



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104077249 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 01

(21) 申请号 201410086349. 1

G06F 12/08 (2006. 01)

(22) 申请日 2014. 03. 10

(30) 优先权数据

2013-062811 2013. 03. 25 JP

(71) 申请人 富士通株式会社

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 青柳隆宏 池田吉朗

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

代理人 杜诚 陈炜

(51) Int. Cl.

G06F 13/16 (2006. 01)

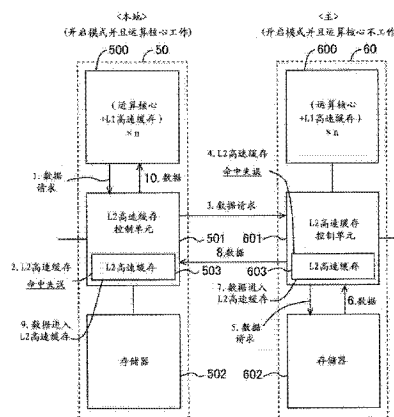
权利要求书2页 说明书16页 附图23页

(54) 发明名称

运算处理设备、信息处理设备及控制信息处理设备的方法

(57) 摘要

本公开涉及运算处理设备、信息处理设备及控制信息处理设备的方法。运算处理设备包括：运算处理单元，被配置成使用由自身的设备管理的第一数据及由另一运算处理设备管理并从其获取的第二数据进行运算处理；主存储器，被配置成存储第一数据和第三数据；以及控制单元，被配置成包括设置单元和高速缓冲存储器，设置单元将运算处理单元设置成工作状态或非工作状态，高速缓冲存储器保存第一数据、第二数据和第三数据，其中当设置单元将运算处理单元设置成非工作状态并由另一运算处理设备请求触发高速缓冲存储器中的高速缓存命中失误的第三数据时，控制单元从主存储器读取所请求的第三数据，将其保存在高速缓冲存储器中，并将其发送给另一运算处理设备。



1. 一种运算处理设备,其与另一运算处理设备连接,包括:

运算处理单元,被配置成使用由自身的运算处理设备管理的第一数据以及由另一运算处理设备管理并且从另一运算处理设备获取的第二数据来进行运算处理;

主存储器,被配置成存储所述第一数据和第三数据;以及

控制单元,被配置成包括设置单元和高速缓冲存储器,所述设置单元将所述运算处理单元设置成工作状态或非工作状态,所述高速缓冲存储器保存所述第一数据、所述第二数据和所述第三数据,其中,当所述设置单元将所述运算处理单元设置成所述非工作状态并且由另一运算处理设备请求触发所述高速缓冲存储器中的高速缓存命中失误的所述第三数据时,所述控制单元从所述主存储器读取所请求的第三数据,并且在所述高速缓冲存储器中保存所请求的第三数据,并且将所读取的第三数据发送给另一运算处理设备。

2. 根据权利要求1所述的运算处理设备,其中,当所述控制单元从另一运算处理设备接收到所述第三数据的经修改数据以及回写请求时,所述控制单元将所述经修改数据存储存储在所述高速缓冲存储器中。

3. 根据权利要求2所述的运算处理设备,其中,当所述控制单元从另一运算处理设备接收到第三数据的经修改数据以及回写请求时,所述控制单元将所述经修改数据存储存储在所述高速缓冲存储器中并且禁止将所述经修改数据存储存储在所述主存储器中。

4. 一种信息处理设备,其包括与另一运算处理设备连接的运算处理设备,其中,所述运算处理设备包括:

运算处理单元,被配置成使用由自身的运算处理设备管理的第四数据以及由另一运算处理设备管理并且从另一运算处理设备获取的第五数据来进行运算处理,

主存储器,被配置成存储所述第四数据和第六数据;以及

控制单元,被配置成包括设置单元和高速缓冲存储器,所述设置单元将所述运算处理单元设置成工作状态或非工作状态,所述高速缓冲存储器保存所述第四数据、所述第五数据和所述第六数据,其中,当所述设置单元将所述运算处理单元设置成所述非工作状态并且由另一运算处理设备请求所述第六数据从而使得在所述高速缓冲存储器中发生高速缓存命中失误时,所述控制单元从所述主存储器读取所请求的第六数据,并且在所述高速缓冲存储器中保存所请求的第六数据,并且将所读取的第六数据发送给另一运算处理设备。

5. 根据权利要求4所述的信息处理设备,其中,当所述控制单元从另一运算处理设备接收到所述第六数据的经修改数据以及回写请求时,所述控制单元将所述经修改数据存储存储在所述高速缓冲存储器中。

6. 根据权利要求5所述的信息处理设备,其中,当所述控制单元从另一运算处理设备接收到所述第六数据的经修改数据以及回写请求时,所述控制单元将所述经修改数据存储存储在所述高速缓冲存储器中并且禁止将所述经修改数据存储存储在所述主存储器中。

7. 一种控制信息处理设备的方法,所述方法包括:

将包括在所述信息处理设备中的第一运算处理设备的运算处理单元设置成非工作状态,所述运算处理单元使用由所述第一运算处理设备管理的第七数据,以及由与所述第一运算处理设备连接的第二运算处理设备管理并且从所述第二运算处理设备获取的第八数据,来进行运算处理;

当请求存储所述在第一运算处理设备的主存储器中的第九数据并且在所述第一运算

处理设备的用于保存所述第七数据、所述第八数据和所述第九数据的高速缓冲存储器中发生高速缓存命中失误时,从所述主存储器读取所述第九数据,并且将所述第九数据保存在所述高速缓冲存储器中;以及

将从所述主存储器读取的所述第九数据发送给所述第二运算处理设备。

8. 根据权利要求7所述的控制所述信息处理设备的方法,其中当所述第一运算处理设备从所述第二运算处理设备接收到所述第九数据的经修改数据以及回写请求时,将所述经修改数据存储在该所述第一运算处理设备的所述高速缓冲存储器中。

9. 根据权利要求7所述的控制所述信息处理设备的方法,其中,当所述第一运算处理设备从所述第二运算处理设备接收到所述第九数据的经修改数据以及回写请求时,将所述经修改数据存储在该所述第一运算处理设备的所述高速缓冲存储器中并且禁止将所述经修改数据存储在该所述主存储器中。

运算处理设备、信息处理设备及控制信息处理设备的方法

技术领域

[0001] 本文中所描述的实施方式涉及运算处理设备、信息处理设备以及控制信息处理设备的方法。

背景技术

[0002] 运算处理设备被应用于用于共享在信息处理设备中的多个处理器核心中的主存储器中所存储的数据的实际应用。在信息处理设备中多个处理器核心与 L1 高速缓存的对形成处理器核心组。处理器核心组与 L2 高速缓存、L2 高速缓存控制单元以及主存储器相连接。处理器核心组、L2 高速缓存、L2 高速缓存控制单元以及存储器的集合被称为集群。

[0003] 高速缓存是存储具有较大容量的主存储器中所存储的数据中频繁使用的数据的具有较小容量的存储单元。当主存储器中的数据被临时存储在高速缓存中时,减少了耗时的对存储器访问的频率。高速缓存采用层次结构,其中在较高层实现较高速度的处理并且在较低层实现较大的容量。

[0004] 在基于目录的高速缓存一致性控制方案中,如上所述的 L2 高速缓存存储 L2 高速缓存所属的集群中的处理器核心组所请求的数据。该处理器核心组被配置成更频繁地从更接近该处理器核心组的 L2 高速缓存获取数据。另外,由主存储器所属的集群对存储在存储器中的数据进行管理以维持数据一致性。

[0005] 此外,集群根据该方案对要管理的存储器中的数据处于什么状态以及数据存储在哪一个 L2 高速缓存中进行管理。而且,当集群接收对存储器的用于获取数据的请求时,集群基于数据的当前状态针对数据获取请求进行适当的处理。然后集群针对数据获取请求进行处理并且更新与数据的状态有关的信息。

[0006] 如专利文献 1 所示,提供了用于减少对采用上述集群结构和上述处理方案的运算处理设备中的主存储器的访问所需要的延迟时间的提议。在专利文献 1 中,当高速缓存中发生高速缓存命中失误(cache miss)并且该高速缓存没有用于存储数据的可用容量时,该高速缓存所属的集群中的存储器中的数据被优先从高速缓存中清除以产生可用容量。

[0007] [专利文献]

[0008] [专利文献 1] 日本公开特许公报 No. 2000-66955

发明内容

[0009] 在上述技术中,由于高速缓存是临时存储,进行用于访问主存储器以将数据回写存储器的处理。主存储器具有较大容量并且可以被安装在与用于处理器核心组和高速缓存的芯片不同的芯片上。因此,对主存储器的访问可以是对于减少数据存取延迟时间的瓶颈。

[0010] 因此,本文中所公开的技术的一方面的目的是提供一种运算处理设备、信息处理设备以及控制信息处理设备的方法,以减少对主存储器的访问频率。

[0011] 根据实施方式的一方面,提供一种与另一运算处理设备连接的运算处理设备,其包括:运算处理单元,被配置成使用由该运算处理设备自己管理的第一数据以及从另一运

算处理单元获取的第二数据来进行运算处理,第二数据被另一运算处理设备管理;主存储器,被配置成存储第一数据和第三数据;以及控制单元,被配置成包括设置单元和高速缓冲存储器,该设置单元将该运算处理单元设置成工作状态或非工作状态,该高速缓冲存储器保存第一数据、第二数据和第三数据,其中,当设置单元将运算处理单元设置成非工作状态并且从另一运算处理设备请求触发高速缓冲存储器中的高速缓存命中失误的第三数据时,控制单元从主存储器读取所请求的第三数据并且在高速缓冲存储器中保存所请求的第三数据并且将所读取的第三数据发送给另一运算处理设备。

附图说明

- [0012] 图 1 是示出根据比较例的信息处理设备中的集群配置的一部分的图;
- [0013] 图 2 是示意性地示出根据比较例的 L2 高速缓存控制单元的配置的图;
- [0014] 图 3 是示出根据比较例的当集群中生成了数据获取请求时的处理的图;
- [0015] 图 4 是示出在如图 3 所示的处理示例中在 L2 高速缓存控制单元中进行的处理的图;
- [0016] 图 5 是示出根据比较例的当集群中生成了数据获取请求时的处理的图;
- [0017] 图 6 是示出在如图 5 所示的比较例中在 L2 高速缓存控制单元中进行的处理的图;
- [0018] 图 7 是示出当在比较例中进行针对数据的回冲(flush back)处理和回写处理时在集群中进行的处理的图;
- [0019] 图 8 是示出在如图 7 所示的处理示例中在 L2 高速缓存控制单元中进行的处理的示例的图;
- [0020] 图 9 是示出在比较例中用于在信息处理设备中专有地获取数据的处理的示例的图;
- [0021] 图 10 是示出在如图 9 所示的处理示例中在 L2 高速缓存控制单元中进行的处理的图;
- [0022] 图 11 是示出在比较例中当保存被从 L2 高速缓存逐出的数据时进行的处理的图;
- [0023] 图 12 是示意性地示出根据实施方式的信息处理设备中的集群配置的一部分的图;
- [0024] 图 13 是示出根据实施方式的集群中的 L2 高速缓存控制单元的图;
- [0025] 图 14 是示出根据实施方式的信息处理设备中处于“开启模式”状态的集群中的处理器核心组的工作模式的图;
- [0026] 图 15 是示出在本地集群从主集群中的存储器获取数据时进行的处理的图;
- [0027] 图 16 是示出在如图 15 所示的处理示例中由 L2 高速缓存控制单元进行的处理的图;
- [0028] 图 17 是示出形成根据实施方式的控制器的电路的图;
- [0029] 图 18 是在如图 15 至图 17 所示的处理示例中 L2 高速缓存控制单元的时序图;
- [0030] 图 19 是示出该实施方式中当从属于本地集群的 L2 高速缓存逐出数据时进行的处理的图;
- [0031] 图 20 是示出在如图 19 所示的处理示例中在 L2 高速缓存控制单元中进行的处理的图;

- [0032] 图 21 是示出形成图 19 中所示的处理示例中的控制器的电路的图；
- [0033] 图 22 是图 19 至图 21 中所示的处理示例中的 L2 高速缓存控制单元的时序图；
- [0034] 图 23 是示出其中在实施方式中的信息处理设备中集群形成多个组的示例的图；以及
- [0035] 图 24 是示出根据实施方式的 L2 高速缓存控制单元的配置示例的图。

具体实施方式

[0036] 首先,参考附图描述根据一个实施方式的信息处理设备的比较例。

[0037] (比较例)

[0038] 图 1 示出了根据比较例的信息处理设备中的集群配置的一部分。如图 1 所示,集群 10 包括处理器核心组 100、L2 高速缓存控制单元 101 以及存储器 102,处理器核心组 100 包括处理器核心与 L1 高速缓存的 n 个(n 是自然数)组合。L2 高速缓存控制单元 101 包括 L2 高速缓存 103。与集群 10 类似,集群 20 也包括处理器核心组 200、L2 高速缓存控制单元 201、存储器 202 以及 L2 高速缓存 203 并且集群 30 也包括处理器核心组 300、L2 高速缓存控制单元 301、存储器 302 以及 L2 高速缓存 303。

[0039] 在以下描述中,将请求存储在主存储器中的数据的处理器核心所属的集群称为本地(集群)。另外,将存储被请求的数据的存储器所属的集群称为主(home)(集群)。此外,将不是本地集群并且保存所请求的数据的集群称为远程(集群)。因此,根据数据被请求向哪里或者从哪里请求数据,每个集群可以是本地集群、主集群和 / 或远程集群。而且,本地集群在某些情况下也作用为主集群用于进行与数据获取请求有关的处理。并且远程集群在某些情况下也作用为主集群。此外,将由主集群管理的主存储器中所存储的数据的状态信息称为目录信息。稍后对上述组成部分的详情进行描述。

[0040] 如图 1 所示,每个集群中的 L2 高速缓存控制单元经由总线或者互连件与另一 L2 高速缓存控制单元连接。在信息处理设备 1 中,因为存储器空间是所谓平坦的(flat),所以由物理地址唯一地确定主存储器中存储了哪个数据以及存储器属于哪个集群。

[0041] 例如,当集群 10 获取不是存储在存储器 102 中而是存储在存储器 202 中的数据时,集群 10 向存储数据的存储器 202 所属的集群 20 发送数据请求。集群 20 检查数据的状态。此处,数据的状态意为数据的使用状态,例如数据存储在哪个集群中、数据是否被专有地使用以及信息处理设备 1 中数据的同步处于什么状态。另外,当要获取的数据存储在属于集群 20 的 L2 高速缓存 203 中并且在信息处理设备 1 中建立了数据的同步时,集群 20 将数据发送给请求数据的集群 10。然后集群 20 在数据的状态信息中记录数据被发送给集群 10 并且数据被同步到信息处理设备 1 中。

[0042] 图 2 示意性地示出了 L2 高速缓存控制单元 101 的配置。L2 高速缓存控制单元 101 包括控制器 101a、L2 高速缓存 103 以及目录随机存取存储器(RAM) 104。另外,L2 高速缓存 103 包括标签 RAM103a 和数据 RAM103b。标签 RAM103a 保存由数据 RAM103b 保存的块的标签信息。标签信息意为一致性协议控制中与每个数据的使用状态、主存储器中的地址等有关的信息。在使用多个处理器的多处理器环境中,更有可能的是处理器共享相同的数据并且对数据进行访问。因此,在多处理器环境中维持存储在每个高速缓存中的数据的一致性。用于维持各处理器间的数据的一致性的协议被称为一致性协议。MESI 协议是这种协议

的一个示例。在以下描述中,使用了对具有四个状态即修改、专有、共享以及无效的数据的使用状态进行管理的 MESI 协议。然而,可用的协议不限于该协议。

[0043] 控制器 101a 使用标签 RAM103a 来检查存储器块以哪个状态被存储在数据 RAM103b 中以及数据以哪个状态存在。例如,数据 RAM103b 是用于保存存储器 102 中所存储的数据的副本的 RAM。目录 RAM104 是用于承担属于主集群的主存储器的目录信息的 RAM。因为目录信息是大量的信息,所以在很多情况下将目录信息存储在主存储器中并且在 RAM 中布置针对该存储器的高速缓存。然而,在本实施方式中将属于主集群的存储器的目录信息存储在目录 RAM104 中。

[0044] 控制器 101a 接受来自处理器核心组 100 或者其他集群中的 L2 高速缓存控制单元中的控制器的请求。控制器 101a 根据所接收到的请求的内容将操作请求发送给标签 RAM103a、数据 RAM103b、目录 RAM104、存储器 102 或者其他集群。并且当所请求的操作完成时,控制器 101a 将操作结果返回给操作的请求者。

[0045] 图 3 是示出当在集群 10 中生成了数据获取请求时进行的处理的示例的图。图 3 中集群 10 是本地集群和主集群。图 3 示出了当生成了对属于集群 10 的存储器 102 的数据获取请求并且在 L2 高速缓存 103 中发生高速缓存命中失误时进行的处理。此处假设当 L2 高速缓存控制单元接收数据获取请求时在 L1 高速缓存中发生高速缓存命中失误。

[0046] 从本地的集群 10 中的处理器核心向 L2 高速缓存控制单元 101 发送数据的请求。当也是主的集群 10 中的 L2 高速缓存控制单元 101 确定 L2 高速缓存 103 不保存数据(命中失误)时,L2 高速缓存控制单元 101 参考存储在目录 RAM104 中的目录信息。然后 L2 高速缓存控制单元 101 基于目录信息进行检查以确定远程集群中的 L2 高速缓存是否保存该数据。当 L2 高速缓存控制单元 101 确定远程集群中的 L2 高速缓存不保存数据(命中失误)时,L2 高速缓存控制单元 101 向本地的集群 10 中的存储器 102 请求数据获取。当存储器 102 将数据返回给 L2 高速缓存控制单元 101 时,L2 高速缓存控制单元 101 将数据存储在 L2 高速缓存 103 中的数据 RAM103b 中。另外,L2 高速缓存控制单元 101 将数据发送给处理器核心组 100 中的请求数据的处理器核心。此外,L2 高速缓存中的标签 RAM103a 存储信息,该信息指示在数据在信息处理设备 1 中被同步的状态下获取了数据。此外,目录 RAM104 存储指示数据被本地的集群 10 保存的信息。

