



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103106111 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 27

(21) 申请号 201310034828. 4

CN 101154180 A, 2008. 04. 02,

(22) 申请日 2013. 01. 30

CN 101051280 A, 2007. 10. 10,

(73) 专利权人 迈普通信技术股份有限公司

审查员 梁艳

地址 610041 四川省成都市高新区九兴大道
16 号迈普大厦

(72) 发明人 何三波 许锋

(74) 专利代理机构 成都虹桥专利事务所（普通
合伙） 51124

代理人 刘世平

(51) Int. Cl.

G06F 9/48(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101145125 A, 2008. 03. 19,

权利要求书2页 说明书5页 附图3页

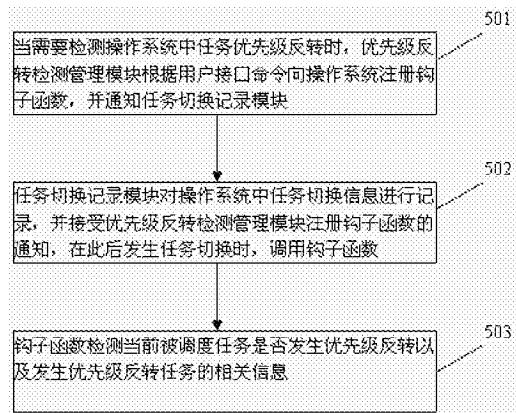
EP 1873640 A2, 2008. 01. 02,

(54) 发明名称

多任务操作系统中任务优先级反转的检测系
统及方法

(57) 摘要

本发明涉及计算机多任务操作系统领域，其公开了一种在基于任务优先级调度的多任务操作系统中任务优先级反转的检测方法，快速定位任务优先级反转的相关信息；该方法包括：a. 当需要检测操作系统中任务优先级反转时，优先级反转检测管理模块根据用户接口命令向操作系统注册钩子函数，并通知任务切换记录模块；b. 任务切换记录模块对操作系统中任务切换信息进行记录，并接受优先级反转检测管理模块注册钩子函数的通知，在此后发生任务切换时，调用钩子函数；c. 钩子函数检测当前被调度任务是否发生优先级反转以及发生优先级反转任务的相关信息。此外，本发明还公开了相应的检测系统，适用于计算机多任务操作系统。



1. 多任务操作系统中任务优先级反转的检测系统,其特征在于,包括:

任务切换记录模块,用于对操作系统中任务切换信息进行记录,并接受优先级反转检测管理模块注册钩子函数的通知,在此后发生任务切换时,调用钩子函数;

优先级反转检测管理模块,用于根据用户接口命令向操作系统注册或注销钩子函数,在注册钩子函数时通知任务切换记录模块,所述钩子函数在操作系统中任务发生切换时被调用,以检测当前被调度任务是否发生优先级反转及发生优先级反转任务的相关信息;

所述任务切换记录模块对操作系统中任务切换信息进行记录包括:通过建立环形队列记录操作系统中的任务切换轨迹,同时使用任务切换次数变量来记录任务切换次数;所述环形队列中的每个元素对应操作系统中任务切换时被调度任务的任务控制块。

2. 如权利要求1所述的多任务操作系统中任务优先级反转的检测系统,其特征在于,所述通过建立环形队列记录操作系统中的任务切换轨迹的方法是:在发生任务切换时,依据任务切换变量记录的当前任务切换次数将当前被调度任务的任务控制块记录在环形队列中对应的位置。

3. 如权利要求1或2所述的多任务操作系统中任务优先级反转的检测系统,其特征在于,所述钩子函数检测当前被调度任务是否发生优先级反转的方法是:检测当前被调度任务的任务控制块中运行优先级字段与配置优先级字段值是否相同,如果不同,则判定该任务的优先级发生了反转。

4. 如权利要求1或2所述的多任务操作系统中任务优先级反转的检测系统,其特征在于,所述发生优先级反转任务的相关信息包括:被反转任务获取的信号量及其阻塞的高优先级任务。

