦合到存储设备的处理设备,用于执行包括以下的操作:响应于由处理设备接收到请求延迟中断的第一中断延迟指令,禁止由处理设备传送中断;在禁止中断传送之后,接收一个或多个中断请求;以及响应于确定满足延迟终止标准,传送一个或多个中断,其中每个中断由相应的一个中断请求指定;接收请求传送延迟的和后续的中断的第二中断延迟指令,其中响应于接收第二中断延迟指令,满足延迟终止标准。

[0125] 示例25为示例24的系统,还包括:响应于接收到第二中断延迟指令,启用由处理设备进行的中断的传送。

[0126] 示例26为示例24的系统,其中,第一中断延迟指令位于处理设备的指令集中,并通过指定中断传送将被延迟的参数被调用,第二中断延迟指令位于处理设备的指令集中,并通过指定中断传送将被恢复的参数被调用。

[0127] 示例27为示例24的系统,其中,第一中断延迟指令在处理设备的指令集中,并且第一中断延迟指令在被执行时使得中断传送被延迟,并且第二中断延迟指令在处理设备的指令集中,并且第二中断延迟指令在被执行时使得中断传送恢复。

[0128] 示例28为示例24的系统,还包括:根据与自接收第一中断延迟指令起已过去的时间量相对应的数值差值,确定是否满足超时标准,其中如果满足超时标准,则满足延迟终止标准。

[0129] 示例29是一种方法,包括:由处理设备上的第一执行线程调用延迟中断指令,使处理设备延迟中断的传送,直到满足至少一个延迟终止标准;执行访问可由第二执行线程访问的共享资源的一个或多个操作;以及由第一线程调用恢复中断指令,该指令使得处理设

备恢复中断的传送;以及由第一线程从处理设备接收一个或多个延迟中断,其中每个延迟中断是在调用延迟中断指令和调用恢复中断指令之间请求的。

[0130] 示例30为示例29的方法,其中延迟中断指令为处理设备指令集的指令。

[0131] 示例31为示例29的方法,其中接收一个或多个延迟中断包括为每个延迟中断执行中断处理程序的程序代码指令。

[0132] 示例32为示例29的方法,其中响应于接收到延迟中断指令,满足延迟终止标准。

[0133] 示例33为示例29的方法,其中,如果自调用延迟中断指令以来已经过去的时间量至少为阈值超时值,则满足延迟终止标准。

[0134] 示例34为示例29的方法,还包括:在超时时段到期后,由第一线程从处理设备接收一个或多个延迟中断,其中每个延迟中断是在调用延迟中断指令和超时时段到期之间请求的。

[0135] 示例35为一种装置,包括:用于响应处理设备接收到请求延迟中断的延迟中断指令,禁止处理设备传送中断的部件;用于在禁止中断传送之后接收一个或多个中断请求的部件;用于响应于确定满足延迟终止标准,传送一个或多个中断的部件,其中每个中断由中断请求中相应的一个指定;用于接收请求传送延迟的和后续的中断的恢复中断指令的部件,其中响应于接收到恢复中断指令,满足延迟终止标准;以及用于响应于接收到恢复中断指令,使处理设备能够传送后续的中断的部件。

[0136] 示例36为示例34的装置,其中,延迟中断指令和恢复中断指令为处理设备指令集中的指令。

[0137] 示例37为示例34的装置,其中,第一中断延迟指令在被执行时使得中断传送被延迟,并且第二中断延迟指令在被执行时使得中断传送恢复。

[0138] 示例38为示例34的装置,其中,延迟中断指令和恢复中断指令由在处理设备的非特权模式下执行的程序代码调用。

[0139] 示例39为示例34的装置,其中,用于传送一个或多个中断的部件包括用于为一个或多个中断请求中的每一个调用与中断请求相关联的相应中断处理程序的部件。

[0140] 示例40为示例34的装置,还包括:用于根据与自接收到延迟中断指令起已过去的时间量相对应的数值差值,确定是否满足超时标准的部件,其中如果满足超时标准,则满足延迟终止标准。

