



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105164653 B

(45)授权公告日 2018.06.19

(21)申请号 201480024817.0

(22)申请日 2014.04.22

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105164653 A

(43)申请公布日 2015.12.16

(30)优先权数据
13/888,069 2013.05.06 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.11.02

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/035036 2014.04.22

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/182443 EN 2014.11.13

(73)专利权人 高通股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 科林·克里斯托弗·夏普
托马斯·安德鲁·萨托里乌斯

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287
代理人 宋献涛

(51)Int.Cl.
G06F 12/1009(2016.01)
G06F 12/14(2006.01)

(56)对比文件
US 2007/0168644 A1,2007.07.19,
US 2011/0161620 A1,2011.06.30,
US 2011/0010504 A1,2011.01.13,
CN 101176078 A,2008.05.07,
审查员 曾鹏飞

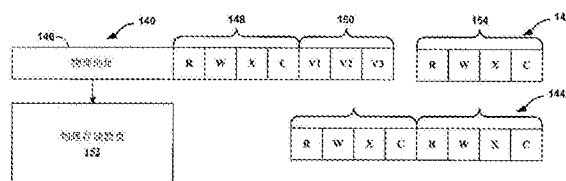
权利要求书6页 说明书16页 附图5页

(54)发明名称

属性字段的多核页表集合

(57)摘要

一种装置包含存储器,所述存储器存储包含第一页表条目的第一页表,其中所述第一页表条目进一步包含物理地址、与所述页表条目相关联的替代位置,以及与所述物理地址相关联的物理存储器页。第一处理单元经配置以:读取所述第一页表条目,且从所述第一页表条目确定所述物理地址。第二处理单元经配置以:从所述第一页表条目读取所述物理地址;从所述替代位置确定第二页属性数据,其中所述第二页属性数据定义所述物理存储器页针对所述第二处理单元的一或多个可存取性属性;且根据所述一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的所述物理存储器页。



1. 一种存取存储器的方法,其包括:

用第一处理单元,从第一页表中的第一页表条目读取物理地址;

用所述第一处理单元,从所述第一页表条目确定第一页属性数据,其中所述第一页属性数据定义物理存储器页针对所述第一处理单元的一或多个可存取性属性;

用第二处理单元,从所述第一页表中的所述第一页表条目读取所述物理地址;

用所述第二处理单元,从替代位置确定第二页属性数据,其中所述替代位置与所述第一页表条目相关联,且其中所述第二页属性数据定义所述物理存储器页针对所述第二处理单元的一或多个可存取性属性;

用所述第一处理单元,根据所述第一页属性数据的所述一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的物理存储器页;以及

用所述第二处理单元,根据所述第二页属性数据的所述一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的所述物理存储器页。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述替代位置包括第二页表中的第二页表条目,其中确定所述第二页属性数据进一步包括:

用所述第二处理单元,与读取所述第一页表条目并行地从所述第二页表条目确定所述第二页属性数据。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述替代位置为第二页表中的第二页表条目,所述方法进一步包括:

用所述第二处理单元,从所述第一页表条目读取与所述第二页表相关联的数据,其中确定所述第二页属性数据进一步包括:

用所述第二处理单元,基于与所述第二页表相关联的所述数据来识别所述第二页表。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中与所述第二页表相关联的所述数据包括从多个并行页表识别所述第二页表的识别符。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中所述替代位置包括所述第一页表中的第二页表条目,

其中所述第一页表中的所述第二页表条目基于所述第一页表条目的指针值与所述第一页表条目相关联。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中所述指针值包括虚拟地址和物理地址中的至少一者。

7. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括:

用所述第二处理单元,组合所述第一页属性数据的所述一或多个可存取性属性与所述第二页属性数据的一或多个可存取性属性,以形成组合页属性数据的一或多个可存取性属性,

其中所述第二处理单元根据所述组合页属性数据的所述一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的所述物理存储器页。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中所述第二页属性数据包含与所述第一页属性数据的一或多个可存取性属性值不同的一或多个可存取性属性值。

9. 根据权利要求1所述的方法,其进一步包括:

用所述第一处理单元,从所述第一页表条目读取有效数据,其指示所述第二页属性数

据是否有效，

其中确定所述第二页属性数据进一步包括：

如果来自所述第一页表条目的所述有效数据指示所述第二页属性数据有效，那么用所述第二处理单元来确定所述第二页属性数据。

10. 根据权利要求1所述的方法，其中所述第一页属性数据和所述第二页属性数据定义所述物理存储器页是否为以下各项中的至少一者：

可读、可写、可高速缓存、可执行以及脏。

11. 根据权利要求1所述的方法，其中所述替代位置包括寄存器，

其中所述寄存器基于所述第一页表条目中的指针值与所述第一页表条目相关联。

12. 根据权利要求1所述的方法，其中所述第一处理单元为CPU，且所述第二处理单元为GPU。

13. 根据权利要求12所述的方法，其中所述第一处理单元包括第一存储器管理单元MMU，且所述第二处理单元包括第二MMU，其中所述第一MMU经配置以存取所述第一页表和所述替代位置中的至少一者，且所述第二MMU经配置以存取所述第一页表和所述替代位置中的至少一者。

14. 一种用于存取数据的设备，其包括：

用于存储以下各项的装置：

包含第一页表条目的第一页表，其中所述第一页表条目进一步包含物理地址；

与所述第一页表条目相关联的替代位置；以及

与所述物理地址相关联的物理存储器页；

用于处理的第一装置，其中所述用于处理的第一装置包括：

用于从所述第一页表条目读取所述物理地址的装置；

用于从所述第一页表条目确定第一页属性数据的装置，其中所述第一页属性数据定义所述物理存储器页针对所述用于处理的第一装置的一或多个可存取性属性；以及

用于根据所述第一页属性数据的所述一或多个可存取性属性来存取具有所述物理地址的物理存储器页的装置；

用于处理的第二装置，其中所述用于处理的第二装置包括：

用于从所述第一页表读取所述第一页表条目的装置；

用于从所述第一页表条目确定所述物理地址的装置；

用于从所述替代位置确定第二页属性数据的装置，其中所述替代位置与所述第一页表条目相关联，且其中所述第二页属性数据定义所述物理存储器页针对所述用于处理的第二装置的一或多个可存取性属性；以及

用于根据所述第二页属性数据的所述一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的所述物理存储器页的装置。

15. 根据权利要求14所述的设备，其中所述替代位置包括第二页表中的第二页表条目，

其中所述用于确定所述第二页属性数据的装置进一步包括：

用于与所述用于确定所述第一页属性数据的装置并行地从所述第二页表条目确定所述第二页属性数据的装置。

16. 根据权利要求14所述的设备，其中所述替代位置是第二页表中的第二页表条目，

所述用于处理的第二装置进一步包括：

用于从所述第一页表条目读取与所述第二页表相关联的数据的装置，

其中所述用于确定所述第二页属性数据的装置进一步包括：

用于基于与所述第二页表相关联的所述数据来识别所述第二页表的装置。

17. 根据权利要求16所述的设备，其中与所述第二页表相关联的所述数据包括从多个并行页表识别所述第二页表的识别符。

18. 根据权利要求14所述的设备，其中所述替代位置包括所述第一页表中的第二页表条目，

其中所述第一页表中的所述第二页表条目基于所述第一页表条目的指针值与所述第一页表条目相关联。

19. 根据权利要求18所述的设备，其中所述指针值包括虚拟地址和物理地址中的至少一者。

20. 根据权利要求14所述的设备，其中所述用于处理的第二装置进一步包括：

用于组合所述第一页属性数据的所述一或多个可存取性属性与所述第二页属性数据的一或多个可存取性属性以形成组合页属性数据的一或多个可存取性属性的装置，

其中所述用于处理的第二装置根据所述组合页属性数据的所述一或多个来存取与所述物理地址相关联的所述物理存储器页。

21. 根据权利要求20所述的设备，其中所述第二页属性数据包含与所述第一页属性数据的一或多个可存取性属性值不同的一或多个可存取性属性值。

22. 根据权利要求14所述的设备，其中所述用于处理的第一装置进一步包括用于从所述第一页表条目读取有效数据的装置，所述有效数据指示所述第二页属性数据是否有效，

其中所述用于确定所述第二页属性数据的装置进一步包括：

用于在来自所述第一页表条目的所述有效数据指示所述第二页属性数据有效的情况下确定所述第二页属性数据的装置。

23. 根据权利要求14所述的设备，其中所述第一页属性数据和所述第二页属性数据定义所述物理存储器页是否为以下各项中的至少一者：

可读、可写、可高速缓存、可执行以及脏。

24. 根据权利要求14所述的设备，其中所述替代位置包括寄存器，

其中所述寄存器基于所述第一页表条目中的指针值与所述第一页表条目相关联。

25. 根据权利要求14所述的设备，其中所述用于处理的第一装置为CPU，且所述用于处理的第二装置为GPU。

26. 根据权利要求25所述的设备，其中所述用于处理的第一装置包括第一存储器管理单元MMU，且所述用于处理的第二装置包括第二MMU，

其中所述第一MMU包括用于存取所述第一页表和所述替代位置中的至少一者的经配置装置；且

所述第二MMU包括用于存取所述第一页表和所述替代位置中的至少一者的装置。

27. 一种用于存取数据的设备，其包括：

存储器，其存储：

包含第一页表条目的第一页表，其中所述第一页表条目进一步包含物理地址；

与所述第一页表条目相关联的替代位置;以及

与所述物理地址相关联的物理存储器页;

第一处理单元,其经配置以:

从所述第一页表读取所述物理地址;

从所述第一页表条目确定第一页属性数据,其中所述第一页属性数据定义所述物理存储器页针对所述第一处理单元的一或多个可存取性属性;以及

根据所述第一页属性数据的所述一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的所述物理存储器页;

第二处理单元,其经配置以:

从所述第一页表读取所述第一页表条目;

从所述第一页表条目确定所述物理地址;

从所述替代位置确定第二页属性数据,其中所述替代位置与所述第一页表条目相关联,且其中所述第二页属性数据定义所述物理存储器页针对所述第二处理单元的一或多个可存取性属性;以及

根据所述第二页属性数据的所述一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的所述物理存储器页。

28. 根据权利要求27所述的设备,其中所述替代位置包括第二页表中的第二页表条目,其中为了确定所述第二页属性数据,所述第二处理单元进一步经配置以:

从所述第二页表条目确定所述第二页属性数据,且并行地读取所述第一页表条目。

29. 根据权利要求27所述的设备,其中所述替代位置是第二页表中的第二页表条目,其中所述第二处理单元进一步经配置以:

