

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 10 月 25 日 (5.10.2018)



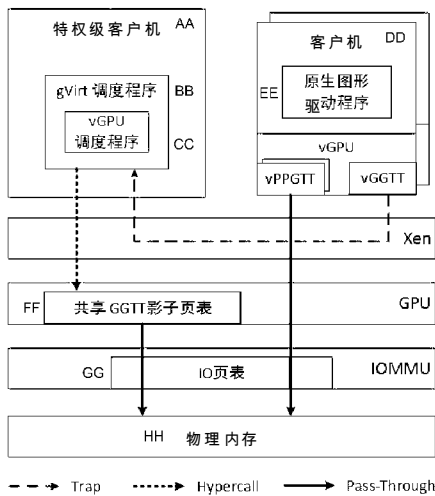
(10) 国际公布号

W O 2018/192160 A 1

- (51) 国际专利分类号 : G06F 12/1036 (2016.01)
- (21) 国际申请号 : PCT/CN2017/101 807
- (22) 国际申请日 : 2017 年 9 月 15 日 (15.09.2017)
- (25) 申请语言 : 中文
- (26) 公布语言 : 中文
- (30) 优先权 : 201710255246.7 2017 年 4 月 18 日 (18.04.2017) CN
- (71) 申请人 : 上海交通大学 (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) [CN/CN] ; 中国上海市闵行区东川路 800 号 ,Shanghai 200240 (CN) .
- (72) 发明人 : 管海兵 (GUAN, Haibing) ; 中国上海市闵行区东川路 800 号 ,Shanghai 200240 (CN) 。 徐宇 (XU, Yu) ; 中国上海市闵行区东川路 800 号 ,Shanghai 200240 (CN) 。 董耀祖 (DONG, Yaozu) ; 中国上海市闵行区东川路 800 号 ,Shanghai 200240 (CN) 。 姚建国 (YAO, Jianguo) ; 中国上海市闵行区东川路 800 号 ,Shanghai 200240 (CN) .
- (74) 代理人 : 上海汉声知识产权代理有限公司 (SHANGHAI HANGSOME INTELLECTUAL PROPERTY LTD.) ; 中国上海市闵行区银都路 3828 弄 56 号 307 室 ,Shanghai 201 108 (CN) .
- (81) 指定国 (除另有指明 , 要求每一种可提供的国家保护) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

(54) Title: VIRTUALIZATION METHOD FOR DEVICE MEMORY MANAGEMENT UNIT

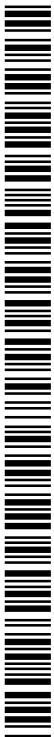
(54) 发明名称 : 设备内存管理单元的虚拟化方法



- AA Privilege level client
- BB gVirt scheduler
- CC vGPU scheduler
- DD Client
- EE Native graphics driver
- FF Shared GGTT shadow page table
- GG IO page
- HH Physical memory

(57) Abstract: A virtualization method for a device memory management unit, comprising: multiplexing a memory management unit of a client as a layer one address translation: a client device page table translates a device virtual address into a client physical address; and utilizing an IOMMU to construct a layer two address translation: the IOMMU translates the client physical address into a host physical address via an IO page table of a corresponding device in the IOMMU. The virtualization method for the device memory management unit allows the highly efficient virtualization of the device memory management unit, successfully combines the IOMMU into mediated pass-through, utilizes an IOMMU of the system as the second address translation, and obviates a complex and inefficient shadow page table, not only increases the performance of the device memory management unit under virtualization, but also is easy to implement, completely transparent to the client, and a universal and highly efficient solution.

(57) 摘要 : 一种设备内存管理单元的虚拟化方法 , 包括 : 复用客户机的内存管理单元作为第一层地址翻译 : 客户机设备页表将设备虚拟地址翻译成客户机物理地址 ; 利用 IOMMU 构造第二层地址翻译 : IOMMU 通过 IOMMU 内对应设备的 IO 页表将客户机物理地址翻译成宿主机物理地址。该设备内存管理单元的虚拟化方法 , 能够高效地虚拟化设备内存管理单元 ; 成功地将 IOMMU 结合到调解直传中 , 利用系统 IOMMU 来做第二层地址翻译 , 淘汰了复杂低效的影子页表 ; 不仅提高了设备内存管理单元在虚拟化下的性能 , 而且实现简单 , 对客户机完全透明 , 是一个通用的高效的解决方案。



CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, , MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

设备内存管理单元的虚拟化方法

技术领域

本发明涉及内存管理单元技术领域，具体地，涉及一种设备内存管理单元的虚拟化方法。

背景技术

内存管理单元 (MMU) 能有效地执行虚拟存储器管理，一些现代设备也利用内存管理单元来进行设备内的地址翻译。典型的拥有内存管理单元的设备有图形处理器 (GPU)、图像处理单元 (IPU)、Infiniband、甚至现场可编程逻辑阵列 (FPGA)。然而，目前并没有令人满意的解决方案能够很好地支持设备内存管理单元的虚拟化。在目前主流的 10 虚拟化解决方案中，设备模拟 (Device Emulation) 和半虚拟化 (Para-Virtualization) 借助 CPU 来模拟进行设备地址翻译，这种做法复杂性很高，性能很低，很难支持模拟设备的全部功能；直传技术 (Direct Pass-Through) 引入了硬件 IOMMU，通过牺牲设备的共享能力，将设备专用于单个客户机，以达到实现设备全部功能和最优性能的目的；单根虚拟化 (SR-IOV) 技术创建多个 PCIe 功能，并分配给多个客户机，从而达到同时对多个客户机进行设备地址翻译。但是单根虚拟化硬件复杂，受限于线路资源，可扩展性收到影响。