[0141] 上述说明旨在说明,而非限制。尽管已经参考具体的说明性示例和实施方式描述了本公开,但是将会认识到,本公开不限于所描述的示例和实施方式。本公开的范围应当参照所附权利要求以及权利要求的等同物的全部范围来确定。

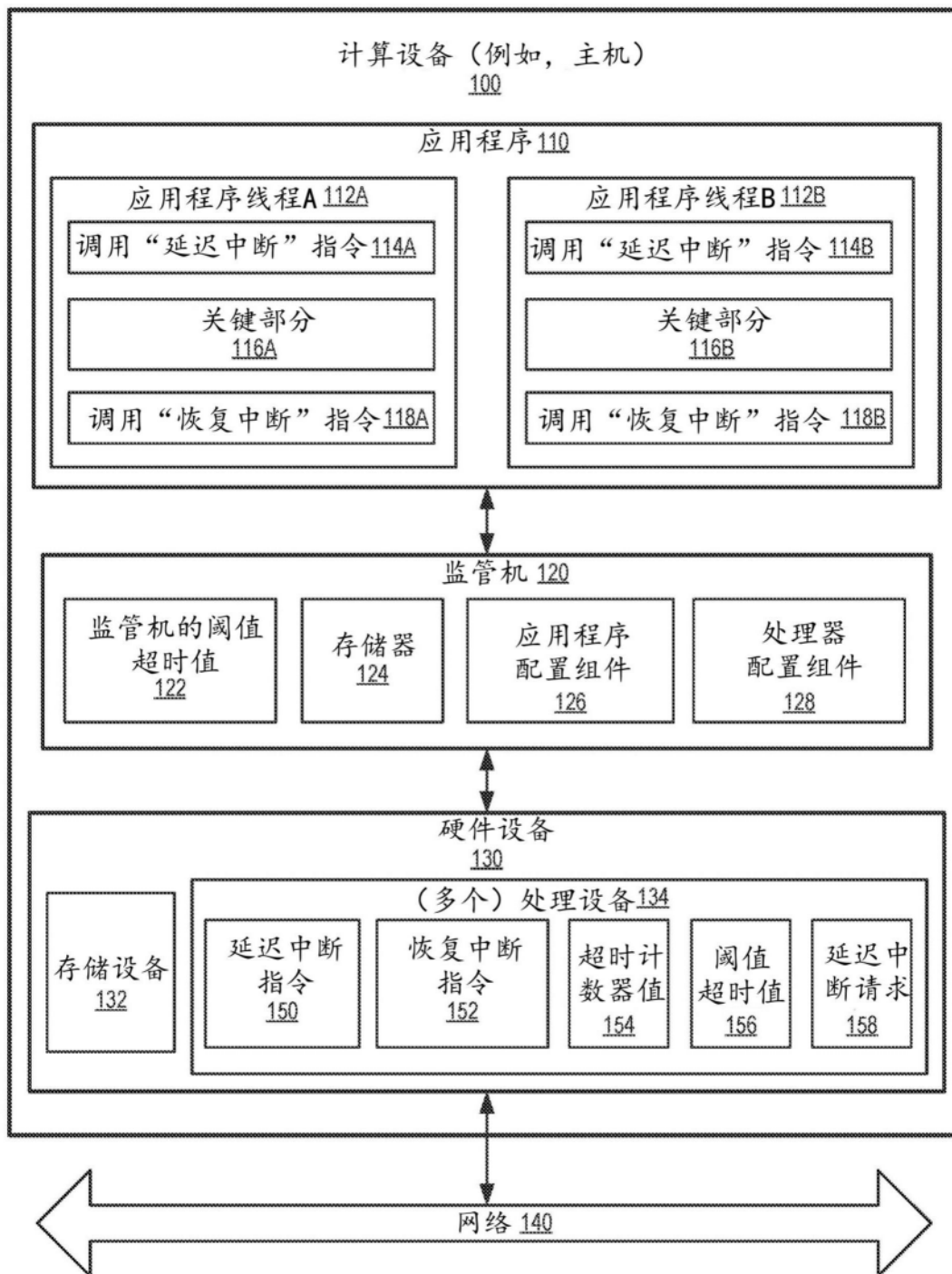