[0047] 当 L2 高速缓存控制单元 101 参考标签 RAM103a 以确定 L2 高速缓存 103 中的数据 RAM103b 不具有用于存储数据的容量时,L2 高速缓存控制单元 101 根据包括随机算法和 LRU (最近最少使用)算法的预定算法从 L2 高速缓存 103 逐出数据。当 L2 高速缓存控制单元 101 参考标签 RAM103a 以确定要被逐出的数据处于与存储在存储器 102 中的数据类似的状态时,L2 高速缓存控制单元 101 丢弃要被逐出的数据。另一方面,当 L2 高速缓存控制单元 101 参考标签 RAM103a 以确定要被逐出的数据已经被更新时,L2 高速缓存控制单元 101 将要被逐出的数据回写存储器 102。

[0048] 因此,将由处理器核心组 100 中的处理器核心请求的数据存储在 L2 高速缓存 103 中的数据 RAM103b 中的空闲空间中。此外,当处理器核心组 100 中的处理器核心再次生成针对数据的数据获取请求时,L2 高速缓存控制单元 101 保存数据 RAM103b 中所存储的数据并且将数据发送给处理器核心(命中)。因此,只要数据没有被从数据 RAM103b 逐出,L2 高速缓存控制单元 101 就不访问存储器 102。

[0049] 图 4 是示出在如图 3 所示的处理示例中在 L2 高速缓存控制单元 101 中进行的处理的图。控制器 101a 接受来自处理器核心组 100 中的处理器核心的数据获取请求。数据获取请求包含指示由处理器核心生成了请求、数据获取请求的类型以及存储器中存储数据的地址的信息。控制器 101a 根据请求的内容启动适当的处理。

[0050] 首先,控制器 101a 检查标签 RAM103a 以确定在数据 RAM103b 中是否找到了存储作为数据获取请求的目标的数据的主存储器的块的副本。当控制器 101a 接收指示没有从标签 RAM103a 找到该副本的结果(命中失误)时,控制器 101a 参考目录 RAM104 以检查作为数据获取请求的目标的数据是否被远程集群保存。控制器 101a 从目录 RAM104 接收指示数据没有被集群保存的结果(命中失误),控制器 101a 向存储器 102 发送数据的数据获取请求。当控制器 101a 从存储器 102 接收数据时,控制器 101a 将指示数据被主集群保存的信息登记在目录 RAM104 中。另外,控制器 101a 将数据的使用状态(“共享”等)的信息存储在标签 RAM103a 中。此外,控制器 101a 将数据存储于数据 RAM103b。而且,控制器 101a 将数据发送给处理器核心组 100 中的请求数据的处理器核心。

[0051] 接下来,图 5 是示出当集群中 10 中生成了数据获取请求时进行的处理的示例的图。在如图 5 所示的示例中,集群 10 是本地集群并且集群 20 是主集群(home cluster)。本地的集群中 10 中的处理器核心组 100 中的处理器核心向集群 10 中的 L2 高速缓存 103 发送数据获取请求。因为所请求的数据未存储在 L2 高速缓存 103 中,所以发生了高速缓存命中失误(命中失误)。因此,集群 10 向作为主的集群 20 发送针对数据的数据获取请求。集群 20 中的 L2 高速缓存控制单元 201 检查存储在 L2 高速缓存 203 中的目录信息。当 L2 高速缓存控制单元 201 中的控制器 201a 确定数据未存储在 L2 高速缓存 203 以及远程集群中的 L2 高速缓存中(命中失误)时,控制器 201a 向存储器 202 发送针对数据的数据获取请求。

[0052] 当存储器 202 将数据返回给 L2 高速缓存控制单元 201 时, L2 高速缓存控制单元 201 更新存储在目录 RAM204 中的目录信息。并且 L2 高速缓存控制单元 201 将数据发送给本地的并且请求数据的集群 10。集群 10 中的 L2 高速缓存控制单元 101 将从集群 20 中的 L2 高速缓存控制单元 201 接收的数据存储在 L2 高速缓存 103 中。然后 L2 高速缓存控制单元 101 将数据发送给处理器核心组 100 中请求数据的处理器核心。

[0053] 此处,由于以下原因,数据未存储在作为主的集群 20 中的 L2 高速缓存 203 中。第一,从本地的集群 10 中的处理器核心而不是从作为主的集群 20 中的处理器核心请求数据。第二,当数据存储在作为主的集群 20 中的 L2 高速缓存 203 中时,这意味着不被作为主的集群 20 中的处理器核心组 200 使用的数据被存储在 L2 高速缓存 203 中。第三,当这种未使用的数据存储在 L2 高速缓存 203 中时,可能从 L2 高速缓存 203 逐出被处理器核心组 200 使用的数据。

[0054] 图 6 是示出在如图 5 所示的示例中由 L2 高速缓存控制单元 101 和 L2 高速缓存控制单元 201 进行的处理的图。本地的集群 10 中的 L2 高速缓存控制单元 101 中的控制器 101a 接受来自处理器核心组 100 中的处理器核心的数据获取请求。数据获取请求包括指示由处理器核心生成了请求、数据获取请求的类型以及存储器中存储数据的地址的信息。控制器 101a 根据请求的内容启动适当的处理。

[0055] 控制器 101a 检查标签 RAM103a 以确定是否在数据 RAM103b 中找到了存储作为数据获取请求的目标的数据的主存储器的块的副本。当控制器 101a 接收到指示没有从标签

RAM103a 找到该副本的结果(命中失误)时,控制器 101a 将数据的数据获取请求发送给属于作为主的集群 20 的 L2 高速缓存控制单元 201 中的控制器 201a。

[0056] 当控制器 201a 接收到数据获取请求时,控制器 201a 检查目录 RAM204 以确定作为数据获取请求的目标的数据是否存储在任何集群中的 L2 高速缓存中。当控制器 201a 从目录 RAM204 接收到指示没有在集群中找到数据的结果(命中失误)时,控制器 201a 向存储器 202 发送针对数据的数据获取请求。当存储器 202 将数据返回给控制器 201a 时,控制器 201a 将指示数据被请求数据的集群 10 保存的信息作为数据的使用状态存储在目录 RAM204 中。然后控制器 201a 将数据发送给请求数据的集群 10 中的控制器 101a。当集群 10 中的控制器 101a 接收到数据时,控制器 101a 将数据的使用状态(“共享”等)存储在标签 RAM103a 中。另外,控制器 101a 将数据存储在与数据 RAM103b 中。此外,控制器 101a 将数据发送给处理器核心组 100 中请求数据的处理器核心。

[0057] 图 7 是示出当在比较例中对远程集群执行针对数据的回冲或回写时由集群进行的处理的图。对远程集群回冲意为当集群将从另一集群获取的数据从高速缓存逐出时进行的处理。回冲也意为用于将以下内容通知给主集群的处理:当被逐出的数据没有被更新并且被在信息处理设备 1 中同步时将数据从对于主集群来说不仅是本地集群还是远程集群的集群逐出,即,被逐出的数据是干净的。针对主集群进行处理以更新目录信息。

[0058] 此外,对远程集群回写意为当集群将从另一集群获取的数据从集群中的高速缓存逐出时进行的处理。回写也意为用于通知另一集群以下内容的处理:当被逐出的数据被更新并且未被在信息处理设备 1 中同步时数据是所谓“脏的”,即被逐出的数据是脏的。如下所述,当在比较例中集群对远程集群执行回冲时,集群将回冲请求发送给从其获取数据的集群而不将数据发送给从其获取数据的集群。相反,当在比较例中集群对远程集群执行回写时,集群将回写请求发送给从其获取数据的集群并且也将数据发送给从其获取数据的集群,使得从其获取数据的集群将数据存储在与存储器中。

[0059] 如上所述,当新的数据被存储在 L2 高速缓存中并且 L2 高速缓存不具有用于数据的容量时,根据预定算法将存储在 L2 高速缓存中的数据逐出。在图 7 中,集群 10 是本地集群而集群 20 是主集群。应该注意的是在本示例中集群 20 也是远程集群。此外,图 7 中未示出的信息处理设备 1 中的集群是远程集群。而且,在图 7 中,因为属于本地的集群 10 的 L2 高速缓存 103 中的数据 RAM103b 不具有数据容量,所以集群 10 从存储在数据 RAM103b 中的数据中逐出要被存储在远程的集群 20 中的存储器 202 中的数据。

[0060] 在这种情况下,如图 7 所示,集群 10 中的 L2 高速缓存控制单元 101 将用于从 L2 高速缓存 103 逐出数据的请求发送给集群 20 中的 L2 高速缓存控制单元 201。该请求是回冲请求或者回写请求。应该注意的是回冲请求和回写请求是预定请求的示例。另外,当要被逐出的数据是干净的时,将回冲请求发送给作为主的集群 20 中的 L2 高速缓存控制单元 201。L2 高速缓存控制单元 201 将指示数据被从请求数据的集群 10 逐出的信息存储在 L2 高速缓存控制单元 201 的目录信息中。

[0061] 另一方面,当要被逐出的数据是脏的时,将回写请求和数据发送给作为主的集群 20 中的 L2 高速缓存控制单元 201。例如,当数据被本地的集群 10 中的处理器核心组 100 更新时,数据变成了脏的。另外, L2 高速缓存控制单元 201 将指示数据被从请求数据的集群 10 逐出的信息存储在目录 RAM204 中所存储的目录信息中。L2 高速缓存控制单元 201 将

数据回写到属于作为主的集群 20 的存储器 202。应该注意的是远程的集群中的处理器核心向作为主的集群 20 请求数据。也就是说,数据不是被作为主的集群 20 中的处理器核心组 200 请求的。当数据存储在作为主的集群 20 中的 L2 高速缓存 203 中时,可以将处理器核心组 200 请求的其他数据从 L2 高速缓存 203 逐出。因此,数据未被存储在作为主的集群 20 中的 L2 高速缓存 203 中。

[0062] 图 8 是示出在如图 7 所示的示例中在 L2 高速缓存控制单元 101 和 L2 高速缓存控制单元 201 中进行的处理的图。此处描述了在确定了要从 L2 高速缓存控制单元 101 中的 L2 高速缓存 103 逐出的数据之后进行的处理。L2 高速缓存控制单元 101 中的控制器 101a 请求标签 RAM103a 使数据存储在其中的块无效。此处,当数据是脏的并且控制器 101a 向作为主的集群 20 中的控制器 201a 通知回写请求时,控制器 101a 从数据 RAM103b 读取与块对应的数据。并且控制器 101a 向控制器 201a 通知回冲请求。或者,控制器 101a 向控制器 201a 通知回写请求并且向控制器 201a 发送数据。当作为主的集群 20 中的控制器 201a 接收到请求时,控制器 201a 使目录 RAM204 中的指示“数据被请求数据的集群 10 保存”的信息无效。另外,当控制器 201a 接收回到写请求时,控制器 201a 将数据回写到存储器 202。

[0063] 接下来,图 9 示出了当本地的集群 10 专有地获取存储在作为主的集群 20 中的存储器 202 中的数据时进行的处理。例如,当数据被处理器核心更新时,使用专有数据获取请求。专有数据获取请求是用于确保在某一时刻一个集群(集群中的高速缓存)保存所请求的数据并且其他集群不保存数据的请求。当其他集群中的一个集群中的 L2 高速缓存在数据被更新时保存数据时,数据不能在信息处理设备 1 中被同步。因此,专有数据获取请求是用于防止这种情况的请求。

[0064] 首先,本地的集群 10 中的处理器核心组 100 中的处理器核心向 L2 高速缓存控制单元 101 请求获取数据。当 L2 高速缓存控制单元 101 接收到数据获取请求时,L2 高速缓存控制单元 101 检查数据是否存储在 L2 高速缓存 103 中。当数据未存储在 L2 高速缓存 103 中(命中失误)时,L2 高速缓存控制单元 101 向作为主的集群 20 中的 L2 高速缓存控制单元 201 发送针对数据的专有数据获取请求。当 L2 高速缓存控制单元 201 接收到专有数据获取请求时,L2 高速缓存控制单元参考存储在 L2 高速缓存控制单元 201 中的目录信息。目录信息指示包括主集群的哪个集群保存数据。然后 L2 高速缓存控制单元 201 向保存由目录信息指示的数据的集群发送数据的丢弃请求。

[0065] 在如图 9 所示的示例中,数据被存储在 L2 高速缓存 203 中。因此,L2 高速缓存控制单元 201 将数据从 L2 高速缓存 203 丢弃。L2 高速缓存控制单元 201 将所丢弃的数据发送给 L2 高速缓存控制单元 101。另外,L2 高速缓存控制单元 201 将指示请求数据的集群 10 是保存数据的唯一集群的信息存储在目录信息中。然后请求数据的集群 10 将数据存储在 L2 高速缓存 103 中。

[0066] 图 10 是示出在如图 9 所示的示例中由 L2 高速缓存控制单元 101 和高速缓存控制单元 201 进行的处理的图。本地的集群 10 中的 L2 高速缓存控制单元 101 中的控制器 101a 接受来自处理器核心组 100 中的处理器核心的专有数据获取请求。数据获取请求包括指示由处理器核心生成了请求的信息、指示请求是专有数据获取请求的信息以及存储器中存储数据的地址。控制器 101a 根据请求的内容启动适当的处理。

[0067] 控制器 101a 检查标签 RAM103a 以确定在数据 RAM103b 中是否找到了存储作为

数据获取请求的目标的数据的存储器中的块的副本。当控制器 101a 接收指示未从标签 RAM103a 找到副本的结果(命中失误)时,控制器 101a 向属于作为主的集群 20 的 L2 高速缓存控制单元 201 的控制器 201a 发送数据的数据获取请求。

[0068] 当控制器 201a 接收到数据获取请求时,控制器 201a 检查目录 RAM204 以确定所请求的数据是否被存储在任何集群中的 L2 高速缓存中。当控制器 201a 接收到指示数据被作为主的集群 20 保存的结果(命中)时,控制器 201a 向标签 RAM203a 发送数据的无效请求。另外,控制器 201a 从数据 RAM203b 读取数据。然后控制器 201a 使目录 RAM204 中的指示数据被主集群保存的信息无效。此外,控制器 201a 将指示请求数据的集群 10 保存数据的信息添加到目录 RAM204。而且,控制器 201a 将数据发送给请求数据的集群 10 中的控制器 101a。当集群 10 中的控制器 101a 接收到数据时,控制器 101a 将数据的使用状态登记在标签 RAM103a 中。此外,控制器 101a 将数据存储于数据 RAM103b 中。然后控制器 101a 将数据发送给处理器核心组中的请求数据的处理器核心。

[0069] 接下来,图 11 示出了当本地的集群 10 将作为主的集群 20 中的存储器 202 中所存储的数据从 L2 高速缓存 103 逐出时进行的处理。如图 11 所示,当集群 10 将存储在集群 20 中的存储器 202 中的数据从 L2 高速缓存 103 逐出时,集群 10 将所逐出的数据发送给 L2 高速缓存控制单元 201。L2 高速缓存控制单元 201 将所接收的数据存储在 L2 高速缓存 103 中。因此,在比较例中,与数据的使用状态无关地,从本地集群逐出的数据被保存在主集群中的 L2 高速缓存中。

[0070] 然而,在上述比较例中,作为主的集群 20 中的处理器核心组 200 在信息处理设备 1 中工作。因此,集群 10 中的处理器核心组 100 与集群 20 中的处理器核心组 200 共享集群 20 中的 L2 高速缓存 203。因此,实质上减少了对于处理器核心组 200 可用的 L2 高速缓存 203 的容量。另外,L2 高速缓存 203 中涉及复杂的控制以确定例如优先将从哪个处理器核心组请求的哪个数据存储于 L2 高速缓存 203 中。

[0071] 此外,与数据的使用状态无关地将从本地的集群逐出的数据发送给作为主的集群 20。也就是说,在与其中数据被更新并且在本地的集群 10 中变成脏的的情况下,将从集群 10 逐出的数据发送给集群 20。因此,即使在被逐出的数据在信息处理设备 1 中被同步,即意味着数据是干净的情况下,仍将数据发送给集群 20。因此,这可以导致各集群之间的事务增加。

[0072] 考虑到上述比较例,下面参考附图对一个实施方式的信息处理设备的示例进行描述。在下面的描述中,对每个集群中的运算核心组的工作状态和非工作状态进行控制。因此,如下文中所描述的,可以在不增加通信量的情况下提高 L2 高速缓存中的数据的高速缓存命中的可能性。另外,在本实施方式中,针对 L2 高速缓存中所存储的每个数据不涉及复杂的管理和控制。

[0073] (实施方式)

[0074] 图 12 是示意性地示出本实施方式中的信息处理设备 2 中的集群配置的一部分。如图 12 所示,与比较例类似,信息处理设备 2 包括集群 50、集群 60 和集群 70。集群 50、集群 60 和集群 70 对应于运算处理设备的示例。另外,因为本地、主和远程之间的差异与如上所述的比较例类似,所以此处省略了对本地、主和远程的描述。集群 50 包括处理器核心组 500、L2 高速缓存控制单元 501 以及存储器 502。L2 高速缓存控制单元 501 包括 L2 高速缓

存 503。集群 60 也包括处理器核心组 600、L2 高速缓存控制单元 601、存储器 602 以及 L2 高速缓存 603, 集群 70 也包括处理器核心组 700、L2 高速缓存控制单元 701、存储器 702 以及 L2 高速缓存 703。处理器核心组 500、600 和 700 对应于运算处理单元的示例。另外, L2 高速缓存 503、603 和 703 对应于高速缓冲存储器的示例。此外, L2 高速缓存控制单元 501、601 和 701 对应于控制单元的示例。而且, 集群 50、60 和 70 形成一个组。该组表示承担一个应用程序中所进行的处理的集群的组合。然而, 形成组的准则不限于此表示, 并且集群可以被任意地划分成组。

[0075] 如图 12 所示, 每个集群中的 L2 高速缓存控制器经由总线或互连件相互连接。在信息处理设备 2 中, 存储器空间是所谓平坦的, 使得根据物理地址唯一地确定存储了哪个数据以及数据存储在主存储器中的哪个集群中。

[0076] 图 13 是示出集群 50 中的 L2 高速缓存控制单元 501 的图。L2 高速缓存控制单元 501 包括控制器 501a、寄存器 501b、L2 高速缓存 503 以及目录 RAM504。另外, L2 高速缓存 503 包括标签 RAM503a 和数据 RAM503b。此外, 寄存器 501b 对应于设置单元的示例。因为标签 RAM503a、数据 RAM503b 以及目录 RAM504 的功能与比较例类似, 所以此处省略详细的描述。

