

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G06F 9/50 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810135521.2

[43] 公开日 2009年1月28日

[11] 公开号 CN 101354664A

[22] 申请日 2008.8.19

[21] 申请号 200810135521.2

[71] 申请人 中兴通讯股份有限公司

地址 518057 广东省深圳市南山区科技南路
55号

[72] 发明人 赵 阳 肖 理

[74] 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限责
任公司

代理人 尚志峰 吴孟秋

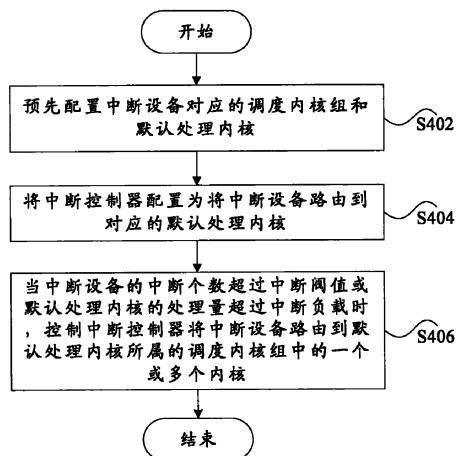
权利要求书4页 说明书16页 附图4页

[54] 发明名称

多核处理器中断负载均衡方法和装置

[57] 摘要

本发明公开了一种多核处理器中断负载均衡方法和装置，其中，多核处理器包括多个内核以及用于控制内核的中断处理的中断控制器，上述方法包括：预先配置中断设备对应的调度内核组和默认处理内核，其中，默认处理内核是调度内核组中的一个内核；将中断控制器配置为将中断设备路由到对应的默认处理内核；当中断设备的中断个数超过中断阈值或默认处理内核的处理量超过中断负载时，控制中断控制器将中断设备路由到默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核。本发明实现了中断的均衡处理。



1. 一种多核处理器中断负载均衡方法,所述多核处理器包括多个内核以及用于控制内核的中断处理的中断控制器,其特征在于,所述方法包括:

预先配置中断设备对应的调度内核组和默认处理内核,其中,所述默认处理内核是所述调度内核组中的一个内核;

将所述中断控制器配置为将中断设备路由到对应的默认处理内核;

当所述中断设备的中断个数超过中断阈值或所述默认处理内核的处理量超过中断负载时,控制所述中断控制器将所述中断设备路由到所述默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述控制所述中断控制器将所述中断设备路由到所述默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核具体包括:

在所述中断设备的中断个数超过中断阈值,且所述默认处理内核的处理量超过中断负载的情况下,控制所述中断控制器采用轮转方式将所述中断设备路由到所述的调度内核组中的其他内核;

在所述中断设备的中断个数超过中断阈值,但所述默认处理内核的处理量没有超过中断负载的情况下,控制所述中断控制器采用轮转方式将所述中断设备路由到所述的调度内核组中的包括所述默认处理内核在内的部分或全部内核。

3. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，

在所述默认处理内核的处理量超过所述中断负载的情况下，控制所述中断控制器将所述中断设备路由到所述的调度内核组中的其他内核。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法，其特征在于，在控制所述中断控制器将所述中断设备路由到所述默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核之后，所述方法进一步包括：

判断所述中断设备向路由到的每个内核分配的中断个数是否超过所述中断阈值；或

对于所述中断设备路由到的每个内核，判断其处理量是否超过其中断负载；

在判断结果为是的情况下，采用轮询方式处理所述中断设备的中断。

5. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，当所述调度内核组包括一个内核时，所述控制所述中断控制器将所述中断设备路由到所述默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核具体为：

采用轮询方式处理所述中断设备的中断。

6. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法，其特征在于，所述预先配置中断设备对应的调度内核组和默认处理内核具体包括：

在静态中断策略表中设置中断设备类型、调度内核组、默认处理内核的对应关系，并将所述静态中断策略表保存在非易

失性存储器中，其中，所述静态中断策略表中还设置有所述中断阈值、中断模式，所述中断模式包括中断和轮询。

7. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，

在预定时间到时的情况下，控制所述中断控制器将所述中断设备路由回所述默认处理内核进行处理。

8. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，

对于所述中断设备中的相关中断，控制所述中断控制器将所述相关中断路由到所述的调度内核组中的同一个内核进行处理。

9. 一种多核处理器中断负载均衡装置，所述多核处理器包括多个内核以及用于控制内核的中断处理的中断控制器，其特征在于，所述装置包括：

配置模块，用于预先配置中断设备对应的调度内核组和默认处理内核，其中，所述默认处理内核是所述调度内核组中的一个内核；

第一调控模块，用于控制所述中断控制器将中断设备路由到对应的默认处理内核；

第二调控模块，用于控制所述中断控制器将所述中断设备路由到所述默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核。

10. 根据权利要求9所述的装置，其特征在于，所述第二调控模块具体包括：

第一调控子模块，用于控制所述中断控制器采用轮转方式将所述中断设备路由到所述的调度内核组中的其他内核；

第二调控子模块,用于控制所述中断控制器采用轮转方式将所述中断设备路由到所述的调度内核组中的包括所述默认处理内核在内的部分或全部内核。

11. 根据权利要求 9 或 10 所述的装置,其特征在于,进一步包括:

第一判断模块,用于判断所述中断设备向路由到的每个内核分配的中断个数是否超过所述中断阈值;

第二判断模块,用于对于所述中断设备路由到的每个内核,判断其处理量是否超过其中断负载;

处理模块,连接至所述第一判断模块和所述第二判断模块,用于根据所述第一判断模块和/或所述第二判断模块的判断结果,采用轮询方式处理所述中断设备的中断。

多核处理器中断负载均衡方法和装置

技术领域

本发明涉及通信领域，具体而言，涉及一种多核处理器中断负载均衡方法和装置。

背景技术

中断是影响系统可靠性的因素之一，当发生中断时，由处理器处理中断事件。下面对单核处理器和多核处理器处理中断的情况进行详细介绍。

在单核处理器中，当发生中断时，将中断事件上报给当前的处理器，处理器保存当前上下文环境，转至执行中断服务程序，在处理完成之后，恢复前次的上下文继续运行；当处理器外部挂接较多的设备时，某一时刻可能会突发产生大量的中断，由于中断嵌套可能会导致处理器较长时间处于中断环境，因而一些关键的实时任务得不到运行；或者出于实时性考虑，将一些中断事件的处理延迟到任务级运行，但由于任务运行的不确定性，在实际运行中，可能会发生中断来不及处理，导致中断丢失的情况发生，从而降低了系统的整体性能。

在多核处理器中，所有中断都集中在一个内核上处理，因此会遇到与单核处理器相同的问题，即，如果在一个内核上高优先级中断处理过频，则会导致低优先级中断丢失，或者由于内核中断处理

过多，导致一些关键实时任务无法运行，因此，无法体现出多核处理系统的优势。

为了体现出多核处理系统的优势，在多核处理器处理报文时，当报文流量较大时，可以考虑多个内核间的负载均衡，将报文中断在多个内核处理器上依次均匀调度处理。但是，采用上述手段，在后接收的报文可能会先处理完毕并发送，这样又会导致报文处理乱序。

可以看出，对于多核处理器的中断处理而言，如果不考虑系统负载均衡或没有根据实际应用考虑系统负载均衡，则不能实现较好的中断处理。

发明内容

针对对于多核处理器的中断处理而言，如果不考虑系统负载均衡或没有根据实际应用考虑系统负载均衡，则不能实现较好的中断处理的问题而提出本发明，本发明旨在提供一种多核处理器中断负载均衡方法和装置，以解决上述问题。

根据本发明的一个方面，提供了一种多核处理器中断负载均衡方法。

在根据本发明的多核处理器中断负载均衡方法中，多核处理器包括多个内核以及用于控制内核的中断处理的中断控制器，上述方法包括：预先配置中断设备对应的调度内核组和默认处理内核，其中，默认处理内核是调度内核组中的一个内核；将中断控制器配置为将中断设备路由到对应的默认处理内核；当中断设备的中断个数超过中断阈值或默认处理内核的处理量超过中断负载时，控制中断控制器将中断设备路由到默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核。

优选地，控制中断控制器将中断设备路由到默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核具体包括：在中断设备的中断个数超过中断阈值，且默认处理内核的处理量超过中断负载的情况下，控制中断控制器采用轮转方式将中断设备路由到的调度内核组中的其他内核；在中断设备的中断个数超过中断阈值，但默认处理内核的处理量没有超过中断负载的情况下，控制中断控制器采用轮转方式将中断设备路由到的调度内核组中的包括默认处理内核在内的部分或全部内核。

优选地，在默认处理内核的处理量超过中断负载的情况下，控制中断控制器将中断设备路由到的调度内核组中的其他内核。

优选地，在控制中断控制器将中断设备路由到默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核之后，上述方法进一步包括：判断中断设备向路由到的每个内核分配的中断个数是否超过中断阈值；或对于中断设备路由到的每个内核，判断其处理量是否超过其中断负载；在判断结果为是的情况下，采用轮询方式处理中断设备的中断。

优选地，当调度内核组包括一个内核时，控制中断控制器将中断设备路由到默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核具体为：采用轮询方式处理中断设备的中断。

优选地，预先配置中断设备对应的调度内核组和默认处理内核具体包括：在静态中断策略表中设置中断设备类型、调度内核组、默认处理内核的对应关系，并将静态中断策略表保存在非易失性存储器中，其中，静态中断策略表中还设置有中断阈值、中断模式，中断模式包括中断和轮询。

优选地，在预定时间到时的情况下，控制中断控制器将中断设备路由回默认处理内核进行处理。

优选地，对于中断设备中的相关中断，控制中断控制器将相关中断路由到的调度内核组中的同一个内核进行处理。

根据本发明的另一个方面，提供了一种多核处理器中断负载均衡装置。

在根据本发明的多核处理器中断负载均衡装置中，多核处理器包括多个内核以及用于控制内核的中断处理的中断控制器，上述装置包括：配置模块，用于预先配置中断设备对应的调度内核组和默认处理内核，其中，默认处理内核是调度内核组中的一个内核；第一调控模块，用于控制中断控制器将中断设备路由到对应的默认处理内核；第二调控模块，用于控制中断控制器将中断设备路由到默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核。