5. 多任务操作系统中任务优先级反转的检测方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

a. 当需要检测操作系统中任务优先级反转时,优先级反转检测管理模块根据用户接口命令向操作系统注册钩子函数,并通知任务切换记录模块;

b. 任务切换记录模块对操作系统中任务切换信息进行记录,并接受优先级反转检测管理模块注册钩子函数的通知,在此后发生任务切换时,调用钩子函数;

c. 钩子函数检测当前被调度任务是否发生优先级反转以及发生优先级反转任务的相关信息;

步骤b中,所述任务切换记录模块对操作系统中任务切换信息进行记录包括:通过建立环形队列记录操作系统中的任务切换轨迹,同时使用任务切换次数变量来记录任务切换次数;所述环形队列中的元素对应操作系统中任务切换时被调度任务的任务控制块。

6. 如权利要求5所述的多任务操作系统中任务优先级反转的检测方法,其特征在于,所述通过建立环形队列记录操作系统中的任务切换轨迹的方法是:在发生任务切换时,依据任务切换变量记录的当前任务切换次数将当前被调度任务的任务控制块记录在环形队列中对应的位置。

7. 如权利要求5或6所述的多任务操作系统中任务优先级反转的检测方法,其特征在于,步骤c中,所述钩子函数检测当前被调度任务是否发生优先级反转的方法是:检测当前被调度任务的任务控制块中运行优先级字段与配置优先级字段值是否相同,如果不同,则判定该任务的优先级发生了反转。

8. 如权利要求 5 或 6 所述的多任务操作系统中任务优先级反转的检测方法, 其特征在于, 所述发生优先级反转任务的相关信息包括: 被反转任务获取的信号量及其阻塞的高优先级任务, 所述钩子函数检测发生优先级反转任务的相关信息的具体方法是:

钩子函数执行时若检测到当前被调度任务的优先级反转, 则在任务切换轨迹中检测此前被调度的任务: 若在任务切换轨迹中, 某高优先级任务被阻塞信号量的所有者为当前被调度任务, 且该高优先级任务的运行优先级等于当前被调度任务的运行优先级, 则判定出该高优先级任务被阻塞在某互斥信号量上, 且该互斥信号量被当前被调度任务获取, 操作系统将当前被调度任务的优先级进行了反转。

多任务操作系统中任务优先级反转的检测系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及计算机多任务操作系统领域,特别涉及一种在基于任务优先级调度的多任务操作系统中任务优先级反转的检测系统及方法。

背景技术

[0002] 在 vxWorks 多任务操作系统中,一个低优先级任务获取某个互斥信号量后,可能被高优先级任务抢占,发生任务切换。为了解决该问题,当某个高优先级任务也欲获取该信号量时,操作系统将把低优先级任务的优先级反转提高到与等待该信号量的任务中最高优先级相等,从而保证占用互斥信号量的低优先级任务优先执行,以尽快释放资源。为了防止多个任务抢占同一个资源而导致系统崩溃,在基于优先级调度的操作系统中,这样的任务优先级的反转是必要的,但某些时候,操作系统中发生任务优先级反转后,可能会带来一些问题,例如某些低优先级任务由于运行时间长,如果这类低优先级任务的优先级被反转,就不能被高优先级任务抢占,导致高优先任务得不到及时调度。因此,我们有必要知道低优先级任务反转的相关信息:低优先级任务获取了哪个互斥信号量后,该信号量阻塞了哪个高优先级任务导致低优先级任务的优先级反转,对于某些优先级不能被反转的低优先级任务,在软件实现时需要与高优先级任务尽量减少资源共享,避免低优先级任务的优先级被反转。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是:提出一种多任务操作系统中任务优先级反转的检测系统及方法,快速定位任务优先级反转的相关信息。

[0004] 本发明解决上述技术问题所采用的方案是:多任务操作系统中任务优先级反转的检测系统,包括:

