(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 3 月 15 日 (15.03.2018)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2018/045908 A1

(51) 国际专利分类号:
G06F 11/07 (2006.01) *G06F 9/455* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/099988

(22) 国际申请日: 2017 年 8 月 31 日 (31.08.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201610806408.7 2016年9月6日 (06.09.2016) CN

(71) 申请人: 阿里巴巴集团控股有限公司 (ALIBABA GROUP HOLDING LIMITED) [—/CN]; 开曼群岛大开曼资本大厦一座四层 847 号邮箱, Grand Cayman (KY)。

(72) 发明人; 及

(71) 申请人 (仅对 *US*): 张超 (ZHANG, Chao) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市余杭区文一西路969号3号楼5楼阿里巴巴集团法务部, Zhejiang 311121 (CN)。

(74) 代理人: 北京国昊天诚知识产权代理有限公司 (CO-HORIZON INTELLECTUAL PROPERTY INC.); 中国北京市朝阳区小关北里甲2号渔阳置业大厦B座605, Beijing 100029 (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, 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, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,

(54) **Title:** METHOD AND SYSTEM FOR VIRTUAL MACHINE HOT MIGRATION PROCESSING

(54) **发明名称**: 虚拟机热迁移处理方法及系统

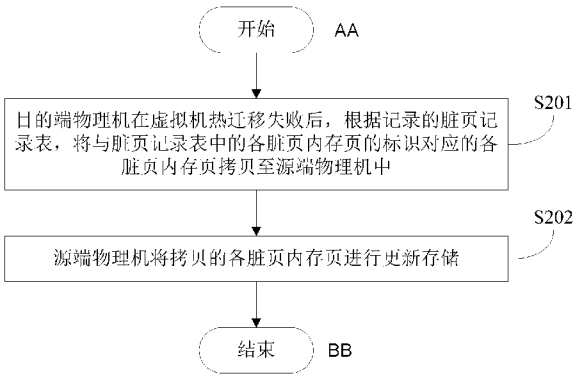


图 2

S201 Upon failure to hot migrate virtual machine, destination physical machine copies, on the basis of dirty page record table recorded, dirty page memory pages corresponding to identifiers of dirty page memory pages in dirty page record table to source physical machine
S202 Source physical machine updates and stores dirty page memory pages copied
AA Start
BB End

(57) **Abstract:** A method and system for virtual machine hot migration processing. The method comprises: in a postcopy mode, upon failure to hot migrate a virtual machine, a destination physical machine copies, on the basis of a dirty page record table recorded, dirty page memory pages corresponding to identifiers of dirty page memory pages in the dirty page record table to a source physical machine (S201); and the source physical machine updates and stores the dirty page memory pages copied (S202). The method and system, upon failure to hot migrate the virtual machine, copy the dirty page memory pages corresponding to the identifiers of the dirty page memory pages in the dirty page record table to the source physical machine for updating and storage, thus providing complete and most-recent memory pages on the source physical machine, and allowing the virtual machine to roll back to operate independently on the source

WO 2018/045908 A1

[见续页]

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))。

physical machine.

(57) 摘要：一种虚拟机热迁移处理方法及系统，该方法包括：在延迟拷贝的方式下，目的端物理机进行虚拟机热迁移失败后，根据记录的脏页记录表，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中（S201）；源端物理机将拷贝的各脏页内存页进行更新存储（S202）。该方法及系统在虚拟机热迁移失败后，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中进行更新存储，使得源端物理机上具有完整且最新的内存页，虚拟机可回滚至源端物理机上独立运行。

虚拟机热迁移处理方法及系统

技术领域

本发明涉及通信技术领域，尤其涉及一种虚拟机热迁移处理方法及系统。

背景技术

虚拟机（Virtual Machine，简称 VM）热迁移是云计算运营中的一个关键技术，通过热迁移将虚拟机从一个物理机迁移到另外一个物理机，以实现计算资源的动态调度，物理故障主动运维。

传统的热迁移技术通过预拷贝的方式执行，在保持虚拟机在源端物理机上正常运行的情况下，通过迭代的方式，将虚拟机的内存从源端物理机拷贝到目的端物理机中。由于此时虚拟机一直处于运行状态，因此通过需要多轮拷贝的方式，才能递归的将虚拟机的内存拷贝到目的端物理机中，这往往需要消耗很长的时间，导致整个虚拟机的热迁移耗费很长时间。