优选地，第二调控模块具体包括：第一调控子模块，用于控制中断控制器采用轮转方式将中断设备路由到的调度内核组中的其他内核；第二调控子模块，用于控制中断控制器采用轮转方式将中断设备路由到的调度内核组中的包括默认处理内核在内的部分或全部内核。

优选地，上述装置进一步包括：第一判断模块，用于判断中断设备向路由到的每个内核分配的中断个数是否超过中断阈值；第二判断模块，用于对于中断设备路由到的每个内核，判断其处理量是否超过其中断负载；处理模块，连接至第一判断模块和第二判断模块，用于根据第一判断模块和/或第二判断模块的判断结果，采用轮询方式处理中断设备的中断。

通过本发明,在多核处理器的多个内核上采用不同的调度策略,解决了对于多核处理器的中断处理而言,如果不考虑系统负载均衡或没有根据实际应用考虑系统负载均衡,则不能实现较好的中断处理的问题,实现了中断的均衡处理。

附图说明

此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解,构成本申请的一部分,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

图 1 是用于实施本发明实施例的多核处理器中断调度模型的示意图;

图 2 是根据本发明实施例的多核处理器中断负载均衡装置的结构框图;

图 3 是根据本发明实施例的多核处理器中断负载均衡装置的优选结构框图;

图 4 是根据本发明实施例的多核处理器中断负载均衡方法的流程图;

图 5 是根据本发明实施例的网口中断负载均衡的示意图;

图 6 是根据本发明实施例的多核处理器中断负载均衡方法的软件处理的流程图。

具体实施方式

功能概述

本发明提出一种在多核处理器的多个内核中根据不同的中断配置策略进行中断处理，即，根据实际应用采用不同的中断均衡策略，利用处理器间中断在多个内核上均衡多核处理器中断负载均衡，在初次分配多个内核需要进行的中断处理之后，根据实际应用对初次分配的情况进行动态调整，避免在一个内核上高优先级中断处理过频导致低优先级中断丢失，或者内核由于中断处理过多导致一些关键实时任务无法运行，提高了系统的实时性、稳定性和可靠性；同时避免了单一的中断调度算法给应用带来额外负担，提高了系统的整体性能。

图 1 是用于实施本发明实施例的多核处理器中断调度模型的示意图，如图 1 所示，**102** 为用于实施本发明的多核处理器的模型，**104** 为多核处理器中的内核（其中，内核包括：内核 0、内核 1 至内核 N），**106** 为多核处理器的中断控制器（Programmable Interrupt Controller，简称为 PIC），**108** 和 **110** 为多核间的处理器中断消息通道的路由，此外，图 1 中还示出了串口、网口、外围组件互连（Peripheral Component Interconnect，简称为 PCI）设备。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

装置实施例

根据本发明的实施例，提供了一种多核处理器中断负载均衡装置，其中，多核处理器包括多个内核以及用于控制内核的中断处理的中断控制器。图 2 是根据本发明实施例的多核处理器中断负载均衡装置的结构框图，如图 2 所示，该装置包括：配置模块 **22**、第一调控模块 **24**、第二调控模块 **26**，下面对上述结构进行详细描述。

配置模块 22，用于预先配置中断设备对应的调度内核组和默认处理内核，其中，默认处理内核是调度内核组中的一个内核；

第一调控模块 24，连接至配置模块 22，用于控制中断控制器将中断设备路由到对应的默认处理内核；

第二调控模块 26，连接至配置模块 22，用于控制中断控制器将中断设备路由到默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核。

通过该实施例，在多核处理器的多个内核上采用不同的调度策略，解决了对于多核处理器的中断处理而言，如果不考虑系统负载均衡或没有根据实际应用考虑系统负载均衡，则不能实现较好的中断处理的问题，实现了中断的均衡处理。

图 3 是根据本发明实施例的多核处理器中断负载均衡装置的优选结构框图，如图 3 所示：

其中，第二调控模块 26 具体包括：

第一控制子模块 32，用于在中断设备的中断个数超过中断阈值，且默认处理内核的处理量超过中断负载或默认处理内核的处理量超过中断负载的情况下，控制中断控制器采用轮转方式将中断设备路由到的调度内核组中的其他内核。

第二控制子模块 34，用于在中断设备的中断个数超过中断阈值，但默认处理内核的处理量没有超过中断负载的情况下，控制中断控制器采用轮转方式将中断设备路由到的调度内核组中的包括默认处理内核在内的部分或全部内核。

此外，上述装置还可以包括：

第一判断模块 36，连接至控制模块 26，用于判断中断设备向路由到的每个内核分配的中断个数是否超过中断阈值；

第二判断模块 38，连接至控制模块 26，用于对于中断设备路由到的每个内核，判断其处理量是否超过其中断负载；

处理模块 30，连接至第一判断模块 36 和第二判断模块 38，用于根据第一判断模块和/或第二判断模块的判断结果，采用轮询方式处理中断设备的中断；即，在第一判断模块 36 或第二判断模块 38 的判断结果为是的情况下，采用轮询方式处理中断设备的中断。