从所述第一页表条目读取与所述第二页表相关联的数据,且

其中为了确定所述第二页属性数据,所述第二处理单元进一步经配置以基于与所述第二页表相关联的所述数据来识别所述第二页表。

30. 根据权利要求29所述的设备,其中与所述第二页表相关联的所述数据包括从多个并行页表识别所述第二页表的识别符。

31. 根据权利要求27所述的设备,其中所述替代位置包括所述第一页表中的第二页表条目,

其中所述第一页表中的所述第二页表条目基于所述第一页表条目的指针值与所述第一页表条目相关联。

32. 根据权利要求31所述的设备,其中所述指针值包括虚拟地址和物理地址中的至少一者。

33. 根据权利要求27所述的设备,其中所述第二处理单元进一步经配置以:

组合所述第一页属性数据的所述一或多个可存取性属性与所述第二页属性数据的一或多个可存取性属性,以形成组合页属性数据的一或多个可存取性属性,

其中第二装置处理单元根据所述组合页属性数据的所述一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的所述物理存储器页。

34. 根据权利要求33所述的设备,其中所述第二页属性数据包含与所述第一页属性数据的一或多个可存取性属性值不同的一或多个可存取性属性值。

35. 根据权利要求27所述的设备, 其中所述第一处理单元另外进一步经配置以从所述第一页表条目读取有效数据, 所述有效数据指示所述第二页属性数据是否有效,

其中为了确定所述第二页属性数据, 所述第二处理单元进一步经配置以:

在来自所述第一页表条目的所述有效数据指示所述第二页属性数据有效的情况下, 确定所述第二页属性数据。

36. 根据权利要求27所述的设备, 其中所述第一页属性数据和所述第二页属性数据定义所述物理存储器页是否为以下各项中的至少一者:

可读、可写、可高速缓存、可执行以及脏。

37. 根据权利要求27所述的设备, 其中所述替代位置包括寄存器,

其中所述寄存器基于所述第一页表条目中的指针值与所述第一页表条目相关联。

38. 根据权利要求27所述的设备, 其中所述第一处理单元为CPU, 且所述第二处理单元为GPU。

39. 根据权利要求38所述的设备, 其中所述用于处理的第一装置包括第一存储器管理单元MMU, 且所述用于处理的第二装置包括第二MMU,

其中所述第一MMU包括用于存取所述第一页表和所述替代位置中的至少一者的经配置装置; 且

所述第二MMU包括用于存取所述第一页表和所述替代位置中的至少一者的装置。

40. 一种上面存储有指令的非暂时性计算机可读存储媒体, 所述指令在被执行时, 致使第一处理单元和第二处理单元:

用第一处理单元, 从第一页表中的第一页表条目读取物理地址;

用所述第一处理单元, 从所述第一页表条目确定第一页属性数据, 其中所述第一页属性数据定义物理存储器页针对所述第一处理单元的一或多个可存取性属性;

用所述第二处理单元, 从所述第一页表中的所述第一页表条目读取所述物理地址;

用所述第二处理单元, 从替代位置确定第二页属性数据, 其中所述替代位置与所述第一页表条目相关联, 且其中所述第二页属性数据定义所述物理存储器页针对所述第二处理单元的一或多个可存取性属性;

用所述第一处理单元, 根据所述第一页属性数据的所述一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的物理存储器页; 以及

用所述第二处理单元, 根据所述第二页属性数据的所述一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的所述物理存储器页。

41. 根据权利要求40所述的非暂时性计算机可读存储媒体, 其中所述替代位置包括第二页表中的第二页表条目, 其中所述致使所述第二处理单元确定所述第二页属性数据的指令进一步包括在被执行时致使所述第二处理单元进行以下动作的指令:

从所述第二页表条目确定所述第二页属性数据, 且并行地读取所述第一页表条目。

42. 根据权利要求40所述的非暂时性计算机可读存储媒体, 其中所述替代位置是第二页表中的第二页表条目, 所述非暂时性计算机可读存储媒体进一步包括在被执行时致使所述第二处理单元进行以下动作的指令:

从所述第一页表条目读取与所述第二页表相关联的数据,

其中所述致使所述第二处理单元确定所述第二页属性数据的指令进一步包括在被执

行时致使所述第二处理单元进行以下动作的指令：

基于与所述第二页表相关联的所述数据来识别所述第二页表。

43. 根据权利要求42所述的非暂时性计算机可读存储媒体，其中与所述第二页表相关联的所述数据包括从多个并行页表识别所述第二页表的识别符。

44. 根据权利要求40所述的非暂时性计算机可读存储媒体，其中所述替代位置包括所述第一页表中的第二页表条目，

其中所述第一页表中的所述第二页表条目基于所述第一页表条目的指针值与所述第一页表条目相关联。

45. 根据权利要求44所述的非暂时性计算机可读存储媒体，其中所述指针值包括虚拟地址和物理地址中的至少一者。

46. 根据权利要求40所述的非暂时性计算机可读存储媒体，其进一步包括在被执行时致使所述第二处理单元进行以下动作的指令：

组合所述第一页属性数据的所述一或多个可存取性属性与所述第二页属性数据的一或多个可存取性属性，以形成组合页属性数据的一或多个可存取性属性，

其中所述第二处理单元根据所述组合页属性数据的所述一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的所述物理存储器页。

47. 根据权利要求46所述的非暂时性计算机可读存储媒体，其中所述第二页属性数据包含与所述第一页属性数据的一或多个可存取性属性值不同的一或多个可存取性属性值。

48. 根据权利要求40所述的非暂时性计算机可读存储媒体，其进一步包括在被执行时致使所述第一处理单元进行以下动作的指令：

从所述第一页表条目读取指示所述第二页属性数据是否有效的有效数据，

其中所述致使所述第二处理单元确定所述第二页属性数据的指令进一步包括在被执行时致使所述第二处理单元进行以下动作的指令：

在来自所述第一页表条目的所述有效数据指示所述第二页属性数据有效的情况下，确定所述第二页属性数据。

49. 根据权利要求40所述的非暂时性计算机可读存储媒体，其中所述第一页属性数据和所述第二页属性数据定义所述物理存储器页是否为以下各项中的至少一者：

可读、可写、可高速缓存、可执行以及脏。

50. 根据权利要求40所述的非暂时性计算机可读存储媒体，其中所述替代位置包括寄存器，

其中所述寄存器基于所述第一页表条目中的指针值与所述第一页表条目相关联。

51. 根据权利要求40所述的非暂时性计算机可读存储媒体，其中所述第一处理单元为CPU，且所述第二处理单元为GPU。

52. 根据权利要求51所述的非暂时性计算机可读存储媒体，其中所述第一处理单元包括第一存储器管理单元MMU，且所述第二处理单元包括第二MMU，其中所述第一MMU经配置以存取所述第一页表和所述替代位置中的至少一者，且所述第二MMU经配置以存取所述第一页表和所述替代位置中的至少一者。

属性字段的多核页表集合

[0001] 本申请案与2012年8月2日申请的第13/565,434号美国专利申请案有关,所述专利申请案的整个内容特此以引用的方式并入本文中。

技术领域

[0002] 本发明大体上涉及计算,且更明确地说,涉及用于将虚拟存储器地址空间映射到物理存储器地址空间的技术。

背景技术

[0003] 典型的计算系统包含多个处理单元,例如中央处理单元(CPU)和图形处理单元(GPU),其从物理存储器读取且向物理存储器写入。装置的各种处理单元可实施虚拟寻址方案,使得可向客户端正执行的应用程序指派连续虚拟地址空间,而不必留出连续物理存储器空间。每一处理单元通常具有存储器管理单元(MMU),以将虚拟存储器地址转译成物理存储器中的物理地址。为了执行所需的虚拟地址到物理地址映射,每一MMU在系统存储器中维持单独的页表,且这些单独的页表中的每一者的的大小可为若干兆字节。

发明内容

[0004] 一般来说,本发明中所描述的技术与实施虚拟地址到物理地址映射的计算装置有关。根据本发明的技术,两个或两个以上处理单元可共享一共用页表,其用于将虚拟地址映射到物理地址。第一处理单元可读取第一页表条目,以将虚拟地址映射到物理地址。当从虚拟地址映射到物理地址时,第二处理单元可读取所述第一页表条目以及额外的第二页表条目。所述单个第一表条目可包含与第一处理单元的物理存储器地址相关联的存储器页的属性。第二页表条目可包含对应于第二处理单元的相同物理存储器地址的属性的额外属性集合。另外,第一页表条目可包含识别第二处理单元的第二页表条目的数据,所述第二处理单元包含额外页表条目。使用多组属性字段,可个别地管理可包括用于所述第一和第二处理单元的存储器页的许可的属性。举例来说,本发明中所描述的技术可允许存储器页针对第一和第二处理单元的读取/写入、执行、高速缓存以及其它属性和/或许可的个别管理。

[0005] 根据一个实例,一种设备包含存储器,其存储包含第一页表条目的第一页表,其中所述第一页表条目进一步包含物理地址、与所述第一页表条目相关联的替代位置,以及与所述物理地址相关联的物理存储器页。第一处理单元经配置以从第一页表读取物理地址,从所述第一页表条目确定第一页属性数据,其中所述第一页属性数据定义物理存储器页针对第一处理单元的一或多个可存取性属性,且根据第一页属性数据的一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的物理存储器页。第二处理单元经配置以从第一页表读取第一页表条目,从所述第一页表条目确定物理地址,从替代位置确定第二页属性数据,其中所述替代位置与第一页表条目相关联,且其中第二页属性数据定义物理存储器页针对第二处理单元的一或多个可存取性属性,且根据第二页属性数据的所述一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的物理存储器页。

[0006] 根据另一实例,一种存取存储器的方法包含:用第一处理单元从第一页表中的第一页表条目读取物理地址;用于所述第一处理单元从所述第一页表条目确定第一页属性数据,其中所述第一页属性数据定义物理存储器页针对第一处理单元的一或多个可存取性属性;用所述第二处理单元从第一页表中的第一页表条目读取物理地址;用所述第二处理单元从替代位置确定第二页属性数据,其中所述替代位置与第一页表条目相关联,且其中所述第二页属性数据定义物理存储器页针对第二处理单元的一或多个可存取性属性;用所述第一处理单元,根据第一页属性数据的一或多个可存取性属性,来存取与所述物理地址相关联的物理存储器页;以及用所述第二处理单元,根据第二页属性数据的一或多个可存取性属性,来存取与所述物理地址相关联的物理存储器页。

[0007] 根据另一实例,一种设备包含用于存储包含第一页表条目的第一页表的装置,其中所述第一页表条目进一步包含与第一页表条目相关联的替代位置的物理地址,以及与所述物理地址相关联的物理存储器页。所述设备包含用于处理的第一装置,其中所述用于处理的第一装置包括:用于从第一页表条目读取物理地址的装置;用于从所述第一页表条目确定第一页属性数据的装置,其中所述第一页属性数据定义用于所述用于处理的第一装置的物理存储器页的一或多个可存取性属性;以及用于根据所述第一页属性数据的一或多个可存取性属性来存取具有所述物理地址的物理存储器页的装置。所述设备包含用于处理的第二装置,其中所述用于处理的第二装置包括:用于从第一页表读取第一页表条目的装置;用于从第一页表条目确定物理地址的装置;用于从替代位置确定第二页属性数据的装置,其中所述替代位置与第一页表条目相关联,且其中所述第二页属性数据定义用于所述用于处理的第二装置的物理存储器页的一或多个可存取性属性;以及用于根据第二页属性数据的一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的物理存储器页的装置。