[0077] 寄存器 501b 控制根据本实施方式的信息处理设备 2 中的集群 50 的工作模式。在本实施方式中, 工作模式包括“关闭模式”、“开启并且处理器核心工作模式”以及“开启并且处理器核心不工作模式”三种模式。工作模式“关闭模式”是其中集群如以上比较例中所描述地工作的工作模式。工作模式“开启并且处理器核心工作模式”是其中集群将处理器核心组设置成工作状态并且进行本实施方式中的处理的工作模式(开启模式)。工作模式“开启并且处理器核心不工作模式”是其中集群将处理器核心组设置成非工作状态并且进行本实施方式中的处理的工作模式。稍后对这些工作模式中的处理的详情进行描述。

[0078] 控制器 501a 读取针对寄存器 501b 的设置值, 并且根据设置值切换工作模式。另外, 在本实施方式中的信息处理设备中, 在应用程序执行之前切换工作模式。另外, 信息处理设备 2 的 OS (操作系统) 控制每个集群中的寄存器的工作模式的切换。应该注意的是, 可以根据信息例如应用程序的存储器使用, 由信息处理设备 2 的用户显式地指示 OS 或者由 OS 自主地指示, 来进行工作模式的切换。

[0079] 图 14 是示出当信息处理设备 2 中的工作模式是“开启模式”时集群 50、集群 60 和集群 70 中的处理器核心组的工作状态的图。作为示例, 对组中的集群 50、集群 60 和集群 70 进行控制以使得集群 50、集群 60 和集群 70 之一中的处理器核心组工作。在图 14 中, 集群 50 的工作模式是“开启并且处理器核心工作模式”而集群 60 和集群 70 的工作模式是“开启并且处理器核心不工作模式”。因此, 集群 50 中的处理器核心组 500 处于工作状态而处理器核心组 600 和处理器核心组 700 处于非工作状态。作为示例, 在信息处理设备 2 中形成了例如集群 50、集群 60 和集群 70 的集群组。并且每个组对应于信息处理设备 2 中所进行的一系列处理。

[0080] 图 15 是示出当本地的集群 50 获取存储在作为主的集群 60 中的存储器 602 中的数据时进行的处理的图。与比较例类似, 当 L2 高速缓存 503 中未找到从处理器核心组 500 请求的数据(高速缓存命中失误)时, L2 高速缓存控制单元 501 从集群 60 中的 L2 高速缓存控制单元 601 请求数据。在本实施方式中, 描述了其中数据未存储在 L2 高速缓存 603 中的

情况。L2 高速缓存控制单元 601 从存储器 602 获取数据并且将所获取的数据存储在 L2 高速缓存控制单元 603 中。另外, L2 高速缓存控制单元 601 将所获取的数据发送给 L2 高速缓存控制单元 501。并且 L2 高速缓存控制单元 501 将从 L2 高速缓存控制单元 601 接收的数据发送给处理器核心组 500。

[0081] 图 16 是示出在如图 15 所示的示例中的 L2 高速缓存控制单元 501 和 L2 高速缓存控制单元 601 中进行的处理的图。如上所述, L2 高速缓存控制单元 501 包括控制器 501a、寄存器 501b、L2 高速缓存 503 以及目录 RAM504, L2 高速缓存控制单元 601 包括控制器 601a、寄存器 601b、L2 高速缓存 603 以及目录 RAM604。另外, L2 高速缓存 503 包括标签 RAM503a 以及数据 RAM503b, L2 高速缓存 603 包括标签 RAM603a 以及数据 RAM603b。

[0082] 另外, 图 17 示出了控制器 601a 中的电路的一部分。如图 17 所示的控制器 601a 中的电路是在集群 60 的工作模式是“开启并且处理器核心不工作模式”时所使用的控制电路。当如图 17 所示的控制器 601a 从存储器 602 获取从控制器 501a 请求的数据时, 控制器 601a 将数据存储在数据 RAM603b 中。另外, 将与数据的使用状态有关的信息分别存储在标签 RAM603a 和目录 RAM604 中。应该注意的是, 在图 17 中, 表示将数据存储在标签 RAM 中的 TAGSave (标签保存)、表示将数据存储在数据 RAM 中的 DataSave (数据保存) 以及表示更新目录 RAM 中的目录信息的 DirectoryUpdate (SaveLocal) (目录更新(本地保存)) 是用于指示操作的信号, 并且其他信号是标志信号。

[0083] 如图 17 所示, 当集群 60 的工作模式是“开启并且处理器核心不工作模式”时, 与门 601d 输出“1”。在其他情况下, 与门 601d 输出“0”。另外, 当与门 601d 输出“1”并且从存储器 602 获取了数据时, 与门 601e 输出“1”。在其他情况下, 与门 601e 输出“0”。

[0084] 当与门 601e 输出“1”或者根据比较例中的处理将数据的使用状态的信息存储在标签 RAM603a 中时, 或门 601f 输出用于将数据的信息存储在标签 RAM603a 中的指令信号 TagSave2 (标签保存 2)。当与门 601e 输出“1”或者根据比较例中的处理将数据存储在数据 RAM603b 中时, 或门 601g 输出用于将数据存储在数据 RAM603b 中的指令信号 DataSave2 (数据保存 2)。当与门 601e 输出“1”或者根据比较例中的处理更新了目录 RAM604 中的目录信息时, 或门 601h 输出用于更新目录 RAM604 中的目录信息的指令信号 DirectoryUpdate (SaveLocal) 2 (目录更新(本地保存) 2)。因为或门 601f 至或门 601h 之后的电路是常规电路, 所以此处省略了对后续电路的详细描述和附图。

[0085] 当控制器 601a 从存储器 602 获取到所请求的数据时, 控制器 601a 使用如图 17 所示的控制电路来将所获取的数据存储在数据 RAM603b 中。另外, 控制器 601a 将所获取的数据发送到控制器 501a。

[0086] 图 18 是如图 15 至图 17 所示的示例中的 L2 高速缓存控制单元 501 和 L2 高速缓存控制单元 601 的时序图。首先, 在 S101 中, L2 高速缓存控制单元 501 中的控制器 501a 接收来自处理器核心组 500 中的处理器核心的数据获取请求。数据获取请求包括地址的信息, 该地址指示数据存储在主存储器中哪个集群中。在 S102 中, 控制器 501a 检查标签 RAM503a 以确定与地址相关联的数据是否存储在数据 RAM503b 中。在本实施方式中, 在 S103 中, 标签 RAM503a 将指示在数据 RAM503b 中未找到数据的信息(高速缓存命中失误)返回给控制器 501a。

[0087] 在 S104 中, 控制器 501a 使用包括在来自处理器核心组 500 的数据获取请求中的

数据的地址来确定数据是存储在存储器 602 中的数据。因此,控制器 501a 将数据的数据获取请求发送给控制器 601a。

[0088] 在 S105 中,控制器 601a 检查目录 RAM604 中的目录信息以确定集群所属的组中的数据的使用状态。数据的使用状态包括指示例如数据是否被其他集群获取的信息。在本实施方式中,在 S106 中,目录 RAM604 确定出目录信息指示数据未存储在集群中的数据 RAM 中以及数据 RAM603b 中(高速缓存命中失误)。然后目录 RAM604 将指示高速缓存命中失误的信息发送给控制器 601a。

[0089] 在 S107 中,控制器 601a 请求存储器 602 读取从控制器 501a 请求的数据。在 S108 中,存储器 602 将所请求的数据发送给控制器 601a。当控制器 601a 从存储器 602 获取到数据时,如图 17 所示的控制电路输出用于将所获取的数据存储在数据 RAM603b 中的指令。另外,如图 17 所示的控制电路还输出用于将指示所获取的数据的使用状态是“共享”的信息存储在标签 RAM603a 中的指令信号。此外,如图 17 所示的控制电路还输出用于将指示所获取的数据被作为主的集群 20 以及本地的集群 10 保存的信息存储在目录 RAM604 中的指令信号。

[0090] 因此,在 S109 中,控制器 601a 请求标签 RAM603a 更新标签 RAM603a 中的信息,以指示所获取的数据以“共享”状态存储在数据 RAM603b 中。在 S110 中,标签 RAM603a 存储指示数据以“共享”状态存储在数据 RAM603b 中的信息。并且标签 RAM603a 通知控制器 601a 完成了存储处理。在 S111 中,控制器 601a 请求数据 RAM603b 存储数据。在 S112 中,当数据 RAM603b 存储了数据时,数据 RAM603b 通知控制器 601a 完成了存储处理。

[0091] 在 S112 中,控制器 601a 请求目录 RAM604 更新目录信息以指示数据被也是远程的集群 50 以及作为主的集群 60 保存。在 S114 中,目录 RAM604 根据请求更新目录信息并且通知控制器 601a 完成了更新处理。在 S115 中,控制器 601a 将数据发送给控制器 501a。

[0092] 在 S116 中,控制器 501a 请求标签 RAM503a 更新标签 RAM503a 中的信息以指示从控制器 601a 获取的数据被存储在数据 RAM503b 中。此外,控制器 501a 也请求标签 RAM503a 将数据的使用状态存储为“共享”。在 S117 中,当标签 RAM503a 进行所请求的处理时,标签 RAM503a 通知控制器 501a 完成了处理。在 S118 中,控制器 501a 请求数据 RAM503b 存储数据。在 S119 中,当数据 RAM503b 存储了数据时,数据 RAM503b 通知控制器 501a 完成了存储处理。在 S120 中,控制器 501a 将数据发送给处理器核心组 500 中请求数据的处理器核心。

[0093] 在本实施方式中,将从存储器 602 获取的数据存储在作为主的集群 60 中的 L2 高速缓存 603 中。另外,作为主的集群 60 中的处理器核心组 600 被寄存器 601b 设置成非工作状态。因此,对 L2 高速缓存 603 的数据存储不是由处理器核心组 600 进行的。因此,与比较例相反,处理器核心组 500 没有遭遇存储器容量的所谓解体拆用(cannibalization),即 L2 高速缓存 603 的存储器空间与另一集群中的处理器核心组共享的情况。

[0094] 接下来,图 19 是示出根据本实施方式当存储在集群 60 中的存储器 602 中的数据从属于集群 50 的 L2 高速缓存 503 中逐出时进行的处理的图。与比较例类似,当 L2 高速缓存控制单元 501 将新的数据存储在 L2 高速缓存 503 中并且 L2 高速缓存 503 不具有用于数据的容量时,L2 高速缓存控制单元 501 根据预定算法将数据从 L2 高速缓存 503 逐出。L2 高速缓存控制单元 501 参考标签 RAM503 以确定要被逐出的数据是干净的还是脏的。当确定要被逐出的数据是脏的时,L2 高速缓存控制单元 501 向 L2 高速缓存控制单元 601 通知

回写请求并且将数据发送给 L2 高速缓存控制单元 601。另一方面,当确定要被逐出的数据是干净的时,L2 高速缓存控制单元 501 向 L2 高速缓存控制单元 601 通知回冲请求并且将数据发送给 L2 高速缓存控制单元 601。

[0095] 图 20 是示出在如图 19 所述的示例中在 L2 高速缓存控制单元 501 和 L2 高速缓存控制单元 601 中进行的处理的图。如上所述,L2 高速缓存控制单元 501 包括控制器 501a、寄存器 501b、L2 高速缓存 503 以及目录 RAM504,L2 高速缓存控制单元 601 包括控制器 601a、寄存器 601b、L2 高速缓存 603 以及目录 RAM604。另外,L2 高速缓存 503 包括标签 RAM503a 以及数据 RAM503b,L2 高速缓存 603 包括标签 RAM603a 以及数据 RAM603b。

[0096] 另外,图 21 示出了如图 19 所示的示例中的控制器 601a 中的电路的一部分。如图 21 所示的控制器 601a 中的电路是当集群 60 是主并且工作模式是“开启并且处理器核心不工作模式”时所使用的控制电路。当作为主的集群 60 从本地的集群 50 接收回写和数据时,根据如图 21 所示的控制器 601a 中的电路的控制,将数据存储在 L2 高速缓存 603 中。另外,根据如图 21 所示的控制器 601a 中的电路的控制,不将数据存储在存储器 602 中。应该注意的是,在图 21 中,表示将数据存储在标签 RAM 中的标签保存(TAGSave)以及表示将数据存储在数据 RAM 的数据保存(DataSave)、表示更新目录 RAM 中的目录信息的目录更新(本地保存)(DirectoryUpdate (SaveLocal))以及表示将数据存储在主存储器中的存储器保存(MemorySave)是用于指示操作的信号并且其他信号是标志信号。

[0097] 当集群 60 的工作模式是“开启并且处理器核心不工作模式”时,与门 601i 输出“1”。在其他情况下,与门 601i 输出“0”。另外,当与门 601i 输出“1”并且从例如本地的集群 50 接收到回写请求时,与门 601j 输出“1”。

[0098] 当与门 601j 输出“1”或者根据比较例中的处理将与数据的使用状态有关的数据存储在标签 RAM603a 时,或门 601k 输出用于将数据存储在标签 RAM603a 中的指令信号标签保存 2 (TagSave2)。当与门 601j 输出“1”或者根据比较例中的处理将数据存储在数据 RAM603b 中时,或门 601l 输出用于将数据存储在数据 RAM603b 中的指令信号数据保存 2 (DataSave2)。当与门 601j 输出“1”或者根据比较例中的处理将目录 RAM604 中的目录信息更新时,或门 601m 输出用于更新目录 RAM604 中的目录信息的指令信号目录更新(本地保存 2) (DirectoryUpdate (SaveLocal2))。

[0099] 当集群 60 的工作模式是“开启并且处理器核心不工作模式”并且设置了例如来自集群 50 的回写请求的信号时,反相器 601n 禁止将数据存储在存储器 602 中。另一方面,当集群 60 的工作模式是“关闭模式”或者“处理器核心工作”并且根据比较例中的处理将数据存储在存储器 602 中时,与门 601o 输出用于将数据存储在存储器 602 中的指令信号存储器保存 2 (MemorySave2)。或者,当没有通知来自例如集群 50 的回写请求并且根据比较例中的处理将数据存储在存储器 602 中时,与门 601o 输出指令信号存储器保存(MemorySave2)。因为或门 601k 至或门 601m 以及与门 601o 之后的电路是常规电路,所以此处省略了对后续电路的详细描述和附图。

[0100] 因此,当集群 60 中的处理器核心组 600 处于工作状态时,与门 601j 输出“0”。因此,当从本地的集群 50 接收到回写请求(请求是回写(RequestIsWriteBack))时,不发出标签保存 2、数据保存 2、目录更新(本地保存)2 以及存储器保存 2。或者,基于标签保存、数据保存、目录更新(本地保存)以及存储器保存进行根据比较例中的处理的处理。

[0101] 相反,当集群 60 的工作模式是“开启并且处理器核心不工作模式”并且控制器 601a 接收回写请求时,与门 601j 输出“1”。在这种情况下,或门 601i 输出“1”并且将逐出的数据存储在 L2 高速缓存 603 中的数据 RAM603b 中。另外,因为反相器 601n 输出“0”,所以与门 601o 输出“0”并且不将数据存储在存储器 602 中。应该注意的是,反相器 601n 和与门 601o 的集合是阻断单元的示例。

[0102] 此处,如图 20 所示,控制器 501a 请求标签 RAM503a 登记将数据从数据 RAM503b 逐出(无效)。接下来,控制器 501a 从数据 RAM503b 检索要逐出的数据。当所检索的数据不在信息处理设备 2 中被同步,即所检索的数据是脏的时,控制器 501a 向作为主的集群 60 中的控制器 601a 通知回写请求,并且将逐出的数据发送给控制器 601a。

[0103] 作为主的集群 60 中的控制器 601a 接收来自本地的集群 50 中的控制器 501a 的上述回写请求。并且,控制器 601a 存储伴随回写请求接收的数据,即从数据 RAM503b 逐出的数据。因此,控制器 601a 对存储在标签 RAM603a 中的信息进行更新以指示数据被存储在数据 RAM603b 中。然后控制器 601a 请求目录 RAM604 更新目录信息以指示数据被添加到作为主的集群 60 中。此外,控制器 601a 请求目录 RAM604 指示数据被从本地的集群 50 丢弃。

[0104] 图 22 是如图 19 至图 21 所示的示例中 L2 高速缓存控制单元 501 和 L2 高速缓存控制单元 601 的时序图。在以下描述中,将时序图中的步骤缩写为 S。图 22 示出了从数据 RAM503b 逐出的数据是脏的并且控制器 501a 向控制器 601a 发送回写请求的情况。在 S201 中,控制器 501a 请求标签 RAM503a 登记指示数据被从数据 RAM503b 逐出(无效的)的信息。应该注意的是,使用算法以预先确定逐出哪个数据。在 S202 中,标签 RAM503a 将指示登记数据的使用状态是“无效”的信息。此外,标签 RAM503a 响应于请求向控制器 501a 发送指示数据的使用状态的信息(修改;值=M)。在 S203 中,控制器 501a 使用从标签 RAM503a 获取的地址来从数据 RAM503b 读取数据。在 S204 中,数据 RAM503b 读取与包括在来自控制器 501a 的请求中的地址相匹配的地址的数据,并且将数据发送给控制器 501a。

[0105] 当控制器 501a 接收到从 RAM503b 逐出的数据时,控制器 501a 在 S205 中向控制器 601a 发送数据的回写请求。因为在 S202 中从标签 RAM503a 检索的数据的使用状态是脏的,所以控制器 501a 向控制器 601a 发送回写请求。另外,控制器 501a 向控制器 601a 发送地址,该地址指示数据被存储在主存储器中的哪个集群中。

[0106] 在 S206 中,控制器 601a 请求标签 RAM603a 登记指示从控制器 501a 发送的数据被存储在数据 RAM603b 中的信息。另外,控制器 601a 请求标签 RAM603a 登记指示数据被存储在主存储器中的哪个集群中的地址。在 S207 中,标签 RAM603a 根据来自控制器 601a 的请求进行登记处理,并且通知控制器 601a 完成了处理。在 S208 中,控制器 601a 将数据存储在数据 RAM603b 中。在 S209 中,数据 RAM603b 存储数据,并且通知控制器 601a 完成了存储处理。

[0107] 在 S210 中,控制器 601a 请求目录 RAM604 更新目录信息以指示数据被作为主的集群 60 保存。此外,控制器 601a 请求目录 RAM604 更新目录信息以指示将数据从本地的以及远程的集群 50 丢弃。在 S211 中,目录 RAM604 更新目录信息,并且通知控制器 601a 完成了更新处理。在 S212 中,控制器 601a 通知控制器 501a 完成了上述处理。

[0108] 应该注意的是,在集群中目录 RAM 通过使用与每个集群对应的位来使用目录信息以管理哪个集群检索存储在数据 RAM 中的每个数据。例如,针对每个数据,位“1”用于保存