通过上述优选实施例，提供了在多种情况下，对多核处理器的多个内核上的不同的调度策略，解决了对于多核处理器的中断处理而言，如果不考虑系统负载均衡或没有根据实际应用考虑系统负载均衡，则不能实现较好的中断处理的问题，实现了中断的均衡处理。

方法实施例

根据本发明的实施例，提供了一种多核处理器中断负载均衡方法，其中，多核处理器包括多个内核以及用于控制内核的中断处理的中断控制器。该方法实施例可以结合上述装置来实现。图 4 是根据本发明实施例的多核处理器中断负载均衡方法的流程图，如图 4 所示，该方法包括：

步骤 S402，预先配置中断设备对应的调度内核组和默认处理内核，其中，默认处理内核是调度内核组中的一个内核；

步骤 S404，将中断控制器配置为将中断设备路由到对应的默认处理内核；

步骤 S406, 当中断设备的中断个数超过中断阈值或默认处理内核的处理量超过中断负载 (中断负载可以通过内核占用率上限、中断发生最大频度、该内核上的中断源数量等因素确定) 时, 控制中断控制器将中断设备路由到默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核; 其中, 如果调度内核组只包括一个内核, 则可以采用轮询方式处理中断设备的中断; 此外, 可以预先设置一个预定时间, 在上述预定时间到达时, 控制中断控制器将中断设备路由回默认处理内核进行处理。

通过该实施例, 在多核处理器的多个内核上采用不同的调度策略, 实现了中断的均衡处理, 提高了系统的实时性、稳定性和可靠性。

在步骤 S406 中, 可以根据以下几种情况控制中断控制器将中断设备路由到默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核 (该过程可以通过上述控制模块来实现)。

(1) 在中断设备的中断个数超过中断阈值, 且默认处理内核的处理量超过中断负载的情况下, 控制中断控制器采用轮转方式将中断设备路由到的调度内核组中的其他内核, 这里的其他内核不包括默认处理内核。

(2) 在中断设备的中断个数超过中断阈值, 但默认处理内核没有超过中断负载的情况下, 控制中断控制器采用轮转方式将中断设备路由到的调度内核组中其他内核, 这里的其他内核包括默认处理内核, 并且可以是调度内核组中部分或全部内核。

(3) 在默认处理内核的处理量超过中断负载的情况下, 控制中断控制器将中断设备路由到的调度内核组中的其他内核, 与上述的

情况(1)和情况(2)不同,这里不考虑中断设备本身的情况,仅仅考虑默认处理内核的情况。

在步骤 S406 中对中断设备进行路由,以实现中断负载的均衡之后,根据实际情况的变化,还需要对中断处理的过程进行具体调节或调整,具体可以如下实现:判断中断设备向路由到的每个内核分配的中断个数是否超过中断阈值;或对于中断设备路由到的每个内核,判断其处理量是否超过其中断负载;如果上述任一判断的判断结果为是,则采用轮询方式处理中断设备的中断。

下面将结合实例对本发明的具体实现过程进行详细描述。图 5 是根据本发明实施例的多核处理器中断负载均衡方法的软件处理的流程图,如图 5 所示,在系统上电运行之后,包括如下步骤:

步骤 S502,对系统的中断源进行初次分配,生成静态中断策略表,并将其保存在非易失性存储器中,当系统每次上电运行时,均从非易失性存储器中读出该表进行中断初次分配;对应于上述的步骤 S402 和步骤 S404;

步骤 S504,根据系统实时运行性能,生成动态中断策略表,实时调整系统中各内核的负载;

步骤 S506,实时调整动态中断策略表参数;

步骤 S508,根据调整后的动态终端策略表,重新分配中断在各内核的处理,即,调整中断处理的目的内核、方式及其他参数,用于避免中断在各内核间的颠簸,达到系统负载均衡的目的。步骤 S504 至步骤 S508 对应于上述的步骤 S406 以及其后续的优选操作。

下面对本发明的具体实施过程进行详细描述。上述步骤 S402 可以通过如下过程进行实现:预先设置静态中断策略表,在该静态

中断策略表中设置中断设备类型、调度内核组、默认处理内核的对应关系，表 1 给出了静态中断策略表的实例，优选地，可以将静态中断策略表保存在非易失性存储器中，由于多核处理器外部设备接口众多，因此在初次生成静态中断策略表时，首先需要根据中断源数量、中断设备类型等进行划分，达到粗略地在多个内核中均衡中断的目的。

如表 1 所示，在中断静态策略配置中，除了包括中断源类型、中断调度内核组、默认处理内核，还包括中断阈值、中断模式（包括中断和轮询）。具体地，根据外部设备的类型，配置不同中断源对应的中断调度内核组和默认处理内核，根据默认处理内核，在系统上电时，读取中断静态策略表，根据中断静态策略表在内核间划分中断上送的目的内核（即，默认处理内核），并根据划分的目的内核配置中断控制器，初次达到在多个内核中均衡中断负载的目的（即，上述步骤 S502）；也就是说，配置多核处理器的中断控制器，将各种中断设备正确路由到默认处理内核（即，上述步骤 S404）；例如，将所有串口中断上报到内核 0，将网口中断上报到内核 1，将 PCI 设备中断上报到内核 2；当中断设备的中断负载超过中断阈值时，允许在静态中断策略表中设置的中断调度内核组中进行负载均衡；例如，当中断调度内核组与默认处理内核相同时，即，该只有一个内核，例如表 1 第一行所示的配置，则该中断只能绑定在该默认处理内核上处理。