图1

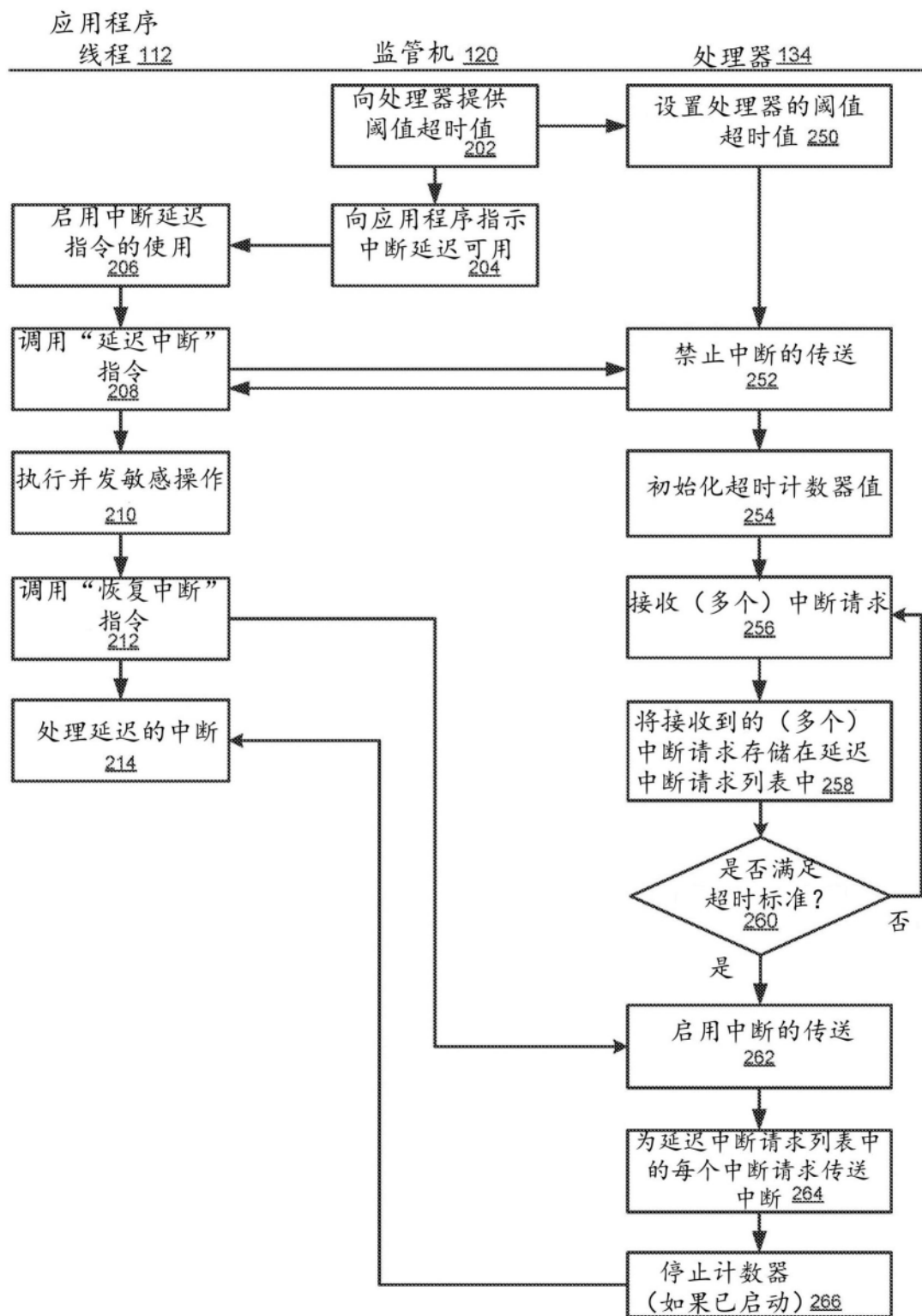


图2

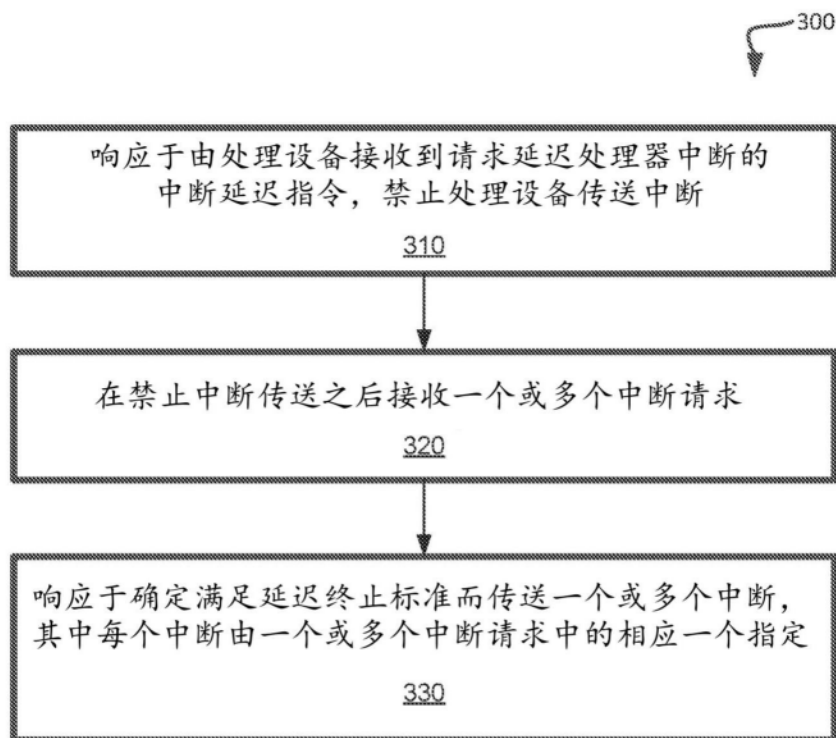