[0005] 任务切换记录模块,用于对操作系统中任务切换信息进行记录,并接受优先级反转检测管理模块注册钩子函数的通知,在此后发生任务切换时,调用钩子函数;

[0006] 优先级反转检测管理模块,用于根据用户接口命令向操作系统注册或注销钩子函数,在注册钩子函数时通知任务切换记录模块,所述钩子函数在操作系统中任务发生切换时被调用,以检测当前被调度任务是否发生优先级反转及发生优先级反转任务的相关信息。

[0007] 进一步,所述任务切换记录模块对操作系统中任务切换信息进行记录包括:通过建立环形队列记录操作系统中的任务切换轨迹,同时使用任务切换次数变量来记录任务切换次数;所述环形队列中的元素对应操作系统中任务切换时被调度任务的任务控制块。

[0008] 进一步,所述通过建立环形队列记录操作系统中的任务切换轨迹的方法是:在发生任务切换时,依据任务切换变量记录的当前任务切换次数将当前被调度任务的任务控制块记录在环形队列中对应的位置。

[0009] 进一步,所述钩子函数检测当前被调度任务是否发生优先级反转的方法是:检测

当前被调度任务的任务控制块中运行优先级字段与配置优先级字段值是否相同,如果不同,则判定该任务的优先级发生了反转。

[0010] 进一步,所述发生优先级反转任务的相关信息包括:被反转任务获取的信号量及其阻塞的高优先级任务。

[0011] 此外,本发明还提出了一种多任务操作系统中任务优先级反转的检测方法,该方法包括以下步骤:

[0012] a. 当需要检测操作系统中任务优先级反转时,优先级反转检测管理模块根据用户接口命令向操作系统注册钩子函数,并通知任务切换记录模块;

[0013] b. 任务切换记录模块对操作系统中任务切换信息进行记录,并接受优先级反转检测管理模块注册钩子函数的通知,在此后发生任务切换时,调用钩子函数;

[0014] c. 钩子函数检测当前被调度任务是否发生优先级反转以及发生优先级反转任务的相关信息。

[0015] 进一步,步骤b中,所述任务切换记录模块对操作系统中任务切换信息进行记录包括:通过建立环形队列记录操作系统中的任务切换轨迹,同时使用任务切换次数变量来记录任务切换次数;所述环形队列中的元素对应操作系统中任务切换时被调度任务的任务控制块。

[0016] 具体的,所述通过建立环形队列记录操作系统中的任务切换轨迹的方法是:在发生任务切换时,依据任务切换变量记录的当前任务切换次数将当前被调度任务的任务控制块记录在环形队列中对应的位置。

[0017] 进一步,步骤c中,所述钩子函数检测当前被调度任务是否发生优先级反转的方法是:检测当前被调度任务的任务控制块中运行优先级字段与配置优先级字段值是否相同,如果不同,则判定该任务的优先级发生了反转。

[0018] 进一步,所述发生优先级反转任务的相关信息包括:被反转任务获取的信号量及其阻塞的高优先级任务,所述钩子函数检测发生优先级反转任务的相关信息的具体方法是:

[0019] 钩子函数执行时若检测到当前被调度任务的优先级反转,则在任务切换轨迹中检测此前被调度的任务:若在任务切换轨迹中,某高优先级任务被阻塞信号量的所有者为当前被调度任务,且该高优先级任务的运行优先级等于当前被调度任务的运行优先级,则判定出该高优先级任务被阻塞在某互斥信号量上,且该互斥信号量被当前被调度任务获取,操作系统将当前被调度任务的优先级进行了反转。

[0020] 本发明的有益效果是:检测方法简单,不需要修改操作内核代码,实现快速定位任务优先级反转及其相关信息,进而解决由任务优先级反转带来的问题:例如某些低优先级任务由于运行时间长,就不能被高优先级任务抢占,导致高优先任务得不到及时调度。