表 1 中断静态策略配置

中断源类型	中断调度 内核组	默认处理 内核	中断阈值 (次/秒)	中断模式
串口	0	0	100	中断/轮询
网口	0、1、2	1	1000	中断
.....
PCI 设备	1、2、3	2	200	中断/轮询

当系统运行时，由于外部设备的突发流量不均衡，初次粗略分配的中断负载可能在实际运行中导致某几个内核负载较重，而其他内核空闲，因此，可以实时监测各中断设备的中断个数是否超过中断阈值以及各内核的处理量是否超过中断负载，然后控制中断控制器将中断设备路由到默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核（即，步骤 S406）；该过程可以通过如下方式实现：在静态配置策略表的基础上，实时动态生成动态配置策略表（即，上述步骤 S504），优选地，可以将动态配置策略表保存在共享内存中；如表 2 和表 3 所示为两张动态策略表，其中，表 2 是网口中断动态策略配置，表 3 是 PCI 设备中断动态策略配置，根据本发明的实施例包含但不限于表中所列举的要素。优选地，在上述的动态配置策略表中采用 Hash 算法设置条目的存放位置，可以避免条目在动态配置策略表中存放位置的冲突。需要说明的是，当系统未生成动态配置表时，采用静态配置表进行负载均衡，否则采用动态配置表进行负载均衡。

表 2 网口中断动态策略配置

网口 Hash 值	源、目的地址	生存服务时间 (秒)	调度内核组	内核亲和性	中断模式	老化时间 (秒)
0	<10.2.2.2,10.4.51.3>	1000	0、1、2	1	中断	10
1	<192.1.168.2,192.1.162.3>	300	0、1、2	1	中断	10
.....
K	<192.1.168.7,192.1.162.6>	-1	0、1、2	1	中断	10

当外部设备为网口时，可以根据网络报文流的特性，实时生成如表 2 所示的网口中断动态策略配置表，在表 2 中，网口中断动态策略配置包括：网口 Hash 值、生存服务时间、调度内核组、内核亲和性、中断模式、老化时间、以及源、目的地址。其中，为避免设备的中断服务在内核间定向的颠簸，设定的生存服务时间（即，上述预定时间）要综合考虑各种因素，例如，在不同内核的服务时间

长度、中断发生频度、各内核中断负载历史、中断优先级等，按照加权值生成，在生存服务时间到达时，控制中断控制器将中断设备路由回内核亲和性中的内核（对应于上述的默认处理内核）进行处理；在老化时间时，由预先设置的主控内核（是指多核处理器中的一个内核）删除超过老化时间未更新的条目。

下面将结合图 6 对表 2 中的网口中断动态策略配置进行详细描述。图 6 是根据本发明实施例的网口中断负载均衡的示意图，如图 6 所示，考虑将不同的流定向到其他的内核上处理，同时，还需要将相关度较大的报文流集中在相同的内核上处理，可以根据报文的源地址和目的地址来实现，例如，获取报文的源地址和目的地址，然后计算 HASH 值，根据计算的 HASH 值在动态策略表中进行匹配，这里提到的匹配包括老化时间有效性检测、HASH 值匹配等，如果查找返回空，即，没有查找到相应记录，则可以在该动态策略表中添加该报文流对应的条目，如果查找不为空，即，查找到了相应记录，则可以通过调度模块来获取该报文流的可调度内核组；对 HASH 值较接近的一组相关的报文流通过调度模块重定向到相同的内核处理，即，对于中断设备中的相关中断，控制中断控制器将中断设备中的相关中断路由到的调度内核组中的同一个内核进行处理，这样可以提高系统处理的性能。

表 3 PCI 设备中断动态策略配置

	物理端口号	中断门限值(次/秒)	生存服务时间(s)	调度内核组	内核亲和性	中断模式	老化时间(秒)
PCI 设备 0	0	100	-1	1、2、3	1	中断	10
PCI 设备 1	1	100	-1	1、2	2	中断	10
.....	10
PCI 设备 M	M	1000	300	3	3	中断/轮询	10

当外部设备为 PCI 设备时，实时生成如表 3 所示的 PCI 设备中断动态策略配置表。

根据实际应用可以对上述的动态配置策略表实时进行更新，例如，各内核均可读、写、修改该动态配置策略表，该过程需要保证对动态配置策略表的互斥操作（即，上述步骤 S506）；具体地，对于上述动态策略配置表中的每个条目由当前处理该条目的内核负责维护更新，以小于条目中的老化时间的间隔定期更新，主控内核定期减小每个条目的老化时间，当老化时间减小到 0 时，将该条目从动态策略配置表中删除；在对不同的报文流 HASH 值进行计算之后，可能位于动态策略配置表中相同的位置，此时可以考虑增加相同 HASH 值下的二级子表来避免冲突。