现有技术中，为缩短虚拟机的热迁移时间，出现了延迟拷贝，也称为晚拷贝（postcopy）的方式。采用延迟拷贝方式进行虚拟机热迁移时，源端物理机中的热迁移服务单元将虚拟机运行所必须的上下文信息（简称虚拟机运行上下文信息）发送至目的端物理机中的热迁移服务单元中，目的端热迁移服务单元触发虚拟机在目的端物理机上运行。在虚拟机运行过程中，如果存在访问内存的需求（包括读、写需求），而对应的内存页还停留在源端物理机中，则触发缺页异常事件，目的端热迁移服务单元从源端物理机中拷贝对应的内存页，供目的端虚拟机对内存页进行读、写操作。为清楚的说明现有技术中虚拟机迁移时的具体过程，下面结合图 1 所示的虚拟机迁移系统架构图及交互逻辑示意图进行详细描述，其工作原理如下：1、目的端虚拟机接收读请求，读请求中包括第一内存页的标识。2、目的端虚拟机在内存中查找与第一内存页的标识对应的内存页。若内存中不存在与第一内存页的标识对应的内存页，则目的端虚拟

机将读缺页通知消息发送至目的端热迁移服务单元，读缺页通知消息中包括第一内存页的标识。3、目的端热迁移服务单元接收读缺页通知消息，并将读拷贝请求发送至源端热迁移服务单元，读拷贝请求中包括第一内存页的标识。4、源端热迁移服务单元接收读拷贝请求，并在源端虚拟机的内存中查找并获取与第一内存页的标识对应的内存页及其属性。5、源端热迁移服务单元将获取到的与第一内存页的标识对应的内存页及其属性发送至目的端热迁移服务单元。6、目的端热迁移服务单元接收与第一内存页的标识对应的内存页及其属性并存储在目的端虚拟机的内存中，供目的端虚拟机后续对第一内存页进行读操作。7、目的端虚拟机接收写请求，写请求中包括第二内存页的标识。8、目的端虚拟机在内存中查找与第二内存页的标识对应的内存页。若内存中不存在与第二内存页的标识对应的内存页，则目的端虚拟机将写缺页通知消息发送至目的端热迁移服务单元，写缺页通知消息中包括第二内存页的标识。9、目的端热迁移服务单元接收写缺页通知消息，并将写拷贝请求发送至源端热迁移服务单元，写拷贝请求中包括第二内存页的标识。10、源端热迁移服务单元接收写拷贝请求，并在源端虚拟机的内存中查找并获取与第二内存页的标识对应的内存页及其属性。11、源端热迁移服务单元将获取到的与第二内存页的标识对应的内存页及其属性发送至目的端热迁移服务单元。12、目的端热迁移服务单元接收与第二内存页的标识对应的内存页及其属性并存储在目的端虚拟机的内存中，供目的端虚拟机后续对第二内存页进行写操作。

但现有技术至少存在如下缺陷：在采用延迟拷贝方式进行虚拟机热迁移的过程中，出现网络中断、虚拟机在目的端物理机上创建失败等异常导致热迁移中断时，由于热迁移还未完成，目的端物理机中不具备全部的内存页，因此目的端物理机上不具有可以直接恢复的虚拟机实例，虚拟机在目的端物理机上不能独立运行，而由于虚拟机已经在目的端物理机上运行，源端物理机上的部分内存页已经过期，不具有可以直接恢复的虚拟机实例，因此虚拟机无法回滚至源端物理机上独立运行。

发明内容

本发明提供一种虚拟机热迁移处理方法及系统，以在热迁移失败后，将虚拟机回滚至源端物理机上独立运行。

为达到上述目的，本发明采用如下技术方案：

一方面，本发明提供一种虚拟机热迁移处理方法，包括：目的端物理机在延迟拷贝的方式下进行虚拟机热迁移失败后，根据记录的脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中；所述源端物理机将拷贝的所述各脏页内存页进行更新存储。

另一方面，本发明提供一种虚拟机热迁移处理方法，包括：在延迟拷贝的方式下，目的端物理机针对来自源端物理机的写请求，执行与所述写请求对应的虚拟机热迁移处理流程；所述目的端物理机在执行与所述写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，若所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将所述写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中。

另一方面，本发明提供一种虚拟机热迁移处理系统，包括源端物理机和目的端物理机，其中：所述目的端物理机，用于在延迟拷贝的方式下进行虚拟机热迁移失败后，根据记录的脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至所述源端物理机中；所述源端物理机，用于将拷贝的所述各脏页内存页进行更新存储。

另一方面，本发明提供一种虚拟机热迁移处理系统，包括源端物理机和目的端物理机，其中：所述目的端物理机，用于在延迟拷贝的方式下，针对来自源端物理机的写请求，执行与所述写请求对应的虚拟机热迁移处理流程；在执行与所述写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，若所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将所述写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中；

所述源端物理机，用于向所述目的端物理机发送写请求。

本发明提供的虚拟机热迁移处理方法及系统，在虚拟机热迁移失败后，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝

至源端物理机中进行更新存储，使得源端物理机上具有完整且最新的内存页，虚拟机可回滚至源端物理机上独立运行。

上述说明仅是本发明技术方案的概述，为了能够更清楚了解本发明的技术手段，而可依照说明书的内容予以实施，并且为了让本发明的上述和其它目的、特征和优点能够更明显易懂，以下特举本发明的具体实施方式。

附图说明

通过阅读下文优选实施方式的详细描述，各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的，而并不认为是对本发明的限制。而且在整个附图中，用相同的参考符号表示相同的部件。在附图中：

图 1 为现有的虚拟机迁移系统架构图及交互逻辑示意图；

图 2 为本发明提供的虚拟机热迁移处理方法一个实施例的流程示意图；

图 3 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图；

图 4 为图 3 所示实施例的虚拟机迁移处理方法一种可行实施方式的流程示意图；

图 5 为图 4 所示的虚拟机迁移处理方法对应的虚拟机迁移系统的架构图及交互逻辑示意图；

图 6 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图；

图 7 为图 6 所示实施例的虚拟机迁移处理方法一种可行实施方式的流程示意图；

图 8 为图 7 所示的虚拟机迁移处理方法对应的虚拟机迁移系统的架构图及交互逻辑示意图；

图 9 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图；

图 10 为图 9 所示实施例的虚拟机迁移处理方法一种可行实施方式的流程示意图;

图 11 为图 10 所示的虚拟机迁移处理方法对应的虚拟机迁移系统的架构图及交互逻辑示意图;

图 12 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图;

图 13 为图 12 所示实施例的虚拟机迁移处理方法一种可行实施方式的流程示意图;

图 14 为图 13 所示的虚拟机迁移处理方法对应的虚拟机迁移系统的架构图及交互逻辑示意图;

图 15 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图;

图 16 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图;

图 17 为图 16 所示实施例的虚拟机迁移处理方法一种可行实施方式的流程示意图;

图 18 为图 17 所示的虚拟机迁移处理方法对应的虚拟机迁移系统的架构图及交互逻辑示意图;

图 19 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图;

图 20 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图;

图 21 为图 20 所示实施例的虚拟机迁移处理方法一种可行实施方式的流程示意图;

图 22 为图 21 所示的虚拟机迁移处理方法对应的虚拟机迁移系统的架构图及交互逻辑示意图;

图 23 为本发明提供的虚拟机迁移处理系统一个实施例的结构示意图。

具体实施方式

下面将参照附图更详细地描述本公开的示例性实施例。虽然附图中显示了本公开的示例性实施例，然而应当理解，可以以各种形式实现本公开而不应被这里阐述的实施例所限制。相反，提供这些实施例是为了能够更透彻地理解本公开，并且能够将本公开的范围完整的传达给本领域的技术人员。

下面结合附图对本发明实施例的虚拟机热迁移处理方法及系统进行详细描述。

实施例一

图 2 为本发明提供的虚拟机热迁移处理方法一个实施例的流程示意图。如图 2 所示，本发明实施例的虚拟机热迁移处理方法为热迁移失败后的迁移回退流程，具体可包括:

S201，目的端物理机在延迟拷贝的方式下进行虚拟机热迁移失败后，根据记录的脏页记录表，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中。

具体的，在虚拟机从源端物理机热迁移至目的端物理机的过程中，因故障（包括网络故障和非网络故障）导致虚拟机热迁移失败后，目的端物理机根据虚拟机热迁移过程中记录的脏页记录表，脏页记录表中记录有各脏页内存页的标识，将与各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中。具体地，虚拟机热迁移失败的情形有多种，常见的情形如下:

1）在热迁移的过程中，出现了目的端物理机与源端物理机之间的网络传输异常，例如网络中断或者网络传输速度低于正常值较大或者存在波动等。

2）被迁移的虚拟机无法在目的端物理机上成功的创建虚拟机实例。造成这种情况的因素很多，例如被迁移的虚拟机所要求的 CPU 的物理特性在目的端物理机上无法满足，或者时钟同步异常，或者目的端物理机自身出现故障等。

3）虚拟机实例被创建后运行异常。例如，可能会由于在迁移的过程

中内存拷贝出错而导致运行异常，也可能会由于目的端物理机自身出现故障等而导致虚拟机实例运行异常。

鉴于上述情形，负责管理多个物理机的监控系统可以针对上述三种情况进行监控，当出现上述三种情形中的任何一种时，就确定为虚拟机热迁移失败，并向上述目的物理机发送虚拟机热迁移失败的通知消息，从而触发执行步骤 S201 的后续处理。其中，上述的第 1）种情形为网络故障，而第 2）和 3）中情形为非网络故障。在实际应用中，上述监控行为也可以有物理机自身的操作系统来完成，在发现异常后，目标物理机直接执行步骤 S201 的后续处理。