附图说明

[0021] 图1为本发明中多任务操作系统中任务优先级反转的检测系统示意图;

[0022] 图2为任务切换轨迹示意图;

[0023] 图3为实施例中任务优先级被一次反转的示意图;

[0024] 图4为实施例中任务优先级被多次反转的示意图;

[0025] 图 5 为本发明中多任务操作系统中任务优先级反转的检测方法流程图。

具体实施方式

[0026] 参见图 1, 本发明中多任务操作系统中任务优先级反转的检测系统包括任务切换记录模块及优先级反转检测管理模块; 其中,

[0027] 任务切换记录模块, 用于对操作系统中任务切换信息进行记录, 并接受优先级反转检测管理模块注册钩子函数的通知, 在此发生任务切换时, 调用钩子函数。

[0028] 优先级反转检测管理模块, 用于根据用户接口命令向操作系统注册或注销钩子函数, 在注册钩子函数时通知任务切换记录模块, 所述钩子函数在操作系统中任务发生切换时被调用, 以检测当前被调度任务是否发生优先级反转及发生优先级反转任务的相关信息。

[0029] 实施例:

[0030] 以 vxWorks 操作系统为例, 在 vxWorks 操作系统中, 使用一个结构体来管理任务, 可以称此结构体为任务控制块, 任务控制块和任务一一对应, 任务控制块中有任务运行的各项信息字段, 包括: 任务运行优先级字段、配置优先级字段和被阻塞互斥信号量字段, 配置优先级在系统运行过程不变, 除非用户强制修改, 而运行优先级在系统运行过程中可以被系统反转, 在任务的运行优先级没有被反转的情形下, 运行优先级与配置优先级相等; 被阻塞互斥信号量字段表示此任务由于取不到某互斥信号量而阻塞在此互斥信号量上。并且, 在 vxWorks 操作系统中, 也使用一个结构体来管理信号量, 可以称此结构体为信号量控制块。对于互斥信号量来说, 信号量控制块中, 所有者字段表示已经获取该信号量的任务的任务控制块。

[0031] 本实施例中采用一个元素个数为 n 的环形队列 $T=\{T[0], T[1], \dots, T[n-1]\}$ 记录操作系统最近 n 次任务切换轨迹。其中队列的元素 $T[i]$ ($i=0, 1, 2, \dots, n-1$) 表示操作系统某次调度的任务的任务控制块。此外, 本实施例还使用一个全局变量 j 记录钩子函数被注册后任务切换的次数。钩子函数执行时根据 j 值在环形队列中对应位置记录当前调度任务的控制块, 设置钩子函数执行时的当前任务控制块为 T_j , 则 $T[j \% n] = T_j$, 接着更新 j 的值: $j=j+1$ 。如此, 经过操作系统的任务多次切换后, 便形成了如图 2 所示的任务切换轨迹: 即操作系统第 0 次任务切换时, 当前调度任务控制块为 T_0 , 则 $T[0]=T_0$; 第 1 次任务切换时, 当前调度任务的控制块 T_1 , $T[1]=T_1$; ...; 第 $n-1$ 次调度时, 当前调度任务控制块为 T_{n-1} , $T[n-1]=T_{n-1}$; 第 n 次任务切换时, 当前调度任务控制块 T_n , $T[(n \% n)]=T[0]=T_n$; 第 $n+1$ 次任务切换时, 当前调度任务的控制块 T_{n+1} , $T[(n+1 \% n)]=T[1]=T_{n+1}$; 以此类推;

[0032] 钩子函数在发生任务切换时被调用, 检测当前被调度任务是否发生优先级反转: 检测当前被调度任务的任务控制块中运行优先级字段与配置优先级字段值是否相同, 如果不同, 则判定该任务的优先级发生了反转; 若检测到当前被调度任务发生了优先级反转, 则在任务切换轨迹中检测此前被调度的任务: 若在任务切换轨迹中, 某高优先级任务被阻塞信号量的所有者为当前被调度任务, 且该高优先级任务的运行优先级等于当前被调度任务的运行优先级, 则判定出该高优先级任务被阻塞在某互斥信号量上, 且该互斥信号量被当前被调度任务获取, 操作系统将当前被调度任务的优先级进行了反转。