此后，根据调整后的动态终端策略表，重新分配中断在各内核的处理，以达到系统负载均衡的目的（即，上述步骤 S508）。

对于上述步骤 S406 中控制中断控制器将中断设备路由到默认处理内核所属的调度内核组中的一个或多个内核的实现过程可以通过如下方式进行实施：

根据上述的动态配置策略表，当中断设备的中断个数超过中断阈值时，中断控制器通过处理器中断发送消息到默认处理内核所属的调度内核组中的一个目的内核，或者采用轮转算法依次发送消息到默认处理内核所属的调度内核组中的一组目的内核，进行中断负载均衡，并在发送的消息中携带处理当前中断的服务程序入口地址、中断或轮询处理方式等；此后，目的内核或一组目的内核接收上述消息，并根据该消息将线程转入处理当前中断的服务程序执行中断处理。

当中断设备因中断处理效率较低（即，中断设备向路由到的每个内核分配的中断个数超过中断阈值，或中断设备路由到的每个内核的处理量超过其中断负载）时，可考虑采用轮询的处理方式进行处理。例如，当默认处理内核负载较重时，控制中断控制器发送处理器间中断消息到指定内核（可以是调度内核组中的一个内核），并在处理器间中断消息中携带处理该中断的服务程序，设定生存服务时间，如果中断模式可以采用轮询方式处理，则屏蔽当前中断设备，由指定内核采用轮询方式处理，同时需要更新动态配置策略表中的条目，即，将中断模式由中断修改为轮询，在生存服务时间到达后，判断默认处理内核的处理量是否已经降到中断负载以下，在判断结果为是的情况下，则将中断模式由轮询修改为中断，并控制中断控制器发送消息重新路由回默认处理内核对该中断设备的中断进行处理，同时打开被屏蔽的中断设备。

通过本发明的实施例，在多核处理环境中，通过将交互的数据报文分别在不同的内核上处理，充分发挥内核一、二级高速缓存的优势，采用动态实时生成的策略表将相关性较大的数据流集中在相同的内核上处理，充分利用了高速缓存的特性，同时根据实际应用采用不同的中断均衡策略，利用处理器间中断在多个内核上均衡多核处理器中断负载均衡，避免了单一的中断调度算法给应用带来额外负担，提高了系统的整体性能有助于系统整体性能的提高。

显然，本领域的技术人员应该明白，上述的本发明的各模块或各步骤可以用通用的计算装置来实现，它们可以集中在单个的计算装置上，或者分布在多个计算装置所组成的网络上，可选地，它们可以用计算装置可执行的程序代码来实现，从而，可以将它们存储在存储装置中由计算装置来执行，或者将它们分别制作成各个集成电路模块，或者将它们中的多个模块或步骤制作成单个集成电路模块来实现。这样，本发明不限制于任何特定的硬件和软件结合。