一种调解直传 (Mediated Pass-Through) 的技术最近脱颖而出，被 gVirt 采用实现了产品级的 GPU 全虚拟化。调解直传的核心是直传性能相关的关键资源，而捕获并模拟特权级资源。调解直传采用影子页表 (Shadow Page Table) 来虚拟化设备内存管理单元。但是影子页表的实现复杂，并且在内存密集型任务中导致严重的性能下降。以 gVirt 为例，尽管 gVirt 在普通的任务中表现良好，但是对于内存密集型的图像处理任务，最差能达到 90% 的性能下降。由于管理程序 (Hypervisor) 的接入，影子页表的维护成本很高。此外，影子页表实现相当复杂，gVirt 包含大约 3500 行代码用来虚拟化 GPU 内存管理单元，这么大的代码量很难维护并且容易导致潜在的程序错误。再者，影子页表需要客户端驱动程序 (Driver) 显式地告知管理程序客户机页表的释放，从而使得管理程序能正确地去掉相应页的写保护。修改客户机

驱动程序尚能接受，但是当客户机页表的释放动作由客户机内核（OS）负责时，修改内核来支持设备 MMU 虚拟化，就显得不合适。

目前没有发现同本发明类似技术的说明或报道，也尚未收集到国内外类似的资料。

发明内容

针对现有技术中存在的上述不足，本发明旨在提出一种高效的设备内存管理单元的虚拟化解决方案，即，设备内存管理单元的虚拟化方法，用以取代调解直传中的影子页表实现。

本发明是通过以下技术方案实现的。

一种设备内存管理单元的虚拟化方法，包括：

复用客户机的内存管理单元作为第一层地址翻译：客户机设备页表将设备虚拟地址翻译成客户机物理地址；

利用 IOMMU 构造第二层地址翻译：IOMMU 通过 IOMMU 内对应设备的 10 页表将客户机物理地址翻译成宿主机物理地址；当设备所有者切换时，第二层地址翻译动态地作相应的切换；

采用分散设备内各个引擎地址空间的方式，使得设备内各个引擎的地址空间互不重叠，继而使得 IOMMU 能够同时对多个客户机的设备地址进行重映射。

优选地，所述第二层地址翻译对于客户机是透明的。

优选地，第一层地址翻译输出的客户机物理地址允许超过实际物理空间大小。

优选地，采用时分策略复用 IOMMU 内对应设备的 10 页表；所述时分策略具体为 -

当一个客户机启动时，为该客户机构造一个 10 页表候选，该 10 页表候选即客户机物理地址到宿主机物理地址的映射；当设备分配给特权级客户机时，特权级客户机对应的 10 页表在 10 页表候选中动态切换。

优选地，所述动态切换的过程，只需替换 IOMMU 重映射组件中上下文条目中的根指针。

优选地，分散设备内各个引擎地址空间的方式采用如下方式：

通过打开或关闭设备内各个引擎 10 页表项的一个或多个位来扩展或限制各个引擎的地址空间。

优选地，在采用时分策略复用客户机 10 页表时，还包括：

采用页表选择域内刷新 (Page-Selective-within-Domain Invalidation) 策略对设备的 IOTLB 刷新；

所述页表选择域内刷新 (Page-Selective-within-Domain Invalidation) 策略具体为 -

给设备分配一个特殊的 Domain Id, 只有在 Domain Id 这个域中的所有客户机覆盖到的内存空间的 IOTLB 项会被刷新。

与现有技术相比, 本发明具有如下有益效果:

1、本发明提出的设备内存管理单元的虚拟化方法, 能够高效地虚拟化设备内存管理单元。

2、本发明提出的设备内存管理单元的虚拟化方法, 成功地将 IOMMU 结合到调解直传中, 利用系统 IOMMU 来做第二层地址翻译, 淘汰了复杂低效的影子页表。

3、本发明提出的设备内存管理单元的虚拟化方法, 不仅提高了设备内存管理单元在虚拟化下的性能, 而且实现简单, 对客户机完全透明, 是一个通用的高效的解决方案。

附图说明

通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述, 本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

图 1 为时分复用 10 页表示意图;

图 2 为 gDemon 整体架构示意图;

图 3 为 GGTT 偏移和重映射示意图;

图 4 为 GMedia 基准测试结果示意图;

图 5 为 Linux 2D/3D 基准测试结果示意图;

图 6 为 Windows 2D/3D 基准测试结果示意图。

具体实施方式

下面对本发明的实施例作详细说明: 本实施例在 以本发明技术方案为前提下进行实施, 给出了详细的实施方式和具体的操作过程。应当指出的是, 对本领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明构思的前提下, 还可以做出若干变形和改进, 这些都属于本发明的保护范围。