[0033] 图 3 给出了任务优先级被一次反转的情形, 如图 3 所示, 操作系统第 n 次任务切换

时,被调度任务为低优先级任务 task0,其控制块为 tcb0,则 $T[n \% n] = T[0] = tcb0$, task0 获取信号量 SEM_XXX 后, SEM_XXX 的所有者为 Task0 ;接着操作系统发生第 n+1 次任务切换,此时被调度任务 Task1 的控制块为 tcb1, $T[(n+1) \% n] = T[1] = tcb1$, 任务 Task1 欲取信号量 SEM_XXX,但取不到,把任务 Task0 的优先级进行反转,阻塞在信号量 SEM_XXX 上 ;接着发生第 n+2 次, n+3, n+4 次任务切换 ;其中在 n+4 次任务切换时,被调度任务为 Task0,显然, $T[(n+4) \% n] = T[4] = tcb0$,此时 Task0 的优先级已经被反转 ;

[0034] 在钩子函数检测到当前任务 Task0 的优先级发生了反转时,则逆向依次检测任务控制块 $T[3], T[2], T[1]$;则会检测到任务 Task1 被阻塞信号量 SEM_XXX 的所有者为 Task0,且 Task1 的运行优先级与任务 Task0 的运行优先级相等,则说明 :高优先级任务 Task1 欲获取信号量 SEM_XXX,但 SEM_XXX 时已经被任务 Task0 获得,操作系统将当前 Task0 的优先级进行了反转。

[0035] 图 4 给出了任务优先级被多次反转的情形,如图 4 所示,在第 n 次任务切换时,被调度任务为低优先级任务 Task0,其任务控制块为 tcb0, $T[(n) \% n] = T[0] = tcb0$;Task0 获取信号量 SEM_XXX 后, SEM_XXX 的所有者为 Task0 ;接着发生第 n+1 次任务切换,被调度任务为 Task1,其它任务控制块为 tcb1, $T[(n+1) \% n] = T[1] = tcb1$, Task1 获得信号量 SEM_YYY 后, SEM_YYY 的所有者为 Task1, Task1 欲获取信号量 SEM_XXX,将 task0 的优先级反转,并阻塞在信号量 SEM_XXX 上 ;接着发生第 n+2 次任务切换,被调度任务为 Task2,其任务控制块为 tcb2, $T[(n+2) \% n] = T[2] = tcb2$;Task2 欲取信号量 SEM_YYY,将 Task1 的任务优先级进行反转,还要将 Task0 的优先级进行反转,并被阻塞在信号量 SEM_YYY 上 ;第 n+3 次任务切换时,被调度任务为 Task0, $T[(n+3) \% n] = T[3] = tcb0$, Task0 的优先级已经被反转 ;第 n+4 次任务切换时,被调度任务为 task1, $T[(n+4) \% n] = T[4] = tcb1$, Task1 的任务优先级已经被反转。

[0036] 在钩子函数检测到 Task0 的优先级已经反转时,则逆向依次检测任务控制块 $T[2], T[1]$ 。则会检测到任务 Task1 的被阻塞信号量 SEM_XXX 的所有者为 Task0,且 Task1 的运行优先级与任务 Task0 的运行优先级相等,则说明 :高优先级任务 Task1 欲获取信号量 SEM_XXX,但 SEM_XXX 时已经被任务 Task0 获得,操作系统将当前 Task0 的优先级进行了反转。