数据的集群而位“0”用于不保存数据的集群。因此,例如,在上述 S210 中,目录 RAM604 将针对集群 60 的位设置成“1”并且将针对集群 50 的位设置成“0”。在以下描述中,目录 RAM 改变目录信息中的位以登记每个数据的使用状态。然而,用于管理目录 RAM 中的集群所检索的数据的状态的配置不限于上述实施方式。因为当控制器 501a 向控制器 601a 发送回冲请求时由控制器 601a 进行的处理与上述相同,所以此处省略了对处理的详细描述。

[0109] 参考图 23 描述当根据本实施方式对每个集群的工作模式进行控制时所获得的优点的示例。图 23 示出了在信息处理设备 3 中配置了集群的多个组的示例。应该注意的是,根据每个集群中的 L2 高速缓存控制单元中的寄存器的设置值来设置每个集群的工作模式。具体地,当设置值是 0 时工作模式被设置成“关闭模式”,当设置值是 1 时工作模式被设置成“开启并且处理器核心工作模式”,当设置值是 2 时工作模式被设置成“开启并且处理器核心不工作模式”。在图 23 中,集群 800a 至集群 800d 形成组 800。另外,集群 900a 形成组 900。组 900 被用于执行应用程序,对于该应用程序,所需要的存储器空间等于或小于组 900 中的主存储器的容量。因为集群 800a 至集群 800d 以及集群 900a 的配置与如上所述的集群 50 和集群 60 的配置类似,所以此处省略了对集群的组成部分的详细描述和附图。

[0110] 例如,假设允许组 800 外的集群 900a 访问组 800 内的集群 800c。另外,假设集群 900a 向集群 800c 发送专有数据获取请求以获取存储在集群 800c 中的 L2 高速缓存中的数据。在这种情况下,将数据移动到集群 900a 并且将数据从集群 800c 中的 L2 高速缓存丢弃。此外,集群 800c 管理目录信息以指示数据被组 800 外的集群 900a 保存。在如图 23 所示的示例中,允许组外的集群访问工作模式是“开启并且处理器核心工作模式”的组内的集群。因此,存储在工作模式是“开启并且处理器核心不工作模式”的组内的集群中的 L2 高速缓存中的数据不被组外的集群获取。因此,不存以下顾虑:在当工作模式是“开启并且处理器核心工作模式”的集群获取工作模式是“开启并且处理器核心不工作模式”的集群中的数据时,由于数据被组外的集群保存,所以需要从组外的集群检索数据。因此,组中的每个集群可以有效地从彼此获取数据。

[0111] 在上述比较例中,除了本地集群之外,远程集群和主集群中的处理器核心的组也处于工作状态。因此,本地集群中的 L2 高速缓存与其他集群交换数据。因此,由本地集群中的处理器核心组使用的 L2 高速缓存的容量实质上减少了。此外,在对 L2 高速缓存中的数据的管理中,部分因为确定了在 L2 高速缓存中优先获取或者存储来自哪个集群的哪个数据,所以确定准则和控制更复杂。因此,与本实施方式中的配置相比,比较例中的配置可能导致更大的与成本相关的开销和与性能相关的开销。而且,在比较例中数据管理涉及例如存储指示每个数据从哪个集群被逐出的附加信息。相反,本实施方式不涉及对这种附加信息的管理。

[0112] 此外,可以将通用规则应用于其中针对用于高速缓存一致性控制的协议的处理器核心组的工作模式是“开启模式”和“关闭模式”二者的情况。例如,此处假设当处理器核心组的工作模式是“开启模式”时使用了采用四个状态即修改、专有、共享和无效的 MESI 协议。在这种情况下,当处理器核心组的工作模式是“关闭模式”时可以使用该 MESI 协议而不需要定义新的状态。另外,可以针对“开启模式”模式和“关闭模式”模式相应地修改控制处理。因此,当根据本实施方式的配置被应用于根据比较例的配置时可以减少工作量。

[0113] 虽然对本实施方式进行了如上描述,但是信息处理设备的配置和处理不限于如上

所述的内容,而是可以在本发明的技术范围内对本文中所描述的实施方式各种变化。例如,在上述实施方式中,当本地的集群 50 向作为主的集群 60 发送专有数据获取请求时,根据比较例进行处理。也就是说,集群 60 从 L2 高速缓存 603 获取所请求的数据,将数据发送给集群 50 并且将数据从 L2 高速缓存 603 丢弃。专有数据获取请求是主要在请求数据的集群更新集群中的数据时所使用的数据获取请求。因此,当数据被从集群 50 逐出时,因为数据是脏的,所以数据与回写请求一起被发送给作为主的集群 60。

[0114] 然而,在信息处理设备中执行的某些应用程序中,由本地集群使用专有数据获取请求而获取的数据可能在不被更新的情况下从本地集群丢弃。也就是说,干净的数据从本地集群被丢弃。考虑到这一点,可以采用以下配置:当本地集群向主集群发送专有数据获取请求时,不将所请求的数据从主集群中的 L2 高速缓存丢弃。然而,当生成了专有数据获取请求时,在主集群中的标签 RAM 中不将所请求的数据的使用状态登记成“专有的”而是登记成“共享的”。因此,当修改协议以使得以这种方式管理数据时,与比较例相比,集群之间的事务以及集群与主存储器之间的事务不增加。这样,从信息处理设备的规格以及在信息处理设备中执行的应用程序的类型的角度来看,信息处理设备的系统架构可以任意采用配置。

[0115] 另外,对于“开启模式”和“关闭模式”间的切换,当使用超过集群中的主存储器的容量的大量的存储器空间来执行应用程序时,可以将工作模式设置成“开启模式”。因此,当使用不超过集群中的存储器的容量的存储器空间来执行应用程序时,将工作模式设置成“关闭模式”。这样,可以针对信息处理设备中的每个应用程序灵活地采用存储器和 L2 高速缓存的适当的配置。而且,可以省略针对每个应用程序建立存储器和 L2 高速缓存的配置的努力。

[0116] 此外,当针对每个集群单独地控制对处理器核心组的电力供应时,可以关闭在工作模式被设置成“开启模式”时被设置在非工作状态的处理器核心组。因此,可以在信息处理设备中减少不必要的电力消耗。应该注意的是,在上述实施方式中可以采用所谓电源门控来控制对每个处理器核心组的电力供应。

[0117] 而且,在上述描述中,采用寄存器来将处理器核心组设置成工作状态或者非工作状态。可以采用如图 24 所示的配置代替如上述实施方式中所描述的 L2 高速缓存控制单元的配置,来将处理器核心组设置成工作状态或者非工作状态。如图 24 所示,L2 高速缓存控制单元 1001 包括控制器 1001a、寄存器 1001b、选择器 1001c 以及 L2 高速缓存 1003。另外,L2 高速缓存 1003 包括标签 RAM1003a、数据 RAM1003b 以及目录 RAM1004。在 L2 高速缓存控制单元 1001 中,选择器 1001c 参考寄存器 1001b 的设置值来确定图中未示出的来自集群中的处理器核心组的请求是否被阻断。例如,当寄存器 1001b 的设置值是“开启”时,选择器 1001c 阻断来自集群中的处理器核心组的请求。也就是说,实质上可以将处理器核心组设置成非工作状态。此外,当寄存器 1001b 的设置值是“关闭”时,选择器 1001c 将来自处理器核心组的请求发送给控制器 1001a。也就是说,实质上可以将处理器核心组设置成工作状态。在上述实施方式中也可以采用这样的配置:其中在一组集群的外部执行应用程序以控制组中的每个集群的工作模式。

[0118] << 计算机可读记录介质 >>

[0119] 可以将使计算机实现上述任何功能的程序记录在计算机可读记录介质上。此处,

功能包括例如寄存器的设置。另外,通过使计算机从记录介质读入程序并且执行程序,可以提供程序的功能。此处,计算机包括例如集群和控制器。

[0120] 本文中所提及的计算机可读记录介质指示通过电操作、磁操作、光学操作、机械操作或者化学操作来存储例如数据和程序的信息,并且使所存储的信息能够被从计算机读取的记录介质。可从计算机拆卸的这种记录介质包括例如软盘、磁光盘、CD-ROM, CD-R/W, DVD, DAT, 8 毫米磁带以及存储器卡。固定于计算机的这种记录介质包括硬盘和 ROM (只读存储器)。

