



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104778083 B

(45)授权公告日 2018.07.03

(21)申请号 201510142346.X

(22)申请日 2015.03.27

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104778083 A

(43)申请公布日 2015.07.15

(73)专利权人 华为技术有限公司  
地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼  
专利权人 中国科学技术大学

(72)发明人 王超 李曦 周学海 张军能  
陈鹏 郭琦

(51) Int. Cl.  
G06F 9/48(2006.01)  
G06F 9/50(2006.01)

(56)对比文件

CN 101833368 A, 2010.09.15,  
CN 102360309 A, 2012.02.22,  
CN 101630305 A, 2010.01.20,  
王超. 异构多核可重构片上系统关键技术研究.《中国博士学位论文全文数据库 信息科技辑》.2011,(第09期),

审查员 陈英

权利要求书3页 说明书20页 附图7页

(54)发明名称

异构多核可重构计算平台上任务调度的方法和装置

(57)摘要

本发明实施例提供一种异构多核可重构计算平台上任务调度的方法和装置,该方法包括:根据待执行的目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,该执行方式包括硬件方式或软件方式,该目标任务在该异构多核可重构计算平台没有对应的用于执行该目标任务的目标知识产权IP核,该目标任务的热度用于指示该目标任务对中央处理器CPU的占用率,该可重构资源的使用率用于指示该可重构资源的使用情况;根据确定的执行方式,执行该目标任务。在本发明实施例中,根据任务的执行情况和可重构资源的使用情况动态确定任务的执行方式,能够有效提高计算平台的可重构资源的利用率,从而能够提高计算平台的整体性能。

100

根据待执行的目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,该执行方式包括硬件方式或软件方式,该目标任务在该异构多核可重构计算平台没有对应的用于执行该目标任务的目标知识产权IP核,该目标任务的热度用于指示该目标任务对中央处理器CPU的占用率,该可重构资源的使用率用于指示该可重构资源的使用情况

S110

根据确定的执行方式,执行该目标任务

S120

1. 一种异构多核可重构计算平台上任务调度的方法,其特征在于,所述方法包括:

根据待执行的目标任务的热度和所述异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定所述目标任务的执行方式,所述执行方式包括硬件方式或软件方式,所述目标任务在所述异构多核可重构计算平台没有对应的用于执行所述目标任务的硬件功能模块,所述硬件功能模块通过可重构资源构建,所述目标任务的热度用于指示所述目标任务对中央处理器CPU的占用率,所述可重构资源的使用率用于指示所述可重构资源的使用情况;

根据确定的执行方式,执行所述目标任务。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述目标任务的热度和所述异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定所述目标任务的执行方式,包括:

根据所述目标任务的热度,确定所述目标任务的加权热度 $C_w$ ,且 $C_w = C \cdot S$ ,其中, $C$ 为所述目标任务的热度,且 $C = N_1 \cdot T_1 / T_L$ , $T_L$ 为当前时刻与所述可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度, $N_1$ 为所述目标任务在 $T_L$ 内以软件方式执行的次数, $T_1$ 为所述目标任务单次以软件方式执行所需的时间长度, $S$ 为所述目标任务的硬件加速比,所述硬件加速比 $S$ 用于指示所述目标任务以硬件方式执行所对应的执行速度与所述目标任务以软件方式执行所对应的执行速度之间的比值;

根据如下公式确定所述异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率 $E_{ave}$ :

$$E_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^M E_i}{M},$$

$$E_i = \frac{N_2^i \cdot T_2^i}{T_L} \quad (i=1,2,\dots,M)$$

其中, $M$ 为所述异构多核可重构计算平台上布局的硬件功能模块的数量, $E_i$ 为所述异构多核可重构计算平台上布局的 $M$ 个硬件功能模块中的第 $i$ 个硬件功能模块的硬件功能模块使用率, $T_L$ 为当前时刻与所述可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度, $N_2^i$ 为所述第 $i$ 个硬件功能模块在所述时间长度 $T_L$ 内执行所述第 $i$ 个硬件功能模块的对应任务的次数, $T_2^i$ 为所述第 $i$ 个硬件功能模块执行一次所述对应任务所需的时间长度;

根据所述目标任务的加权热度 $C_w$ 和所述可重构资源的使用率 $E_{ave}$ ,确定所述目标任务的执行方式。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述根据所述目标任务的加权热度 $C_w$ 和所述可重构资源的使用率 $E_{ave}$ ,确定所述目标任务的执行方式,包括:

当确定所述目标任务的加权热度 $C_w$ 大于或等于 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积时,确定所述目标任务的执行方式为硬件方式, $k$ 为所述异构多核可重构计算平台的重构系数,用于指示所述异构多核可重构计算平台的重构开销;

当确定所述目标任务的加权热度 $C_w$ 小于 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积时,确定所述目标任务的执行方式为软件方式。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

确定待执行的任务;

在所述异构多核可重构计算平台未布局用于执行所述待执行的任务的硬件功能模块

的情况下,将所述待执行的任务确定为所述待执行的目标任务。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述异构多核可重构计算平台包括多个可重构资源包,在确定所述目标任务的执行方式为硬件方式的情况下,所述根据所述确定的执行方式,执行所述目标任务,包括:

将所述多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为用于执行所述目标任务的所述硬件功能模块;

利用硬件功能模块,执行所述目标任务。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述将所述多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为能够执行所述目标任务的硬件功能模块,包括:

将所述多个可重构资源包中的目标可重构资源包重构为所述硬件功能模块,所述目标可重构资源包为所述多个可重构资源包中空闲时间最长的可重构资源包。

7. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

在所述异构多核可重构计算平台布局有用于指示所述待执行的任务的硬件功能模块的情况下,确定所述待执行的任务的执行方式为硬件执行。

8. 一种异构多核可重构计算平台上任务调度的装置,其特征在于,所述装置包括:

第一确定模块,用于根据待执行的目标任务的热度和所述异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定所述目标任务的执行方式,所述执行方式包括硬件方式或软件方式,所述目标任务在所述异构多核可重构计算平台没有对应的用于执行所述目标任务的硬件功能模块,所述硬件功能模块通过可重构资源构建,所述目标任务的热度用于指示所述目标任务对中央处理器CPU的占用率,所述可重构资源的使用率用于指示所述可重构资源的使用情况;

执行模块,用于根据所述第一确定模块确定的执行方式,执行所述目标任务。

9. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,在根据所述目标任务的热度和所述异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定所述目标任务的执行方式的方面,所述第一确定模块具体用于:

根据所述目标任务的热度,确定所述目标任务的加权热度 $C_w$ ,且 $C_w = C \cdot S$ ,其中, $C$ 为所述目标任务的热度,且 $C = N_1 \cdot T_1 / T_L$ , $T_L$ 为当前时刻与所述可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度, $N_1$ 为所述目标任务在 $T_L$ 内以软件方式执行的次数, $T_1$ 为所述目标任务单次以软件方式执行所需的时间长度, $S$ 为所述目标任务的硬件加速比,所述硬件加速比 $S$ 用于指示所述目标任务以硬件方式执行所对应的执行速度与所述目标任务以软件方式执行所对应的执行速度之间的比值;

根据如下公式确定所述异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率 $E_{ave}$ :

$$E_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^M E_i}{M},$$

$$E_i = \frac{N_2^i \cdot T_2^i}{T_L} \quad (i=1,2,\dots,M)$$

其中, $M$ 为所述异构多核可重构计算平台上布局的硬件功能模块的数量, $E_i$ 为所述异构多核可重构计算平台上布局的 $M$ 个硬件功能模块中的第 $i$ 个硬件功能模块的硬件功能模块

使用率,  $T_L$ 为当前时刻与所述可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度,  $N_2^i$ 为所述第i个硬件功能模块在所述时间长度 $T_L$ 内执行所述第i个硬件功能模块的对应任务的次数,  $T_2^i$ 为所述第i个硬件功能模块执行一次所述对应任务所需的时间长度;

根据所述目标任务的加权热度 $C_w$ 和所述可重构资源的使用率 $E_{ave}$ ,确定所述目标任务的执行方式。

10. 根据权利要求9所述的装置,其特征在于,在根据所述目标任务的加权热度 $C_w$ 和所述可重构资源的使用率 $E_{ave}$ ,确定所述目标任务的执行方式的方面,所述第一确定模块具体用于:

当确定所述目标任务的加权热度 $C_w$ 大于或等于 $E_{ave}$ 与k的乘积时,确定所述目标任务的执行方式为硬件方式,k为所述异构多核可重构计算平台的重构系数,用于指示所述异构多核可重构计算平台的重构开销;

当确定所述目标任务的加权热度 $C_w$ 小于 $E_{ave}$ 与k的乘积时,确定所述目标任务的执行方式为软件方式。

11. 根据权利要求8至10中任一项所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

第二确定模块,用于确定待执行的任务;

第三确定模块,用于在所述异构多核可重构计算平台未布局用于执行所述待执行的任务的硬件功能模块的情况下,将所述待执行的任务确定为所述待执行的目标任务。

12. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,所述异构多核可重构计算平台包括多个可重构资源包,在根据所述确定的执行方式,执行所述目标任务的方面,所述执行模块具体用于:

在确定所述目标任务的执行方式为硬件方式的情况下,将所述多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为用于执行所述目标任务的所述硬件功能模块;

利用所述硬件功能模块,执行所述目标任务。

13. 根据权利要求12所述的装置,其特征在于,在将所述多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为能够执行所述目标任务的硬件功能模块的方面,所述执行模块具体用于:

将所述多个可重构资源包中的目标可重构资源包重构为所述硬件功能模块,所述目标可重构资源包为所述多个可重构资源包中空闲时间最长的可重构资源包。

14. 根据权利要求11所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

第四确定模块,用于在所述异构多核可重构计算平台布局有用于指示所述待执行的任务的硬件功能模块的情况下,确定所述待执行的任务的执行方式为硬件执行。

## 异构多核可重构计算平台上任务调度的方法和装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及计算机领域,并且更具体地,涉及异构多核可重构计算平台上任务调度的方法和装置。

### 背景技术

[0002] 计算任务现在具有两种表现形式:在通用处理器(General Purpose Processor, 简称为“GPP”)上,任务通常以软件代码的形式呈现,称为软件任务;而在专用集成电路上,任务通常以专用的硬件电路的形式呈现,称为硬件任务。其中,软件任务的具有灵活性好、易于修改与调试的优点,其缺点是计算速度不理想;而硬件任务具有速度快的优点,其缺点是不够灵活,也不易于调试。异构多核可重构计算平台是权衡通用处理器与专用集成电路的有效手段,异构多核可重构计算平台既可以使用可重构逻辑器件来获得很高的加速比,又可以使用可重构技术或者添加通用处理器使得其具有很好的灵活性。此外,异构多核可重构计算平台能够克服专用集成电路因为前期设计制造的复杂过程而带来的高代价和不可重用等缺陷。

[0003] 异构多核可重构计算平台中的可重构资源(即硬件逻辑资源)通常非常有限,需要对可重构资源进行重构,来实现任务的硬件执行。异构多核可重构计算平台上的硬件资源重构根据其重构特性可以分为静态重构和动态重构。静态重构是指系统的硬件逻辑资源静态重构,即在系统空闲期间通过各种方式进行在线编程,以对可重构硬件逻辑器件的逻辑功能进行配置。动态重构是指在系统实时运行期间对可重构逻辑器件的逻辑功能实时地进行动态配置,例如,能够只对系统内部需要修改的逻辑单元(即可重构资源)进行重新配置,而不影响没有被修改的逻辑单元的正常工作。相对于静态重构,动态重构缩短了重构的时间,一方面减少了系统的开销,另一方面提高了系统运行的效率。为了提高资源利用率,当前技术中,异构多核可重构计算平台一般采用动态重构。