[0008] 根据另一实例,一种存储指令的非暂时性计算机可读存储媒体,其在被执行时,致使第一处理单元和第二处理单元:用第一处理单元来从第一页表中的第一页表条目读取物理地址;用所述第一处理单元从第一页表条目确定第一页属性数据,其中所述第一页属性数据定义用于所述第一处理单元的物理存储器页的一或多个可存取性属性;用第二处理单元从第一页表中的第一页表条目读取物理地址;用所述第二处理单元从替代位置确定第二页属性数据,其中所述替代位置与第一页表条目相关联,且其中所述第二页属性数据定义物理存储器页针对第二处理单元的一或多个可存取性属性;用所述第一处理单元,根据第一页属性数据的一或多个可存取性属性,来存取与所述物理地址相关联的物理存储器页;以及用所述第二处理单元,根据所述第二页属性数据的一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的物理存储器页。

附图说明

[0009] 图1是说明根据本发明的技术的经配置以实施虚拟存储器地址到物理存储器地址映射技术的计算装置的概念图。

[0010] 图2是说明根据本发明的技术的用于将虚拟存储器地址映射到物理存储器地址的实例技术的概念图。

[0011] 图3是说明根据本发明的技术的用于将虚拟存储器地址映射到物理存储器地址的实例技术的概念图。

[0012] 图4是说明根据本发明的技术的用于将虚拟存储器地址映射到物理存储器地址的实例技术的概念图。

[0013] 图5是说明根据本发明的技术而描述的虚拟存储器地址到物理存储器地址映射技术的流程图。

具体实施方式

[0014] 一般来说,本发明中所描述的技术与实施虚拟地址到物理地址映射的计算装置有关,所述映射在本发明中也称为虚拟到物理映射。更明确地说,本发明中所描述的技术是针对支持用于两个或两个以上处理单元的多个属性集合的虚拟存储器架构。在一些实例中,共用页表的第一页表条目可包含第一组属性数据,例如针对第一处理单元(例如,CPU)的一组属性数据。第一页表条目还可包含与替代位置相关联的数据,且所述替代位置可包含针对第二处理单元(例如,GPU)的属性数据,以及其它属性数据。使用多组属性数据,可个别地管理用于两个或两个以上处理单元的存储器页的可存取性。举例来说,本发明中所描述的技术可允许存储器页针对第一和第二处理单元的读取/写入、执行、高速缓存和其它可存取性属性的个别管理。

[0015] 例如中央处理单元(CPU)和图形处理单元(GPU)等处理单元可存取系统存储器(例如,从系统存储器读取和向系统存储器写入)。为了存取所述系统,处理单元存取系统存储器内将从中读取数据或向其写入数据的位置,物理地址与所述存储器内的所述位置相关联。然而,对于处理单元来说,可能难以管理所有存储器页的物理地址(即,物理存储器的可向其写入数据或从中读取数据的位置)。为了克服此困难,处理单元可使用虚拟寻址。在虚拟寻址中,向在处理单元上执行的应用程序(即,客户端程序)指派连续虚拟存储器地址。应用程序可包括多个工作,其中不同工作在不同的处理单元上执行。所述处理单元中的每一者可包含相应的存储器管理单元(MMU)。所述处理单元中的每一者的MMU负责从虚拟存储器地址确定实际存储器,也称为物理存储器地址。

[0016] 举例来说,MMU包含高速缓冲存储器,称为转译后备缓冲器(TLB)。TLB存储用于选定存储块(例如最近存取的存储块或经常存取的存储块)的虚拟到物理地址映射。为了存取存储块,称为存储器的“页”,处理单元将用于所述存储器页的虚拟存储器地址供应给MMU。MMU又存取TLB,以识别用于所述存储器页的物理存储器地址。当映射在TLB中可用(称为TLB命中)时,MMU接着使用物理存储器地址来存取存储器页。或者,MMU将物理存储器地址供应到处理单元的不同单元或模块,其接着使用所述物理存储器地址来存取所述存储器页。

[0017] 在一些情况下,TLB可不包含用于虚拟存储器地址的映射(称为TLB未中)。举例来说,处理单元可需要存取物理地址不包含在TLB所存储的也条目中的存储器页,因为所述存储器页不是最近存取或经常存取的存储器页。当这种情况发生时,处理单元存取存储在系统存储器中的页表。

[0018] 页表类似于TLB,因为两者均存储将虚拟存储器地址映射到物理存储器地址的页条目。页表中或TLB中的一个页表条目将一个虚拟存储器地址映射到一个物理存储器地址。然而,所述页表存储在系统存储器中,与本地存储在处理单元的MMU内的TLB形成对比。并且,因为页表存储用于处理单元的整个虚拟到物理地址映射,而不是类似于TLB的有限数目个页条目,所以页表的大小通常比TLB的大小大得多。举例来说,页表的大小可为兆字节大

小。

[0019] 在一些技术中,系统存储器存储用于所述处理单元中的每一者的对应页表。举例来说,系统存储器存储用于CPU的页表,且存储用于GPU的另一单独页表。然而,在一些例子中,这些不同页表包含相同的页表条目。因此,CPU页表中的多个页表条目与GPU页表中的页表条目相同可为可能的。举例来说,CPU页表中的页表条目可将虚拟存储器地址映射到物理存储器地址,且GPU页表中的页表条目可将同一虚拟存储器地址映射到同一物理存储器地址。

[0020] 作为一个实例,在CPU上执行的操作系统可负责将连续虚拟存储器地址指派给应用程序。所述应用程序可包含多个工作或任务,其中一些工作在CPU上执行,且一些工作在GPU上执行。所述操作系统也可将虚拟存储器地址与物理存储器地址之间的映射存储在页表中。因为操作系统负责指派虚拟存储器地址,且将这些虚拟存储器地址映射到用于CPU和GPU两者的物理地址,所以操作系统可创建共用页表,其存储CPU和GPU两者共同的虚拟到物理映射。

[0021] CPU和GPU共享共同的虚拟到物理映射可具有益处。举例来说,不是系统存储器存储复制的页表条目,而是系统存储器可针对CPU页表和GPU页表中的相同页表条目存储单个页条目,这产生存储器节省。此外,因为针对这些相同页表条目存在一个页条目,因此更新单个页表条目而不是两个相同的页表条目在计算上可更高效。

[0022] 已开发了一些先前技术来实现页表共享。在这些技术中,CPU MMU和GPU MMU各自存储指向共用页表在系统存储器中的位置的指针。当当CPU和GPU存取存储器页时,其相应的MMU使用其指针来从共享的页表检索物理存储器地址。然而,用于共享页表的这些技术有时可遭受不识别不同存取能力和/或不同处理单元对存储器页的许可。

[0023] 不同存取能力可与不同处理单元相关联。举例来说,按照惯例,页条目为32个位或64个位,取决于处理单元的字大小。取决于处理单元的架构,所述数目的位识别存储器页的物理地址,且其余位可为属性数据保留。属性数据可识别一或多个处理单元对所述特定存储器页的存取能力和/或许可。作为一个实例,所述存储器页中的一些可指定为可读和可写,且其它存储器页可指定为仅可读。类似地,属性数据可指示存储器页是否为可高速缓存、脏(需要从高速缓冲存储器写回到主存储器,例如TLB),或可由一或多个处理单元执行。属性数据的可包括一或多个位的一或多个字段强制执行并指示这些可存取性限制和/或许可。

[0024] 除将存储器页指定为可读和可写或仅可读的字段之外,可存在属性字段的其它实例。举例来说,属性数据的一或多个其它字段可指示某些存储器页内的数据是不可执行的、可内部高速缓存的、可外部高速缓存的、可共享的、可缓冲的、脏的和/或可由一或多个监督员或管理程序存取。如果页是不可执行的,那么一或多个处理器可不执行所述存储器页的内容。不可执行属性许可可例如用于防止恶意代码执行存储器页的内容。

[0025] 在一些实例中,页表条目的属性数据可指示存储器页的内容是可内部高速缓存还是可外部高速缓存的。指示为可内部高速缓存的存储器页的内容可仅存储在一或多个“内部”高速缓冲存储器(例如,L1高速缓冲存储器或相对较靠近处理单元的高速缓冲存储器)中,而标记为可外部高速缓存的页可仅由一或多个外部高速缓冲存储器高速缓存,例如L2高速缓冲存储器或L3高速缓冲存储器,而不是L1高速缓冲存储器。

[0026] 页表条目也可指示存储器页是可共享的。如果两个或两个以上进程可共享对存储器页的存取,那么所述存储器页可为可共享的,这可对降低通常使用的存储器页(例如,共享的库)的存储器消耗有用。页表条目属性数据也可将存储器页标记为脏。如果页表条目的属性数据将页标记为“脏”,那么存储器页的内容可能已改变,且处理单元,例如第一处理单元110或第二处理单元120,可能需要将存储器页写回到系统存储器,例如,写回到外部等级高速缓冲存储器或系统存储器130。

[0027] 属性数据也可指示存储器页是否具有监督员或管理程序许可。如果存储器页具有管理程序许可,那么在所述页中执行的代码可例如修改或管理具有较低许可等级的代码,例如监督员许可,或用户等级许可。管理程序许可可例如用于管理虚拟化操作系统(也称为“客户操作系统”)或其它虚拟化资源。类似地,监督员许可可用于执行操作系统(OS)等级任务,例如管理应用程序,例如在一或多个操作系统上执行的应用程序。

[0028] 页表条目也可包含属性数据,其指示也是“写回”还是“写通”。“写回”页必须具有写回到较高等级的系统存储器,例如系统存储器130或更高(例如,外部或“后备存储”)等级的高速缓冲存储器且同时写回到内部高速缓冲存储器的存储器。通过对比,如果页表属性数据将页标记为“写回”,那么处理单元可首先将存储器页写入到高速缓冲存储器,但可延迟将改变的内容写回到较高(例如,外部或后备存储)等级的高速缓冲存储器,直到含有存储器页的高速缓冲存储器块将要用新的数据修改和/或被新的数据代替为止。

[0029] 页表条目的属性数据也可指示存储器页是否为可缓冲的。如果属性数据指示页是可缓冲的,那么处理单元可将存储器页的内容写入到写入缓冲器,以改进系统性能。在一些实例中,处理单元可将系统存储器130的某些区标记为可缓冲的,且将其它区,例如I/O存储器空间(例如,专用于存储器映射的I/O的存储器空间)标记为不可缓冲的。