图3

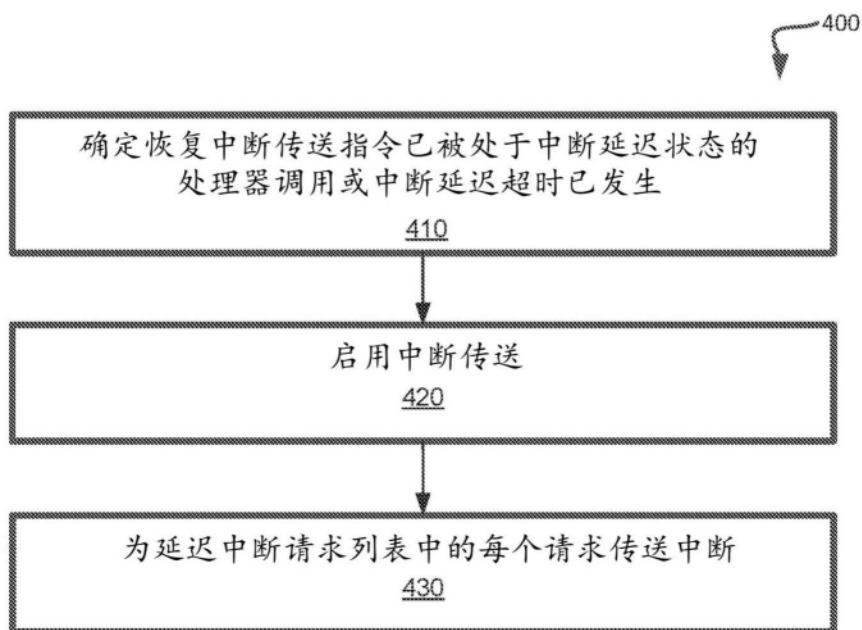


图4