实施例

本实施例提出的设备内存管理单元的虚拟化方法称之为 Demon (DEvice Mmu virtualizatiON)。Demon 的主要思想是：复用客户机的内存管理单元作为第一层地址翻译，并利用 IOMMU 构造第二层地址翻译。当设备所有者 (Device Owner) 切换时，Demon 动态地切换第二层地址翻译。为了更好地支持拥有多个引擎的设备内细粒度并行，Demon 提出了一项硬件提议，使得设备内各个引擎的地址空间互不重叠，继而使得 IOMMU 能够同时对多个客户机的设备地址进行重映射。在 Demon 中，一个设备虚拟地址 (Device Virtual Address) 首先被客户机设备页表翻译成客户机物理地址 (Guest Physical Address)，然后被 IOMMU 通过对应的 10 页表翻译成宿主机物理地址 (Host Physical Address)。这里，第二层地址翻译对于客户机是透明的，这一特点使得 Demon 是一个通用的解决方案。接下来详细介绍 Demon 的设计细节。

首先是 10 页表的动态切换。我们知道，从同一个设备发起的所有 DMA 请求只能被唯一确定的 10 页表所重映射，该对应的 10 页表是由设备的 BDF 号所决定的，因此一个 10 页表只能为一个客户机服务。为了解决 IOMMU 的共享问题，Demon 采用时分策略来复用 IOMMU 内对应该设备的 10 页表，如图 1 所示。当一个客户机启动时，Demon 会为之构造一个 10 页表候选，该 10 页表候选即客户机物理地址到宿主机物理地址的映射 (Physical-to-Machine Mapping, P2M)。Demon 将设备分配给特权级客户机 (Dom0)，而特权级客户机对应的 10 页表会在各个 10 页表候选中动态切换。完成切换的过程，只需要替换 IOMMU 重映射组件中上下文条目 (Context Entry) 中的根指针 (L4 页表根地址) 即可；实际上，由于客户机的物理内存一般不会太大，因此只需要替换第 3 级页表中的几个页表项即可。

接着是 10 页表的划分。10 页表的时分复用解决了 IOMMU 的共享问题，但是同时只有一个客户机能够处理任务，因为这时的 10 页表填充了该客户机对应的 10 页表候选。对于有多个能独立工作引擎的复杂设备，来自各个客户机的任务应当可以被同时分配到各个引擎上，利用并行进行加速。为了解决细粒度并行的问题，Demon 提出一项硬件建议，即分散设备中各个引擎的地址空间。有很多方式可以消除各个引擎之间的地址空间重叠，例如，通过打开/关闭各个引擎页表项的一个或者多个位来扩展/限制各个引擎的地址空间。这里，第一层翻译的输出可以超过实际物理空间大小，因为第二层地址翻译会重映射到正确的机器物理地址。举例说明，如果置上页表项保留的 33 位，那么原来的 GPA 会变成 GPA+4G，它将永远不会和原

先的 [0, 4G] 空间所重叠；另一方面，原来 10 页表中(GPA, HPA) 的映射现在变成 (GPA+4G, HPA) 来完成正确的地址重映射。10 页表的划分使得多个客户机的设备地址翻译成为可能，只要客户机所正在使用的引擎的地址空间互不重叠。

最后是高效的 IOTLB 刷新策略。在 IOMMU 中，有效的翻译会被缓存在 IOTLB 中，用以减少翻译时走 10 页表带来的开销。但是在 Demon 中，由于时分复用的策略，为了消除脏的翻译缓存，IOTLB 必须要刷新。这里，IOTLB 的刷新势必会带来性能的下降。为了减少 IOTLB 刷新带来的开销，Demon 采用 Page-Selective-within-Domain Invalidation 策略。在该策略下，Demon 给（虚拟化）设备分配一个特殊的 Domain Id，并且只有在 Domain Id 这个域中的所有客户机覆盖到的内存空间的 IOTLB 项会被刷新，而不是全局刷新。通过缩小 IOTLB 刷新的范围，使得 IOTLB 刷新带来的开销最小化。

为使本实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合 GPU MMU 虚拟化实例对本实施例进行详细描述。

GPU MMU 有两种页表，分别是全局图形转换表 (GGTT) 和进程图形转换表 (PPGTT)。gVirt 采用影子页表的方式对 GPU MMU 进行虚拟化，而利用本实施例提供的 Demon 技术对 GPU MMU 的进行虚拟化得到的架构 gDemon 如图 2 所示。

将 Demon 应用到 GPU MMU 虚拟化中是比较直接的，在我们的测试平台上，GPU 的 BDF 号是 00:02.0，它所确定的 10 页表需要时分复用。具体地，在调度虚拟 GPU 设备时，gDemon 会插入一个额外的超级调用 (Hypercall) 来显式地通知管理程序切换 10 页表到相应的候选。PPGTT 是位于内存的，是各个客户机所独有的，因此 PPGTT 在 gDemon 中可以直传。但是 GGTT 因为其独有的性质，需要进一步地调整。

GGTT 位于 MMIO 区域，是特权级资源。由于分离的 CPU 和 GPU 调度策略，GGTT 需要被切分；同时 Ballooning 的技术也被运用进来，从而显著地提高性能。这些原因导致 GGTT 只能用影子页表进行虚拟化。在 gDemon 环境中，要整合 GGTT 的影子页表实现，需要将 GGTT 影子页表项添加一个较大的偏移，使得它和 PPGTT 的地址空间互不重叠，同时 10 页表中也要做相应的重映射，如图 3 所示（假设客户机内存为 2GB，GGTT 偏移为 128GB）。

测试平台选取第 5 代 CPU i5-5300U，4 核心，16GB 内存，Intel HD Graphics 5500 (Broadwell GT2) 显卡，4GB 显存，其中 1GB 是 AGP Aperture。客户机选取 64 位