[0030] 在又一实例中,一或多个页表属性数据字段可指示存储器页的存储器排序(例如,强排序、弱排序、宽松排序。如果页表条目的属性数据指示存储器页为强排序的,那么与所述页交互的每个机器指令隐含地伴随获取和释放语义。因此,当一个处理单元执行写入序列时,每个其它处理单元以其被写入的相同次序经历那些值变化。如果页表条目的属性数据指示存储器页是弱排序的,那么可任意地对写入和读取进行重新排序,其中所述重新排序仅受明确存储器势垒限制。

[0031] 上文所描述的属性数据的任何组合可包含在页表条目中。上文所描述的属性数据的实例仅为一些非限制实例。其它类型和组合的属性数据也可包含在页表条目中。以上文的非限制实例中所描述的方式,页表条目的属性数据字段值可根据本发明的技术指示物理存储器页针对处理单元的可存取性和/或许可。

[0032] 在一些例子中,一个处理单元可能需要与另一处理单元不同的对同一存储器页的可存取性许可。举例来说,在CPU上执行的操作系统可将一些存储器页指定为可由CPU写入和读取,且将这些相同页指定为可仅由GPU读取。为了指示对不同处理单元的不同许可,每一处理单元可与对应于对所述处理单元的存储器页可存取性许可的一组属性数据相关联。举例来说,在上文所述的实例中,其中CPU和GPU包含其自己的相应页表,虚拟地址到物理地址映射在所述页表的每一者中可相同,但属性数据字段可不相同。在上文所述的其中CPU和GPU共享共用页表的其它实例中,属性数据字段可由CPU和GPU两者共享。如果属性数据字段是共享的,那么操作系统被迫定义CPU或GPU的属性数据,但不是两者。

[0033] 举例来说,在以上实例中,属性数据字段包含定义CPU的可存取性的值,但不一定包含GPU的可存取性。这可能潜在地导致存储器页的误管理。举例来说,可能希望将存储器页的可存取性限于仅可供GPU读取(且不可写入)。然而,因为此页可由CPU读取和写入,且属性数据字段的值在CPU与GPU之间不区分,因此在指针用于共用页表中的实例中,GPU可能无意地向存储器页写入。

[0034] 本发明的技术是针对为不同处理单元特别指定页属性数据。举例来说,GPU页属性数据定义GPU对存储器页的可存取性,且CPU页属性数据定义CPU的可存取性。根据本发明的技术,第一处理单元可从第一页表中的第一页表条目读取物理地址,从所述第一页表条目确定第一页属性数据,其中所述第一页属性数据定义物理存储器页针对第一处理单元的一或多个可存取性属性。第二处理单元可从第一页表中的第一页表条目读取物理地址,从替代位置确定第二页属性数据,其中所述替代位置与第一页表条目相关联,且其中第二页属性数据定义物理存储器页针对第二处理单元的一或多个可存取性属性。第一处理单元可根据第一页属性数据的一或多个可存取性属性,存取与物理地址相关联的物理存储器页,且第二处理单元可根据第二页属性数据的一或多个可存取性属性,存取与所述物理地址相关联的物理存储器页。

[0035] 图1展示可实施本发明的技术的实例计算装置,计算装置100。计算装置100的实例包含但不限于移动无线电话、个人数字助理(PDA)、视频游戏控制台、手持式游戏单元、移动视频会议单元、膝上型计算机、桌上型计算机、电视机顶盒、数字媒体播放器、智能电话、平板电脑计算机、相机等。尽管不限于资源受限的装置,但本发明的技术可对包含电池供电的装置在内的资源受限装置具有特定益处。

[0036] 计算装置100包含第一处理单元110、第二处理单元120和系统存储器130。第一处理单元110包含MMU 112,且第二处理单元120包含MMU 122。MMU 110可包含TLB 114,且MMU 122可包含TLB 124。第一处理单元110包含寄存器116,且第二处理单元120包含寄存器126。第一处理单元110可例如为装置100的CPU。第二处理单元120可例如为可操作以输出图形数据来在显示器上呈现的GPU。第一处理单元110和第二处理单元120可另外表示其它类型的处理单元,例如用于各种外围装置的处理单元,所述外围装置包含显示器控制器、连网装置,或任何类型的将信号处理从例如CPU或GPU等处理器卸载的数字信号处理(DSP)核。第一处理单元110和第二处理单元120的实例可包含但不限于数字信号处理器(DSP)、通用微处理器、专用集成电路(ASIC)、现场可编程逻辑阵列(FPGA),或其它等效集成或离散逻辑电路。尽管将通常参考两个处理单元来描述本发明的技术,但可用两个以上处理单元来实施所述技术。

[0037] 寄存器116和寄存器126可含有第一处理单元110或第二处理单元120对其操作的数据(例如,操作数)。在一些实例中,寄存器116和寄存器126可为通用寄存器、存储器地址间接寄存器、中断寄存器、SIMD寄存器,或任何其它类型的寄存器。。在一些实例中,寄存器116和126可经配置以根据本发明的技术存储针对第一处理单元110和/或第二处理单元120的页属性数据。

[0038] 系统存储器130可为计算机可读存储媒体的实例。系统存储器130可例如为一种类型的随机存取存储器(RAM),例如动态RAM、静态RAM、晶闸管RAM、零电容器RAM、双晶体管RAM,或一些其它类型的易失性存储器。系统存储器130也可为非易失性存储器,例如快闪存

存储器或其它类型的非易失性RAM。系统存储器130可存储致使第一处理单元110和处理单元120执行归于本发明中的每一者的功能的指令。以此方式,系统存储器130可被视为包括指令的计算机可读存储媒体,所述指令致使一或多个处理器,例如第一处理单元110和处理单元120,执行各种功能。然而,在一些实例中,此类指令可存储在不同于系统存储器130的存储器(图1中未展示)中。

[0039] 第一处理单元110和第二处理单元120经配置以从系统存储器130读取数据且将数据写入到系统存储器130。为了读取和写入数据,第一处理单元110和第二处理单元120经配置以存取系统存储器130中的特定物理位置。这些特定位置可例如为四个千字节(KB)、两个兆字节(MB)或一些其它大小的页。存储器的每一页可具有相关联的物理地址。然而,如上文所介绍,第一处理单元110和第二处理单元120可实施虚拟寻址,使得在第一处理单元110或第二处理单元120上执行的应用程序可被指派连续虚拟存储器地址。然而,对应于这些连续虚拟存储器地址的物理存储器地址可为成碎片的且不连续的。因此,第一处理单元110和第二处理单元120可使用这些连续虚拟存储器地址而不是对应的不连续物理存储器地址来处理数据。然而,当第一处理单元110和第二处理单元120存取系统存储器130(即,从系统存储器130读取或向系统存储器130写入)时,第一处理单元110和第二处理单元120将这些虚拟存储器地址转译为对应的物理存储器地址。

[0040] MMU 112经配置以将虚拟存储器地址映射到用于第一处理单元110的物理存储器地址,且MMU 122经配置以将虚拟存储器地址映射到用于第二处理单元120的物理存储器地址。具有一组完整页条目的完整页表存储在页表132中。在一些实例中,页表132也可包括多个平行页表。在其它实例中,页表132可包括单个页表。TLB 114和TLB 124中的每一者存储页表132中所存储的页表条目的子集。所述子集可例如为最近存取的页表条目、经常存取的页表条目,或基于一些其它准则而选择的页表条目。存储在TLB 114中的页表条目的子集可不同于存储在TLB 124中的页条目的子集。举例来说,由第一处理单元110经由MMU 112最近存取或经常存取的页表条目可不同于由第二处理单元120经由MMU 122最近或经常存取的页表条目。因此,TLB 114可存储与TLB 124不同的页表条目的子集。

[0041] 如果例如第一处理单元110需要将虚拟存储器地址转译为物理存储器地址,那么当TLB 114存储用于所述虚拟存储器地址的页条目时,MMU 112可使用TLB 114来确定对应于特定虚拟存储器地址的物理存储器地址。使用所确定的物理存储器地址,第一处理单元110可从系统存储器130的特定物理位置读取或向所述特定物理位置写入。类似地,如果第二处理单元120需要将虚拟存储器地址转译成物理存储器地址,那么当TLB 124存储用于所述虚拟存储器地址的页条目时,MMU 122可使用TLB 124来确定对应于特定虚拟存储器地址的物理存储器地址。使用所确定的物理存储器地址,第二处理单元120可从系统存储器130读取或向系统存储器130写入。

[0042] 如上文所介绍,TLB 114和TLB 124可为存储仅针对虚拟存储器地址的子集的虚拟到物理映射的高速缓冲存储器。因此,TLB 114可不存储用于处理单元110的整个虚拟到物理映射,且类似地,TLB 124可不存储用于第二处理单元120的整个虚拟到物理映射。在一些例子中,MMU 112可需要为不具有存储在TLB 114中的映射的虚拟存储器地址确定对应的物理存储器地址。为了为不包含在TLB 114中的虚拟存储器地址确定映射,第一处理单元110可存取存储在系统存储器130中的页表132。页表132包含用于处理单元110和处理单元120

的整个虚拟到物理映射,且因此,可比TLB 114和TLB 124大得多。

[0043] 正如MMU 112,在一些实例中,MMU 122可能需要为不具有存储在TLB 124中的映射的虚拟存储器地址确定对应的物理存储器地址。为了为不包含在TLB 124中的虚拟存储器地址确定映射,第二处理单元120存取存储在系统存储器130中的页表132。以此方式,MMU 122可以与112大体上类似的方式起作用。页表132包含用于第二处理单元120以及用于处理单元110的整个虚拟到物理映射。以此方式,第一处理单元110和第二处理单元120共享同一页表(例如,图1的实例中的页表132中的一者)。

[0044] 在各种实例中,页表132可为单个页表。页表132也可可为多个平行页。在其中页表132为单个页表的情况下,为了从存储器页的物理地址转译为虚拟地址,第一处理单元110和处理单元120可从页表132读取第一页表条目。第一页表条目包含存储器页针对第一处理单元(例如,第一处理单元110)的属性数据。除属性数据之外,第一页表条目还包含与同一页表的第二页表条目相关联的数据。在各种实例中,与第二页表条目相关联的数据可为指针,其可包括虚拟地址和/或物理地址。

[0045] 为了确定针对第二处理单元的页属性数据,第二处理单元120从第一页表条目读取与第二页表条目相关联的数据。第二处理单元120使用与第二页表条目相关联的数据来从页表条目132读取第二页表条目。第二页表条目包含针对第二处理单元120的属性数据,其定义存储器页针对第二处理单元120的可存取性。在一些实例中,指针可指向处理单元110或第二处理单元120的寄存器堆的寄存器。所述寄存器堆的寄存器可包含页条目针对第二处理单元120的属性数据。