[0121] 根据一个实施方式的运算处理设备、信息处理设备以及控制信息处理设备的方法可以减少对主存储器的访问频率。

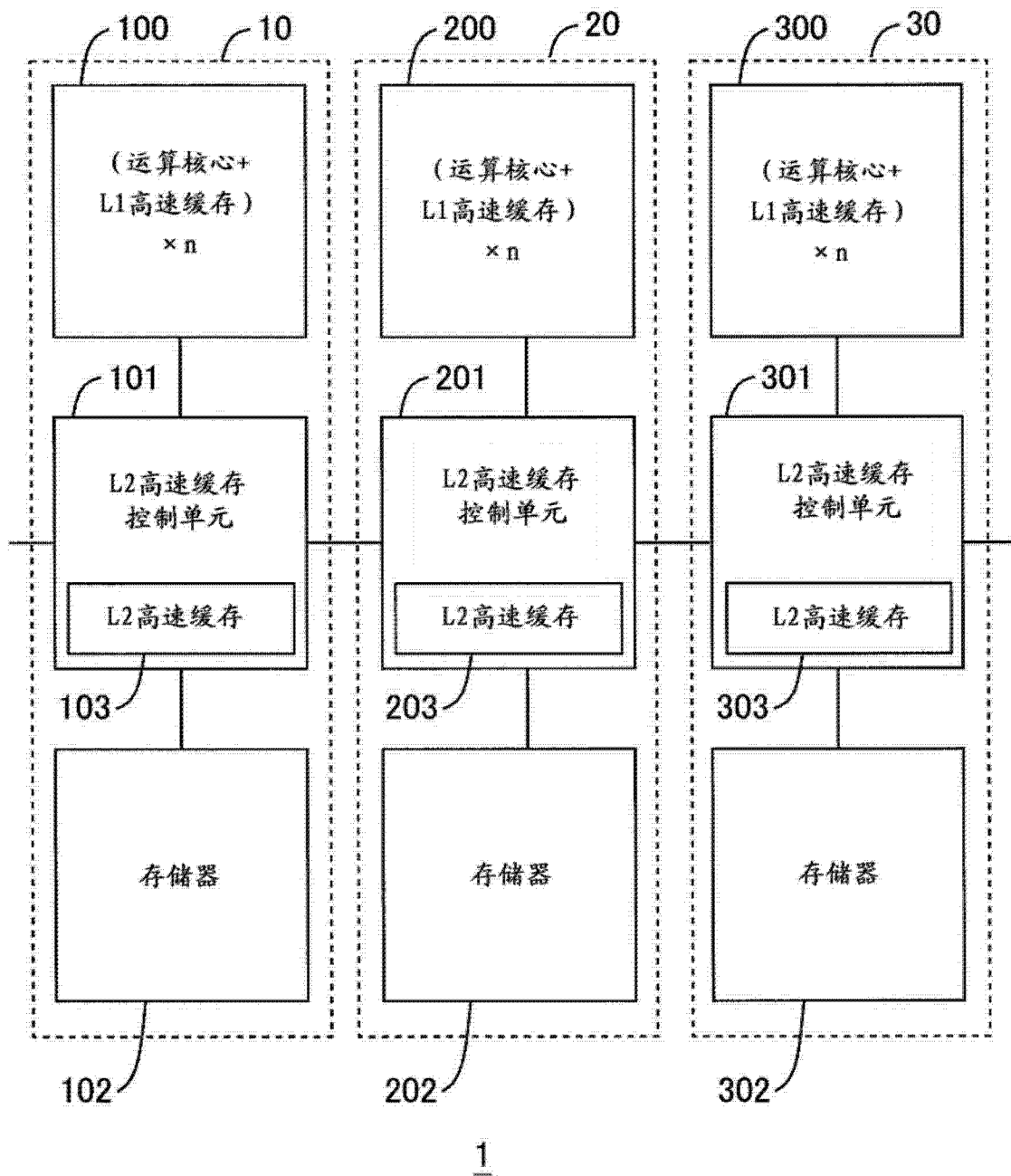


图 1

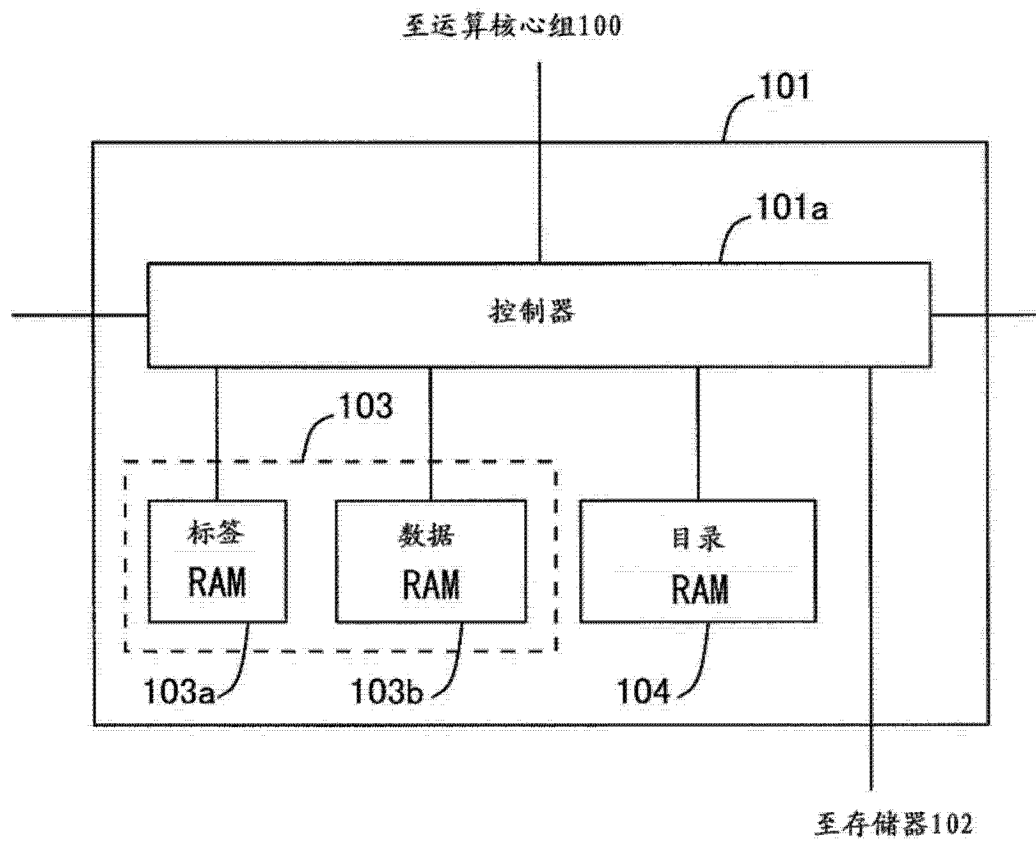


图 2

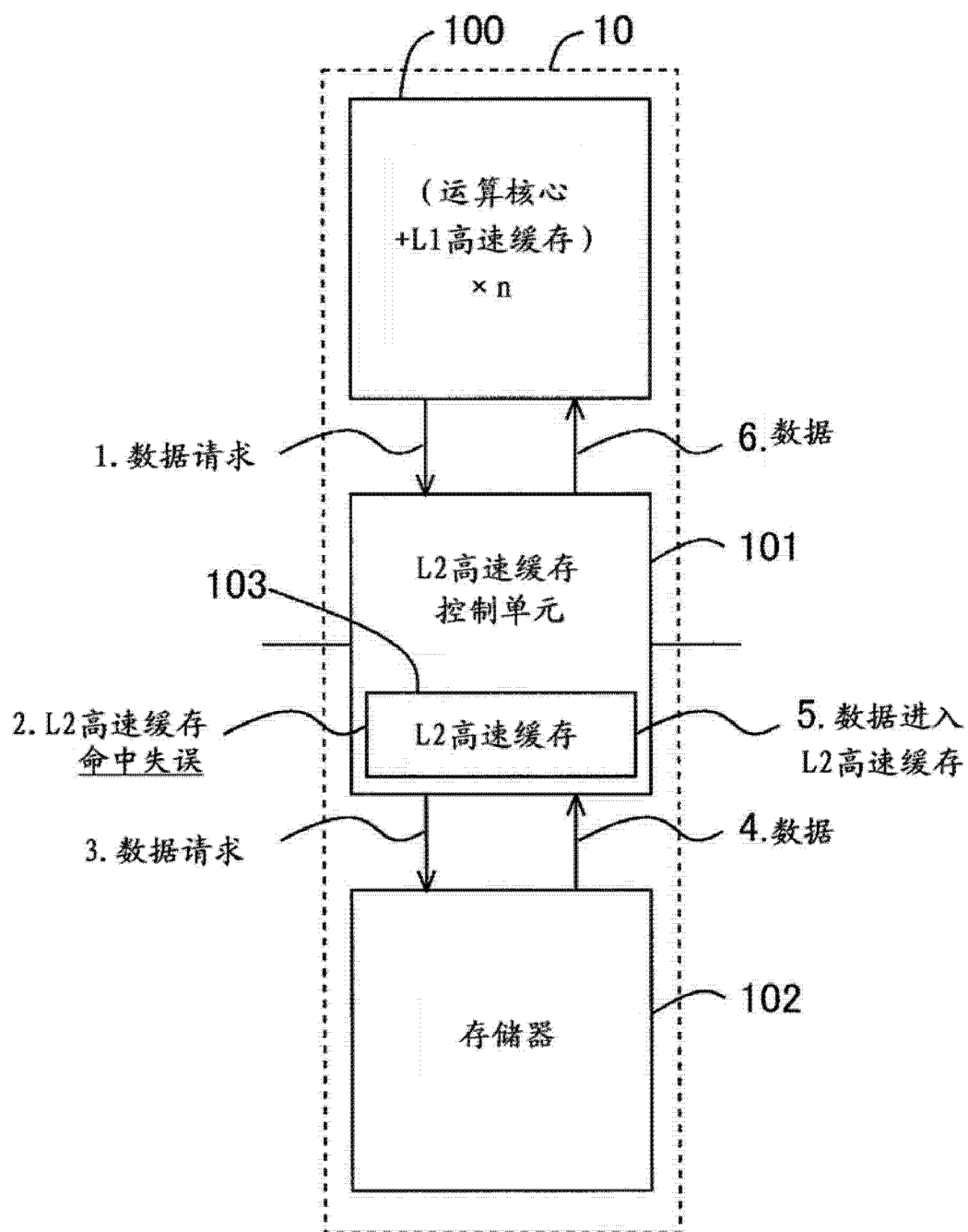


图 3

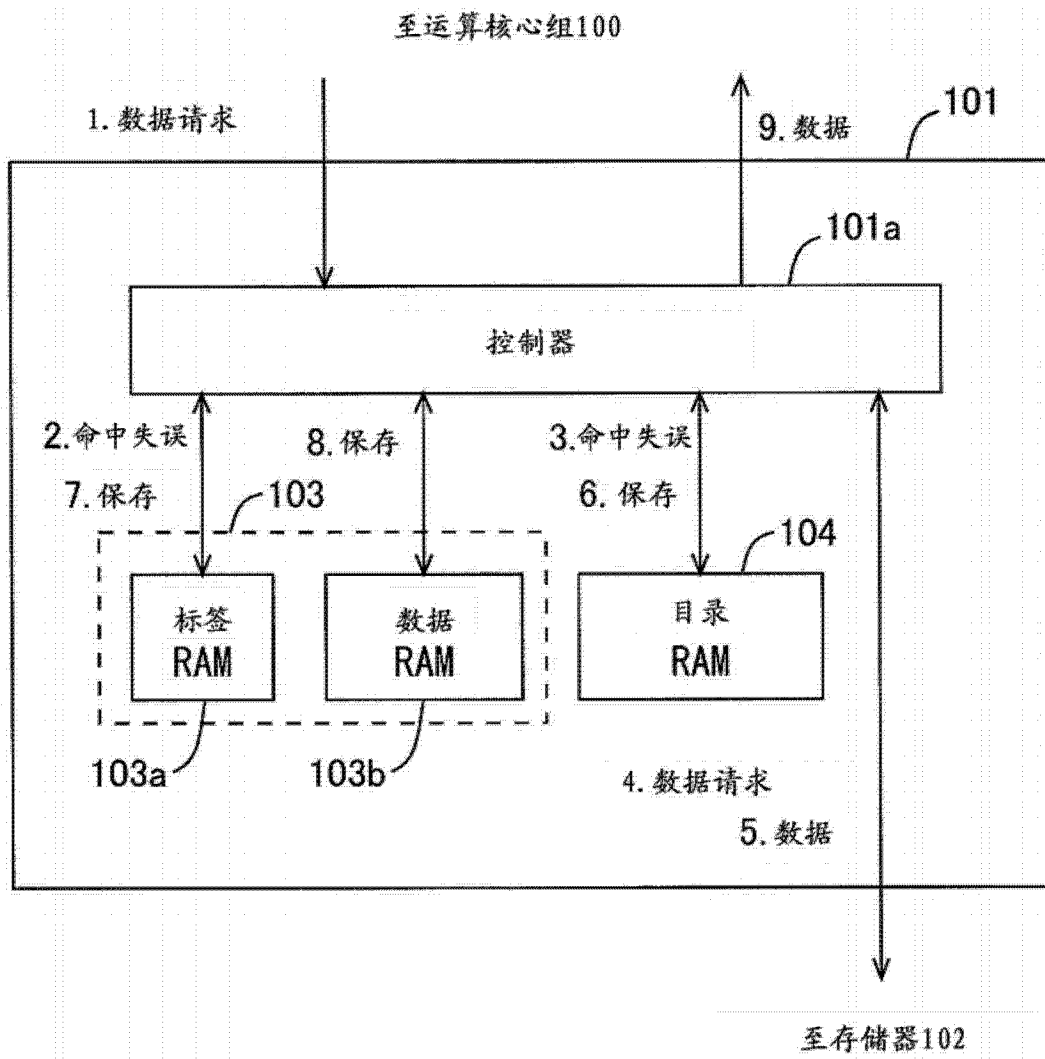


图 4

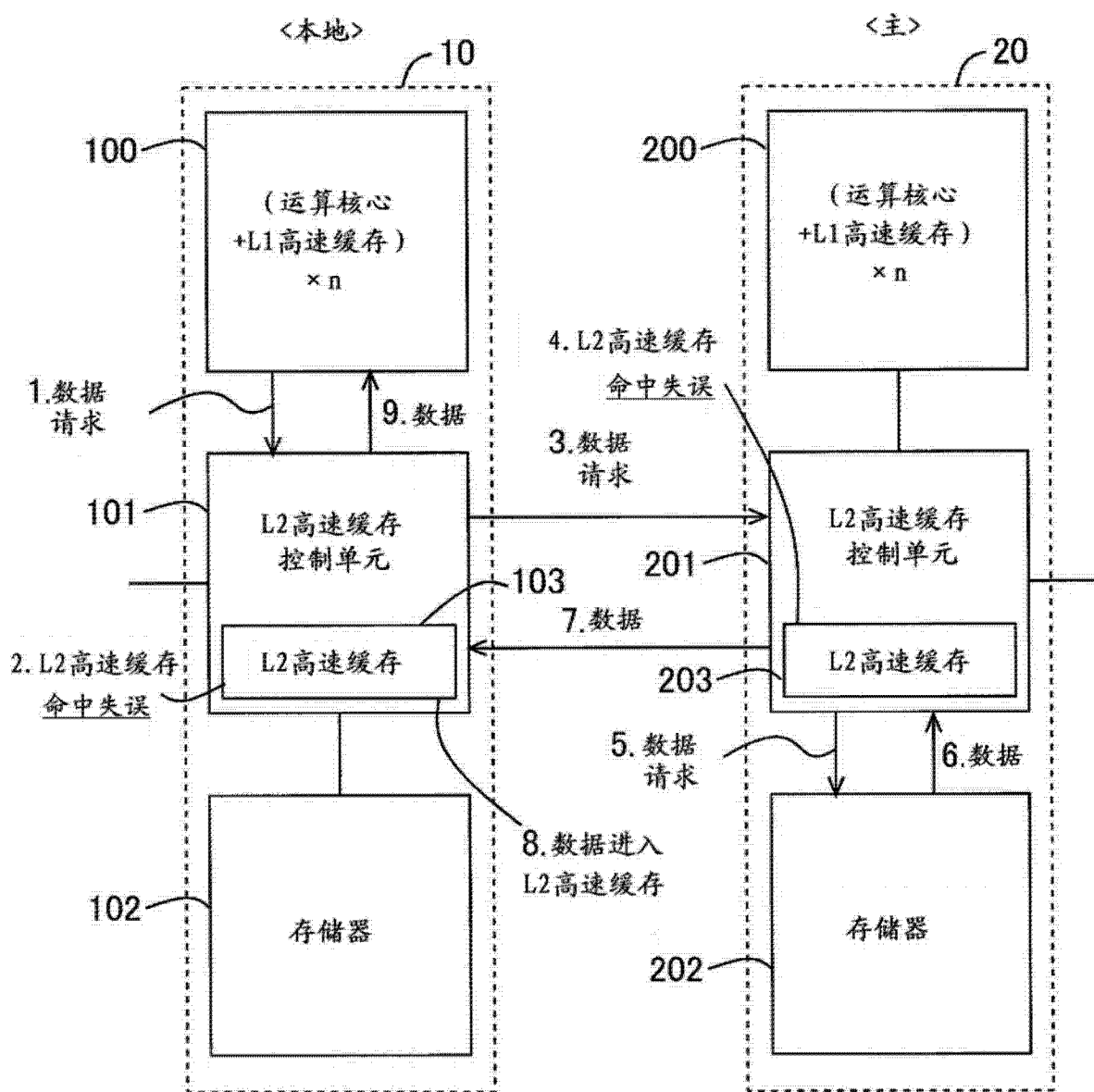


图 5