的 Ubuntu 14.04 和 64 位的 Window 7，宿主机运行 64 位的 Ubuntu 14.04 系统，Xen 4.6 为管理程序。所有的客户机都分配 2 个虚拟 CPU、2GB 内存和 512MB 显存（其中 128MB 是 AGP Aperture）。基准测试选取 GMedia、Cario-perf-trace、Phoronix Test Suite、PassMark、3DMark、Heaven 和 Tropics。

首先通过虚拟化模块代码量来测试 gDemon 的架构简洁性。在 gVirt 中用以虚拟化 GPU MMU 的代码共计 3500 行，其中 GGTT 子模块有 1200 行，PPGTT 子模块有 1800 行，地址转换辅助模块 500 行。在 gDemon 中，GGTT 子模块 1250 行，PPGTT 子模块的影子页表被完全消除，增加了 10 页表维护模块的 450 行代码，共计 2200 行代码，比 gVirt 少了 37% 的代码量。

接着在 GMedia 基准测试中，由于大量显存的使用，客户机页表操作频繁，对 GPU MMU 虚拟化的要求较高，因此 GMedia 能很好地反映 gVirt 和 gDemon 的性能。测试结果如图 4 所示。GMedia 有两个参数，分别是通道数（channel）和分辨率（resolution），参数越大，GMedia 的负载越高。从图 4 中可以看出，在通道数为 15，分辨率为 1080p 的测试用例下，gDemon 的性能高达 gVirt 的性能的 19.73 倍。

最后在一般的 2D/3D 任务中，客户机页表操作相对较少，GPU MMU 虚拟化不是主要性能瓶颈，尽管如此，gDemon 的性能几乎在所有测试用例中都优于 gVirt 的性能，性能提高最高可达 17.09%（2D）和 13.73%（3D），如图 5 和图 6 所示。

通过 GPU MMU 虚拟化的实现和测试，表明 Demon 是适用于设备内存管理单元虚拟化的一种高效的解决方案。

以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是，本发明并不局限于上述特定实施方式，本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改，这并不影响本发明的实质内容。

权利要求书

1、一种设备内存管理单元的虚拟化方法，其特征在于，包括：

复用客户机的内存管理单元作为第一层地址翻译：客户机设备页表将设备虚拟地址翻译成客户机物理地址；

利用 IOMMU 构造第二层地址翻译：IOMMU 通过 IOMMU 内对应设备的 10 页表将客户机物理地址翻译成宿主机物理地址；当设备所有者切换时，第二层地址翻译动态地作相应的切换；

采用分散设备内各个引擎地址空间的方式，使得设备内各个引擎的地址空间互不重叠，继而使得 IOMMU 能够同时对多个客户机的设备地址进行重映射。

2、根据权利要求 1 所述的设备内存管理单元的虚拟化方法，其特征在于，所述第二层地址翻译对于客户机是透明的。

3、根据权利要求 1 所述的设备内存管理单元的虚拟化方法，其特征在于，第一层地址翻译输出的客户机物理地址允许超过实际物理空间大小。

4、根据权利要求 1 所述的设备内存管理单元的虚拟化方法，其特征在于，采用时分策略复用 IOMMU 内对应设备的 10 页表；所述时分策略具体为：

当一个客户机启动时，为该客户机构造一个 10 页表候选，该 10 页表候选即客户机物理地址到宿主机物理地址的映射；当设备分配给特权级客户机时，特权级客户机对应的 10 页表在 10 页表候选中动态切换。