[0046] 在其中页表132包括多个页表的实例中,为了从用于存储器页的物理地址转译为虚拟地址,第一处理单元110和第二处理单元120可在指定虚拟地址处从页表132读取第一页表条目。第一页表条目包含与用于第一处理单元(例如,第一处理单元110)虚拟地址相关联的物理存储器页的属性数据。第二处理单元120可读取第一页表条目,且也可基于虚拟地址从页表132中的不同一者读取第二页表条目。第二页表条目包含针对第二处理单元120的属性数据。在一些实例中,第二处理单元120可并行地读取第一页表条目和第二页表条目,以避免在读取第二页表条目之前,等待第一页表条目的读取完成。

[0047] 在其中页表132包括多个页表的另一实例中,为了从用于存储器页的物理地址转译为虚拟地址,第一处理单元110和第二处理单元120可在指定虚拟地址处从页表132读取第一页表条目。第一页表条目包含存储器页针对第一处理单元(例如,第一处理单元110)的属性数据。第一页表条目还包含与第二页表条目相关联的数据。第二页表条目包含针对第二处理单元120的属性数据。第二处理单元120读取与第二页表条目相关联的数据,且基于所述数据,识别包含具有针对第二处理单元120的页表属性数据的第二页表条目的不同页表。第二处理单元120接着基于虚拟地址从第二页表读取第二页表条目,且使用第二页表条目的属性数据来存取物理存储器页。

[0048] 页表132可各自包含多个页条目,其将虚拟存储器地址映射到存储器页的物理存储器地址。存储器页可为可经由其物理存储器地址个别地存取的系统存储器130的一部分。每一页表条目可包含一组或一组以上属性数据。每一组属性数据可设定对一或多个处理单元的控制,例如许可和存取权。每一页表条目可任选地包含额外的一组或一组以上属性数据,例如设定对第一处理单元110和第二处理单元120两者的共同控制的一组属性数据。

[0049] 根据本发明的技术,第一处理单元110和第二处理单元120可经配置以:用第一处理单元110从第一页表中的第一页表条目读取;用第一处理单元110从第一页表条目确定第一页属性数据,其中所述第一页属性数据定义物理存储器页针对第一处理单元的一或多个可存取性属性;用第二处理单元120从第一页表中的第一页表条目读取物理地址;用第二处理单元120从替代位置确定第二页属性数据,其中所述替代位置与第一页表条目相关联,且其中所述第二页属性数据定义物理存储器页针对第二处理单元120的一或多个可存取性属性;用第一处理单元110,根据第一页属性数据的一或多个可存取性属性,来存取与物理地址相关联的物理存储器页;且用第二处理单元120,根据第二页属性数据的一或多个可存取性属性,来存取与物理地址相关联的物理存储器页。

[0050] 页表132的页条目的第一组属性数据和第二组属性数据可使第一处理单元110和第二处理单元120能够具有不同的许可和/或存取权,同时共享共用页表。作为一个实例,可设定第一组属性数据,使得第一处理单元110具有对系统存储器130的特定存储器页的读取和写入存取权,而第二处理单元120可仅具有对同一特定存储器页的读取存取权。当然,其它配置也是可能的,例如第二处理单元120具有读取和写入存取权,而第一处理单元110仅具有读取存取权,或第一处理单元110和第二处理单元120中的一者具有读取和写入存取权两者,而另一者既不具有读取存取权也不具有写入存取权。

[0051] 图2是说明根据本发明的技术的用于将虚拟存储器地址映射到物理存储器地址的实例技术的概念图。图2展示第一页表条目140、第二页表条目142和第三页表条目144。第一页表条目140、第二页表条目142和第三页表条目144可各自为页表132的不同页表中的页表条目。

[0052] 在第一处理单元110或第二处理单元120上执行的应用程序可试图存取(读取或写入)与虚拟存储器地址相关联的物理存储器页。处理单元的存储器管理单元(MMU)将虚拟地址转译为物理地址,并处置对与所述物理地址相关联的物理存储器页的任何读取或写入。转译后备缓冲器(TLB)可基于其虚拟地址来高速缓存经常使用的存储器页,以减少从页表的查找等待时间。

[0053] 在图2的实例中,第一处理单元110上试图存取特定虚拟地址的应用程序致使第一MMU 112使用TLB 114来执行查找。如果TLB 114具有所请求的页表条目(称为“第一页表条目”)的高速缓存复本,那么TLB 114将所请求的第一页表条目返回给MMU 112。如果TLB 114不具有第一页表条目的高速缓存复本,那么MMU 112从页表132检索所请求的第一页表条目。

[0054] MMU 112可从包含与第一处理单元110相关联的页表条目的特定页表检索页表条目140。为了检索所请求的页表条目,MMU 112或TLB 114使用请求应用程序的虚拟地址作为到页表中的索引,并检索与所述虚拟地址相关联的所请求页表条目。

[0055] 在MMU 112已检索到页表条目之后,MMU 112将虚拟地址转译为物理地址。MMU112还从页表条目确定属性数据。属性数据定义针对第一处理单元110的可存取性许可。在确定可存取性许可以及与物理存储器页的虚拟地址相关联的物理地址之后,MMU 112执行当前执行的应用程序所请求的存储器存取。

[0056] 第一页表条目140包含物理地址146、属性数据148和有效位150。物理地址146指示物理存储器页152的物理地址。MMU 112基于物理地址146对物理存储器页152进行任何读取

或写入。在此实例中,属性数据148包含四个字段,表示为“R”(可读)、“W”(可写)、“X”(可执行)以及“C”(可高速缓存)。每一字段的大小为一或多个位,取决于处理单元110和处理单元120的架构。可读字段值和可写字段值指示处理单元110是否可向物理存储器页152读取或从物理存储器页152写入。可执行字段值指示处理单元110是否可执行物理存储器页152的内容。可高速缓存字段值指示处理单元110是否可高速缓存物理存储器页152的内容,例如高速缓存在L1或L2高速缓冲存储器中。

[0057] 一旦MMU 112读取页表条目140,MMU 112就将页表条目的虚拟地址转译为物理地址146,MMU 112可基于物理地址146来存取物理存储器页142。MMU 112确保基于属性数据148的字段值来许可存取类型,例如,读取、写入或执行。MMU 112也可负责确保第一处理单元110不高速缓存指定为不可高速缓存的存储器页。如果属性数据字段的值指示所请求的存取类型未经许可,那么MMU 112可抛出异常,操作系统或客户端应用程序可处置此异常。

[0058] 可读、可写、可执行以及可高速缓存字段仅为第一页表条目140可包含的字段值的一些实例。页表条目140可包含任何组合和数目的属性数据字段。第一页表条目140也可包含一或多个额外值。除前面提到的字段之外,第一页表条目140还可包含一或多个有效位。每一有效位指示包含针对例如第二处理单元120等额外处理单元的属性数据的额外页表条目是否有效。如果有效位指示额外页表条目有效,那么第二处理单元120可读取与所述有效位相关联的页表条目的属性数据。在一些实例中,如果所述有效位指示额外页表条目无效,那么第二处理单元120可不读取所述额外页表条目。代替地,第二处理单元120可使用第一页表条目140的属性数据。

[0059] 在第一处理单元110上执行的同一应用程序也可在第二处理单元120上执行,且也可试图存取同一虚拟存储器地址。然而,可能希望为物理存储器页指派一组不同的可存取性值。举例来说,第一处理单元110可为用供第二处理单元120执行的GPU命令来填充GPU(例如,第二处理单元120)的命令缓冲器的CPU。所述GPU命令不应可由第一处理单元110执行,而是应可由第二处理单元120执行。

[0060] 为了针对第一处理单元110和112应用不同组的属性数据,可存在可包含物理存储器页142针对第二处理单元120的额外属性数据的一或多个替代位置。系统存储器130可包含额外页表,其包含针对额外处理单元的属性信息。举例来说,第一页表条目140可驻存在第一页表中。第二页表条目142可驻存在第二页表中,且第三页表条目144可驻存在第三页表中。

[0061] 当根据本发明的技术存取存储器页时,第二处理单元120的MMU 122以上文相对于第一处理单元110所描述的方式来存取第一页表条目140。第一页表条目140包含从虚拟地址到物理存储器页152的物理地址146的映射,以及针对处理单元110的属性数据148。在一些实例中,第一页表条目140还可包含有效位150。MMU 122还存取替代位置,例如第二页表条目,或包含针对第二处理单元120的额外属性信息的寄存器。

[0062] 在一个实例中,第二处理单元120存取以确定针对第二处理单元120的属性数据的替代位置可为页表条目142。MMU 122从页表条目132的第二、与存储页表条目140的页表不同的页表读取页表条目142。MMU 122指向使用用来指向页表条目140的页表中的同一虚拟地址的替代位置,即第二页表中。页表条目142包含第二属性数据154。属性数据可包含指示第二处理单元120是否可读取、写入、执行和高速缓存物理存储器页152的字段值。在一些实

例中,处理单元并行读取页表条目140和页表条目142。并行读取所述两个页表条目避免了因在读取页表条目142之前等待页表条目140的读取完成而导致的等待时间。

[0063] 在另一实例中,替代位置可为页表条目144。在此实例中,第二处理单元120的MMU122可读取页表条目144,以确定物理存储器页152针对第二处理单元120的第二属性数据。页表条目144包含例如针对两个不同处理单元的两组属性数据。一组属性数据可针对第二处理单元120,且另一组属性数据可针对第三处理单元。MMU 122从页表条目132的与存储页表条目140的页表不同的页表读取页表条目144。MMU 122指向页表132的使用用来指向包含页表条目140的页表中的同一虚拟地址的不同页表。基于页表条目144的属性数据,MMU 122确定物理存储器页152针对第二处理单元120的可存取性许可。

[0064] 尽管将页表条目140、142和144说明为具有相同属性字段,但所述页表条目中的每一者可具有不同数目或类型的属性字段。作为一个实例,页表条目142可仅包含单个可执行属性字段。因为页表条目142不包含用于每个属性字段的值,所以MMU 122可继承或组合来自页表条目140的属性字段值与页表条目142的属性字段值,以确定物理存储器页152针对第二处理单元120的可存取性许可。举例来说,MMU 122可使用来自页表条目140的可读、可写和可高速缓存属性字段值,以及来自页表条目142的可执行属性字段值,来确定第二处理单元120对物理存储器页152的最终许可。

[0065] 图3是说明根据本发明的技术的用于将虚拟存储器地址映射到物理存储器地址的实例技术的概念图。图3包含第一页表条目160、第二页表条目162和第三页表条目164。第一页表条目160、第二页表条目162和第三页表条目164可各自为页表132的不同页表中的页表条目。

[0066] 在第一处理单元110或第二处理单元120上执行的应用程序可试图存取与虚拟存储器地址相关联的物理存储器页。处理单元的存储器管理单元(MMU)将虚拟地址转译为物理地址,并处置对与物理地址相关联的物理存储器页的任何读取或写入。转译后备缓冲器(TLB)可基于其虚拟地址来高速缓存经常使用的存储器页,以减少从页表的查找等待时间。