[0037] 在钩子函数检测到 Task1 的优先级已经反转时,则逆向依次检测任务控制块 $T[3], T[2]$ 。则会检测到任务 Task2 的被阻塞信号量 SEM_YYY 的所有者为 Task1,且 Task2 的运行优先级与任务 Task1 的运行优先级相等,则说明 :高优先级任务 Task2 欲获取信号量 SEM_YYY,但 SEM_YYY 时已经被任务 Task1 获得,操作系统将当前 Task1 的优先级进行了反转。

[0038] 本发明中的多任务操作系统中任务优先级反转的检测方法流程如图 5 所示,其包括 :

[0039] 501. 当需要检测操作系统中任务优先级反转时,优先级反转检测管理模块根据用户接口命令向操作系统注册钩子函数,并通知任务切换记录模块;

[0040] 502. 任务切换记录模块对操作系统中任务切换信息进行记录,并接受优先级反转检测管理模块注册钩子函数的通知,在此后发生任务切换时,调用钩子函数;

[0041] 503. 钩子函数检测当前被调度任务是否发生优先级反转以及发生优先级反转任务的相关信息。

[0042] 在步骤 502 中,所述任务切换记录模块对操作系统中任务切换信息进行记录包括:通过建立环形队列记录操作系统中的任务切换轨迹,同时使用任务切换次数变量来记录任务切换次数;所述环形队列中的元素对应操作系统中任务切换时被调度任务的任务控制块。

[0043] 具体的,所述通过建立环形队列记录操作系统中的任务切换轨迹的方法是:在发生任务切换时,依据任务切换变量记录的当前任务切换次数将当前被调度任务的任务控制块记录在环形队列中对应的位置。

[0044] 在步骤 503 中,所述钩子函数检测当前被调度任务是否发生优先级反转的方法是:检测当前被调度任务的任务控制块中运行优先级字段与配置优先级字段值是否相同,如果不同,则判定该任务的优先级发生了反转。

[0045] 在步骤 503 中,所述发生优先级反转任务的相关信息包括:被反转任务获取的信号量及其阻塞的高优先级任务,所述钩子函数检测发生优先级反转任务的相关信息的具体方法是:

[0046] 钩子函数执行时若检测到当前被调度任务的优先级反转,则在任务切换轨迹中检测此前被调度的任务:若在任务切换轨迹中,某高优先级任务被阻塞信号量的所有者为当前被调度任务,且该高优先级任务的运行优先级等于当前被调度任务的运行优先级,则判定出该高优先级任务被阻塞在某互斥信号量上,且该互斥信号量被当前被调度任务获取,操作系统将当前被调度任务的优先级进行了反转。