[0004] 目前,异构多核可重构计算平台一般采用基于窗口(Window)的任务迁移方法进行重构。其中,窗口定义为从一次重构到下一次重构之间的时间间隔,一个窗口的组成包含硬件执行(Hardware Execution)时间、调度(Scheduling)时间和重构(Reconfiguration)时间三个阶段,其中,调度时间被隐藏在硬件执行时间中。当前技术中,重建窗口的大小是固定的,则窗口的大小会对系统的性能产生影响,例如,窗口过大会导致可重构资源长时间处于空闲状态,会降低资源利用率和系统性能;而窗口过小会导致系统重构过于频繁,从而引入额外的重构开销,会降低系统的性能。

### 发明内容

[0005] 本发明实施例提供一种异构多核可重构计算平台上任务调度的方法和装置,根据任务的执行情况和计算平台的可重构资源的使用情况,来确定任务的执行方式,能够有效提高异构多核可重构计算平台上可重构资源的利用率。

[0006] 第一方面,提供了一种异构多核可重构计算平台上任务调度的方法,该方法包括:

[0007] 根据待执行的目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,该执行方式包括硬件方式或软件方式,该目标任务在该异构多核可重构计算平台没有对应的用于执行该目标任务的目标知识产权IP核,该目标任务的热度用于指示该目标任务对中央处理器CPU的占用率,该可重构资源的使用率用于指示该可重构资源的使用情况;

[0008] 根据确定的执行方式,执行该目标任务。

[0009] 结合第一方面,在第一方面的第一种可能的实现方式中,根据该目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,包括:

[0010] 根据该目标任务的热度,确定该目标任务的加权热度 $C_w$ ,且 $C_w=C \cdot S$ ,其中, $C$ 为该目标任务的热度,且 $C=N_1 \cdot T_1/T_L$ , $T_L$ 为当前时刻与该可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度, $N_1$ 为该目标任务在 $T_L$ 内以软件方式执行的次数, $T_1$ 为该目标任务单次以软件方式执行所需的时间长度, $S$ 为该目标任务的硬件加速比,该硬件加速比 $S$ 用于指示该目标任务以硬件方式执行所对应的执行速度与该目标任务以软件方式执行所对应的执行速度之间的比值;

[0011] 根据如下公式确定该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率 $E_{ave}$ :

$$E_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^M E_i}{M} \quad ,$$

$$E_i = \frac{N_2^i \cdot T_2^i}{T_L} \quad (i=1,2,\dots,M)$$

[0013] 其中, $M$ 为该异构多核可重构计算平台上布局的IP核的数量, $E_i$ 为该异构多核可重构计算平台上布局的 $M$ 个IP核中的第 $i$ 个IP核的IP核使用率, $T_L$ 为当前时刻与该可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度, $N_2^i$ 为该第 $i$ 个IP核在该时间长度 $T_L$ 内执行该第 $i$ 个IP核的对应任务的次数, $T_2^i$ 为该第 $i$ 个IP核执行一次该对应任务所需的时间长度;

[0014] 根据该目标任务的加权热度 $C_w$ 和该可重构资源的使用率 $E_{ave}$ ,确定该目标任务的执行方式。

[0015] 结合第一方面的第一种可能的实现方式,在第一方面的第二种可能的实现方式中,根据该目标任务的加权热度 $C_w$ 和该可重构资源的使用率 $E_{ave}$ ,确定该目标任务的执行方式,包括:

[0016] 当确定该目标任务的加权热度 $C_w$ 大于或等于 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积时,确定该目标任务的执行方式为硬件方式, $k$ 为该异构多核可重构计算平台的重构系数,用于指示该异构多核可重构计算平台的重构开销;

[0017] 当确定该目标任务的加权热度 $C_w$ 小于 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积时,确定该目标任务的执行方式为软件方式。

[0018] 结合第一方面和第一方面的第一种和第二种可能的实现方式中的任何一种可能的实现方式,在第一方面的第三种可能的实现方式中,该方法还包括:

[0019] 确定待执行的任務;

[0020] 在该异构多核可重构计算平台未布局用于执行该待执行的任務的IP核的情况下,

将该待执行的任务确定为该待执行的目标任务。

[0021] 结合第一方面或第一方面的第一种至第三种可能的实现方式中的任何一种可能的实现方式,在第一方面的第四种可能的实现方式中,该异构多核可重构计算平台包括多个可重构资源包,在确定该目标任务的执行方式为硬件方式的情况下,根据确定的执行方式,执行该目标任务,包括:

[0022] 将该多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为用于执行该目标任务的该目标IP核;

[0023] 利用该目标IP核,执行该目标任务。

[0024] 结合第一方面的第四种可能的实现方式,在第一方面的第五种可能的实现方式中,将该多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为能够执行该目标任务的目标IP核,包括:

[0025] 将该多个可重构资源包中的目标可重构资源包重构为该目标IP核,该目标可重构资源包为该多个可重构资源包中空闲时间最长的可重构资源包。

[0026] 结合第一方面的第三种可能的实现方式,在第一方面的第六种可能的实现方式中,该方法还包括:

[0027] 在该异构多核可重构计算平台布局有用于指示该待执行的任务的IP核的情况下,确定该待执行的任务的执行方式为硬件执行。

[0028] 第二方面提供了一种异构多核可重构计算平台上任务调度的装置,该装置包括:

[0029] 第一确定模块,用于根据待执行的目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,该执行方式包括硬件方式或软件方式,该目标任务在该异构多核可重构计算平台没有对应的用于执行该目标任务的目标知识产权IP核,该目标任务的热度用于指示该目标任务对中央处理器CPU的占用率,该可重构资源的使用率用于指示该可重构资源的使用情况;

[0030] 执行模块,用于根据该第一确定模块确定的执行方式,执行该目标任务。

[0031] 结合第二方面,在第二方面的第一种可能的实现方式中,在根据该目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式的方面,该第一确定模块具体用于:

[0032] 根据该目标任务的热度,确定该目标任务的加权热度 $C_w$ ,且 $C_w = C \cdot S$ ,其中, $C$ 为该目标任务的热度,且 $C = N_1 \cdot T_1 / T_L$ , $T_L$ 为当前时刻与该可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度, $N_1$ 为该目标任务在 $T_L$ 内以软件方式执行的次数, $T_1$ 为该目标任务单次以软件方式执行所需的时间长度, $S$ 为该目标任务的硬件加速比,该硬件加速比 $S$ 用于指示该目标任务以硬件方式执行所对应的执行速度与该目标任务以软件方式执行所对应的执行速度之间的比值;

[0033] 根据如下公式确定该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率 $E_{ave}$ :

$$E_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^M E_i}{M},$$

$$E_i = \frac{N_2^i \cdot T_2^i}{T_L} \quad (i=1,2,\dots,M)$$

[0035] 其中, $M$ 为该异构多核可重构计算平台上布局的IP核的数量, $E_i$ 为该异构多核可重构计算平台上布局的 $M$ 个IP核中的第 $i$ 个IP核的IP核使用率, $T_L$ 为当前时刻与该可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度, $N_i^t$ 为该第 $i$ 个IP核在该时间长度 $T_L$ 内执行该第 $i$ 个IP核的对应任务的次数, $T_2^i$ 为该第 $i$ 个IP核执行一次该对应任务所需的时间长度;

[0036] 根据该目标任务的加权热度 $C_w$ 和该可重构资源的使用率 $E_{ave}$ ,确定该目标任务的执行方式。

[0037] 结合第二方面的第一种可能的实现方式,在第二方面的第二种可能的实现方式中,在根据该目标任务的加权热度 $C_w$ 和该可重构资源的使用率 $E_{ave}$ ,确定该目标任务的执行方式的方面,该第一确定模块具体用于:

[0038] 当确定该目标任务的加权热度 $C_w$ 大于或等于 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积时,确定该目标任务的执行方式为硬件方式, $k$ 为该异构多核可重构计算平台的重构系数,用于指示该异构多核可重构计算平台的重构开销;

[0039] 当确定该目标任务的加权热度 $C_w$ 小于 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积时,确定该目标任务的执行方式为软件方式。

[0040] 结合第二方面和第二方面的第一种和第二种可能的实现方式中的任何一种可能的实现方式,在第二方面的第三种可能的实现方式中,该装置还包括:

[0041] 第二确定模块,用于确定待执行的任务;

[0042] 第三确定模块,用于在该异构多核可重构计算平台未布局用于执行该待执行的任务的IP核的情况下,将该待执行的任务确定为该待执行的目标任务。

[0043] 结合第二方面或第二方面的第一种至第三种可能的实现方式中的任何一种可能的实现方式,在第二方面的第四种可能的实现方式中,该异构多核可重构计算平台包括多个可重构资源包,在根据确定的执行方式,执行该目标任务的方面,该执行模块具体用于:

[0044] 在确定该目标任务的执行方式为硬件方式的情况下,将该多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为用于执行该目标任务的该目标IP核;

[0045] 利用该目标IP核,执行该目标任务。

[0046] 结合第二方面的第四种可能的实现方式,在第二方面的第五种可能的实现方式中,在将该多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为能够执行该目标任务的目标IP核的方面,该执行模块具体用于:

[0047] 将该多个可重构资源包中的目标可重构资源包重构为该目标IP核,该目标可重构资源包为该多个可重构资源包中空闲时间最长的可重构资源包。

[0048] 结合第二方面的第三种可能的实现方式,在第二方面的第六种可能的实现方式中,该装置还包括:

[0049] 第四确定模块,用于在该异构多核可重构计算平台布局有用于指示该待执行的任务的IP核的情况下,确定该待执行的任务的执行方式为硬件执行。

[0050] 基于上述技术方案,在本发明实施例中,根据该目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,通过根据任务的执行情况和计算平台的可重构资源的使用情况动态地确定任务的执行方式,能够实现可重构资源的合理利用,相对于现有技术中由用户指定任务的执行方式而导致IP核频繁重构或者某



些任务长时间处于等待状态的问题,本发明实施例提供的方法,能够有效提高异构多核可重构计算平台上可重构资源的利用率,从而能够提高计算平台的整体性能。

### 附图说明

[0051] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0052] 图1示出了本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台上任务调度的方法的示意性流程图;

[0053] 图2示出了本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台上任务调度的方法的另一示意性流程图;

[0054] 图3示出了本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台上任务调度的方法的再一示意性流程图;

[0055] 图4示出了本发明实施例涉及的系统架构的示意性框图;

[0056] 图5示出了本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台上任务调度的装置的示意性框图;

[0057] 图6示出了本发明实施例涉及的可重构资源包的示意图;

[0058] 图7示出了本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台上任务调度的装置的示意性框图;

[0059] 图8示出了本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台上任务调度的装置的另一示意性框图;

[0060] 图9示出了本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台上任务调度的装置的再一示意性框图。

### 具体实施方式

[0061] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0062] 应理解,本发明实施例中的异构多核可重构计算平台指单个物理芯片中同时集成通用处理器(General Purpose Processor,简称为“GPP”),比如中央处理器(Central Processing Unit,简称为“CPU”),以及现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Arrays,简称为“FPGA”)的计算系统,其中FPGA具有可重构的硬件特性。具体而言,该计算平台的多核特征具体体现于,在单个物理芯片上集成有多个计算模块,该多个计算模块包括但不限于多个通用处理器、多个知识产权(Intellectual Property,简称为“IP”)核和多个专用处理器等,其中,IP核指的是在物理芯片中完成某种特定功能的逻辑电路,一般属于硬件的范畴。在此基础上,该计算平台的异构特征具体体现于,在该单个物理芯片上集成的多个计算模块的种类大于一种。该计算平台的可重构特征,具体体现于,计算模块的功能单元