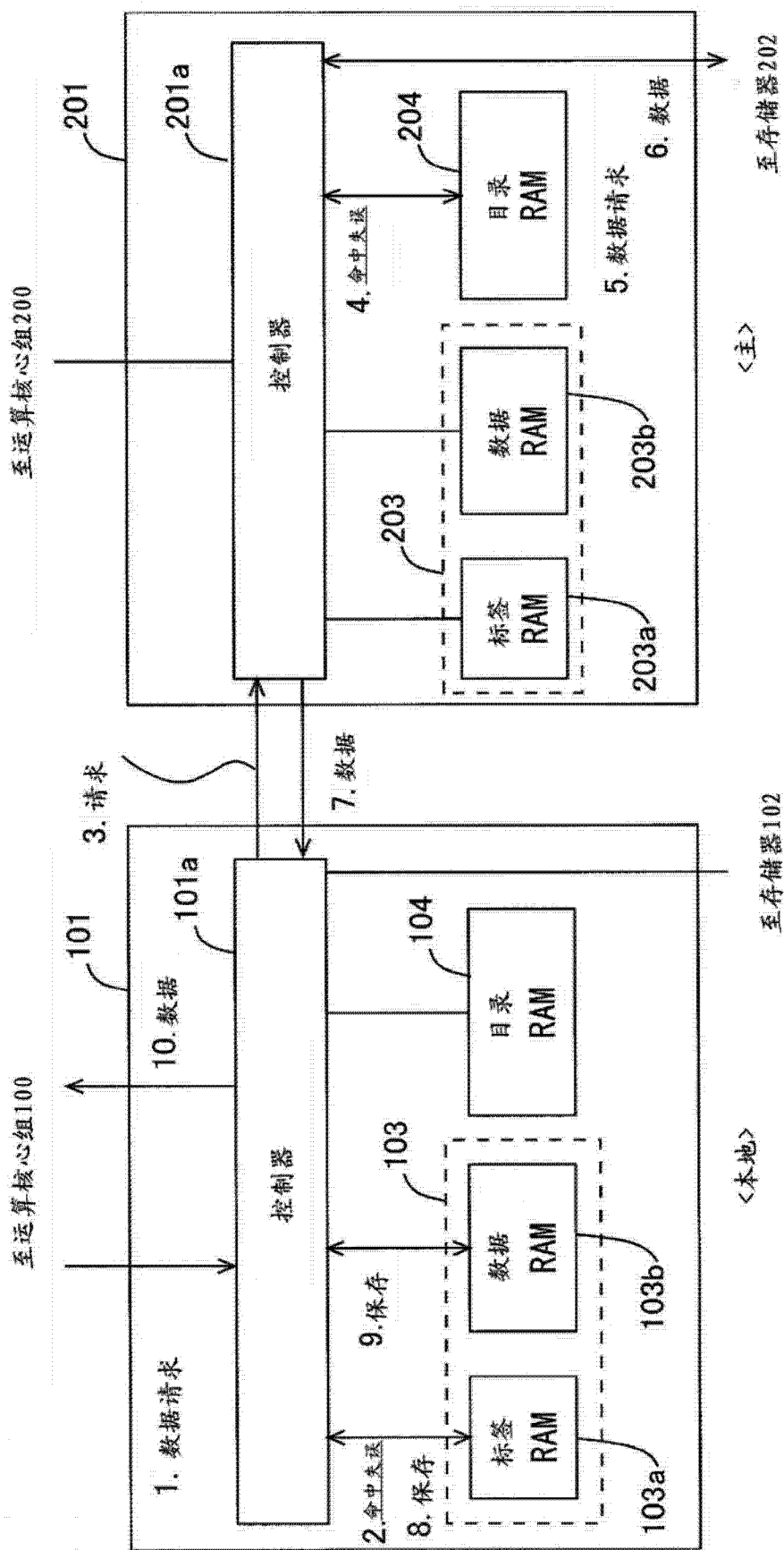


图 6

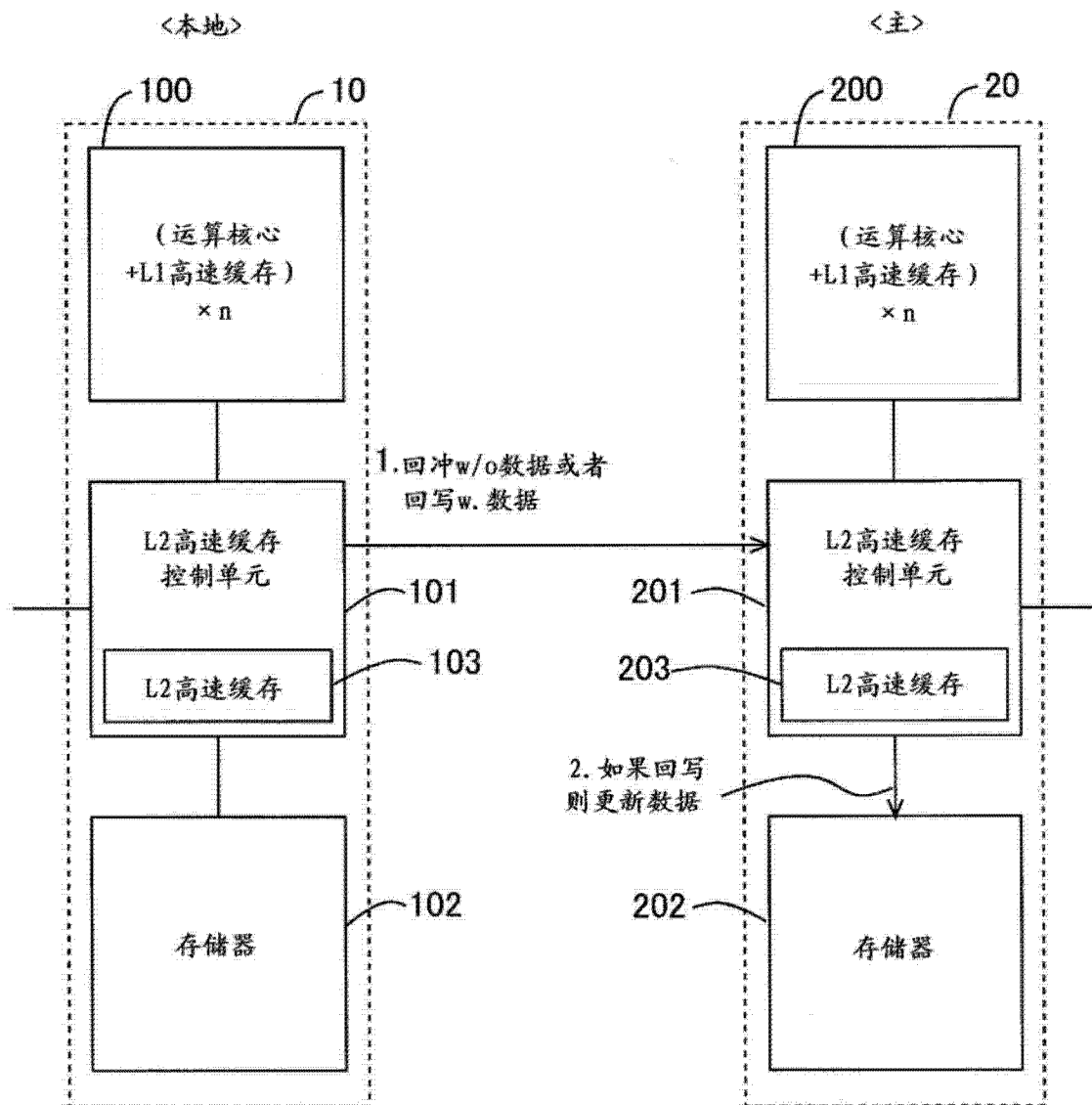


图 7

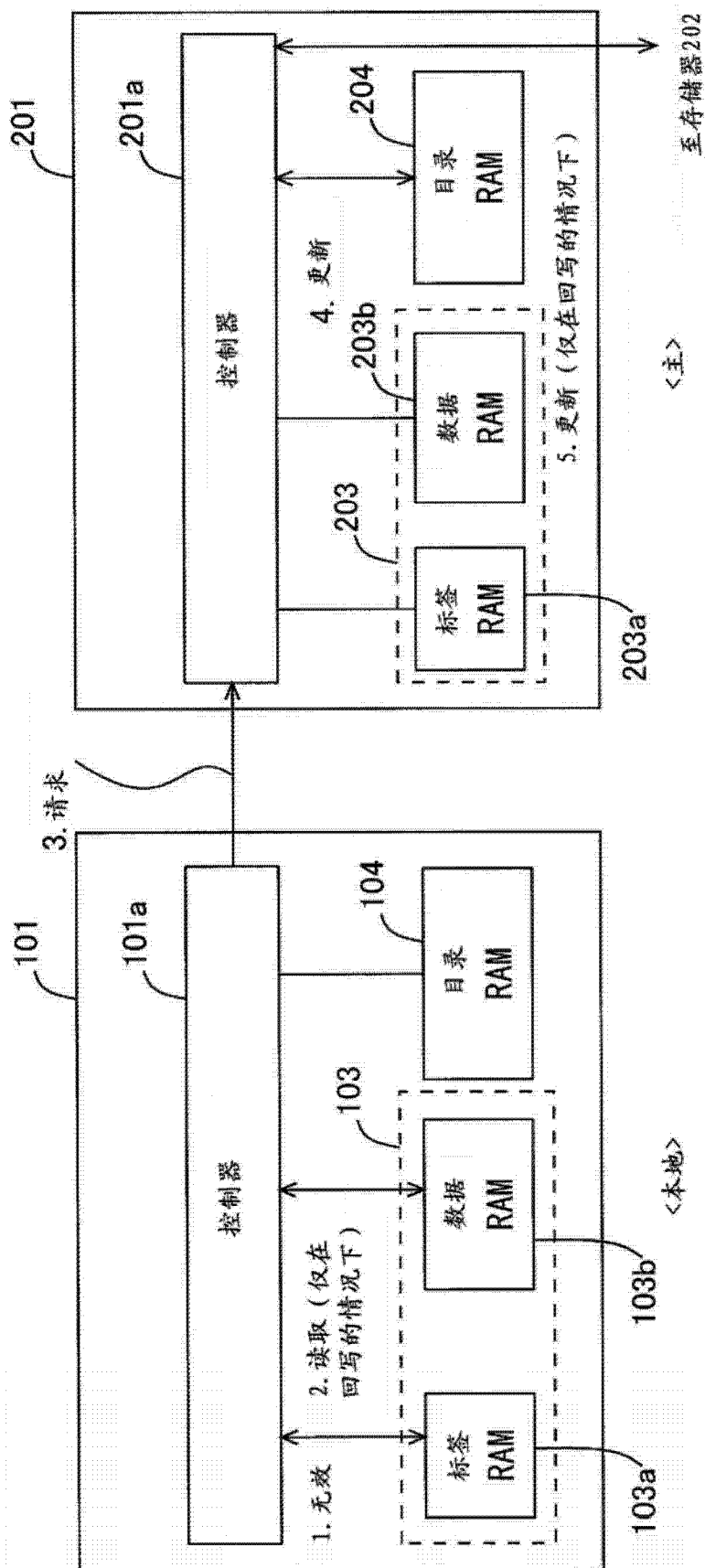


图 8

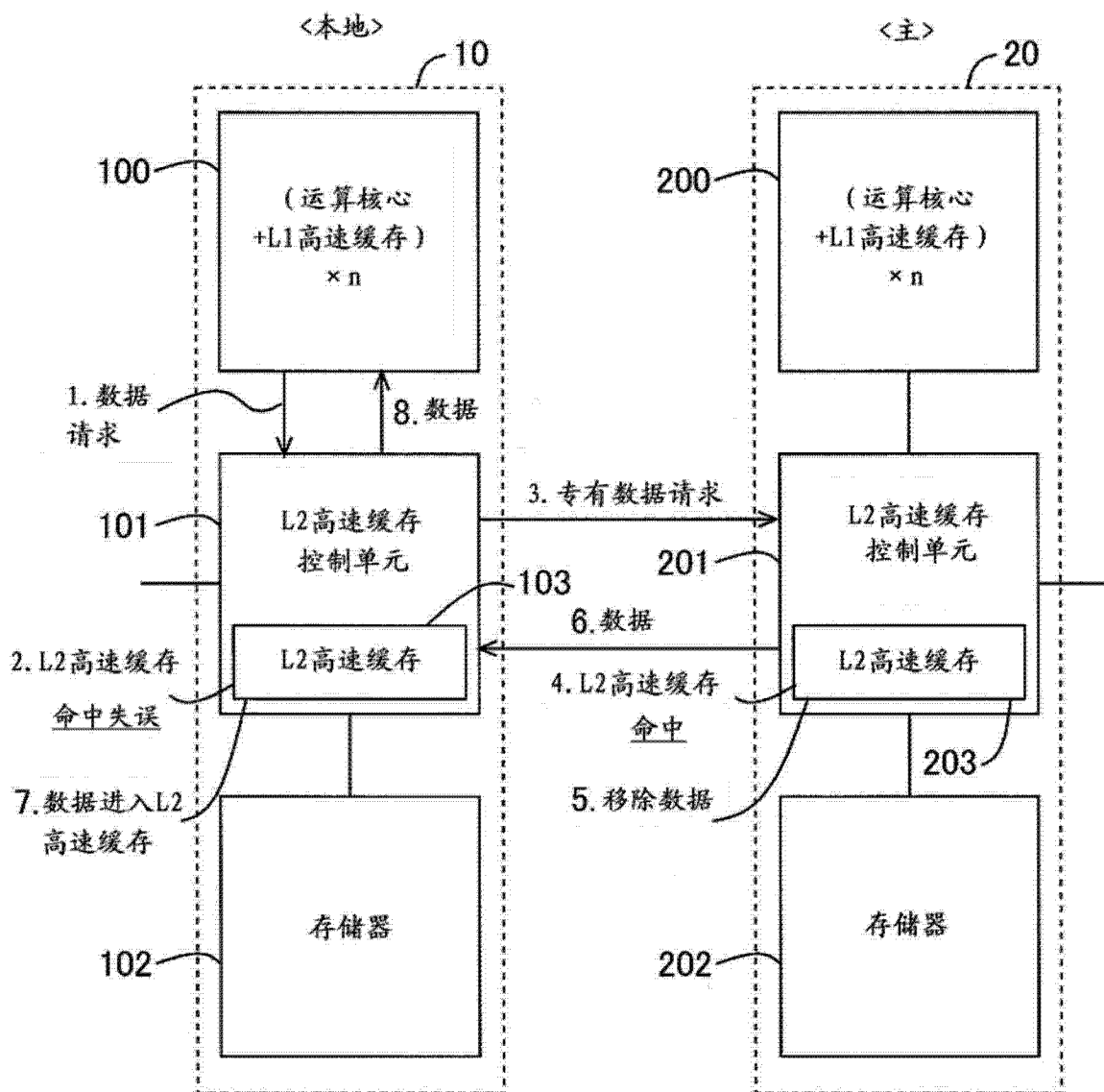


图 9

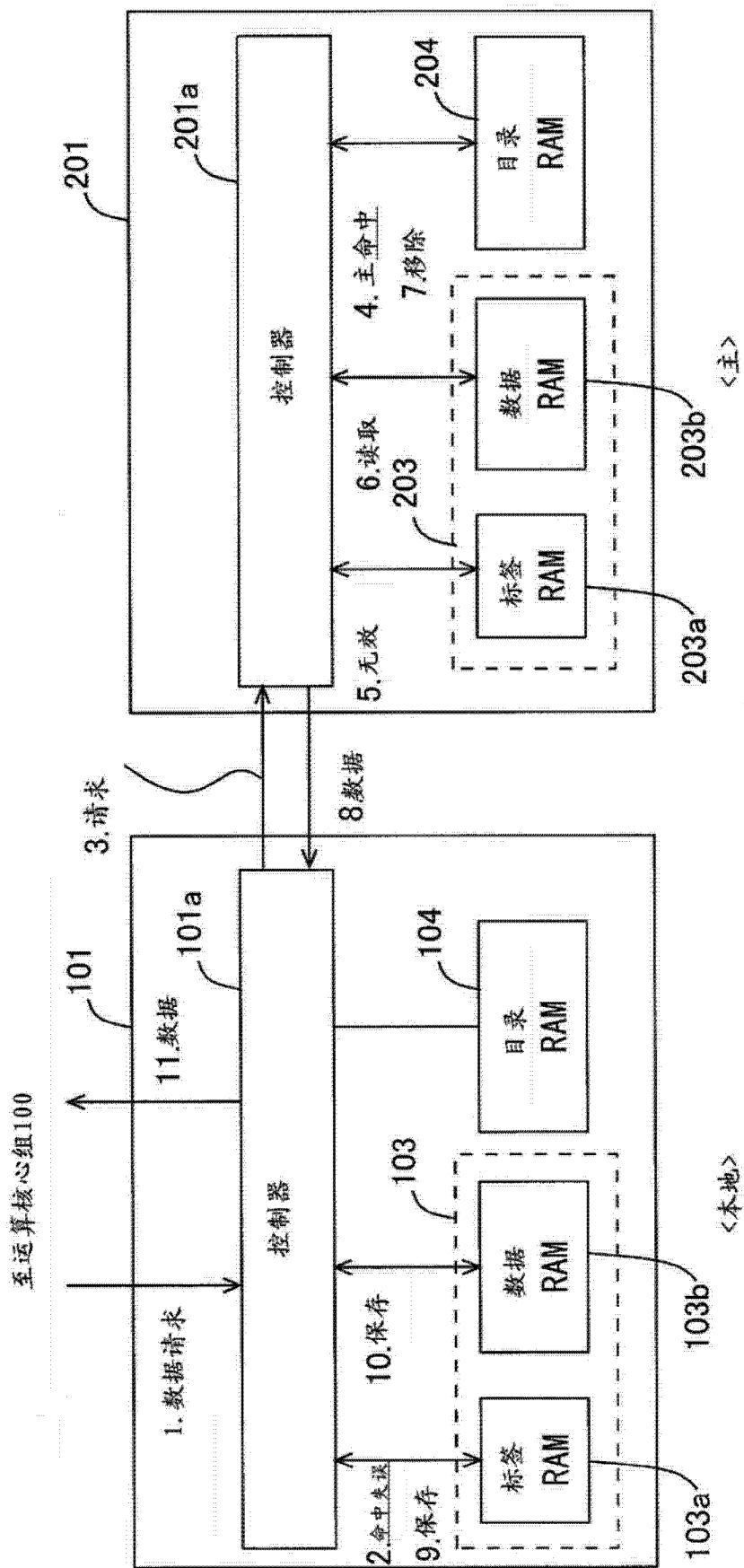


图 10

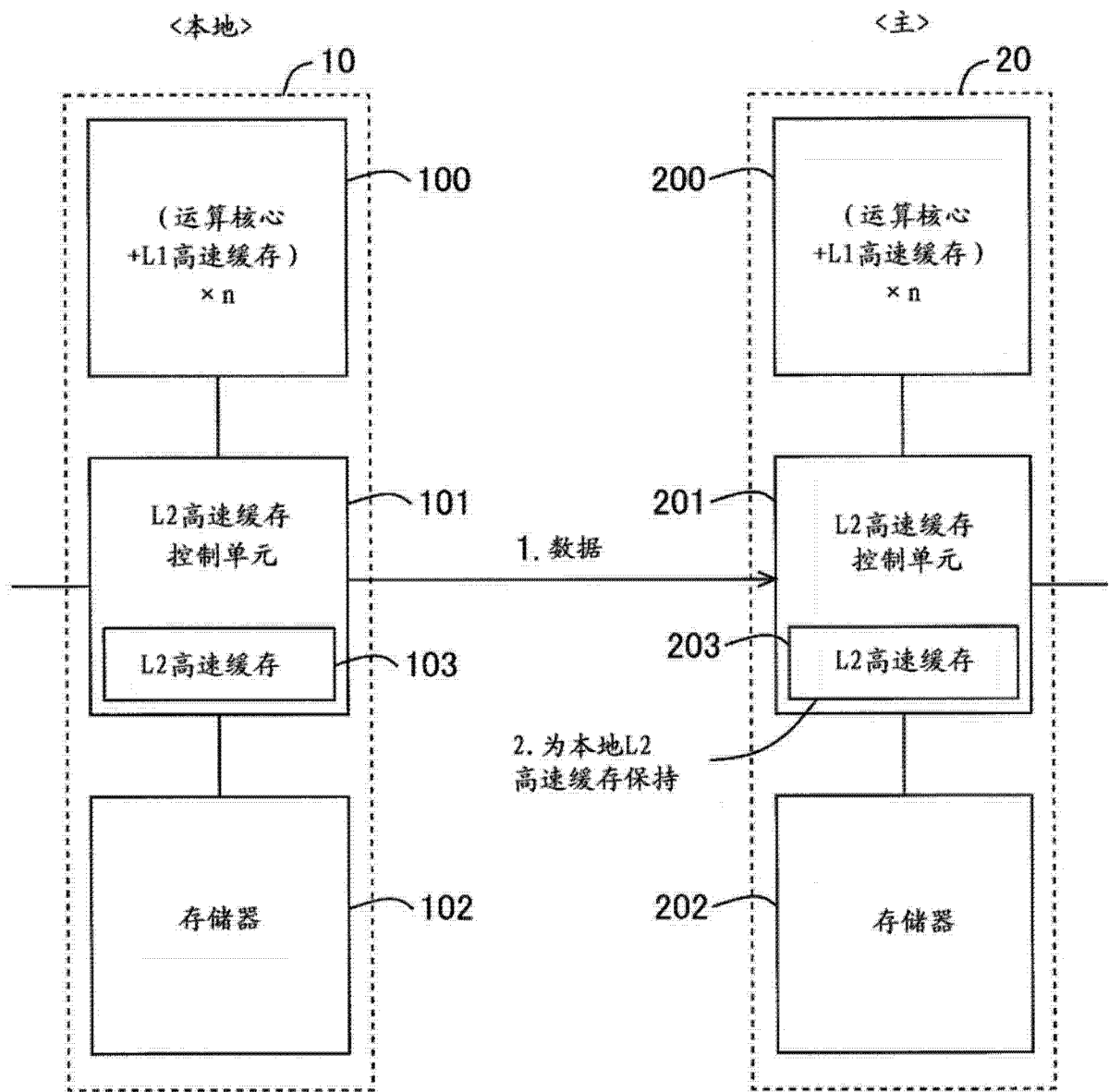


图 11

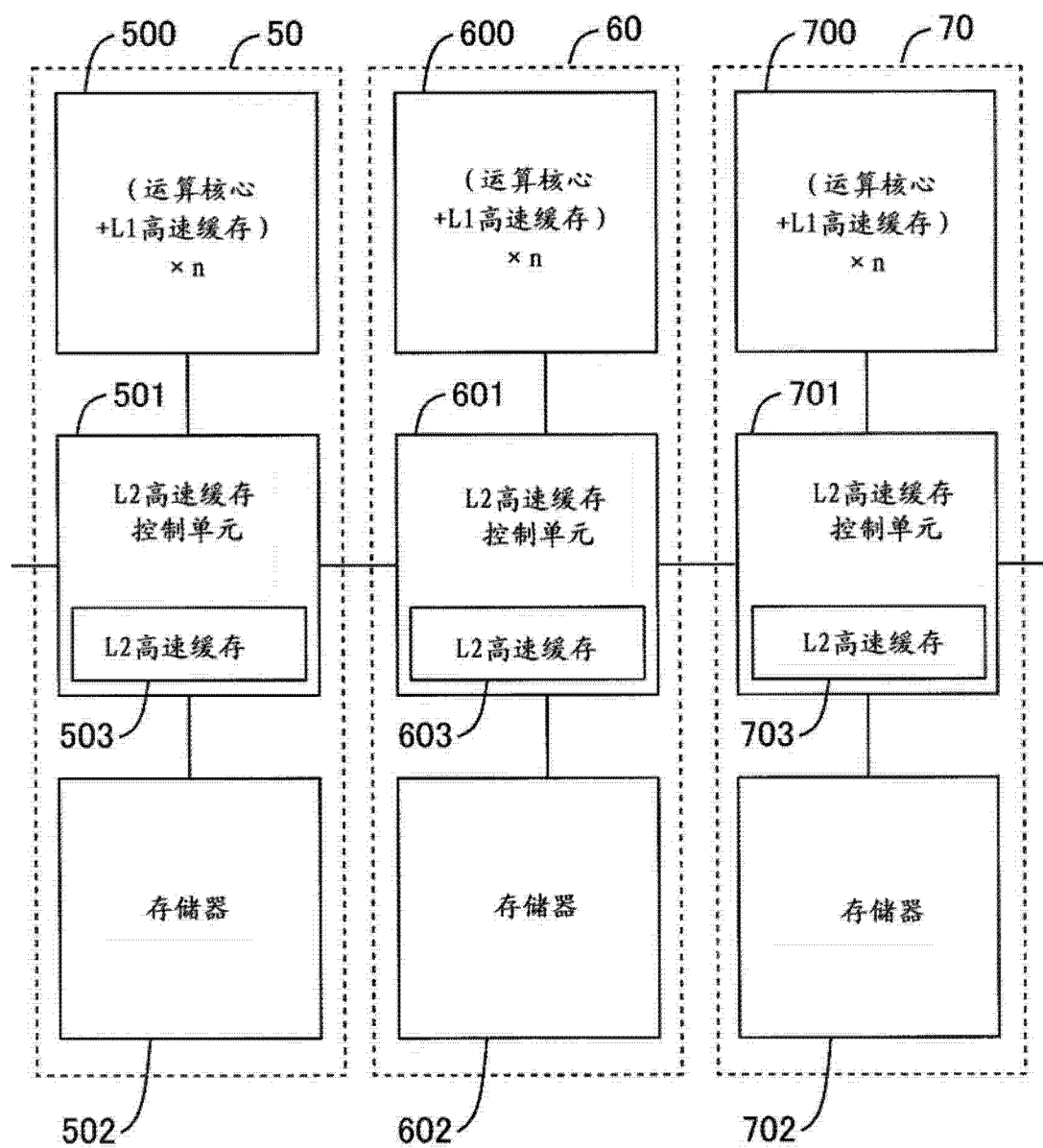