5、根据权利要求 4 所述的设备内存管理单元的虚拟化方法，其特征在于，所述动态切换的过程，只需替换 IOMMU 重映射组件中上下文条目中的根指针。

6、根据权利要求 1 所述的设备内存管理单元的虚拟化方法，其特征在于，分散设备内各个引擎地址空间的方式采用如下方式：

通过打开或关闭设备内各个引擎 10 页表项的一个或多个位来扩展或限制各个引擎的地址空间。

7、根据权利要求 4 所述的设备内存管理单元的虚拟化方法，其特征在于，还包括：

采用页表选择域内刷新策略对设备的 IOTLB 刷新；

所述页表选择域内刷新策略具体为：

给设备分配一个特殊的 Domain Id，只有在 Domain Id 这个域中的所有客户机覆

盖到的内存空间的 IOTLB 项会被刷新。

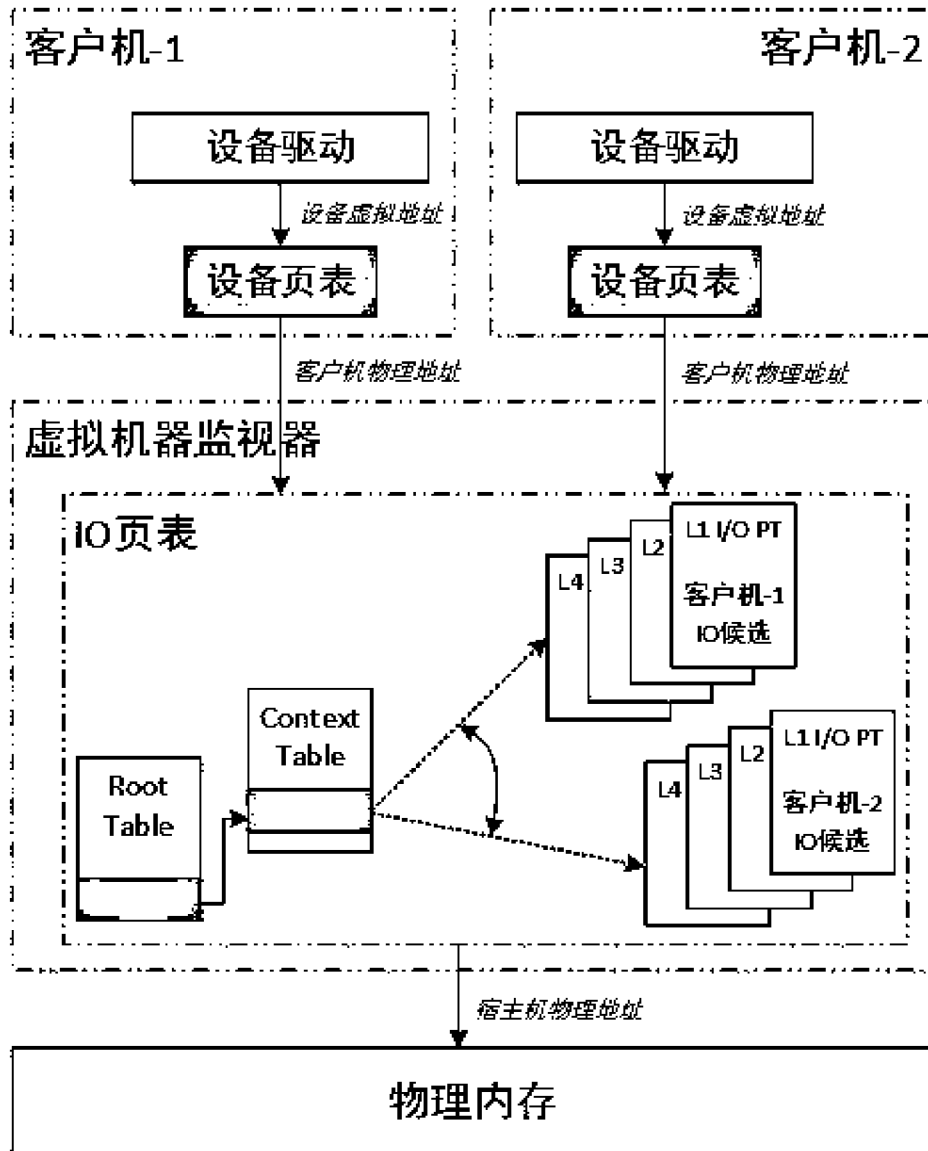


图 1

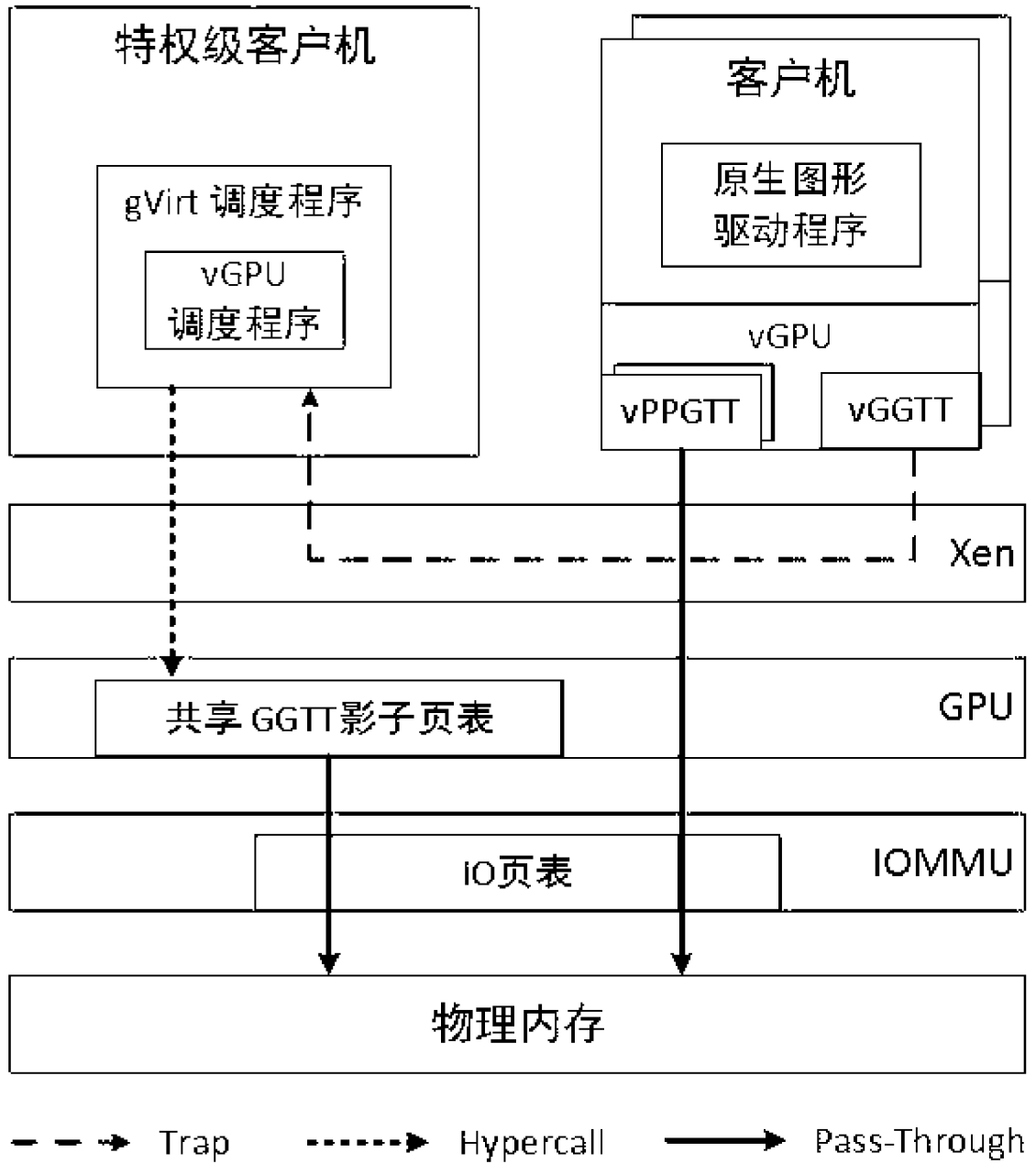


图 2

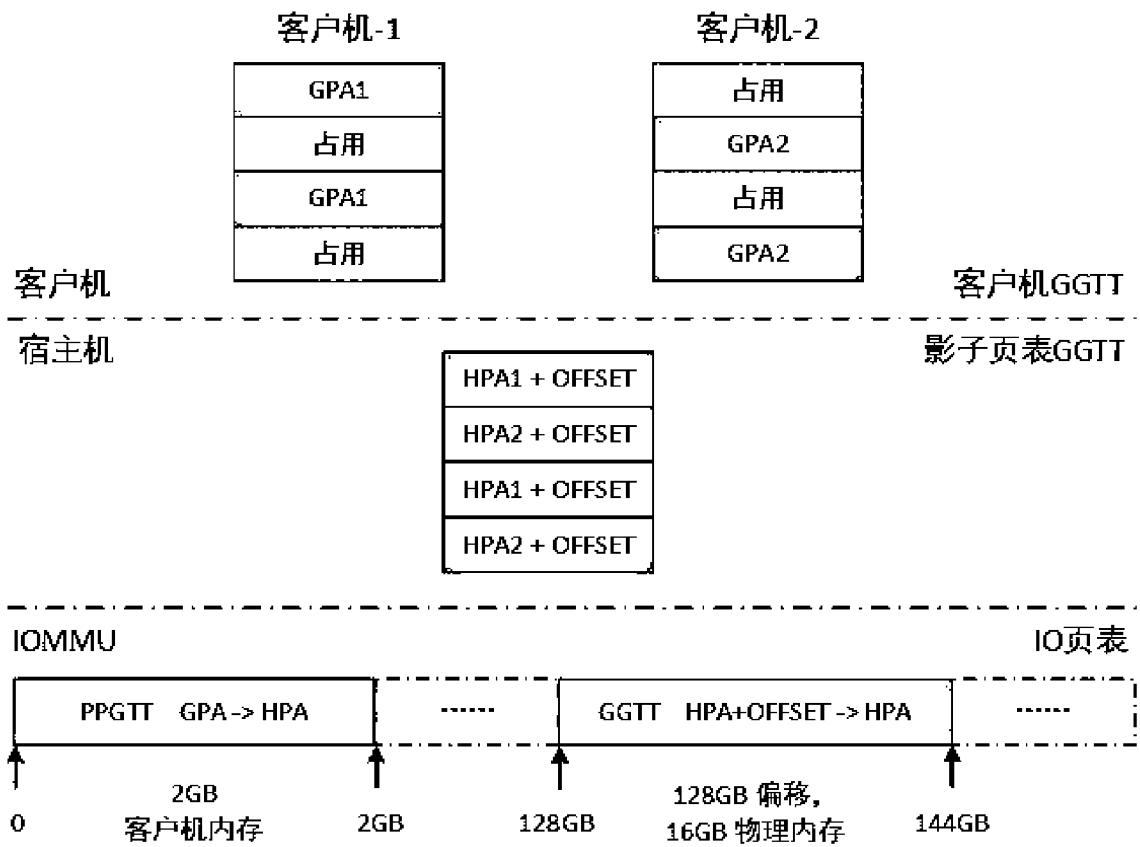


图 3

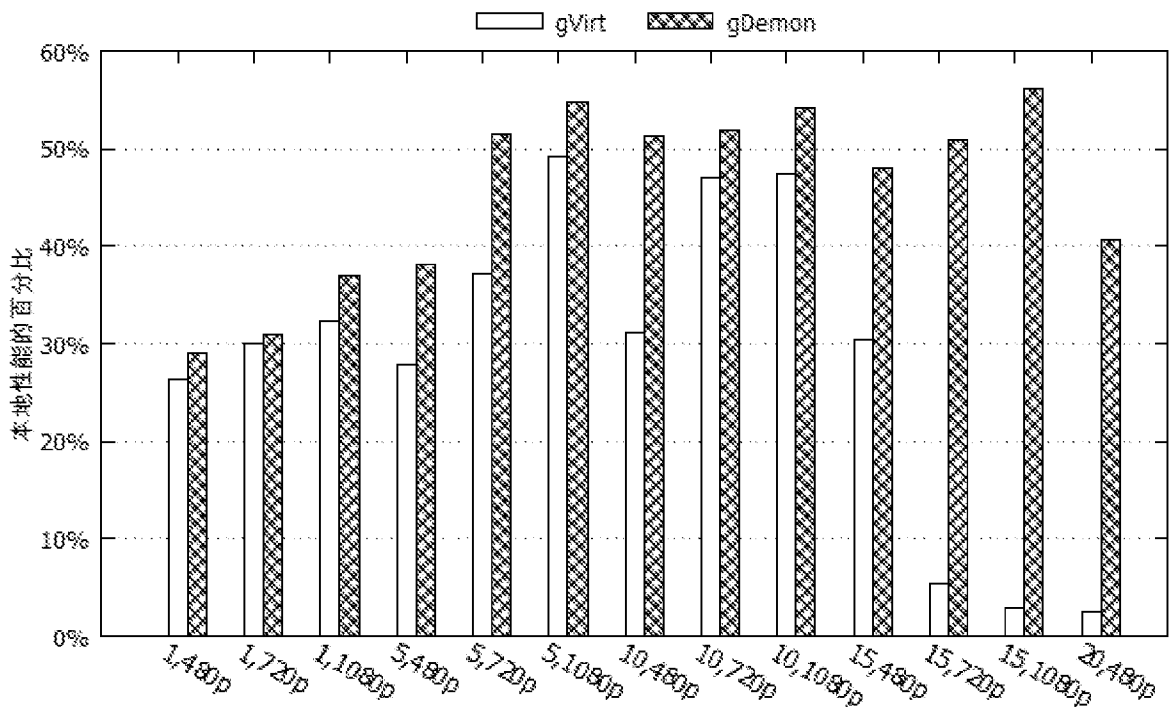


图 4

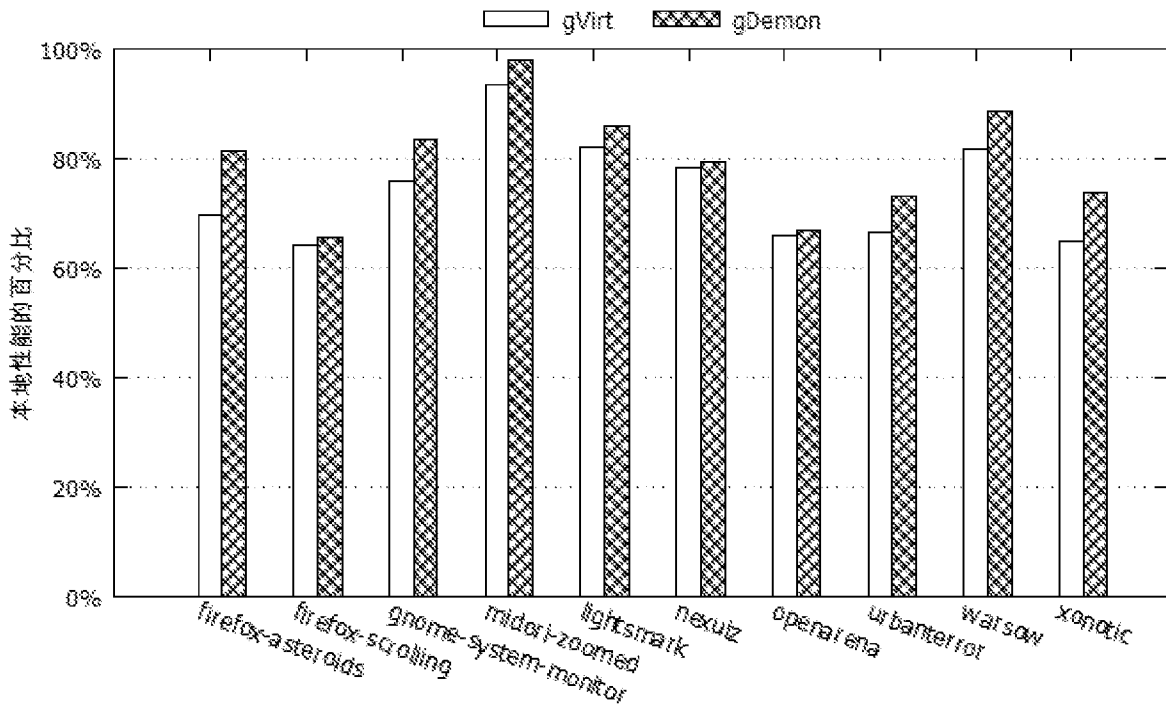


图 5

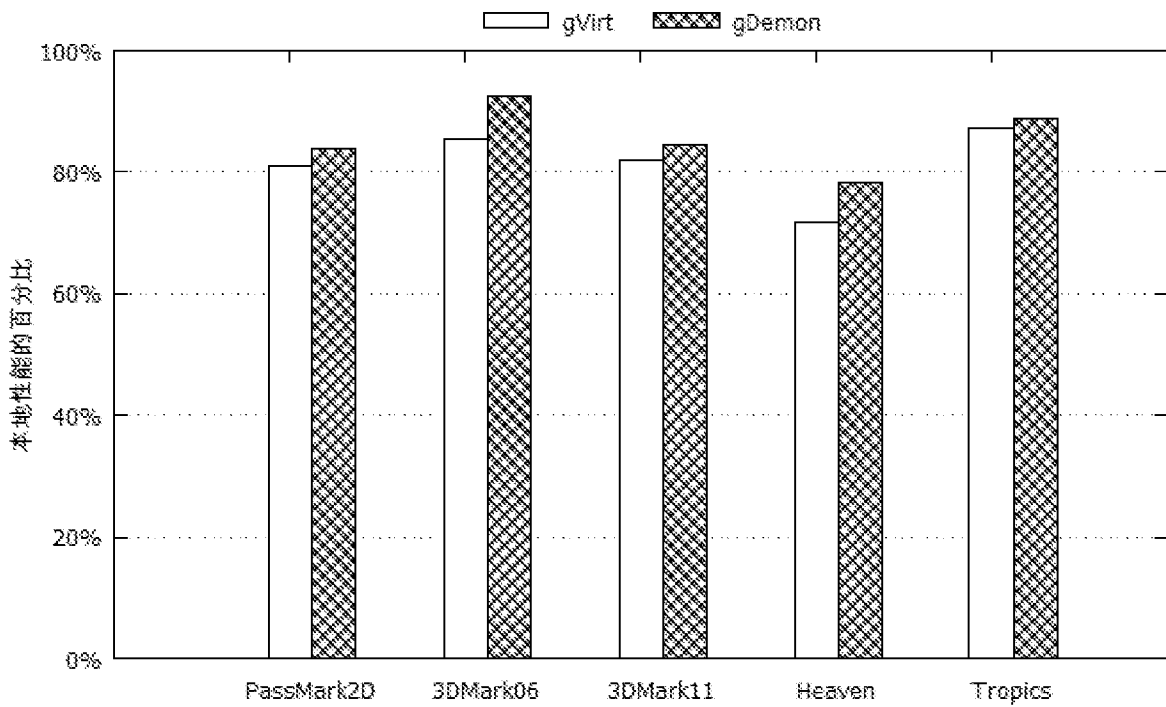


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/101807

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 12/1036 (2016.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, EPODOC, WPI, CNKI, IEEE: 地址, 空间, 内存, 管理, 虚拟, 翻译, 映射, 调节直传, 影子页表, address, space, memory, storage, management, virtual, translation, interpret, mapping, mediated, pass-through, shadow, page, table, IOMMU