[0067] 在图3的实例中,第一处理单元110上的试图存取特定虚拟地址的应用程序致使第一MMU 112使用TLB 114来执行查找。如果TLB 114具有所请求的页表条目的高速缓存复本,那么TLB 114将所请求的页表条目返回到MMU 112。如果TLB 114不具有第一页表条目的高速缓存复本,那么MMU 112从与第一处理单元110相关联的页表132的一个页表检索所请求的页表条目。

[0068] MMU 112可从包含与第一处理单元110相关联的页表条目的特定页表检索页表条目160。为了检索所请求的页表条目,MMU 112或TLB 114使用请求应用程序的虚拟地址作为到与第一处理单元110相关联的页表中的索引,并检索与所述虚拟地址相关联的所请求页表条目,在此实例中为页表条目160。

[0069] 页表条目160包含物理地址166、属性数据168和识别符170。物理地址166指示物理存储器页172的物理地址。MMU 112基于物理地址166对物理存储器页172进行任何读取或写入。在此实例中,属性数据168包含四个字段,表示为“R”(可读)、“W”(可写)、“X”(可执行)以及“C”(可高速缓存)。每一字段的大小为一或多个位,取决于处理单元110和处理单元120的架构。可读字段值和可写字段值指示处理单元110是否可向物理存储器页172读取或从物理存储器页152写入。可执行字段值指示处理单元110是否可执行物理存储器页172的内容。可

高速缓存字段值指示处理单元110是否可高速缓存物理存储器页172的内容,例如高速缓存在L1或L2高速缓冲存储器中。

[0070] 一旦MMU 112读取页表条目160,MMU 112就将虚拟地址转译为物理地址166,MMU 112可基于物理地址166来存取物理存储器页172。MMU 112确保存取类型是基于属性数据168的字段值来许可的。MMU 112还可负责确保指定为不可高速缓存的存储器页不由第一处理单元110高速缓存。如果属性数据字段的值指示所请求的存取类型未经许可,那么MMU 112可抛出异常,操作系统或客户端应用程序可处置此异常。

[0071] 可读、可写、可执行以及可高速缓存字段仅为第一页表条目160可包含的字段值的一些实例。第一页表条目160还可包含一或多个额外值和/或额外值的组合。除前面提到的字段之外,页表条目160还可包含一或多个有效位。每一有效位指示包含针对不同处理单元的属性数据的特定页表条目是否有效。

[0072] 在第一处理单元110上执行的同一应用程序的一些或所有部分也可在处理单元120上执行,且也可试图在相同的物理和虚拟存储器地址处存取同一物理存储器页172。然而,在一些情况下,可能希望为物理存储器页172指派不同的一组可存取性数据,例如,对物理存储器页172的不同许可。举例来说,第一处理单元110可为用供第二处理单元120执行的GPU命令来填充GPU(例如,第二处理单元120)的命令缓冲器的CPU。所述GPU命令不应可由第一处理单元110执行,而是应可由第二处理单元120执行。因此,可执行属性字段值应针对处理单元110和处理单元120而不同。

[0073] 为了针对第一处理单元110和112应用不同组的属性数据,第二处理单元的MMU114可从替代位置读取第二组页属性数据。在图3的实例中,系统存储器130可包含额外页表,其包含针对额外处理单元的属性信息,所述属性信息可包括替代位置。举例来说,第一页表条目160可驻存在第一页表中。第二页表条目162可驻存在第二页表中,且第三页表条目164可驻存在第三页表中。

[0074] 当根据本发明的技术存取存储器页时,第二处理单元120以上文关于第一处理单元110而描述的方式来存取第一页表条目160。页表条目160包含物理存储器页172的物理地址166,以及针对处理单元110的属性数据168,以及识别符(ID) 170。识别符170可与替代位置相关联,替代位置在图3的实例为多个平行页表中的第二页表条目。在一些实例中,第一页表条目160还可包含对应于一或多个额外页表条目的一或多个有效位。第二处理单元120还存取替代位置,其在图3的实例中为包含针对第二处理单元120的第二属性数据的额外页表条目。

[0075] 在图3的实例中,第二处理单元120基于页表条目160的ID 170来确定额外页表条目,例如页表条目162。一旦MMU 122已确定ID 170,第二处理单元120就基于ID 170来读取额外页表条目,页表条目162。在一些实例中,ID 170的值可指示或识别页表132中含有页表条目162的特定页表。MMU 122基于用来读取页表条目166的同一虚拟地址,但从ID 170所指示的页表读取页表条目162。

[0076] 页表条目162包含针对第二处理单元120的页属性数据。页表条目162的页属性数据可包含指示第二处理单元120是否可读取、写入、执行和高速缓存物理存储器页172的字段值。在一些实例中,页表条目162的属性数据可包含比页表条目160少的属性字段。在此情况下,当页表条目162确实包含对应的属性字段值时,MMU 122可从页表条目160确定属性字

段值。

[0077] 在一些实例中,页表条目160的ID 170可包含一个以上识别符值。举例来说,在具有三个处理器的系统中,ID 170可包括两个值。第一值指示针对第二处理单元120的页表,且第二值指示具有针对第三处理单元的属性数据的页表。ID 170所指示的第一和第二页表两者可包含在页表132中。

[0078] 图4是说明根据本发明的技术的用于将虚拟存储器地址映射到物理存储器地址的实例技术的概念图。图4包含第一页表条目180和第二页表条目182。第一页表条目180和第二页表条目182可各自为页表条目132的单个页表中的页表条目。在图4的实例中,页表条目132可包括单个页表。

[0079] 在图4的实例中,在第一处理单元110或第二处理单元120上执行的应用程序可试图存取与虚拟存储器地址相关联的物理存储器页。处理单元的MMU将虚拟地址转译为物理地址,并处置对与所述物理地址相关联的物理存储器页的任何读取或写入。TLB可基于其虚拟地址来高速缓存经常使用的存储器页,以减少从页表的查找等待时间。

[0080] 在图4的实例中,在第一处理单元110上执行的试图存取特定虚拟地址的应用程序致使第一MMU 112使用TLB 114来执行查找。如果TLB 114具有所请求的页表条目(称为“第一页表条目”)的高速缓存复本,那么TLB 114将所请求的页表条目返回到MMU112。如果TLB 114不具有第一页表条目的高速缓存复本,那么MMU 112从所述页表检索所请求的页表条目。

[0081] MMU 112可从包含与第一处理单元110相关联的页表条目的特定页表检索页表条目180。为了检索所请求的页表条目,MMU 112或TLB 114使用请求应用程序的虚拟地址作为到所述页表中的索引,并检索与所述虚拟地址相关联的所请求页表条目,在此实例中为页表条目180。

[0082] 页表条目180包含物理地址184、属性数据186和指针188。物理地址184指示物理存储器页190的物理地址。MMU 112基于物理地址184对物理存储器页190进行任何读取或写入。在此实例中,属性数据188包含四个字段,表示为“R”(可读)、“W”(可写)、“X”(可执行)以及“C”(可高速缓存)。每一字段的大小为一或多个位,取决于第一处理单元110和第二处理单元120的架构。可读字段值和可写字段值指示处理单元110是否可向物理存储器页190读取或从物理存储器页152写入。可执行字段值指示处理单元110是否可执行物理存储器页190的内容。可高速缓存字段值指示处理单元110是否可高速缓存物理存储器页190的内容,例如高速缓存在L1或L2高速缓冲存储器中。

[0083] 一旦MMU 112读取页表条目180,MMU 112就将虚拟地址转译为物理地址184,MMU 112可基于物理地址184来存取物理存储器页190。MMU 112确保基于属性数据186的字段值来许可存取类型,例如,读取、写入、高速缓存或执行。MMU 112还可负责确保指定为不可高速缓存的存储器页不由第一处理单元110高速缓存。如果属性数据字段的值指示所请求的存取类型未经许可,那么MMU 112可抛出异常,操作系统或客户端应用程序可处置此异常。

[0084] 可读、可写、可执行以及可高速缓存字段仅为页表条目180可包含的字段值的一些实例。第一页表条目180也可包含一或多个额外值。除前面提到的字段之外,页表条目180还可包含一或多个有效位。每一有效位指示包含针对不同处理单元的属性数据的特定页表条目是否有效。

[0085] 在第一处理单元110上执行的同一应用程序的一些或所有部分也可在第二处理单元120上执行,且也可试图在相同的物理和虚拟存储器地址处存取同一物理存储器页190。然而,可希望将物理存储器页190指派给不同的一组页属性数据,例如许可,例如读取、写入、可高速缓存性以及执行许可。举例来说,第一处理单元110可为用供第二处理单元120执行的GPU命令来填充GPU(例如,第二处理单元120)的命令缓冲器的CPU。所述GPU命令不应可由第一处理单元110执行,而是应可由第二处理单元120执行。因此,可执行属性字段值应针对处理单元110和处理单元120而不同。

[0086] 为了针对处理单元110和112应用不同组的属性数据,可存在替代位置,例如系统存储器130,其包含针对额外处理单元的额外包含属性数据。当根据本发明的技术来存取存储器页时,第二处理单元120的MMU 122以上文相对于第一处理单元110而描述的方式来存取页表条目180。页表条目180包含物理存储器页190的物理地址184,以及针对处理单元110的属性数据168,以及指针188。在一些实例中,页表条目180还可包含对应于一或多个额外页表条目的一或多个有效位。根据本发明的技术,第二处理单元120也存取所述替代位置,即,包含针对第二处理单元120的额外属性数据的页表条目。

[0087] 在图4的实例中,第二处理单元120基于指针188的值来确定替代位置,例如页表条目182。一旦MMU 122具有指针188,第二处理单元120就基于指针188的值来读取额外页表条目,例如,页表条目182。在一些实例中,指针188的值可指示替代位置的虚拟地址和/或物理地址,例如与页表条目184相同的页表内的特定页表。如果指针188包含虚拟地址,那么MMU,例如MMU 112或MMU 112可执行从虚拟地址到物理地址的第二转译。

[0088] 页表条目182包含针对第二处理单元120的属性数据。页表条目182的属性数据可包含指示第二处理单元120是否可读取、写入、执行和高速缓存物理存储器页190的字段值。在一些实例中,页表条目182的属性数据可包含比页表条目180少的属性字段。在此情况下,当页表条目182确实包含对应的属性字段值时,MMU 122可从页表条目180确定属性字段值。

[0089] 在一些实例中,页表条目180的指针188可包含一个以上值。举例来说,在具有三个处理器的系统中,指针188可包括两个值(例如,虚拟地址和/或物理地址)。第一值指示针对第二处理单元120的页表,且第二值指示具有针对第三处理单元的属性数据的页表。指针188所指示的第一和第二页表两者可与页表条目180包含在相同的页表中。另外,指针值188可包括单个值,其可指示单个替代位置值,例如包含针对一个以上处理单元的属性数据的页表条目。使用单个页表条目来指定针对多个处理器的属性数据在一些实例中可降低对页表的存储器要求。