图 12

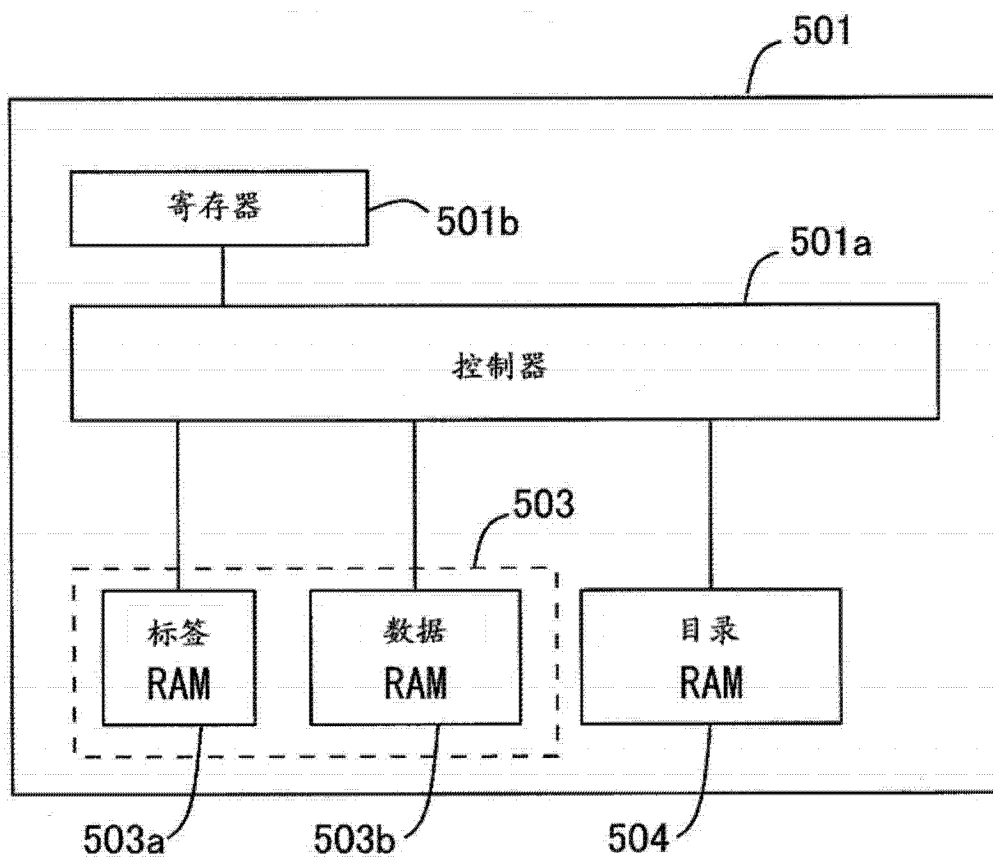


图 13

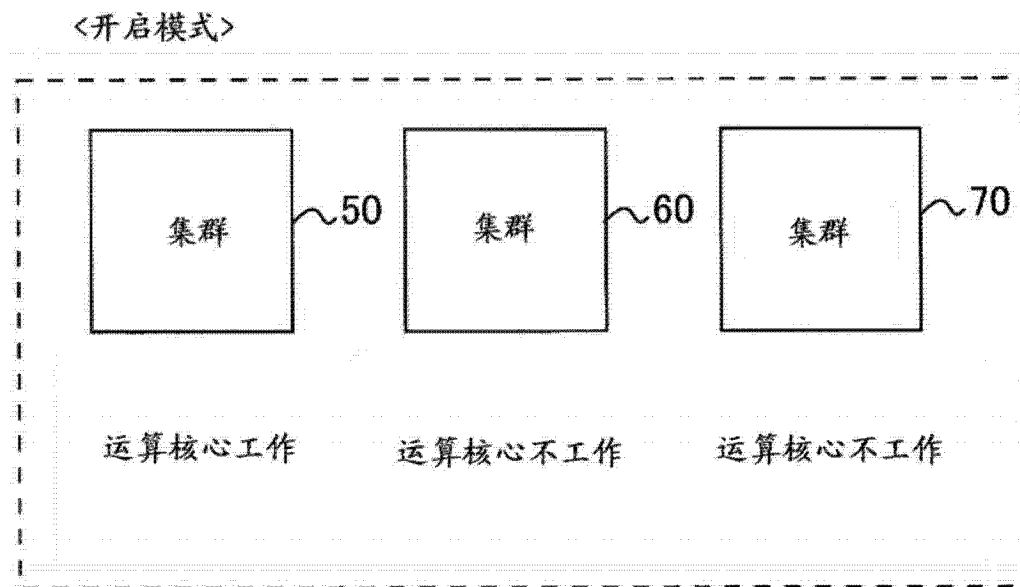


图 14

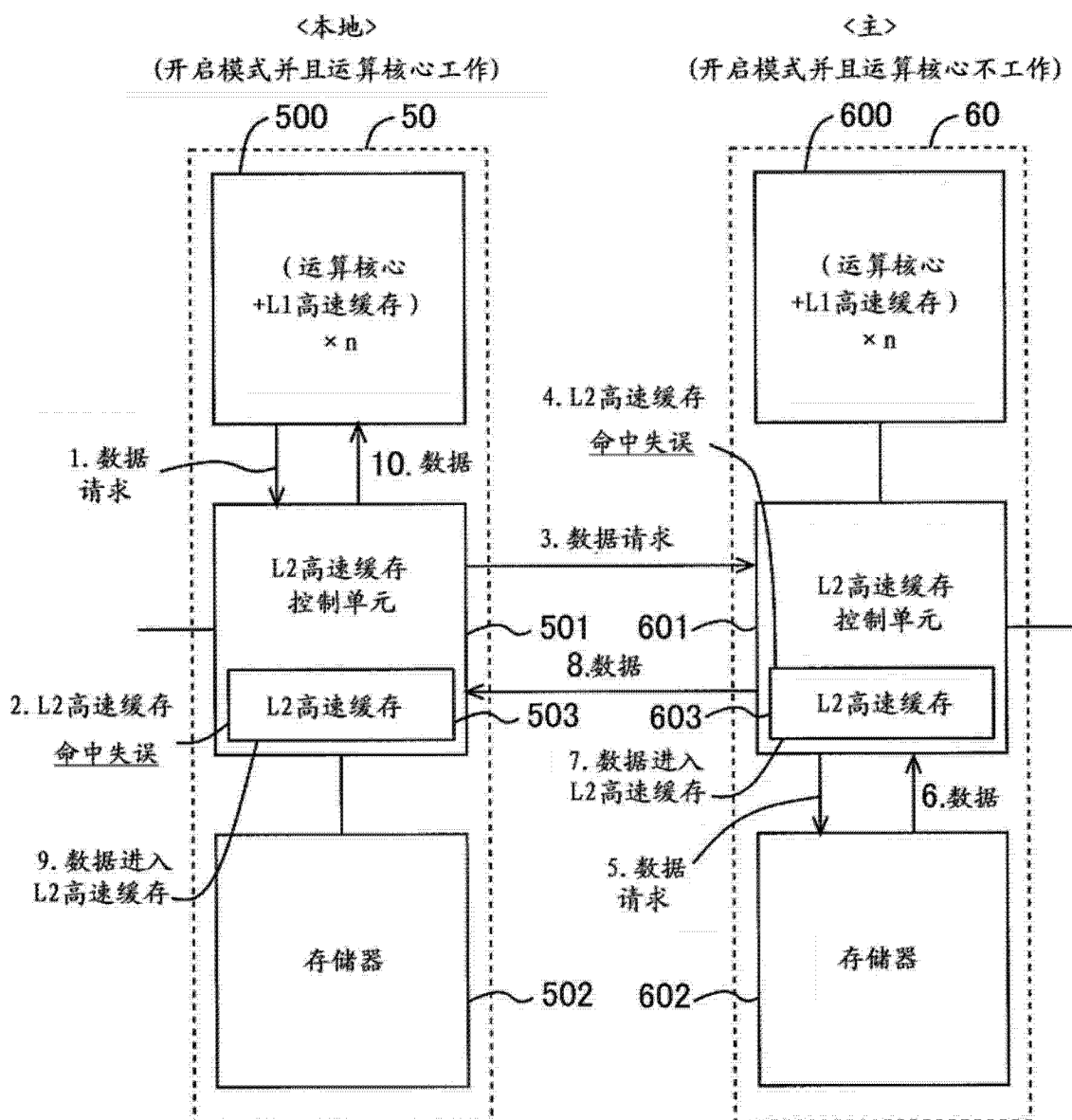


图 15

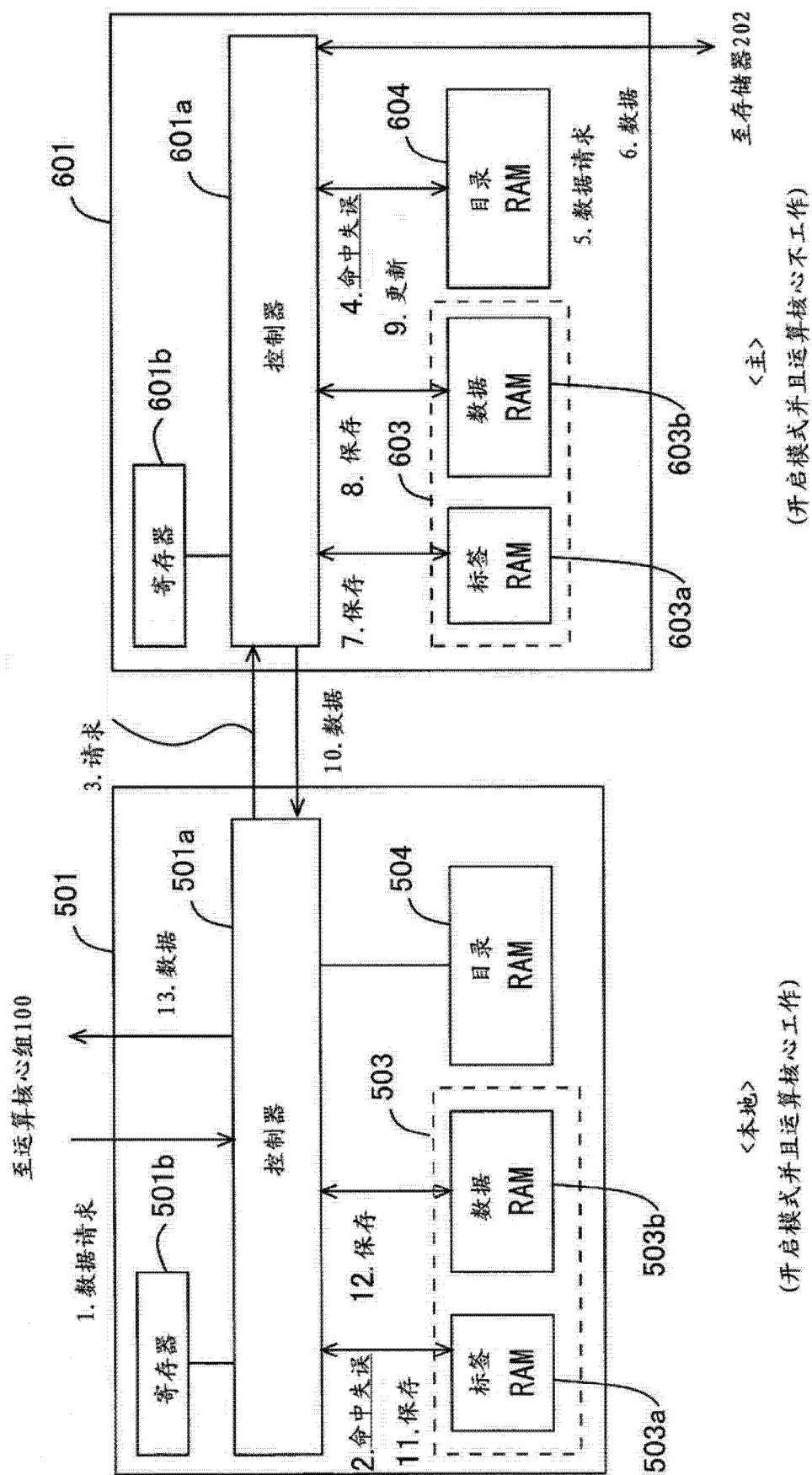


图 16

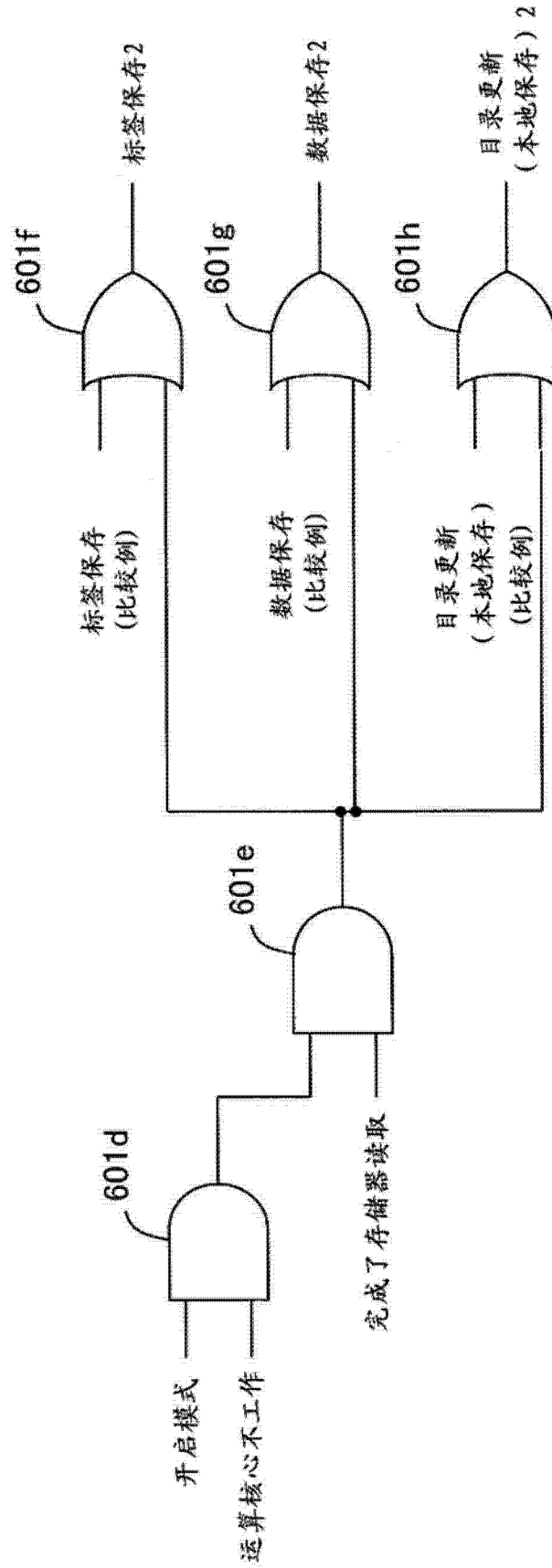


图 17

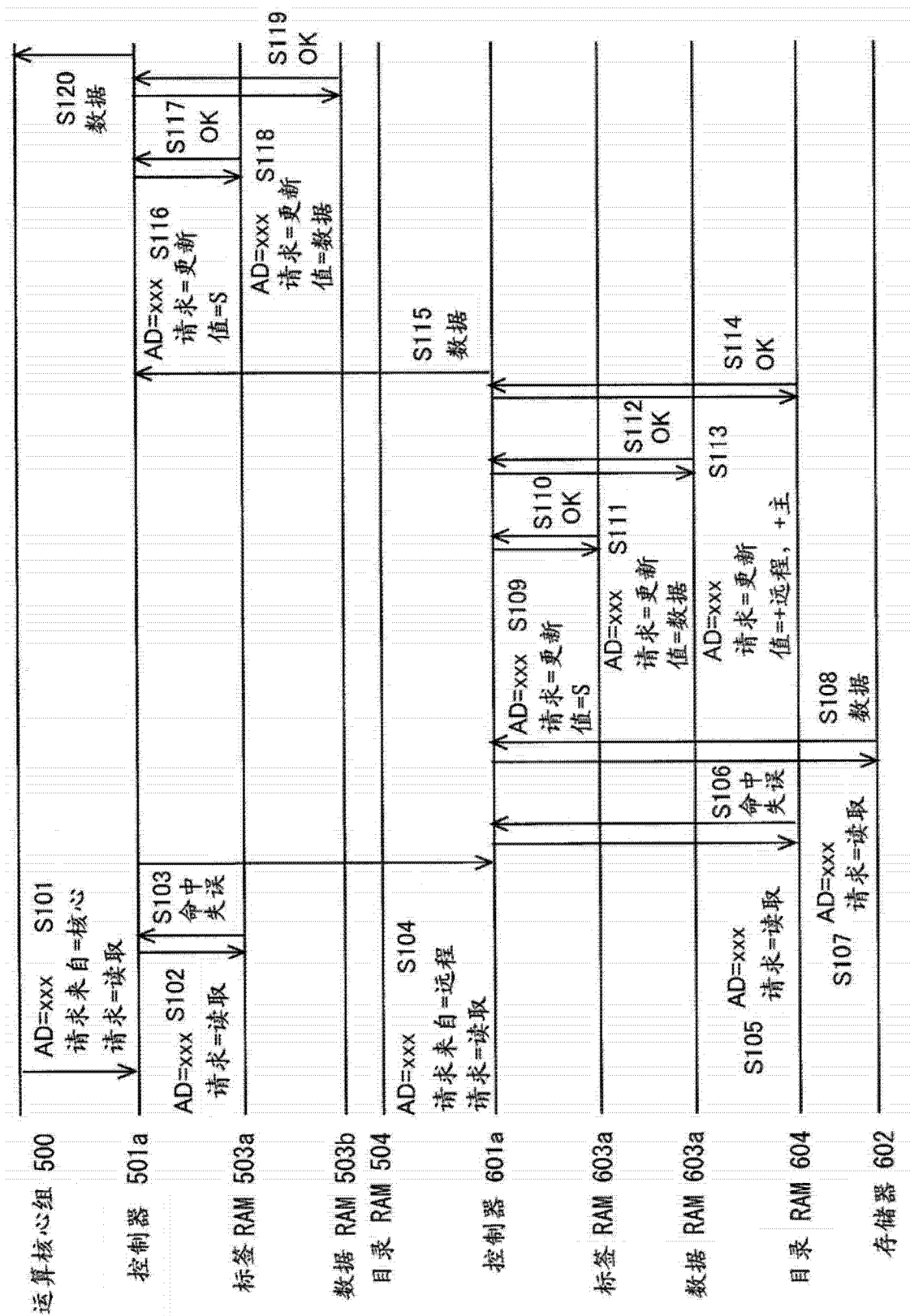