的动态变化状态,例如针对物理芯片上集成的用来完成第一功能的第一IP核,将其更换为用于完成第二功能的第二IP核,则为可重构。

[0063] 在本发明实施例中,可重构资源指的是该异构多核可重构计算平台上的可重构的硬件资源,具体来说,指的是物理芯片上集成的FPGA逻辑资源,该FPGA具有可重构的硬件特性。

[0064] 在本发明实施例中,该IP核指的是,通过可重构资源构建的用于完成某种功能的硬件模块,具体指的是,通过FPGA上的基本门电路搭建起来的硬件模块。

[0065] 在该异构多核可重构计算平台上,任务以软件方式执行指的是,在通用处理器GPP上来执行任务,即任务以软件代码的形式呈现,该任务也可称为软件任务;任务以硬件方式执行指的是,在专用集成电路(即用于完成该任务的电路模块)上执行任务,任务以硬件电路的形式呈现,该任务也可称之为硬件任务。换句话说,任务以硬件方式执行指的,基于可重构资源,在能够执行该任务的IP核上执行该任务。应理解,要以硬件方式执行目标任务,需要基于可重构资源构建能够完成该目标任务的IP核。

[0066] 应理解,在本发明实施例中,该异构多核可重构计算平台的可重构资源(例如现场可编程门阵列,Field Programmable Gate Arrays,简称为“FPGA”)可以被分成面积相等或不等的多个可重构资源包,可重构资源包的布局在每次系统启动后是固定的,不允许进行更改。系统启动之后,每个可重构资源包上可以布局的IP核是可以动态变化的,即每个可重构资源包能够完成的功能是动态变化的。一个可重构资源包上可以布局多个不同功能的IP核,一个IP核也可以布局在多个可重构资源包上,下文将结合图6作进一步地说明。

[0067] 还应理解,IP核是基于可重构资源构建的用于完成某种功能的硬件功能模块,因此,该IP核也可看作是可重构资源的一种形式,该IP核的使用率也体现了可重构资源的使用率,其中IP核的使用率指的是IP核执行任务的频率。

[0068] 应理解,在本发明实施例中硬件任务的功能是指该硬件任务请求的功能或者执行该硬件任务能够完成的功能,例如:该功能可以是逻辑运算、矩阵运算、视频处理等。硬件平台可以通过标记位对用户程序提供传输硬件功能的接口,以此来确定硬件任务的功能。在异构多核可重构计算平台上,每一个可以在可重构逻辑资源上运行的任务通常都有一个对应的软件版本。

[0069] 可选地,该异构多核可重构计算平台,指的是基于计算模块、存储模块、互联模块以及相关外设等模块组成的计算机系统,但本发明并不限于此。

[0070] 下文中为了便于理解和描述,将该异构多核可重构计算平台简称为计算平台或者系统。

[0071] 图1示出了本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台上任务调度的方法100的示意性流程图,所述异构多核可重构计算平台包括多个可重构资源包,该方法100例如可以由计算平台(例如该计算平台可以是一台计算机)执行,如图1所示,该方法100包括:

[0072] S110,根据待执行的目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,该执行方式包括硬件方式或软件方式,该目标任务在该异构多核可重构计算平台没有对应的用于执行该目标任务的知识产权IP核,该目标任务的热度用于指示该目标任务对中央处理器CPU的占用率,该可重构资源的使用率用于指示该可重构资源的使用情况;

[0073] 具体地,该目标任务为当前时刻即将执行的计算任务,计算平台上未布局能够执行该目标任务的IP核,应理解,由于计算平台上未布局能够执行该目标任务的IP核,在S110之前,该目标任务是通过处理器GPP(本发明实施例中具体是中央处理器CPU)以软件方式执行的。

[0074] 其中,该目标任务的热度表征了该目标任务在此前一段时间内对CPU的占有率,即以软件方式执行的次数。这里提到的此前一段时间例如可以是可重构资源上次发生IP核重构的时刻到当前时刻之间的时间段。异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,具体地,例如根据计算平台上布局的所有IP核(这些布局的IP核不用于执行当前待执行的目标任务)的使用率来确定,其中,一个IP核的使用率用于表征,从可重构资源上次发生IP核重构的时刻到当前时刻之间的时间段,该IP核执行该第i个IP核的对应任务(该IP核能够执行的功能所对应的任务)的次数,下文将进行详细说明。

[0075] S120,根据确定的执行方式,执行该目标任务。

[0076] 在本发明实施例中,根据该目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,即通过根据任务的执行情况和计算平台的可重构资源的使用情况动态地确定任务的执行方式,能够实现可重构资源的合理利用,相对于现有技术中由用户指定任务的执行方式而导致IP核频繁重构或者某些任务长时间处于等待状态的问题,本发明实施例提供的方法,能够有效提高异构多核可重构计算平台上可重构资源的利用率,从而能够提高计算平台的整体性能。

[0077] 可选地,在本发明实施例中,S110根据该目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,包括:

[0078] S111,根据该目标任务的热度,确定该目标任务的加权热度 $C_w$ ,且 $C_w=C \cdot S$ ,其中, $C$ 为该目标任务的热度,且 $C=N_1 \cdot T_1/T_L$ , $T_L$ 为当前时刻与该可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度, $N_1$ 为该目标任务在 $T_L$ 内以软件方式执行的次数, $T_1$ 为该目标任务单次以软件方式执行所需的时间长度, $S$ 为该目标任务的硬件加速比,该硬件加速比 $S$ 用于指示该目标任务以硬件方式执行所对应的执行速度与该目标任务以软件方式执行所对应的执行速度之间的比值;

[0079] 其中,该可重构资源上次发生重构的时刻指的是当前时刻之前最近一次发生IP核重构的时刻,例如在当前时刻 $t_2$ 之前该异构多核可重构计算平台的可重构资源最近一次发生IP核重构的时刻 $t_1$ ,即在 $t_1$ 到 $t_2$ 的时间段 $T_L$ 内,计算平台上布局的IP核没有发生重构。

[0080] 该目标任务的热度 $C$ 表征了该目标任务在时间长度 $T_L$ 内,对CPU的占用率。应理解,该目标任务的热度 $C$ 的越大,表明该目标任务在计算平台上被执行的次数越多。该目标任务的热度 $C$ 也可称之为目标任务的优先级。

[0081] 假设该目标任务以硬件方式执行所对应的执行速度为 $R_1$ ,该目标任务以软件方式执行所对应的执行速度为 $R_2$ ,则该目标任务的硬件加速比 $S$ 为 $R_1/R_2$ 。应理解,可以根据以软件方式完成该目标任务所需的第一时间与以硬件方式完成该目标任务所需的第二时间的比值,估算目标任务的硬件加速比 $S$ 为 $R_1/R_2$ ,本发明实施例对此不作限定。

[0082] 该目标任务的加权热度 $C_w=C \cdot S$ ,表征了该目标任务相对于其他功能的任务利用对应的IP核执行的优劣性,即指示了为该目标任务布局用于执行该目标任务的目标IP核的价值。例如,可以通过比较任务A和任务B的加权热度来决定优先为哪个任务布局对应的IP

核,加权热度 $C_w$ 较大的任务利用IP核执行会比加权热度 $C_w$ 较小的任务有性能上的优势。

[0083] S112,根据如下公式确定该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率 $E_{ave}$ :

$$E_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^M E_i}{M},$$

$$E_i = \frac{N_2^i \cdot T_2^i}{T_L} \quad (i=1,2,\dots,M)$$

[0085] 其中, $M$ 为该异构多核可重构计算平台上布局的IP核的数量, $E_i$ 为该异构多核可重构计算平台上布局的 $M$ 个IP核中的第 $i$ 个IP核的IP核使用率, $T_L$ 为当前时刻与该可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度, $N_2^i$ 为该第 $i$ 个IP核在该时间长度 $T_L$ 内执行该第 $i$ 个IP核的对应任务的次数, $T_2^i$ 为该第 $i$ 个IP核执行一次该对应任务所需的时间长度;

[0086] 应理解,计算平台上虽然没有布局用于执行目标任务的目标IP核,但是布局了用于执行其他计算任务的IP核,对于布局的每个IP核,其使用率 $E_i = \frac{N_2^i \cdot T_2^i}{T_L}$ 反映了该每个IP

核的使用情况。平台上布局的所有IP核的使用率的平均值能够整体上反映布局的IP核的总体使用率,也间接地反映了该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率。在本发明实施例中,将平台上布局的所有IP核的使用率的平均值确定为该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率 $E_{ave}$ ,能够表征计算平台上可重构资源的使用情况。

[0087] S113,根据该目标任务的加权热度 $C_w$ 和该可重构资源的使用率 $E_{ave}$ ,确定该目标任务的执行方式。

[0088] 具体地,可以通过对比该目标任务的加权热度 $C_w$ 和该可重构资源的使用率 $E_{ave}$ 之间的大小,来决定该目标任务的执行方式。

[0089] 可选地,在本发明实施例中,S113根据该目标任务的加权热度 $C_w$ 和该可重构资源的使用率 $E_{ave}$ ,确定该目标任务的执行方式,包括:

[0090] S113A,当确定该目标任务的加权热度 $C_w$ 大于或等于 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积时,确定该目标任务的执行方式为硬件方式, $k$ 为该异构多核可重构计算平台的重构系数,用于指示该异构多核可重构计算平台的重构开销;

[0091] S113B,当确定该目标任务的加权热度 $C_w$ 小于 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积时,确定该目标任务的执行方式为软件方式。

[0092] 具体地,该异构多核可重构计算平台的重构系数 $k$ 反应了系统的重构开销, $k$ 越大,系统允许的重构频率越低, $k$ 越小,系统允许的重构频率越高。可选地,该重构系数 $k$ 可根据该计算平台的可重构资源的重构速度以及重构的IP核的大小来设定,该IP核的大小指的是该IP核所占用的可重构资源的多少。

[0093] 应理解,目标任务的加权热度 $C_w$ 可以看作为,在时间长度 $T_L$ 内,多次采用软件方式执行的该目标任务如果采用硬件方式执行,其对可重构资源的利用率。而 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积表征的是,该可重构资源实际的使用率。因此,当 $C_w$ 大于或等于 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积时,则表明当前时刻,对该可重构资源的利用率不充分,即对当前计算平台上布局的IP核的利用不充分,因此,需要增强对可重构资源的利用率。从而需要重构IP核,例如将计算平台上利用率最低的

IP核重构为用于执行目标任务的目标IP核。可以理解的是,当 $C_w$ 小于 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积时,则表明当前时刻,对该可重构资源的利用已经相对充分,即对当前计算平台上布局的IP核的利用也相对充分,此时如果为该目标任务布局对应的目标IP核,反而会降低可重构资源的利用率,因此,当确定该目标任务的加权热度 $C_w$ 小于 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积时,确定该目标任务的执行方式为软件方式,使其继续基于CPU执行。

[0094] 综上所述,在本发明实施例中,根据待执行的目标任务的执行情况(热度)和计算平台的可重构资源的使用情况(使用率),来确定该目标任务的执行情况,进而可以有效提高可重构资源的利用率,并且提升系统的性能。

[0095] 可选地,在本发明实施例中,该异构多核可重构计算平台包括多个可重构资源包,在确定该目标任务的执行方式为硬件方式的情况下,S120根据确定的执行方式,执行该目标任务,包括:

[0096] S121,将该多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为用于执行该目标任务的目标IP核;