以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

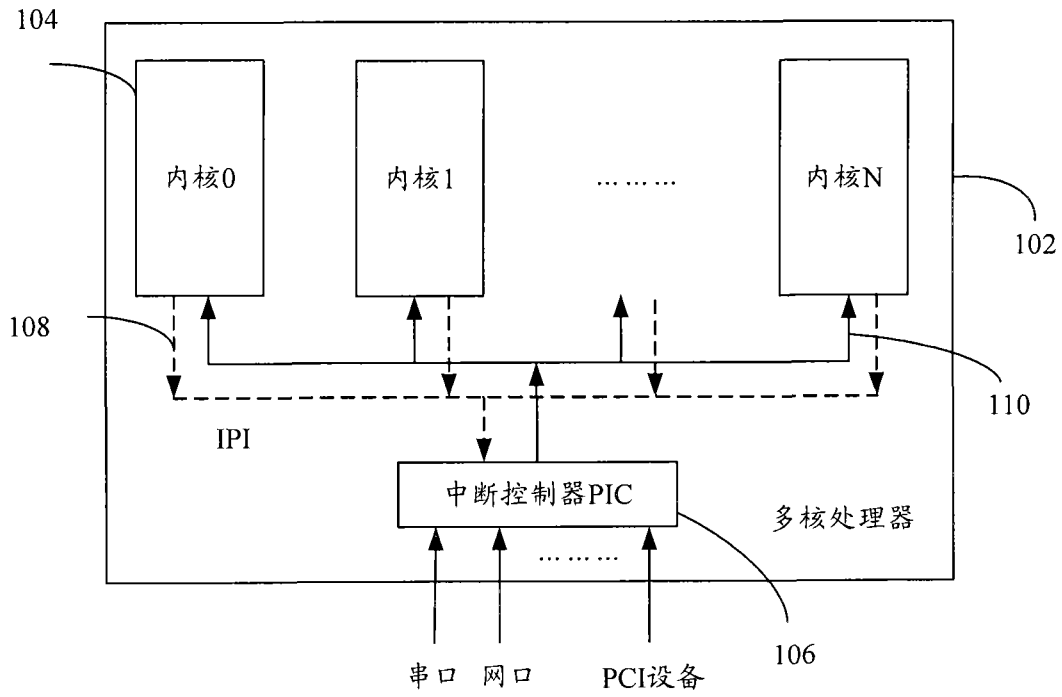


图 1

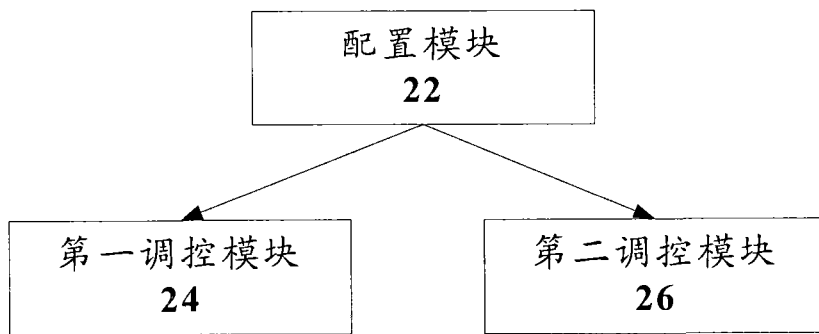


图 2