[0090] 在另一实例中,指针188可不指示单独的页表条目,而是可指示包括寄存器的替代位置,所述寄存器例如为图1的寄存器116或寄存器126中的一者,其可包含针对第二处理单元(例如处理单元120)的额外页属性数据。如果指针188的值展示针对第二处理单元120的属性数据存储在寄存器堆中,例如,寄存器116或寄存器126中的寄存器中,那么MMU 122可从寄存器堆的指定寄存器读取所述属性数据。在其中第一处理单元110或第二处理单元120符合ARM架构的实例中,指针所指向的寄存器可为存储器属性间接寄存器(“MAIRn寄存器”)。在其它实例中,计算装置110的任何处理单元(例如,第一处理单元110或第二处理单元120)的任何寄存器均可用来存储针对一或多个处理器的属性数据。

[0091] 图5是说明根据本发明的技术而描述的虚拟存储器地址到物理存储器地址映射技

术的流程图。图5的技术可由具有两个或两个以上处理单元的计算装置(例如图1的计算装置100)来执行。将参考计算装置100来描述图5的技术,但应理解,图5的技术适用于大量的计算装置,且不仅限于配置为计算装置100的装置。在图5的实例中,第一处理单元110可为CPU,且第二处理单元120可为GPU。在各种实例中,第一处理单元110和/或第二处理单元120可包括任何I/O装置,例如视频或静止相机、网卡、数字信号处理器(DSP)、I/O处理器或控制器,或可包含在计算装置100中的任何其它处理单元。

[0092] 第一处理单元110从第一页表中的第一页表条目读取物理地址(410)。第一处理单元110从第一页表条目确定第一页属性数据,其中所述第一页属性数据定义物理存储器页针对第一处理单元的一或多个可存取性属性(420)。第二处理单元120也从第一页表中的第一页表条目读取物理地址(430)。在一些实例中,第二处理单元120可与读取第一页表条目并行地从第二页表读取第二页表条目。

[0093] 第二处理单元120从替代位置确定第二页属性数据,其中所述替代位置与第一页表条目相关联,且其中第二页属性数据定义物理存储器页针对第二处理单元的一或多个可存取性属性(440)。第一处理单元110接着根据第一页属性数据的一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的物理存储器页(450),且根据第二页属性数据的一或多个可存取性属性来存取与所述物理地址相关联的物理存储器页(460)。在一些实例中,第一和第二页属性数据定义存储器页是否为可读、可写、可高速缓存、可执行以及脏中的至少一者。在一些实例中,第二页表条目包括第一页表的第二页表条目,且为了读取所述页表条目,第二处理单元120基于第一页表条目的指针值,从第一页表读取第二页表条目。在一些例子中,指针值可包括虚拟地址和物理地址中的至少一者。在其它实例中,替代位置可包括寄存器,其中所述寄存器机遇第一页表条目中的指针值与第一页表条目相关联。

[0094] 在一实例中,第一处理单元可包括第一存储器管理单元(MMU),且第二处理单元可包括第二MMU,其中第一MMU经配置以存取第一页表和替代位置中的至少一者,且第二MMU经配置以存取第一页表和替代位置中的至少一者。

[0095] 在一个实例中,替代位置可为第二页表中的第二页表条目,且第二处理单元120可从第一页表条目读取与第二页表相关联的数据。第二处理单元120可从第一页表条目读取与第二页表相关联的数据。读取第二页属性数据可包括用第二处理单元120,基于与第二页表相关联的数据来识别第二页表。在一些实例中,与第二页表相关联的数据包括从多个平行页表识别第二页表的识别符。

[0096] 图5中说明的过程可进一步包含用第二处理单元120来组合第一页属性数据与第二页属性数据,以形成组合页属性数据的一或多个可存取性属性。第二处理单元120根据组合页属性数据的一或多个属性来存取与物理地址相关联的物理存储器页。在一些实例中,第二页属性数据包含不同于第一页属性数据的一或多个属性值的一或多个属性值。

[0097] 图5的过程可进一步包含用第一处理单元110,从第一页表条目读取指示第二页属性数据是否有效的有效数据。为了确定第二页属性数据,如果来自第一页表条目的有效数据指示第二页属性数据有效,那么第二处理单元120可确定第二页属性数据。

[0098] 系统存储器130的实例包含但不限于随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、CD-ROM或其它光盘存储装置、磁盘存储装置或其它磁性存储装置、快闪存储器,或任何其它可用来以指令或数据结构的形式运载或存储所要程

序代码且可由计算机或处理器存取的媒体。在一些实例中,系统存储器130可被视为非暂时性存储媒体。术语“非暂时性”可指示存储媒体不是以载波或所传播信号的形式体现。然而,术语“非暂时性”不应被解释为表示系统存储器130是不可移动的。作为一个实例,可将系统存储器130从装置100移除,并移到另一装置。作为另一实例,可将大体上类似于系统存储器130的存储装置插入装置100中。在某些实例中,非暂时性存储媒体可存储可随着时间过去而变化的数据(例如,存储在RAM中)。

[0099] 在一或多个实例中,所描述的功能可在硬件、软件、固件或其任何组合中实施。如果在软件中实施,那么所述功能可存储在计算机可读媒体上或作为一或多个指令或代码,经由计算机可读媒体传输,且由基于硬件的处理单元执行。计算机可读媒体可包含计算机可读存储媒体,其对应于例如数据存储媒体的有形媒体,或通信媒体,其包含例如,根据通信协议促进计算机程序从一处传送到另一处的任何媒体。以此方式,计算机可读媒体通常可对应于(1)非暂时性的有形计算机可读存储媒体,或(2)通信媒体,例如信号或载波。数据存储媒体可为可由一或多个计算机或一或多个处理器存取已检索指令、代码和/或数据结构来实施本发明中所描述的技术的任何可用媒体。计算机程序产品可包含计算机可读媒体。

[0100] 作为实例而非限制,此计算机可读存储媒体可包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其它光盘存储装置、磁盘存储装置、或其它磁性存储装置、快闪存储器,或可用来以指令或数据结构的形式存储所要的程序代码且可由计算机存取的任何其它媒体。并且,任何连接均可适当地称为计算机可读媒体。举例来说,如果使用同轴电缆、光纤缆线、双绞线、数字订户线(DSL)或例如红外线、无线电和微波等无线技术,从网站、服务器或其它远程来源发射指令,那么所述同轴电缆、光纤缆线、双绞线、DSL或例如红外线、无线电和微波等无线技术包含在媒体的定义中。然而,应理解,计算机可读存储媒体和数据存储媒体不包含连接、载波、信号或其它暂时媒体,而是针对非暂时性的有形存储媒体。磁盘和光盘,如本文所使用,包含压缩光盘(CD)、激光光盘、光学光盘、数字多功能光盘(DVD)、软磁盘以及蓝光光盘,,其中磁盘通常以磁性方式再现数据,而光盘用激光以光学方式再现数据。上述各项的组合也应包含在计算机可读媒体的范围内。

[0101] 指令可由一或多个处理器执行,例如一或多个数字信号处理器(DSP)、通用微处理器、专用集成电路(ASIC)、现场可编程逻辑阵列(FPGA),或其它等效集成或离散逻辑电路。因此,术语“处理器”在本文中使用时,可指代适合实施本文所描述的技术的前述结构或任何其它结构中的任一者。另外,在一些方面中,本文所述的功能性可在经配置以用于编码和解码,或并入到组合式编解码器中的专用硬件和/或软件模块内提供。并且,所述技术可完全在一或多个电路或逻辑元件中实施。

[0102] 本发明的技术可在各种各样的装置或设备中实施,包括无线手持机、集成电路(IC)或一组IC(例如,芯片组)。本发明中描述各种组件、模块或单元来强调经配置以执行所揭示技术的装置的功能方面,但不一定要求通过不同硬件单元来实现。相反,如上文所述,各种单元可在编解码器硬件单元中组合,或由相互操作的硬件单元的集合(包括如上文所述的一或多个处理器)结合合适的软件和/或固件提供。