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104685479 A (ADVANCED MICRO DEVICES, INC.), 03 June 2015 (03.06.2015), description, paragraphs [0007] -[0047]	1-7
A	CN 105095108 A (SPREADTRUM COMMUNICATIONS (SHANGHAI) INC.), 25 November 2015 (25.11.2015), entire document	1-7
A	CN 103577250 A (INSPUR (BEIJING) ELECTRONIC INFORMATION INDUSTRY CO., LTD.), 12 February 2014 (12.02.2014), entire document	1-7
A	US 6725289 B1 (VMWARE, INC.), 20 April 2004 (20.04.2004), entire document	1-7
A	US 2011225387 A1 (QUALCOMM INNOVATION CENTER, INC.), 15 September 2011 (15.09.2011), entire document	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 29 December 2017	Date of mailing of the international search report 17 January 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer WU, Yuanyuan Telephone No. (86-10) 010-52871143

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/101807

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104685479 A	03 June 2015	U S 2014068137 A I W O 2014036004 A I EP 2891067 A I K R 20150048173 A J P 2015526829 A I N 1637DEN2015 A	06 March 2014 06 March 2014 08 July 2015 06 May 2015 10 September 2015 03 July 2015
CN 105095108 A	25 November 2015	None	
CN 103577250 A	12 February 2014	None	
US 6725289 B I	20 April 2004	U S 6880022 B I	12 April 2005
US 2011225387 A I	15 September 2011	None	

A. 主题的分类	
G06F 12/1036 (2016. 01) i	
按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类	
B. 检索领域	
检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)	
G06F	
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献	
在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))	
CNPAT ,EPODOC ,WPI ,CNKI ,IEEE; 地址, 空间, 内存, 管理, 虚拟, 翻译, 映射, 调节直传, 影子页表, address, spa - ce, memory, storage, management, virtual, translation, interpret, mapping, mediated, pass-through, shadow, page, table, IOMMU	
C. 相关文件	
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落
A	CN 104685479 A (超威半导体公司) 2015 年 6 月 3 日 (2015 - 06 - 03) 说明书第 [0007] - [0047] 段
A	CN 105095108 A (展讯通信上海有限公司) 2015 年 11 月 25 日 (2015 - 11 - 25) 全文