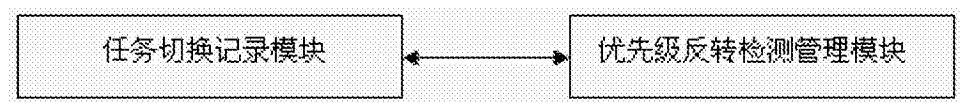


图 1

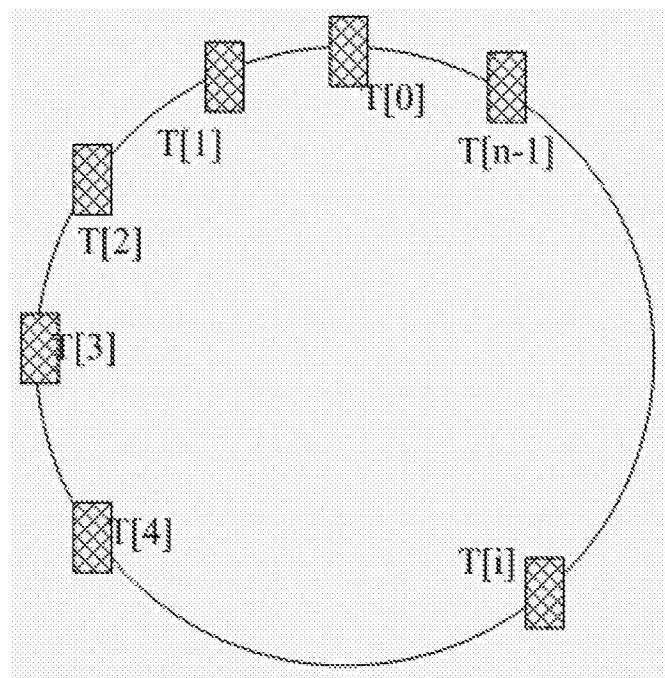


图 2

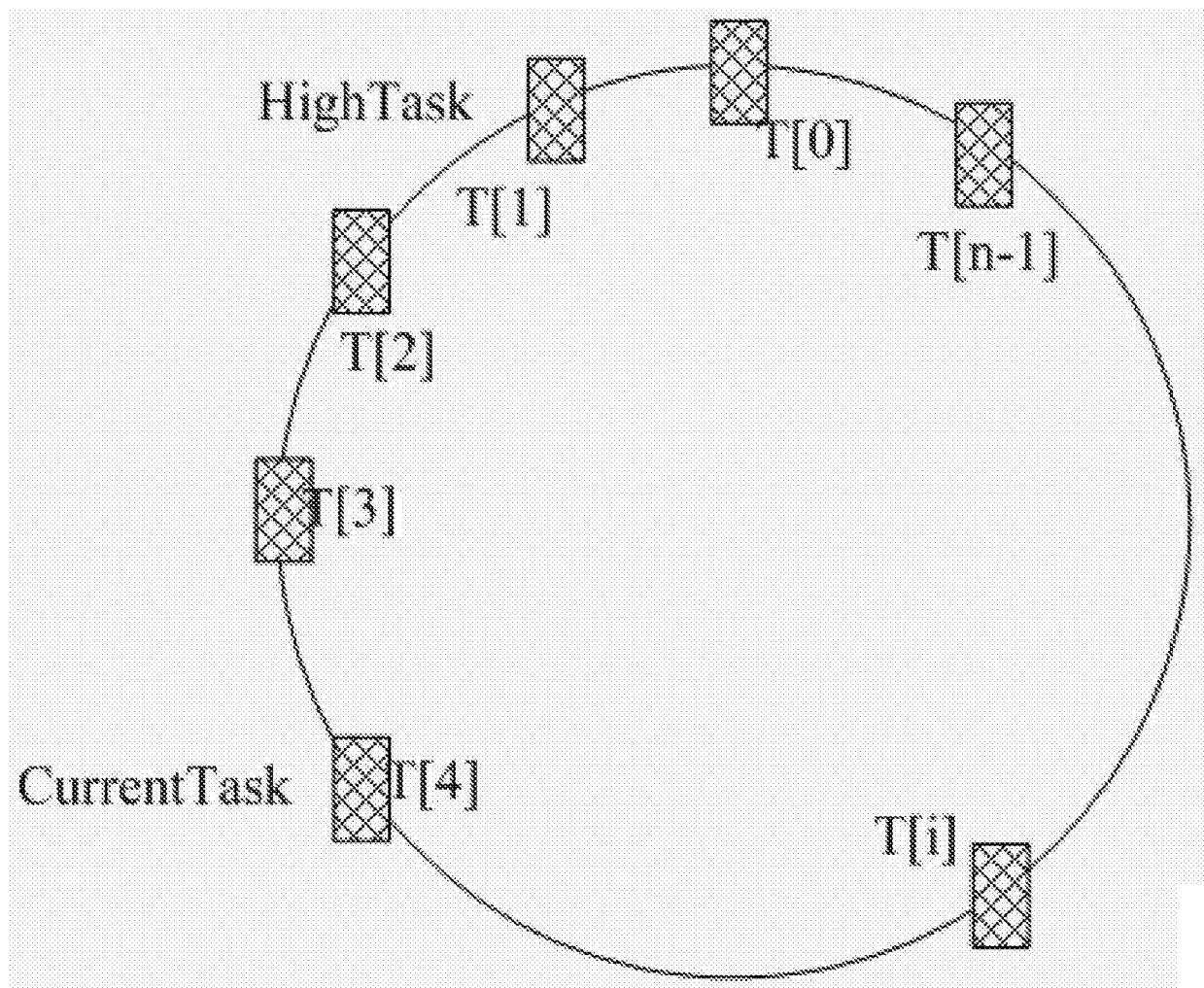