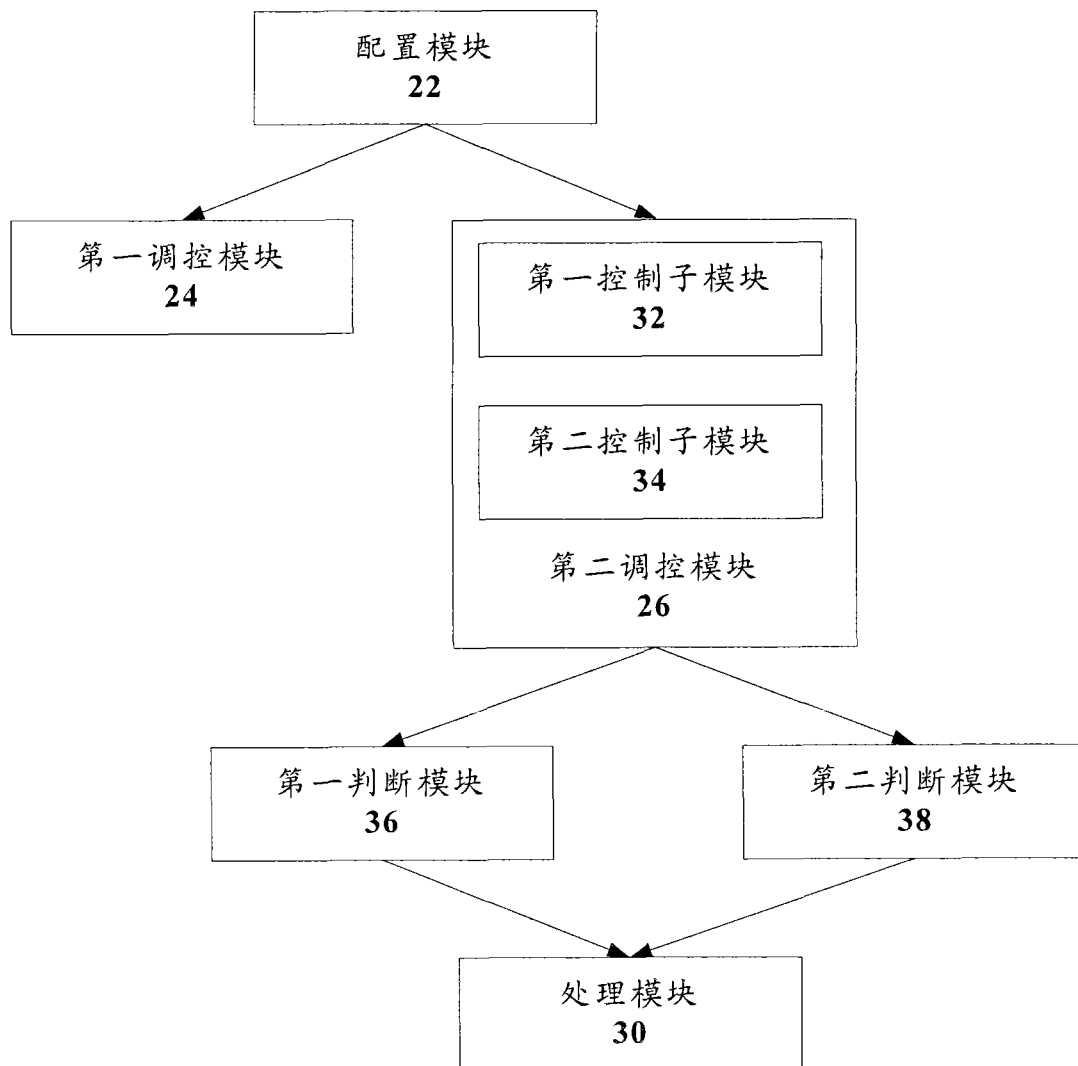


图 3

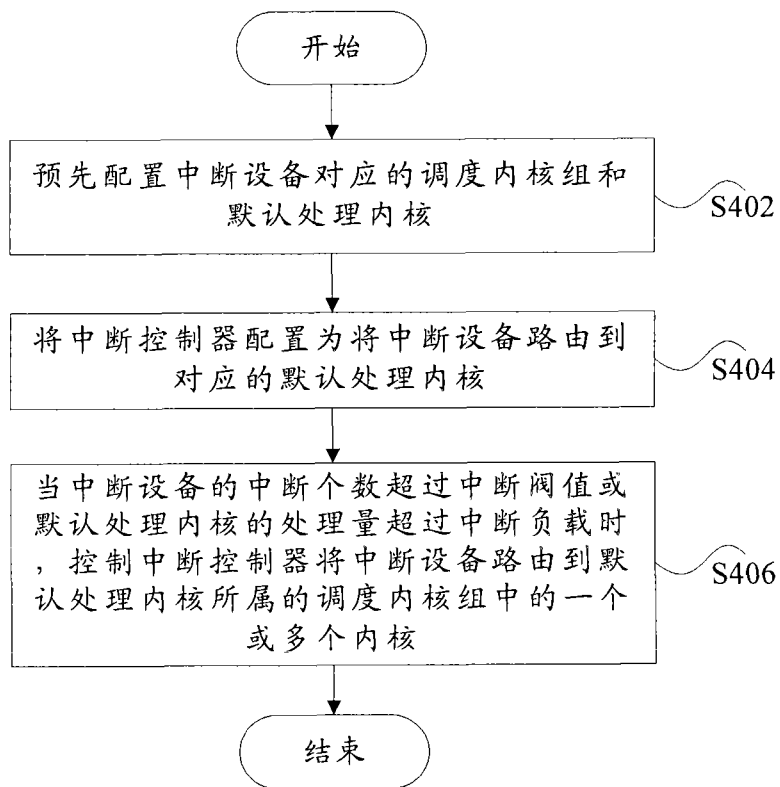


图 4

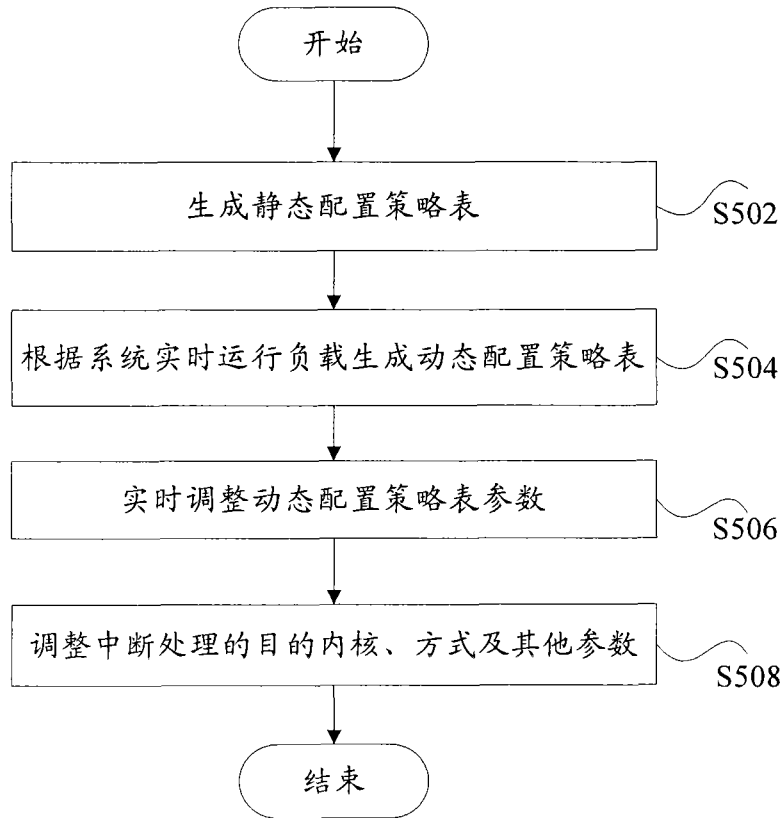


图 5

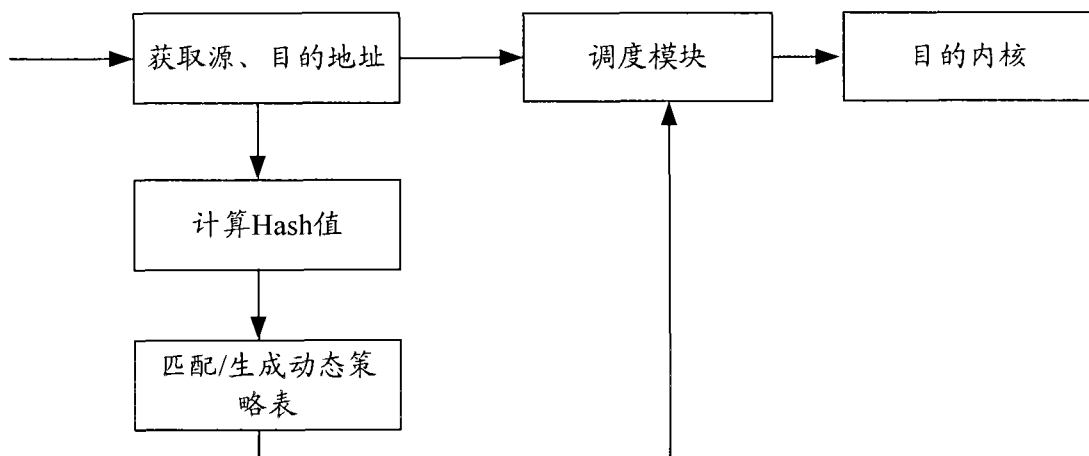


图 6