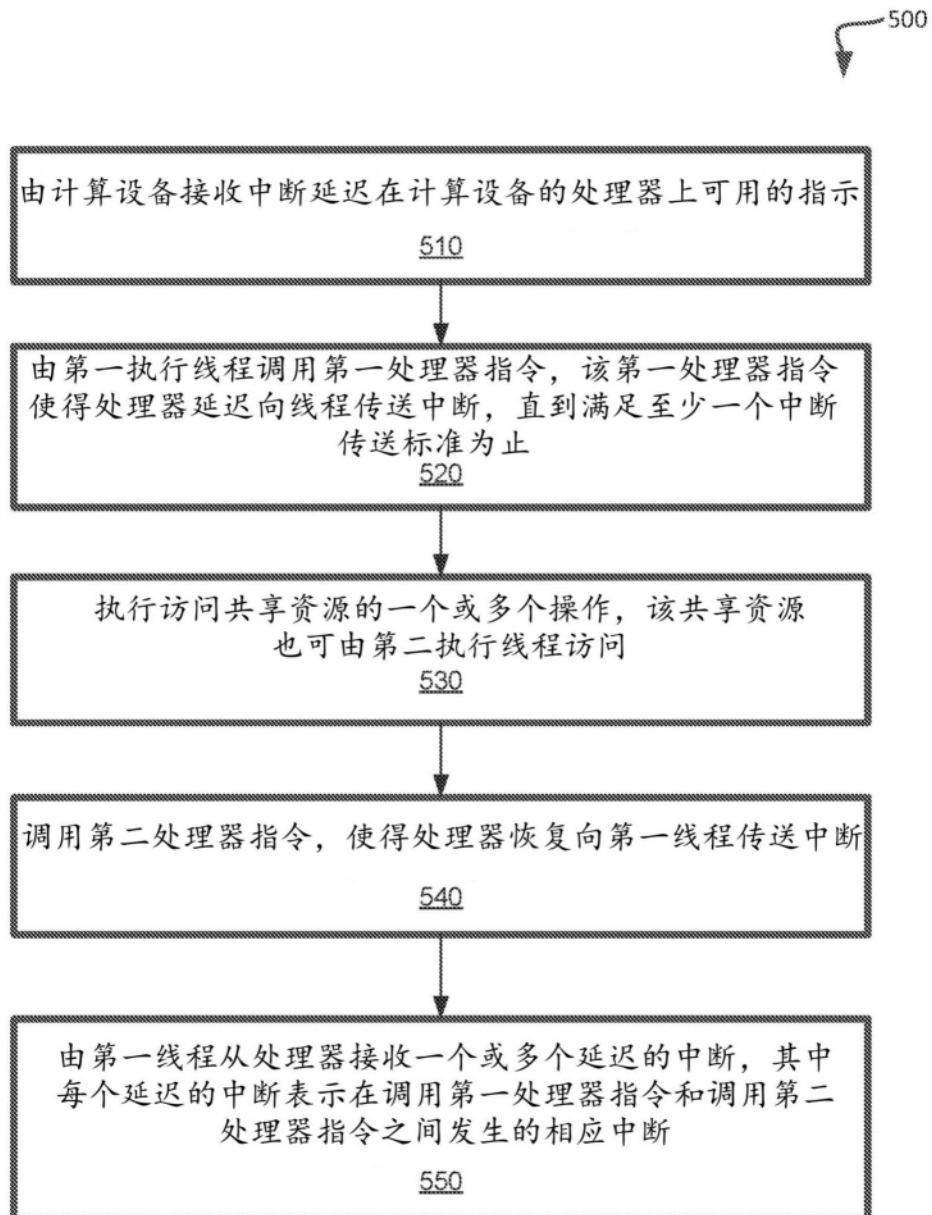
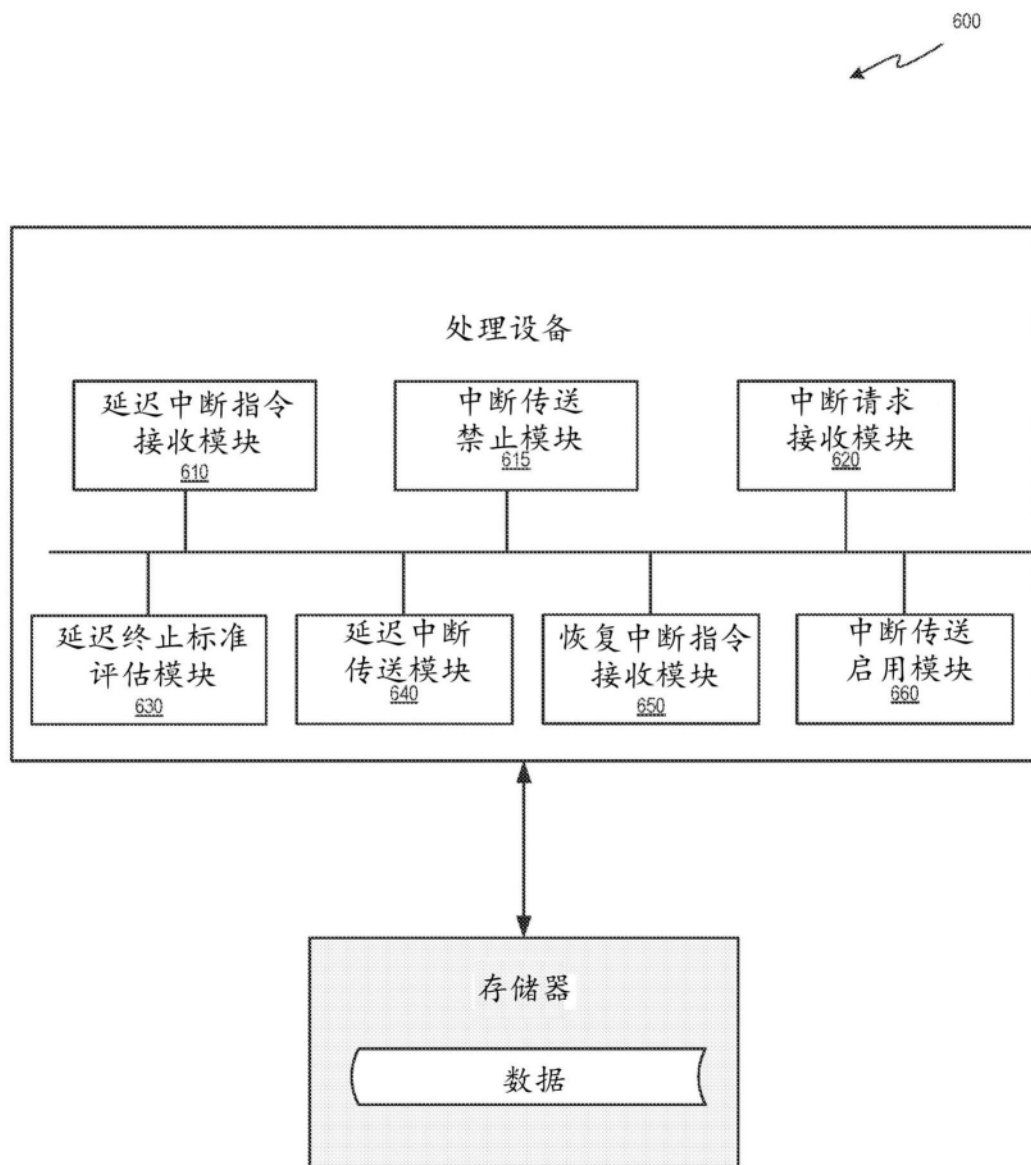