[0097] 具体地,如图5所示,该异构多核可重构资源计算平台的可重构资源640以可重构资源包641的方式进行管理。系统启动之后,每个可重构资源包上可以布局的IP核是可以动态变化的,即每个可重构资源包能够完成的功能是动态变化的。该变化的过程主要通过可重构逻辑单元(如查找表等)的重新组织来实现功能的替换。可重构资源包与功能之间满足多对多的映射关系。一个可重构资源包可以布局为不同功能的IP核,同样的功能也可以在不同的可重构资源包上进行布局,下文将结合图6进行详细介绍。

[0098] 具体地,该目标IP核的布局过程体现为硬件逻辑资源(即可重构资源)组织为功能模块(能够执行该目标任务)的过程。

[0099] S122,利用该目标IP核,执行该目标任务。

[0100] 在确定该目标任务的执行方式为硬件执行的情况下,该目标任务也可称之为硬件任务。

[0101] 应理解,在本发明实施例中,利用该目标IP核,执行硬件任务(如该目标任务),具体实现过程是异构多核可重构计算平台控制该目标IP核,通过给其提供硬件任务的输入来驱动硬件电路,来达到执行该硬件任务的目的,并生成输出。

[0102] 可选地,在本发明实施例中,S121将该多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为能够执行该目标任务的目标IP核,包括:

[0103] S121A,将该多个可重构资源包中的目标可重构资源包重构为该目标IP核,该目标可重构资源包为该多个可重构资源包中空闲时间最长的可重构资源包。

[0104] 对可重构逻辑资源采用可重构资源包的方式进行组织,即所有的IP核都有统一的对外接口,所有的IP核之间都可以互相替换。IP核替换策略采用最近最久未使用替换原则,设每个IP核上一次执行完成的时间为 $T_1$ ,当前时间为 $T_2$ ,则IP核的空闲时间为 $T_2 - T_1$ 。当要发生IP核替换时,选择空闲时间 $T_2 - T_1$ 最长的IP核进行替换。

[0105] 具体地,设可重构资源包 $K$ 上一次执行重构的时间为 $T_1$ ,当前时间为 $T_2$ ,则该可重构资源包 $K$ 的空闲时间定义为 $T_2 - T_1$ 。则在S131A中,选择空闲时间最长的可重构资源包进行目标IP核的重构。

[0106] 可选地,在本发明实施例中,该方法100还包括:

[0107] S130,确定待执行的任务;

[0108] S140,在该异构多核可重构计算平台未布局用于执行该待执行的任务的IP核的情况下,将该待执行的任务确定为该待执行的目标任务。

[0109] 具体地,例如,系统中包括一个IP核布局状态信息表,该状态信息表记录有布局的IP核的配置信息,根据该配置信息,可以确定该待执行的任务是否布局有IP核。如果在IP核布局状态信息表中匹配到能够执行该任务的IP核的配置信息,则认为该异构多核可重构计算平台布局有用于执行该待执行的任务的IP核;如果在IP核布局状态信息表中无法匹配到能够执行该任务的IP核的配置信息,则认为该异构多核可重构计算平台未布局用于执行该待执行的任务的IP核。

[0110] 应理解,S130中涉及的待执行的任务指的是当前时刻即将执行的计算任务。本发明实施例中的目标任务可以与该待执行的任务可以是同一个任务,本发明实施例对此不作限定。

[0111] 可选地,在本发明实施例中,该方法100还包括:

[0112] S150,在该异构多核可重构计算平台布局有用于指示该待执行的任务的IP核的情况下,确定该待执行的任务的执行方式为硬件执行。

[0113] 具体地,如图2所示,图2示出了本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台上任务调度的方法的另一示意性流程图。该方法例如可以由计算平台(例如该计算平台可以是一台计算机)执行,如图2所示,在S21中,系统初始化,具体地,包括初始化系统中的函数库,该函数库包括软件函数,也包括硬件函数,该系统以IP核为加速部件,并提供调用IP核的接口,将软件函数和硬件函数封装为库,系统初始化的信息中包括以下信息:系统中可以布局的IP核集合、每种IP核的执行时间、每种任务的硬件加速比。在S22中,确定当前待执行的任务A。在S23中,判断该异构多核可重构计算平台是否布局有用于执行该任务A的IP核,如果布局了,则跳到S24,如果未布局,则跳到S25。在S25中,判断该任务A的加权热度 $C_w$ 是否大于或者等于可重构资源的使用率 $E_{ave}$ 与重构系数 $k$ 的乘积,如果是,则跳到S26,如果不是,则跳到S27。在S26中,为该任务A布局对应的IP核,即根据可重构资源重构能够执行该任务A的IP核。在S24中,确定该任务A的执行方式为硬件执行方式。在S27中,确定该任务A的执行方式为软件执行方式。

[0114] 应理解,本发明实施例涉及的系统指的是该异构多核可重构计算平台所对应的计算系统。

[0115] 还应理解,在图2所示的流程图中,在S24之后,还包括S29以硬件方式执行该任务A,即利用S26中为任务A布局的IP核执行该任务A。在S27之后,还包括S28以软件方式执行该任务A。任务A的具体执行方法,可以根据对应的执行手段进行。例如如果是以硬件方式执行,处理器只需要将输入数据与启动信号通过互联模块发送给对应的IP核(即能够执行任务A的IP核),IP核会自动开始执行。在执行结束后,IP核会将结果通过互联模块返回到处理器。

[0116] 在S29中,具体地,通过调用库函数创建任务A的硬件版本,并将硬件版本数据发送到该任务A对应的IP核,该对应的IP核完成任务A后,以中断的形式将结果返回。

[0117] 在S23中,如果确定该异构多核可重构计算平台布局了该任务A的IP核,则跳到S4中,确定以硬件方式来执行该任务A,应理解,这是由于IP核的执行速度远大于通用处理器

的计算速度。

[0118] 图2所示的根据任务A的历史执行情况(热度)以及可重构资源的使用情况来确定任务A的执行方式的过程也可称之为任务动态判定过程,具体过程也可称之为任务动态绑定。具体地,任务动态绑定可以理解为在系统运行的过程中动态决定完成某一功能的任务的执行单元。该执行单元可以是通用处理器,也可以是IP核,例如图2中,在S27中确定任务A的执行方式为软件执行,即确定完成该任务A的执行单元为通用处理器,在S24中确定该任务A的执行方式为硬件执行,即确定完成该任务A的执行单元为IP核。

[0119] 应理解,本发明实施例中的目标任务具体地,可以为图2中的任务A。

[0120] 综上所述,在本发明实施例中,在确定目标任务的执行方式的过程中,综合考虑了系统当前状态,即可重构资源的使用情况,以及目标任务的执行情况,能够解决现有技术中存在的可重构资源利用不合理的问题,从而能够提高系统的整体性能。

[0121] 当前技术中,异构多核可重构计算平台一般采用基于窗口(Window)的任务迁移方法进行重构。其中,窗口定义为从一次重构到下一次重构之间的时间间隔,一个窗口的组成包含硬件执行(Hardware Execution)时间、调度(Scheduling)时间和重构(Reconfiguration)时间三个阶段,其中,调度时间被隐藏在硬件执行时间中。当前技术中,重建窗口的大小是固定的,则窗口的大小会对系统的性能产生影响,例如,窗口过大会导致可重构资源长时间处于空闲状态,会降低资源利用率和系统性能;而窗口过小会导致系统重构过于频繁,从而引入额外的重构开销,会降低系统的性能。

[0122] 此外,在现有技术中,也会提供用户指定接口,即对于一个将要执行的计算任务,该任务具体是以软件方式执行还是硬件方式执行,是由用户指定该任务的执行方式。假设用户指定以硬件方式执行任务,如果该任务已经以硬件模块的形式存在于可重构资源上,则等待该硬件模块空闲后执行该任务,否则,根据系统中的可重构资源重构该任务的硬件模块。如果当前系统中没有足够的可重构资源进行重构,则等待有了足够的可重构资源时才进行重构。由此可知,在现有技术中,由用户来指定任务的执行方式,缺少对系统整体信息的利用,不容易为每一个任务选择最合适的计算单元(即执行方式),系统的资源利用率低。重构时机的很大程度上是由用户决定的,如果用户指定的方式不恰当,不仅会导致系统频繁重构,而且会导致某些任务长时间处于等待状态,影响了系统的效率。

[0123] 而在本发明实施例中,是根据待执行的目标任务的执行情况和异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用情况确定目标任务的执行方式,即采用系统动态判定的方式来较为合理的确定目标任务的执行方式,从而能够提高可重构资源的利用率,进而能够提高计算平台的整体系统性能。

[0124] 上文结合图1和图2,描述了本发明实施例提供的根据目标任务的执行情况和异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用情况来确定目标任务的执行方式的方案。

[0125] 可选地,在本发明实施例中,也可以根据用户指令来确定目标任务的执行方式,具体地,为用户提供相关的接口,对于待执行的目标任务,用户可以通过相关代码指定,该目标任务以硬件方式执行还是软件方式执行。

[0126] 图3示出了本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台上任务调度的方法的另一示意性流程图。该方法例如可以由计算平台(例如该计算平台可以是一台计算机)执行,如图3所示,在S31中,系统初始化,具体地与图2中的S21类似,不再赘述。在S32中,判断将要

执行的任任务A的执行方式,如果确定是用户指定的软件执行,则跳到S33中,如果确定的用户指定的硬件执行,则跳到S34中,如果确定由系统动态判定(如图2所示的方法)的方式确定任务A的执行方式,则跳到S37中。在S33中,在用户指定任务A的执行方式为软件执行的情况下,调用库函数,创建任务A的软件版本,以软件方式执行该任务A。在S34中,判断该计算平台是否布局用于执行该任务A的IP核,如果布局了,跳到S35中,如果没有布局,则跳到步骤S36中。在S36中,为该任务A布局对应的IP核,具体地,将该异构多核可重建计算平台上的多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为能够执行该任务A的IP核。在S35中,在确定该任务A布局了对应的IP核的情况下,利用该对应的IP核执行该任务A。在S37中,利用系统动态判定的方式判断任务A的执行方式,具体步骤如图2所示的S23至S29的描述,这里不再赘述。

[0127] 在S35中,具体地,通过调用库函数创建任务A的硬件版本,并将硬件版本数据发送到该任务A对应的IP核,该对应的IP核完成任务A后,以中断的形式将结果返回。

[0128] 应理解,本发明实施例中的目标任务具体地,可以为图3中的任务A。

[0129] 在本发明实施例中,在确定目标任务的执行方式的过程中,相当于提供了两个选项:一个选项是由用户指定执行方式,用户可以自主地选择采用硬件方式或者软件方式执行目标任务;另一个选项是系统动态判定,根据系统当前的状态来判断执行方式,具体来说,是根据任务的热度和可重构资源的使用率,来确定目标任务的执行方式,能够有效提高该异构多核可重构计算平台的可重构资源的利用率,从而能够提高该计算平台的性能。

[0130] 本发明实施例涉及的异构多核可重构计算平台为一种异构的、可重构的、计算机处理器(平台)。该处理器泛指集成通用处理器和FPGA可编程逻辑阵列的处理器,其中FPGA具有可重构的硬件特性。图4示出了本发明实施例涉及的系统架构图,如图4所示,系统架构400包括软件操作系统410和硬件平台420部分。

[0131] 操作系统410自顶向下可以分为应用层411,编程抽象层412,中间件层413,硬件抽象层414,以及通信层415。首先应用层411借助于编程抽象层412提供的封装接口来进行应用程序的调用。中间件层413负责与系统虚拟化、分布式、灵活性等方面相关的工作,涵盖了操作系统410中的各个核心功能。操作系统410能够同时负责处理硬件任务,以及软件任务,软硬件任务通过硬件抽象层进行统一抽象,并通过通信层与硬件平台进行交互。