[0103] 已描述了各种实例。这些和其它实例在所附权利要求的范围内。

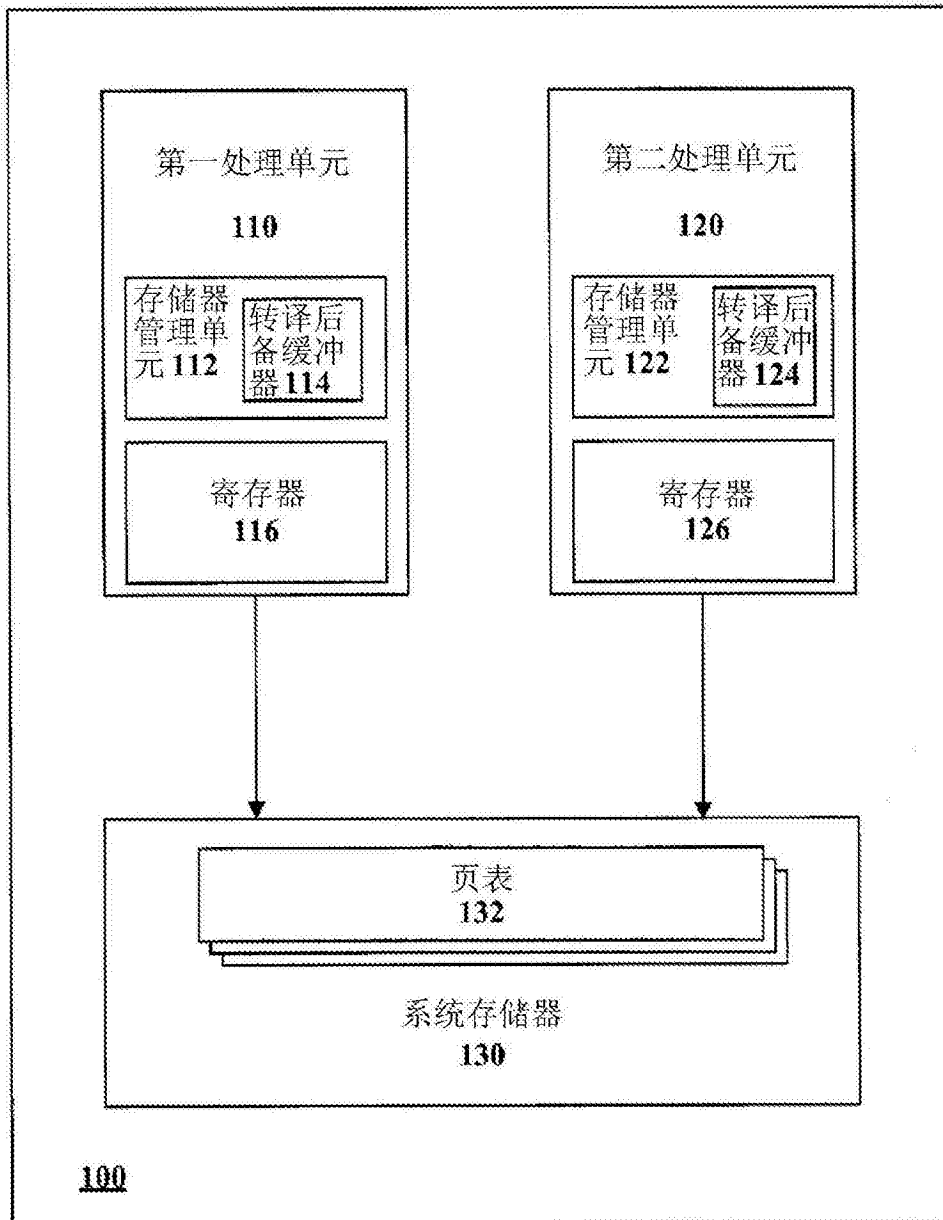


图1

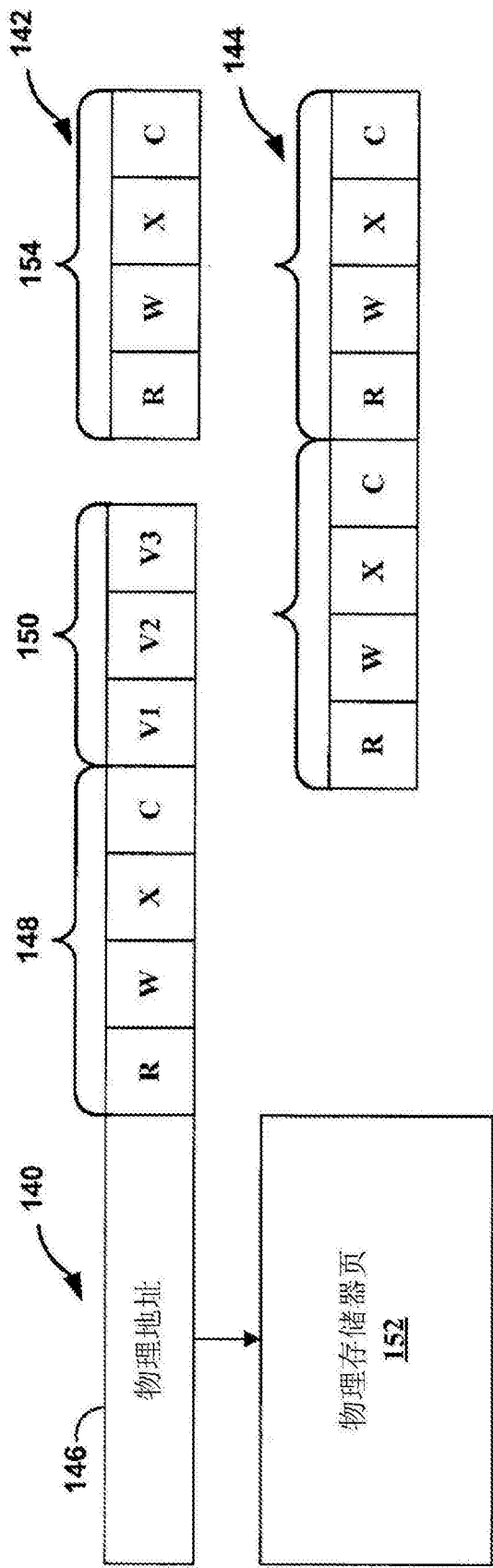


图2

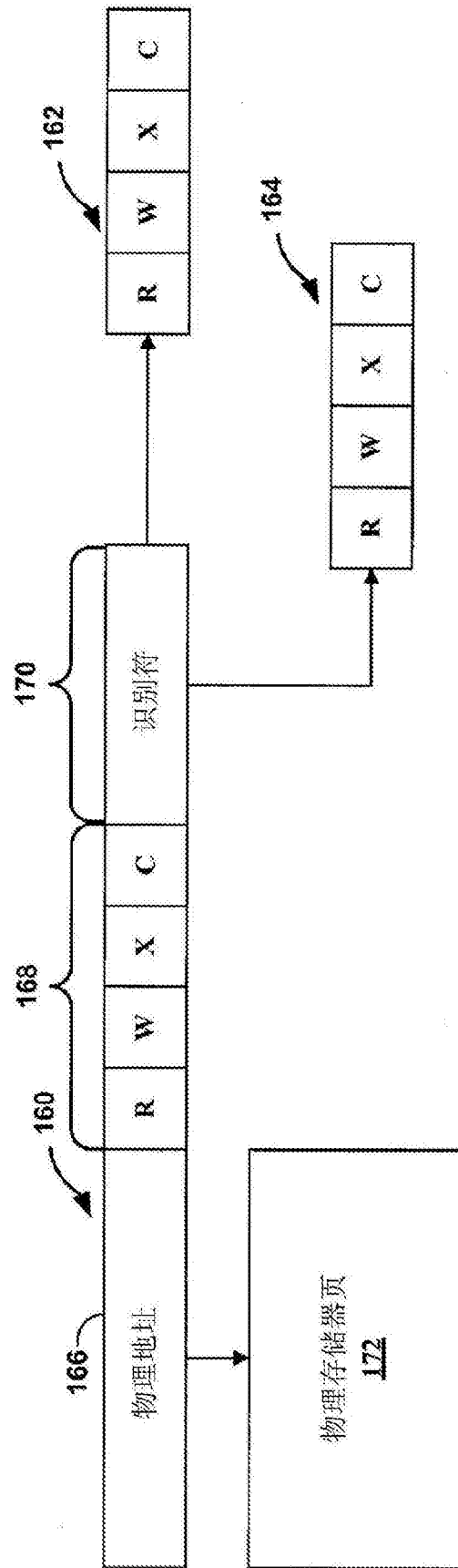


图3

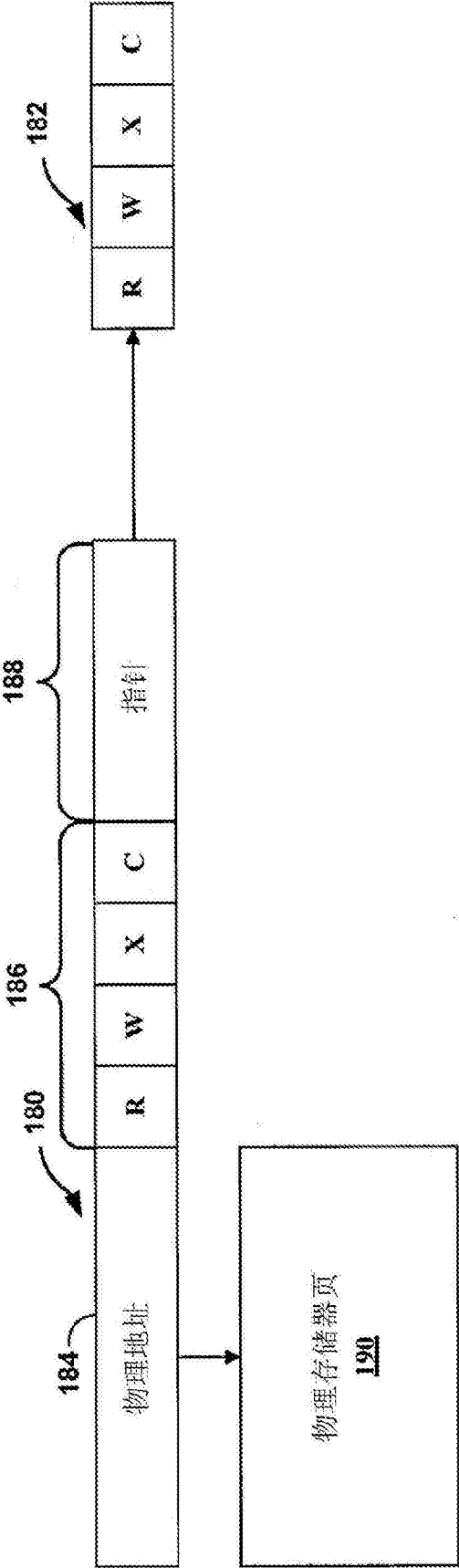


图4

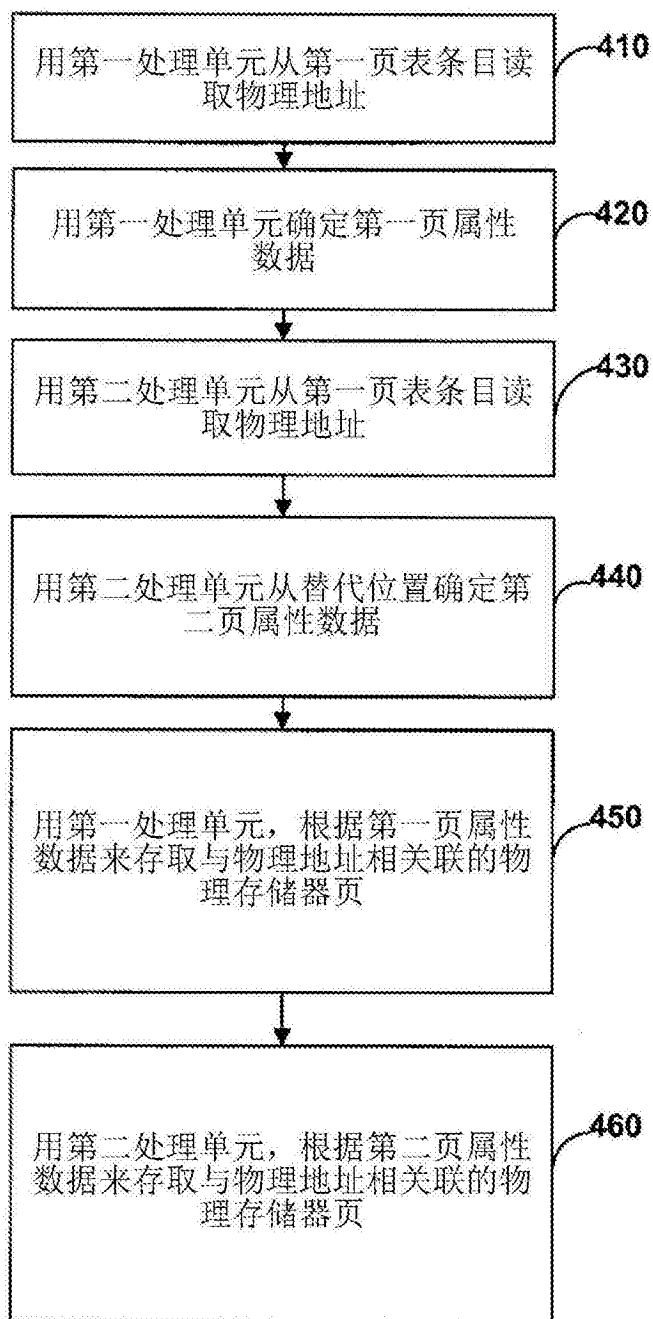


图5