A	CN 103577250 A (浪潮北京电子信息产业有限公司) 2014 年 2 月 12 日 (2014 - 02 - 12) 全文
A	US 6725289 B1 (VMWARE, INC.) 2004 年 4 月 20 日 (2004 - 04 - 20) 全文
A	US 2011225387 A1 (QUALCOMM 顺 OVATION CENTER, INC.) 2011 年 9 月 15 日 (2011 - 09 - 15) 全文
<input type="checkbox"/> 其余文件在 C 栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。	
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	"I" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2017 年 12 月 29 日	2018 年 1 月 17 日
ISA/CN 的名称和邮寄地址	授权官员
中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088	吴媛媛
传真号 (86-10) 62019451	电话号码 (86-10) 010-52871 143

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/101807

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104685479	A	2015年6月3日	US	2014068137	AI	2014年3月6日
				WO	2014036004	AI	2014年3月6日
				EP	2891067	AI	2015年7月8日
				KR	20150048173	A	2015年5月6日
				JP	2015526829	A	2015年9月10日
				IN	1637DEN2015	A	2015年7月3日
CN	105095108	A	2015年11月25日	无			
CN	103577250	A	2014年2月12日	无			
US	6725289	BI	2004年4月20日	US	6880022	BI	2005年4月12日
US	201 1225387	AI	2011年9月15日	无			