图 3

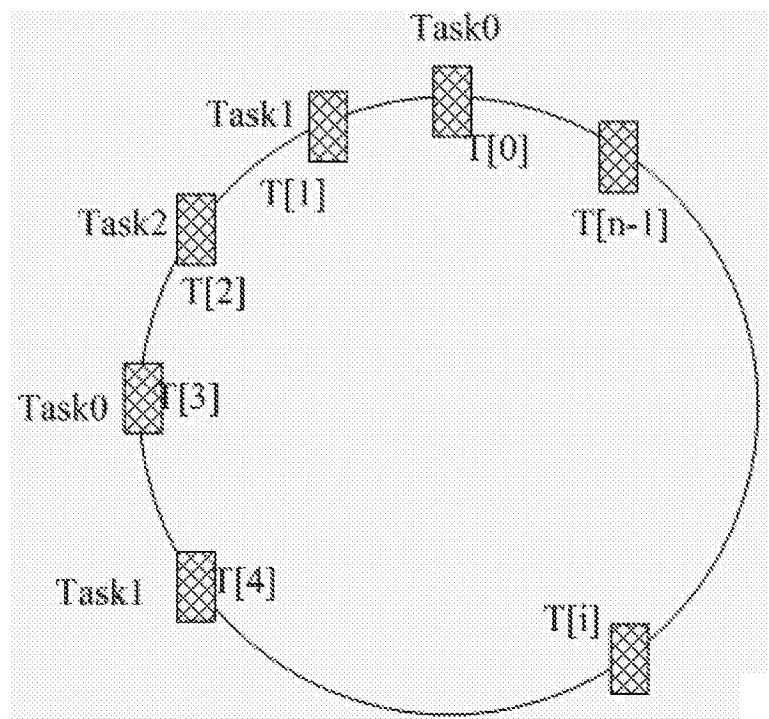


图 4

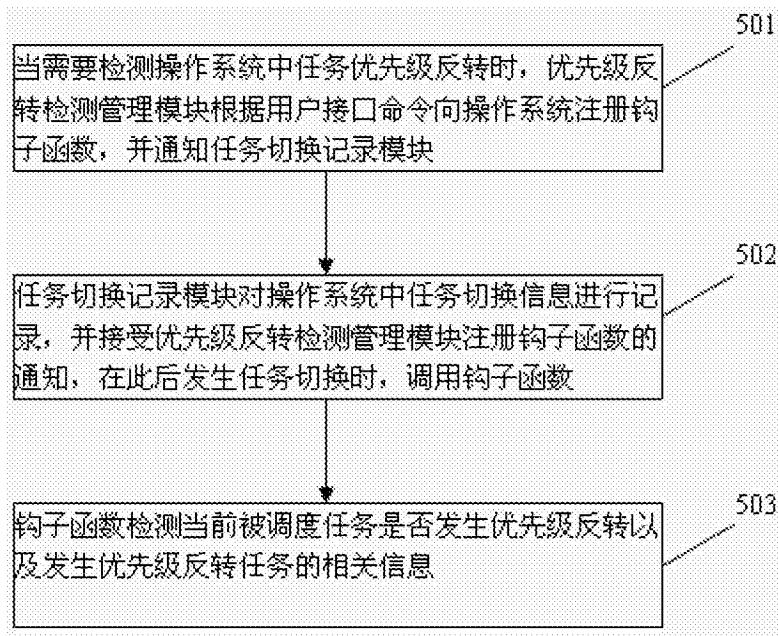


图 5