[0132] 硬件平台420包括指令集通用处理器GPP,重构控制器,可重构逻辑资源,互联结构和内存等部件,其中,互联结构连接了多核系统和外围设备,如内存、硬盘等。

[0133] 本发明实施例涉及的异构多核可重构计算平台的应用场景包括嵌入式设备、服务器设备等。

[0134] 图5示出了根据本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台上任务调度的装置500的示意性框图。如图5所示,异构多核可重构计算平台上的硬件任务调度的装置500的结构分为两个主要部分:硬件部分600和软件部分700。硬件部分600包括片上多核系统610、系统总线620、重构控制器630和可重构资源640等部分。其中,

[0135] 片上多核系统610,由片上互联611和多核中央处理器(Central Processing Unit,简称为“CPU”)612组成,该片上多核系统610是软件任务执行的载体。

[0136] 系统总线620,连接了多核系统和外围设备,如内存、硬盘等。

[0137] 重构控制器630,接收重构控制信号723和重构数据信号724,并根据该重构控制信



号723和重构数据信号724对可重构资源进行重构操作。该重构控制器630为与可重构平台紧密相关的设备。

[0138] 可重构资源640,被划分为不同的可重构资源包641,每个可重构资源包641都可以作为一个独立的设备使用。该可重构资源640具体为FPGA。

[0139] 可重构资源640以可重构资源包的方式进行管理,可重构资源包的布局在每次系统启动后是固定的,不允许进行更改。系统启动之后,每个可重构资源包上可以布局的IP核是可以动态变化的,即每个可重构资源包能够完成的功能是动态变化的。可重构资源包与功能之间满足多对多的映射关系。一个可重构资源包可以布局为不同功能的IP核,同样的功能也可以在不同的可重构资源包上进行布局。

[0140] 软件部分700包括编程模型710和调度及资源管理模块720两部分。其中,

[0141] 编程模型710,包括编程接口711和系统函数库712,对用户编程接口711,并通过系统函数库712创建任务。

[0142] 系统函数库712中的硬件函数库713是可重构平台所特有的,硬件函数库713定义了调用可重构资源640上可重构资源包641的接口。系统的硬件函数库713中只包含功能接口,可重构资源包641与功能之间的映射关系对程序员完全透明,由系统中的调度及资源管理模块720负责运行时动态管理。

[0143] 调度及资源管理模块720,包含任务调度模块721和资源管理模块722两个子部分。

[0144] 任务调度模块721,用于决定任务执行的时机,并确定任务的执行单元。

[0145] 资源管理模块722,用于根据任务调度模块721的结果通过重构控制信号723和重构数据信号724对可重构资源640进行管理。其中,重构控制信号723是指控制重构状态和流程的触发信号,重构数据信号724为指导可重构资源需要配置的具体功能的信号。

[0146] 可重构资源640中每个可重构资源包641上可以布局的IP核的配置信息都保存在IP核库700中,其表现形式为网表、门电路等。IP核库700根据接收到的重构数据信号724,向重构控制器630提供布局IP核所需要的配置信息。

[0147] 在本发明实施例中,任务调度模块721用于,

[0148] 根据待执行的目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,该执行方式包括硬件方式或软件方式,该目标任务在该异构多核可重构计算平台没有对应的用于执行该目标任务的知识产权IP核,该目标任务的热度用于指示该目标任务对中央处理器CPU的占用率,该可重构资源的使用率用于指示该可重构资源的使用情况。

[0149] 可选地,在本发明实施例中,该任务调度模块721具体用于:

[0150] 根据该目标任务的热度,确定该目标任务的加权热度 $C_w$ ,且 $C_w = C \cdot S$ ,其中, $C$ 为该目标任务的热度,且 $C = N_1 \cdot T_1 / T_L$ , $T_L$ 为当前时刻与该可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度, $N_1$ 为该目标任务在 $T_L$ 内以软件方式执行的次数, $T_1$ 为该目标任务单次以软件方式执行所需的时间长度, $S$ 为该目标任务的硬件加速比,该硬件加速比 $S$ 用于指示该目标任务以硬件方式执行所对应的执行速度与该目标任务以软件方式执行所对应的执行速度之间的比值;

[0151] 根据如下公式确定该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率 $E_{ave}$ :

$$[0152] \quad E_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^M E_i}{M},$$

$$E_i = \frac{N_2^i \cdot T_2^i}{T_L} \quad (i=1,2,\dots,M)$$

[0153] 其中,  $M$  为该异构多核可重构计算平台上布局的 IP 核的数量,  $E_i$  为该异构多核可重构计算平台上布局的  $M$  个 IP 核中的第  $i$  个 IP 核的 IP 核使用率,  $T_L$  为当前时刻与该可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度,  $N_2^i$  为该第  $i$  个 IP 核在该时间长度  $T_L$  内执行该第  $i$  个 IP 核的对应任务的次数,  $T_2^i$  为该第  $i$  个 IP 核执行一次该对应任务所需的时间长度;

[0154] 根据该目标任务的加权热度  $C_w$  和该可重构资源的使用率  $E_{ave}$ , 确定该目标任务的执行方式。

[0155] 可选地, 在本发明实施例中, 在根据该目标任务的加权热度  $C_w$  和该可重构资源的使用率  $E_{ave}$ , 确定该目标任务的执行方式的方面, 该任务调度模块 721 具体用于:

[0156] 该根据该目标任务的加权热度  $C_w$  和该可重构资源的使用率  $E_{ave}$ , 确定该目标任务的执行方式, 包括:

[0157] 当确定该目标任务的加权热度  $C_w$  大于或等于  $E_{ave}$  与  $k$  的乘积时, 确定该目标任务的执行方式为硬件方式,  $k$  为该异构多核可重构计算平台的重构系数, 用于指示该异构多核可重构计算平台的重构开销;

[0158] 当确定该目标任务的加权热度  $C_w$  小于  $E_{ave}$  与  $k$  的乘积时, 确定该目标任务的执行方式为软件方式。

[0159] 可选地, 在本发明实施例中, 该任务调度模块 721 还用于:

[0160] 确定待执行的任务;

[0161] 在该异构多核可重构计算平台未布局用于执行该待执行的任务的 IP 核的情况下, 将该待执行的任务确定为该待执行的目标任务。

[0162] 可选地, 在本发明实施例中, 任务调度模块 721 还用于, 在该异构多核可重构计算平台布局有用于指示该待执行的任务的 IP 核的情况下, 确定该待执行的任务的执行方式为硬件执行。

[0163] 可选地, 在本发明实施例中, 在该任务调度模块 721 的确定结果为该目标任务的执行方式为硬件执行的情况下, 该资源管理模块 722 用于, 根据任务调度模块 721 的结果通过重构控制信号 723 和重构数据信号 724 对可重构资源 640 进行管理, 具体地, 将该重构控制信号 723 和重构数据信号 724 发送给重构控制器 630;

[0164] 重构控制器 630 用于, 根据接收到的该重构控制信号 723 和重构数据信号 724 对可重构资源 640 进行重构操作, 具体地, 将可重构资源 640 中的该多个可重构资源包 641 中的至少一个可重构资源包重构为用于执行该目标任务的该目标 IP 核;

[0165] 片上多核系统 610 中的多核中央处理器 612 (例如微处理器或单片机等) 将目标任务相关处理数据, 发送给目标 IP 核, 该目标 IP 核会自动开始执行目标任务 (也可称之为硬件任务)。在目标任务执行结束后, 目标 IP 核会将处理结果返回到处理器。

[0166] 可选地, 在本发明实施例中, 重构控制器 630 具体用于, 将该多个可重构资源包中

的目标可重构资源包重构为该目标IP核,该目标重构资源包为该多个可重构资源包中空闲时间最长的可重构资源包。

[0167] 可选地,在本发明实施例中,在该任务调度模块721的确定结果为该目标任务的执行方式为软件执行的情况下,软件部分700用于,通过编程来让处理器(例如CPU)具备相应的处理功能,用软件来实现该目标任务。

[0168] 可重构资源640以可重构资源包641的方式进行管理,可重构资源包641的布局在每次系统启动后是固定的,不允许进行更改。系统启动之后,每个可重构资源包641上可以布局的IP核是可以动态变化的,即每个可重构资源包641能够完成的功能是动态变化的。该变化的过程主要通过可重构逻辑单元(如查找表等)的重新组织来实现功能的替换。可重构资源包641与功能之间满足多对多的映射关系。一个可重构资源包641可以布局为不同功能的IP核,同样的功能也可以在不同的可重构资源包641上进行布局。

[0169] 具体地,如图6所示,图5中所示的可重构资源包641可以布局为不同功能的IP核,同样的功能也可以在不同的可重构资源包上进行布局。例如,假设该计算平台的可重构资源被分成三个可重构资源包,编号分别为0、1、2,该计算平台可以执行四种功能:功能1(加法运算)、功能2(减法运算)、功能3(矩阵运算)、功能4(视频处理),则可重构资源包和功能之间的对应关系可以体现为:0可以对应功能1和功能2,1可以对应功能1和功能3,2可以对应功能1、功能3和功能4。具体而言,可以设定系统中的可重构资源包的集合为BbSet,集合中的每一个元素表示可重构资源包的编号BbNum;设定功能集合为FunSet,集合中的每一个元素表示功能的编号FunNum,系统中与每一种功能对应的IP核的数量可以有多个。定义BbSet与FunSet之间的映射关系为 $f: BbSet \rightarrow FunSet$ ,则映射关系f可以表示为二元组 $\langle BbNum, FunNum \rangle$ 的集合,该二元组实际上也表示了可重构资源包与IP核之间的对应关系,定义该集合为IPSet。IPSet决定了IP核库的设计,定义IP核库中的配置文件集合为ConfigSet,集合的每一个元素为一个配置文件FileNum,则IPSet与ConfigSet满足一一映射关系,即每一个二元组 $\langle BbNum, FunNum \rangle$ 与一个FileNum对应。但本发明并不限于此。

[0170] 可选地,可以在进行任务调度前,建立以上可重构资源包与功能之间的映射关系;例如在计算平台系统初始化的过程中,建立以上可重构资源包与功能之间的映射关系,本发明实施例不做限定。

[0171] 本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台任务调度的方法的典型应用场景有:在系统(嵌入式or服务器)运行初期,系统中的负载/任务按照用户约定或规划被分配在通用处理器和FPGA加速器上执行。系统运行过程中,随着负载/任务的变化,系统根据当前硬件资源及任务信息,判定任务硬件执行的代价和收益,决策任务是否加速执行。

[0172] 因此,在本发明实施例中,根据该目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,即通过权衡该目标任务的执行情况和可重构资源的使用情况,来确定目标任务的执行方式,能够实现可重构资源的合理利用,相对于现有技术中由用户指定任务的执行方式而导致IP核频繁重构或者某些任务长时间处于等待状态的问题,本发明实施例提供的方法,能够有效提高可重构资源的利用率,从而能够有效提高异构多核可重构计算平台的整体运行效率。

[0173] 在本发明实施例中,软硬件任务的执行对用户透明化,用户只需要按照预设规则来创建任务,而不需要关心最终任务将被如何执行,因此,本发明实施例的异构多核可重构

计算平台上任务调度的方法,在改善用户体验的同时,也提高了异构多核可重构计算平台计算资源的利用率。

[0174] 图7示出了根据本发明实施例的异构多核可重构计算平台上任务调度的装置800的示意性框图,该装置800包括:

[0175] 第一确定模块810,用于根据待执行的目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,该执行方式包括硬件方式或软件方式,该目标任务在该异构多核可重构计算平台没有对应的用于执行该目标任务的目标知识产权IP核,该目标任务的热度用于指示该目标任务对中央处理器CPU的占用率,该可重构资源的使用率用于指示该可重构资源的使用情况;