图 18

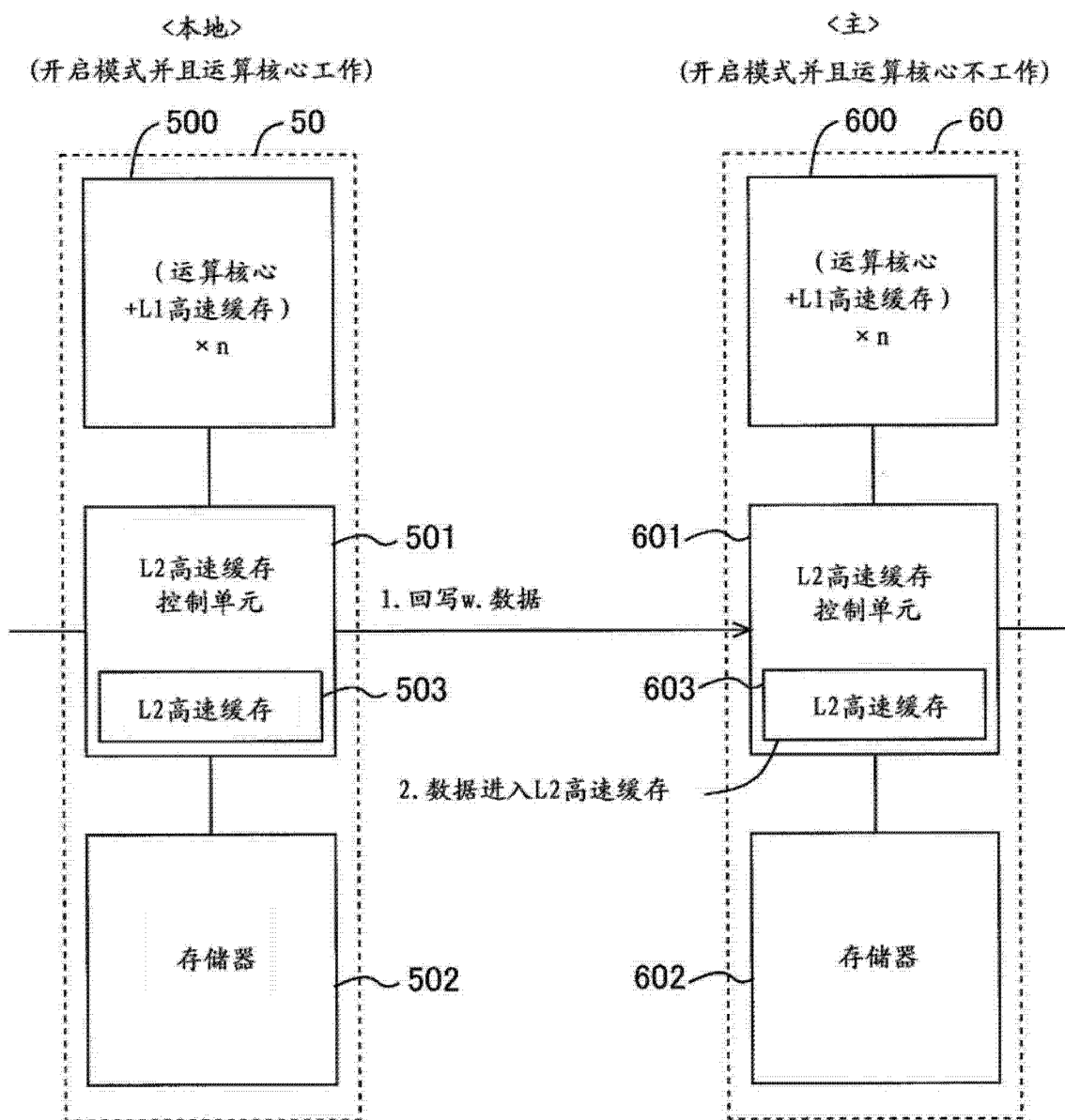


图 19

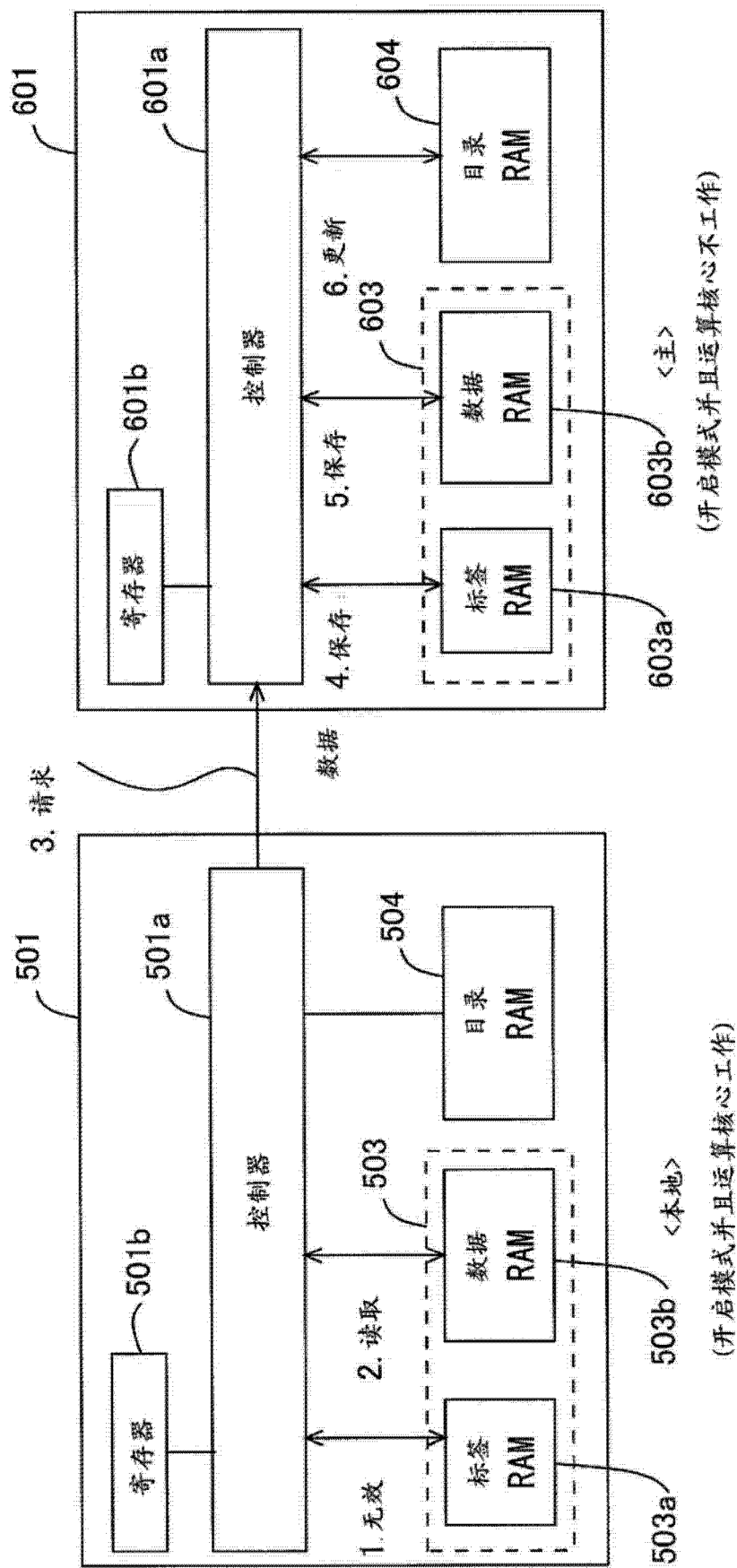


图 20

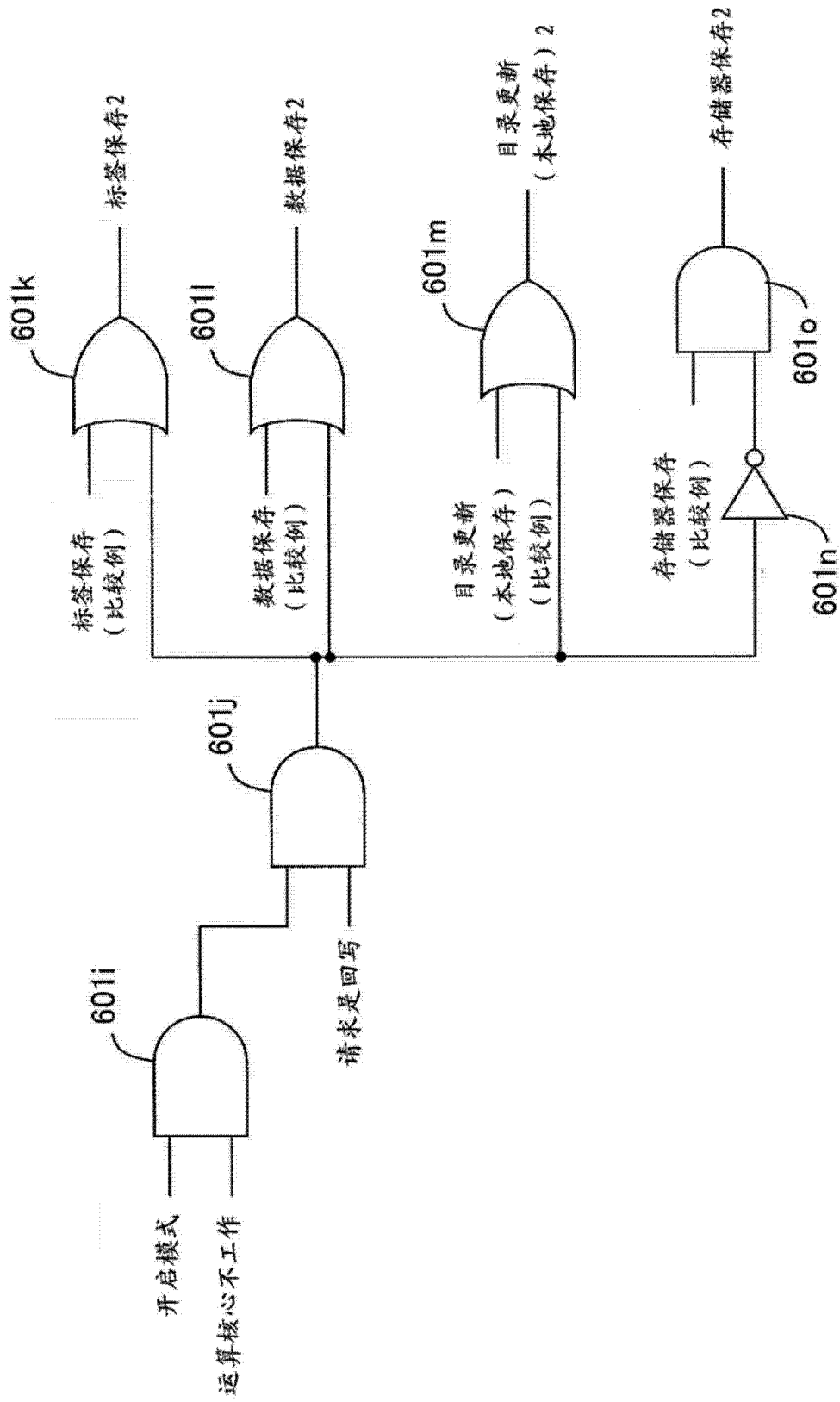


图 21

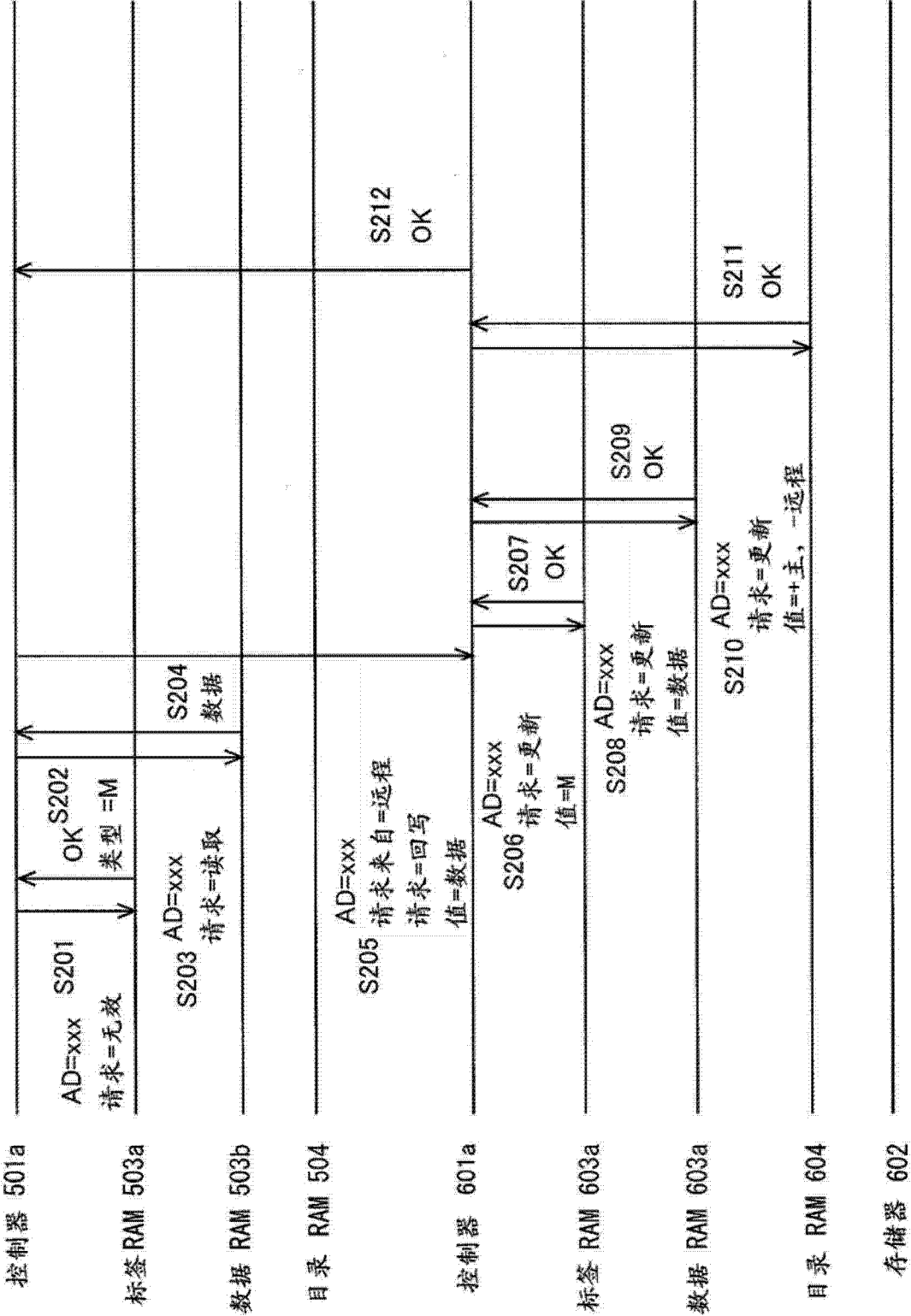


图 22

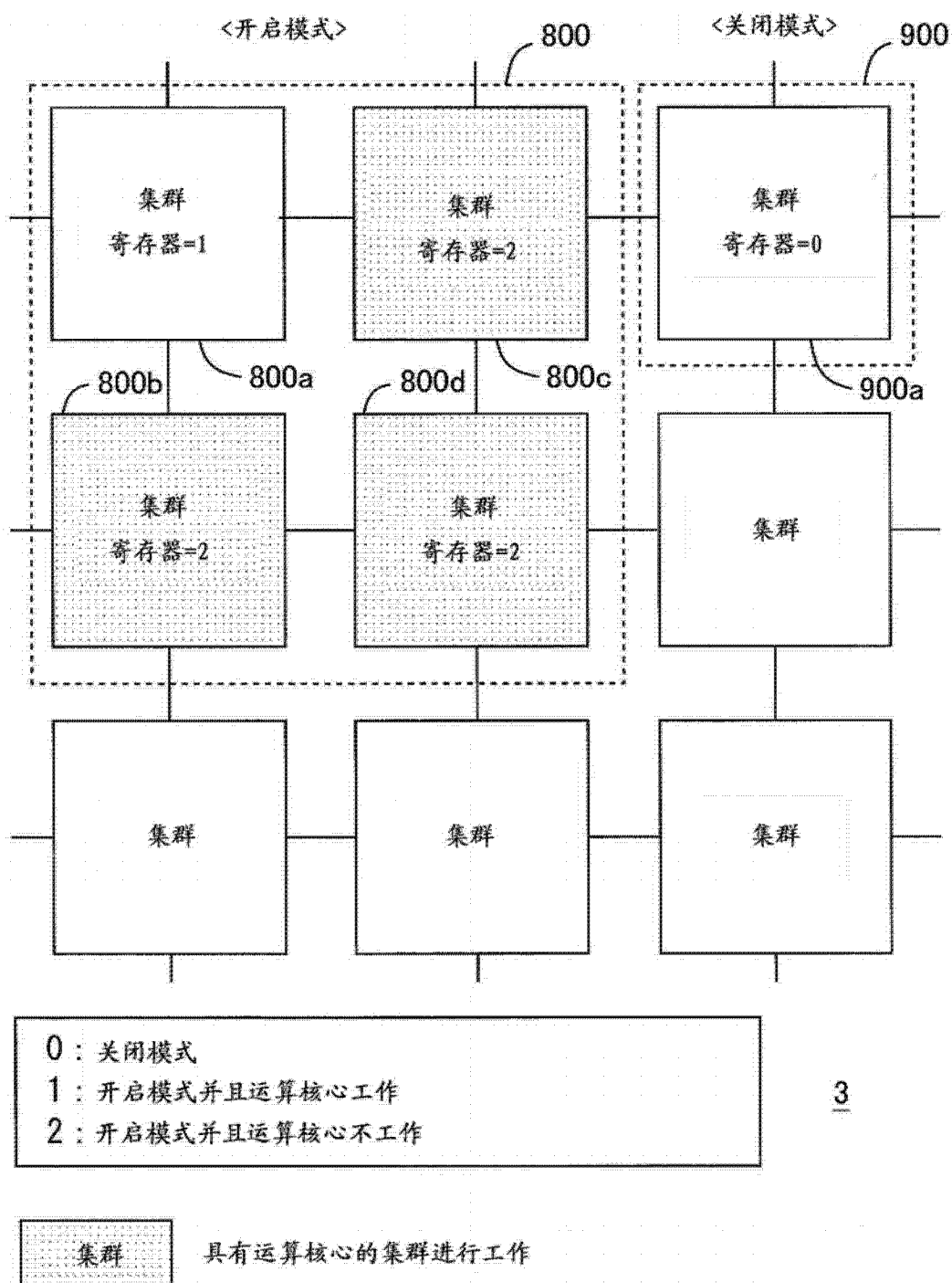


图 23

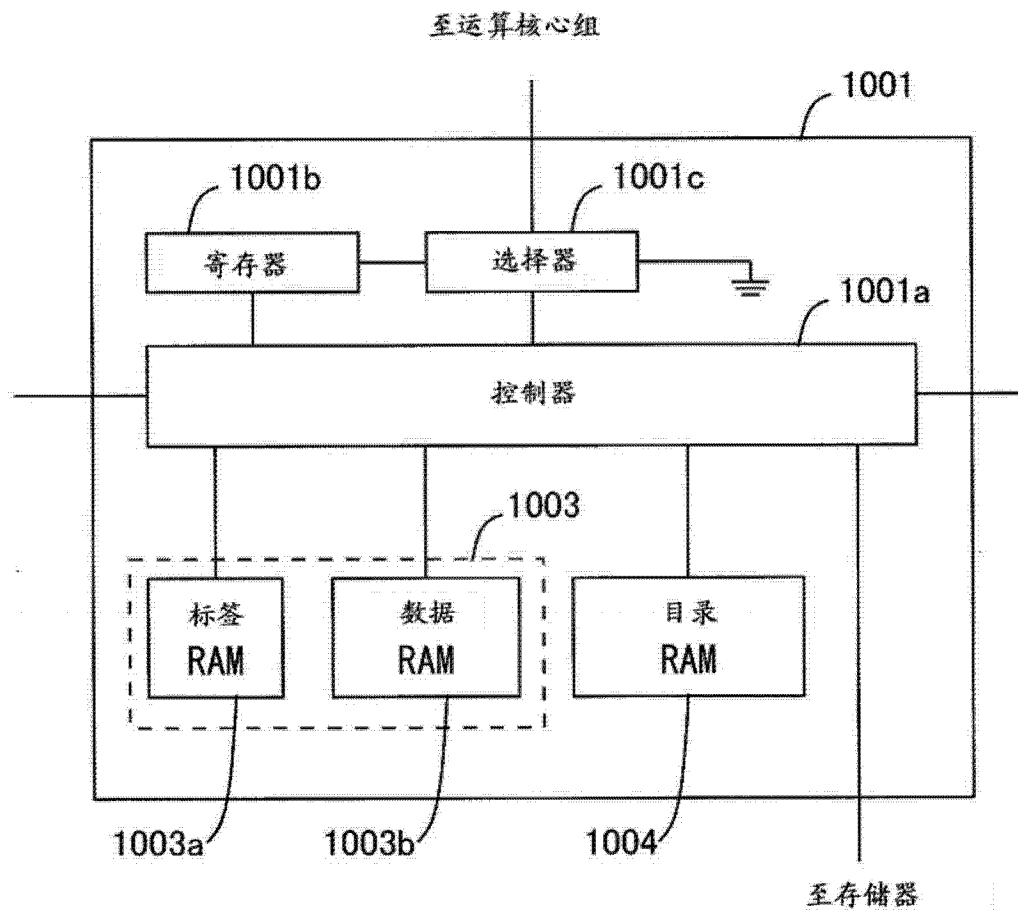


图 24