图5



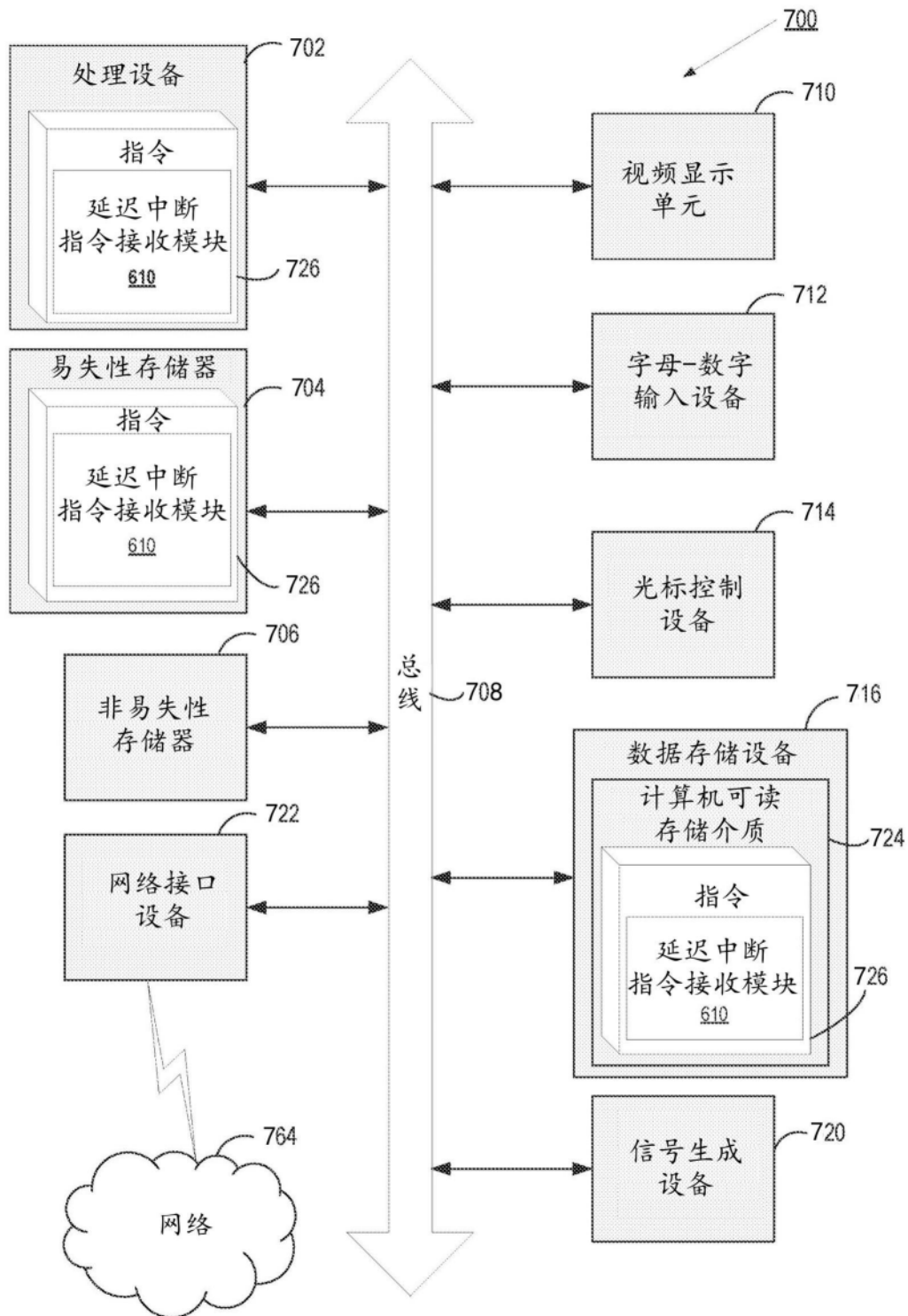


图7