[0176] 执行模块820,用于根据该第一确定模块确定的执行方式,执行该目标任务。

[0177] 因此,在本发明实施例中,根据该目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,即通过权衡该目标任务的执行情况和可重构资源的使用情况,来确定目标任务的执行方式,能够实现可重构资源的合理利用,相对于现有技术中由用户指定任务的执行方式而导致IP核频繁重构或者某些任务长时间处于等待状态的问题,本发明实施例提供的方法,能够有效提高可重构资源的利用率,从而能够有效提高异构多核可重构计算平台的整体运行效率。

[0178] 可选地,在本发明实施例中,在根据该目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式的方面,该第一确定模块810具体用于:

[0179] 根据该目标任务的热度,确定该目标任务的加权热度 $C_w$ ,且 $C_w = C \cdot S$ ,其中, $C$ 为该目标任务的热度,且 $C = N_1 \cdot T_1 / T_L$ , $T_L$ 为当前时刻与该可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度, $N_1$ 为该目标任务在 $T_L$ 内以软件方式执行的次数, $T_1$ 为该目标任务单次以软件方式执行所需的时间长度, $S$ 为该目标任务的硬件加速比,该硬件加速比 $S$ 用于指示该目标任务以硬件方式执行所对应的执行速度与该目标任务以软件方式执行所对应的执行速度之间的比值;

[0180] 根据如下公式确定该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率 $E_{ave}$ :

$$E_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^M E_i}{M} \quad ,$$

$$E_i = \frac{N_2^i \cdot T_2^i}{T_L} \quad (i=1,2,\dots,M)$$

[0182] 其中, $M$ 为该异构多核可重构计算平台上布局的IP核的数量, $E_i$ 为该异构多核可重构计算平台上布局的 $M$ 个IP核中的第 $i$ 个IP核的IP核使用率, $T_L$ 为当前时刻与该可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度, $N_2^i$ 为该第 $i$ 个IP核在该时间长度 $T_L$ 内执行该第 $i$ 个IP核的对应任务的次数, $T_2^i$ 为该第 $i$ 个IP核执行一次该对应任务所需的时间长度;

[0183] 根据该目标任务的加权热度 $C_w$ 和该可重构资源的使用率 $E_{ave}$ ,确定该目标任务的执行方式。

[0184] 可选地,在本发明实施例中,在根据该目标任务的加权热度 $C_w$ 和该可重构资源的

使用率 $E_{ave}$ ,确定该目标任务的执行方式的方方面,该第一确定模块810具体用于:

[0185] 当确定该目标任务的加权热度 $C_w$ 大于或等于 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积时,确定该目标任务的执行方式为硬件方式, $k$ 为该异构多核可重构计算平台的重构系数,用于指示该异构多核可重构计算平台的重构开销;

[0186] 当确定该目标任务的加权热度 $C_w$ 小于 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积时,确定该目标任务的执行方式为软件方式。

[0187] 可选地,在本发明实施例中,如图8所示,该装置800还包括:

[0188] 第二确定模块830,用于确定待执行的任务;

[0189] 第三确定模块840,用于在该异构多核可重构计算平台未布局用于执行该待执行的任务的IP核的情况下,将该待执行的任务确定为该待执行的目标任务。

[0190] 可选地,在本发明实施例中,该异构多核可重构计算平台包括多个可重构资源包,在根据该确定的执行方式,执行该目标任务的方面,该执行模块820具体用于:

[0191] 在确定该目标任务的执行方式为硬件方式的情况下,将该多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为用于执行该目标任务的该目标IP核;

[0192] 利用该目标IP核,执行该目标任务。

[0193] 可选地,在本发明实施例中,在将该多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为能够执行该目标任务的目标IP核的方面,该执行模块820具体用于:

[0194] 将该多个可重构资源包中的目标可重构资源包重构为该目标IP核,该目标可重构资源包为该多个可重构资源包中空闲时间最长的可重构资源包。

[0195] 可选地,在本发明实施例中,该装置800还包括:

[0196] 第四确定模块850,用于在该异构多核可重构计算平台布局有用于指示该待执行的任务的IP核的情况下,确定该待执行的任务的执行方式为硬件执行。

[0197] 因此,在本发明实施例中,根据该目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,即通过权衡该目标任务的执行情况和可重构资源的使用情况,来确定目标任务的执行方式,能够实现可重构资源的合理利用,相对于现有技术中由用户指定任务的执行方式而导致IP核频繁重构或者某些任务长时间处于等待状态的问题,本发明实施例提供的方法,能够有效提高可重构资源的利用率,从而能够有效提高异构多核可重构计算平台的整体运行效率。

[0198] 应理解,根据本发明实施例的异构多核可重构计算平台上任务调度的装置800可对应于本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台上任务调度的装置500,并且装置800中的各个模块的上述和其它操作和/或功能分别为了实现图1至图3中的各个方法的相应流程,为了简洁,在此不再赘述。

[0199] 基于上述各实施例,本实施例提供了一种异构多核可重构计算平台上任务调度的装置900的硬件结构,参见图9,该装置900的硬件结构可以包括:

[0200] 收发器件、软件器件以及硬件器件两部分;

[0201] 收发器件为用于完成包收发的硬件电路;

[0202] 硬件器件也可称“硬件处理模块”,或者更简单的,也可简称为“硬件”,硬件器件主要包括基于FPGA、ASIC之类专用硬件电路(也会配合其他配套器件,如存储器)来实现某些特定功能的硬件电路,其处理速度相比通用处理器往往要快很多,但功能一经定制,便很难

更改,因此,实现起来并不灵活,通常用来处理一些固定的功能。需要说明的是,硬件器件在实际应用中,也可以包括MCU(微处理器,如单片机)、或者CPU等处理器,但这些处理器的主要功能并不是完成大数据的处理,而主要用于进行一些控制,在这种应用场景下,由这些器件搭配的系统为硬件器件。

[0203] 软件器件(或者也简单“软件”)主要包括通用的处理器(例如CPU)及其一些配套的器件(如内存、硬盘等存储设备),可以通过编程来让处理器具备相应的处理功能,用软件来实现时,可以根据业务需求灵活配置,但往往速度相比硬件器件来说要慢。软件处理完后,可以通过硬件器件将处理完的数据通过收发器件进行发送,也可以通过一个与收发器件相连的接口向收发器件发送处理完的数据。

[0204] 在本发明实施例中,软件器件用于进行上述实施例提到的系统动态判定,即该软件器件用于:

[0205] 根据待执行的目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率,确定该目标任务的执行方式,该执行方式包括硬件方式或软件方式,该目标任务在该异构多核可重构计算平台没有对应的用于执行该目标任务的目标知识产权IP核,该目标任务的热度用于指示该目标任务对中央处理器CPU的占用率,该可重构资源的使用率用于指示该可重构资源的使用情况。

[0206] 可选地,在本发明实施例中,该软件器件具体用于:

[0207] 根据该目标任务的热度,确定该目标任务的加权热度 $C_w$ ,且 $C_w = C \cdot S$ ,其中, $C$ 为该目标任务的热度,且 $C = N_1 \cdot T_1 / T_L$ , $T_L$ 为当前时刻与该可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度, $N_1$ 为该目标任务在 $T_L$ 内以软件方式执行的次数, $T_1$ 为该目标任务单次以软件方式执行所需的时间长度, $S$ 为该目标任务的硬件加速比,该硬件加速比 $S$ 用于指示该目标任务以硬件方式执行所对应的执行速度与该目标任务以软件方式执行所对应的执行速度之间的比值;

[0208] 根据如下公式确定该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率 $E_{ave}$ :

$$E_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^M E_i}{M} \quad ,$$

$$E_i = \frac{N_2^i \cdot T_2^i}{T_L} \quad (i=1,2,\dots,M)$$

[0210] 其中, $M$ 为该异构多核可重构计算平台上布局的IP核的数量, $E_i$ 为该异构多核可重构计算平台上布局的 $M$ 个IP核中的第 $i$ 个IP核的IP核使用率, $T_L$ 为当前时刻与该可重构资源上次发生重构的时刻之间的时间长度, $N_2^i$ 为该第 $i$ 个IP核在该时间长度 $T_L$ 内执行该第 $i$ 个IP核的对应任务的次数, $T_2^i$ 为该第 $i$ 个IP核执行一次该对应任务所需的时间长度;

[0211] 根据该目标任务的加权热度 $C_w$ 和该可重构资源的使用率 $E_{ave}$ ,确定该目标任务的执行方式。

[0212] 可选地,在本发明实施例中,在根据该目标任务的加权热度 $C_w$ 和该可重构资源的使用率 $E_{ave}$ ,确定该目标任务的执行方式的方面,该软件器件具体用于:

[0213] 当确定该目标任务的加权热度 $C_w$ 大于或等于 $E_{ave}$ 与 $k$ 的乘积时,确定该目标任务的

执行方式为硬件方式,  $k$  为该异构多核可重构计算平台的重构系数, 用于指示该异构多核可重构计算平台的重构开销;

[0214] 当确定该目标任务的加权热度  $C_w$  小于  $E_{ave}$  与  $k$  的乘积时, 确定该目标任务的执行方式为软件方式。

[0215] 可选地, 在本发明实施例中, 该异构多核可重构计算平台包括多个可重构资源包, 在确定该目标任务的执行方式为硬件方式的情况下,

[0216] 该软件器件用于:

[0217] 将该多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为用于执行该目标任务的该目标IP核;

[0218] 该硬件器件用于:

[0219] 利用该目标IP核, 执行该目标任务。

[0220] 具体地, 例如硬件器件中包括的处理器 (例如微处理器或单片机等) 将处理后的数据, 例如输入数据与启动信号通过收发器发送给目标IP核, 该目标IP核会自动开始执行目标任务 (也可称之为硬件任务)。在目标任务执行结束后, 目标IP核会将处理结果通过收发器返回到处理器。

[0221] 可选地, 在本发明实施例中, 在将该多个可重构资源包中的至少一个可重构资源包重构为用于执行该目标任务的该目标IP核的方面, 该软件器件具体用于:

[0222] 将该多个可重构资源包中的目标可重构资源包重构为该目标IP核, 该目标可重构资源包为该多个可重构资源包中空闲时间最长的可重构资源包。

[0223] 可选地, 在本发明实施例中, 在确定该目标任务的执行方式为软件方式的情况下, 该软件器件用于:

[0224] 通过编程来让处理器 (例如CPU) 具备相应的处理功能, 用软件来实现该目标任务。

[0225] 可选地, 在本发明实施例中, 该软件器件还用于:

[0226] 确定待执行的任务;

[0227] 在该异构多核可重构计算平台未布局用于执行该待执行的任务的IP核的情况下, 将该待执行的任务确定为该待执行的目标任务。

[0228] 通过本实施例软硬结合的方法, 既保证了处理的速度, 又具有灵活性。

[0229] 因此, 在本发明实施例中, 根据该目标任务的热度和该异构多核可重构计算平台的可重构资源的使用率, 确定该目标任务的执行方式, 即通过权衡该目标任务的执行情况 and 可重构资源的使用情况, 来确定目标任务的执行方式, 能够实现可重构资源的合理利用, 相对于现有技术中由用户指定任务的执行方式而导致IP核频繁重构或者某些任务长时间处于等待状态的问题, 本发明实施例提供的方法, 能够有效提高可重构资源的利用率, 从而能够有效提高异构多核可重构计算平台的整体运行效率。

[0230] 应理解, 根据本发明实施例的异构多核可重构计算平台上任务调度的装置900可对应于本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台上任务调度的装置500, 也可对应于本发明实施例提供的异构多核可重构计算平台上任务调度的装置800, 并且装置900中的各个器件的上述和其它操作和/或功能分别为了实现图1至图3中的各个方法的相应流程, 为了简洁, 在此不再赘述。

[0231] 应理解, 在本发明的各种实施例中, 上述各过程的序号的大小并不意味着执行顺

序的先后,各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定,而不应对本发明实施例的实施过程构成任何限定。

[0232] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0233] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0234] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的系统、装置和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,所述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0235] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

[0236] 另外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

[0237] 所述功能如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备)执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0238] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。



100

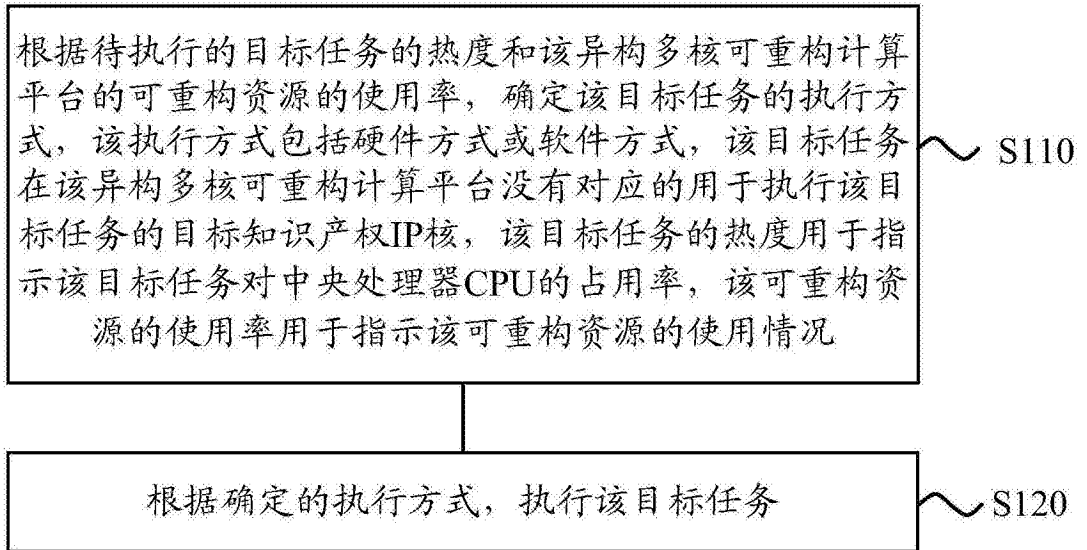


图1

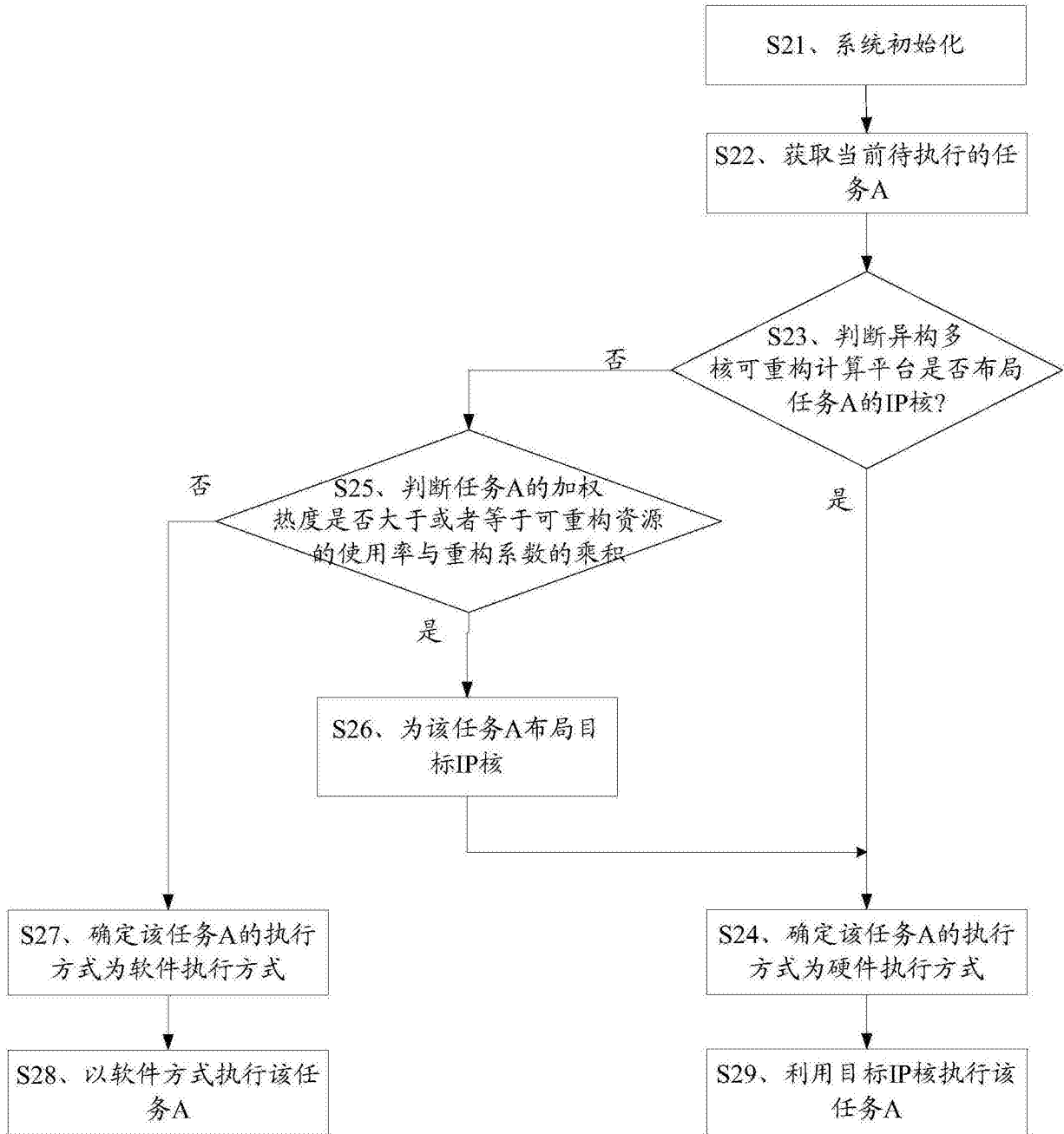


图2

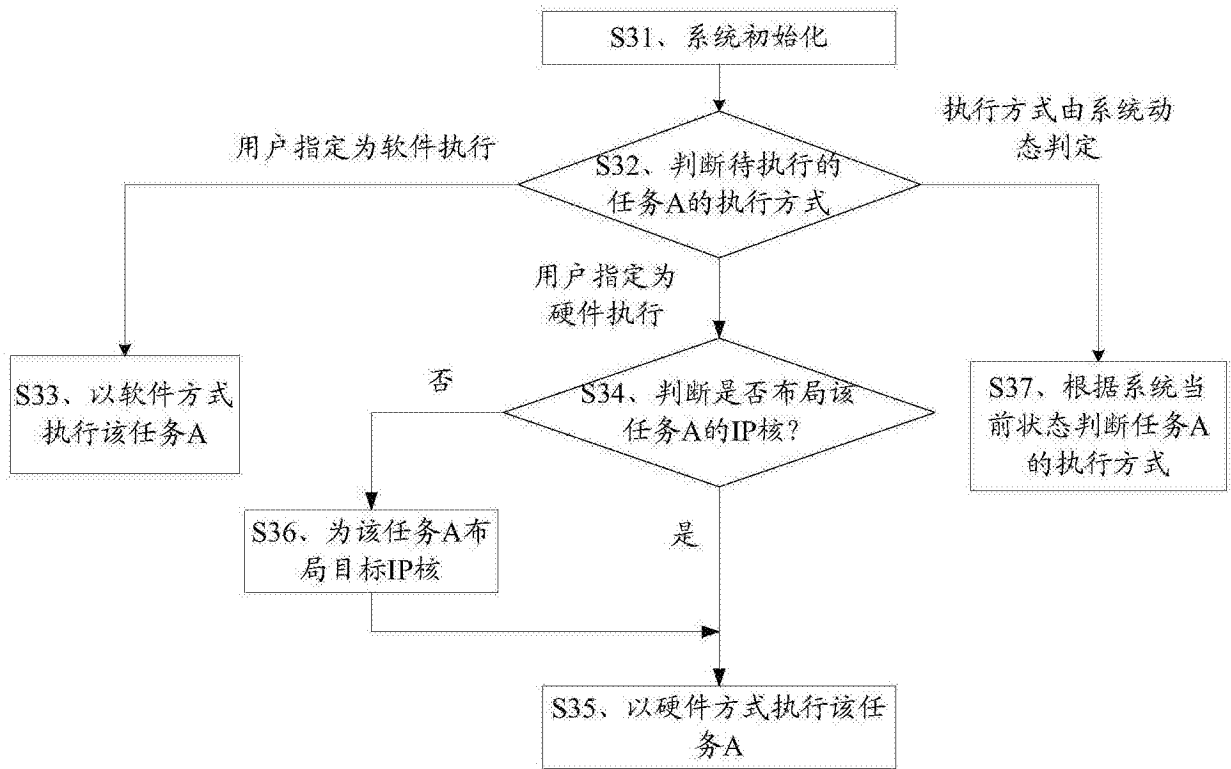


图3

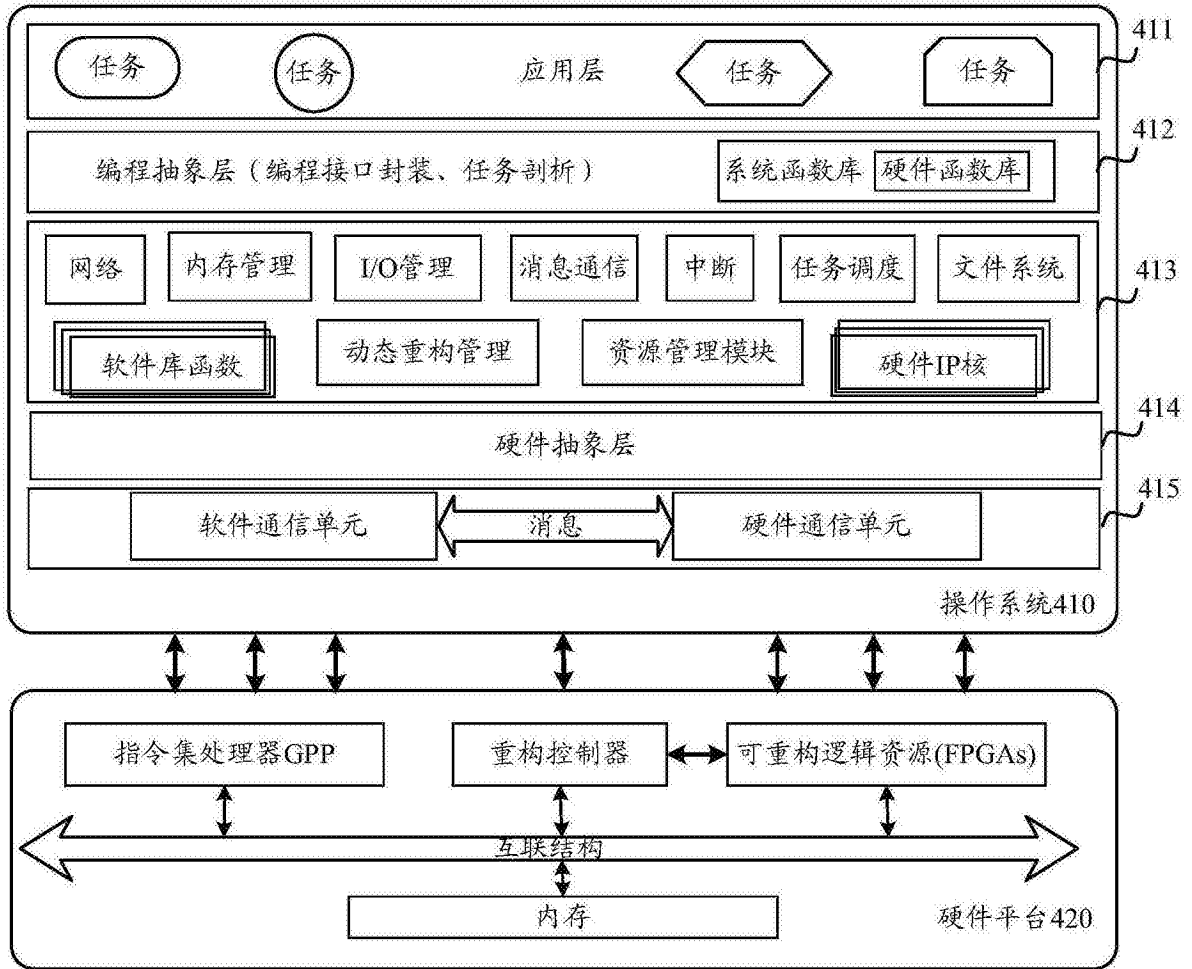


图4

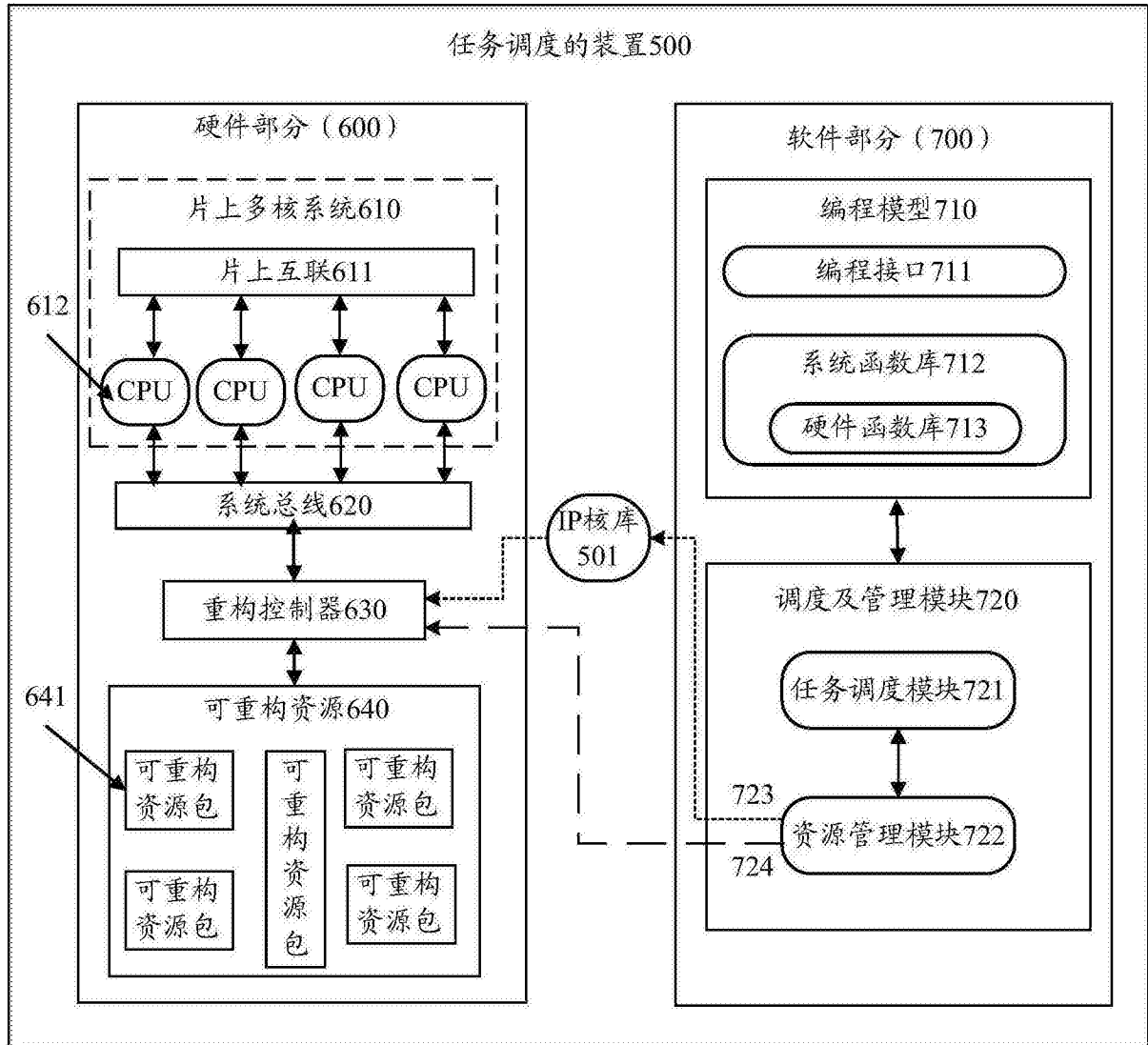


图5

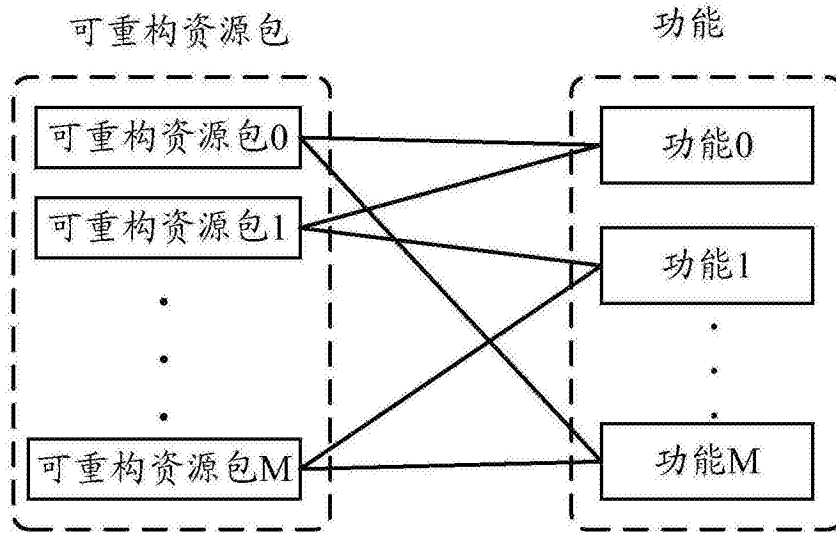


图6

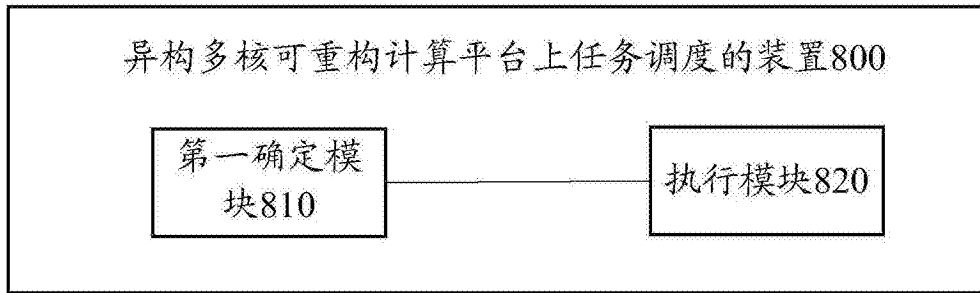


图7

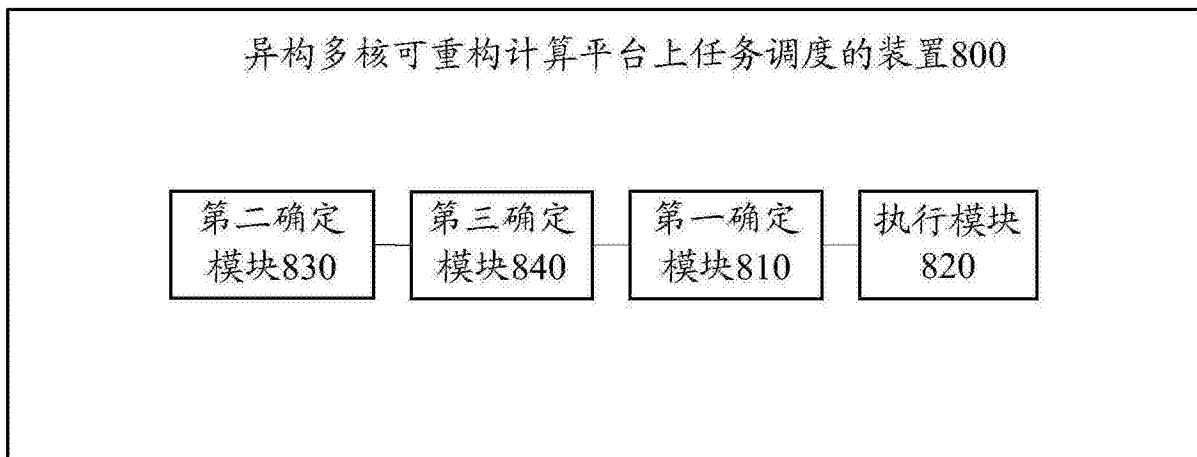


图8

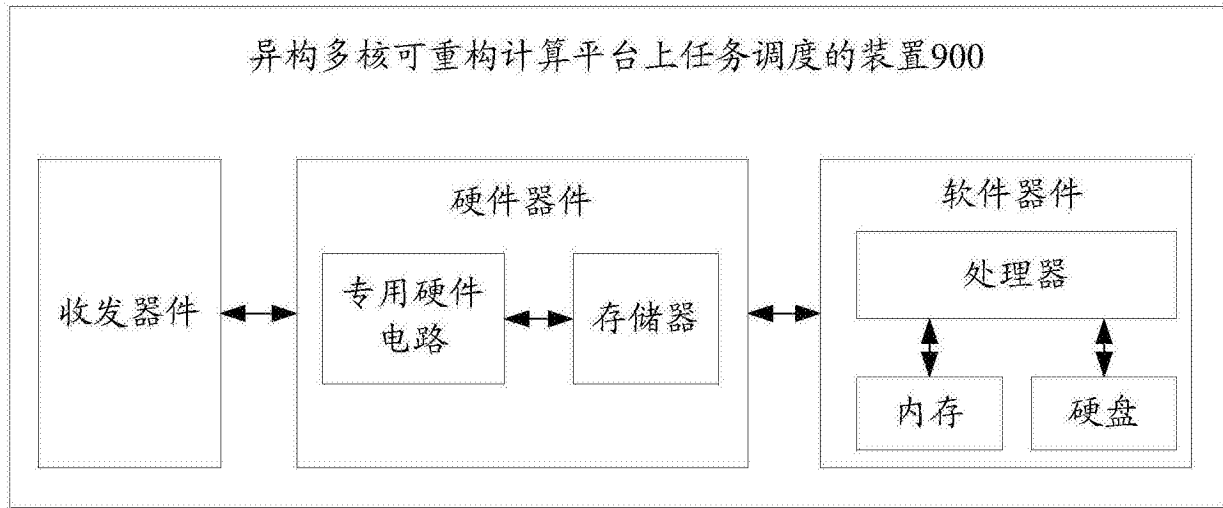


图9