脏页内存页即在虚拟机热迁移过程中，在目的端物理机中进行过写操作的内存页。在虚拟机热迁移过程中记录脏页记录表的具体过程可参见下面实施例六-实施例九即图 15-图 21 所示实施例的虚拟机热迁移处理方法的主流程中的相关描述，此处不再赘述。

S202，源端物理机将拷贝的各脏页内存页进行更新存储。

具体的，源端物理机根据拷贝的各脏页内存页更新自身存储的与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页。

本发明实施例的虚拟机热迁移处理方法，在虚拟机热迁移失败后，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中进行更新存储，使得源端物理机上具有完整且最新的内存页，虚拟机可回滚至源端物理机上独立运行。

实施例二

图 3 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图。如图 3 所示，本发明实施例的虚拟机迁移处理方法为图 2 所示实施例的虚拟机迁移处理方法的一种可行实施方式，描述了非网络故障导致热迁移失败后采用预拷贝方式下的迁移回退流程，具体可包括:

图 2 所示实施例中的步骤 S201 具体可包括以下步骤 S301-S302。

S301，目的端物理机在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与脏页记录表中的各脏

页内存页的标识对应的各内存页作为各脏页内存页。

S302，目的端物理机将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页发送至源端物理机。

具体的，在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，由于目的端物理机与源端物理机之间仍可进行网络连接，在采用预拷贝方式下，目的端物理机可以直接将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页通过网络发送至源端物理机。

S303，源端物理机将接收到的各脏页内存页进行更新存储。

具体的，步骤 S303 与图 2 所示实施例中的步骤 S202 相同，具体过程此处不再赘述。

S304，源端物理机根据虚拟机运行上下文信息触发部署在源端物理机上的源端虚拟机在源端物理机上运行。

为清楚说明本发明实施例的虚拟机迁移处理方法的具体过程，图 4 给出了图 3 所示实施例的虚拟机迁移处理方法一种可行实施方式的流程示意图，源端物理机中部署有源端虚拟机和源端热迁移服务单元，目的物理机中部署有目的端虚拟机和目的端热迁移服务单元。如图 4 所示，包括:

S401，目的端热迁移服务单元接收目的端物理机发送的热迁移失败的通知消息，热迁移失败的通知消息中包括导致热迁移失败的非网络故障信息。

S402，目的端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识在目的端虚拟机的内存中查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页。

S403，目的端热迁移服务单元将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页发送至源端热迁移服务单元。

S404，源端热迁移服务单元将接收到的各脏页内存页更新存储至源端虚拟机的内存中。

S405，源端热迁移服务单元根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机在源端物理机上运行。

上述图 4 所示的虚拟机迁移处理方法对应的虚拟机迁移系统的架构图及非网络故障导致热迁移失败后采用预拷贝方式下的迁移回退流程的交互逻辑如图 5 所示，包括:

S501，目的端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识在目的端虚拟机的内存中查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页。

S502，目的端热迁移服务单元将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页发送至源端热迁移服务单元。

S503，源端热迁移服务单元将接收到的各脏页内存页更新存储至源端虚拟机的内存中。

S504，源端热迁移服务单元根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机在源端物理机上运行。

本发明实施例的虚拟机迁移处理方法，在虚拟机热迁移失败后，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中进行更新存储，使得源端物理机上具有完整且最新的内存页，虚拟机可回滚至源端物理机上独立运行。

实施例三

图 6 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图。如图 6 所示，本发明实施例的虚拟机迁移处理方法为图 2 所示实施例的虚拟机迁移处理方法的一种可行实施方式，描述了非网络故障导致热迁移失败后采用延迟拷贝方式下的迁移回退流程，具体可包括:

图 2 所示实施例中的步骤 S201 具体可包括以下步骤 S601-S605。

S601，目的端物理机在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，将虚拟机运行上下文信息和脏页记录表发送至源端物理机。

S602，源端物理机根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识将自身存储的与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页。

S603，源端物理机根据虚拟机运行上下文信息触发部署在源端物理

机上的源端虚拟机在源端物理机上运行。

S604，源端物理机接收内存访问请求，并查找与内存访问请求中的目标内存页的标识对应的内存页。

S605，若查找到的与目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则源端物理机从目的端物理机中获取与目标内存页的标识对应的内存页。

具体的，在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，由于目的端物理机与源端物理机之间仍可进行网络连接，在采用延迟拷贝（即按需拷贝）方式下，目的端物理机可以直接将虚拟机运行上下文信息和脏页记录表通过网络发送至源端物理机。源端物理机接收脏页记录表，并根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识将自身存储的与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页，并根据接收到的虚拟机运行上下文信息触发部署在源端物理机上的源端虚拟机在源端物理机上运行。当访问到源端物理机中被标记为无效页的内存页时，源端物理机从目的端物理机中获取对应的脏页内存页。其中，内存访问请求具体可为读请求或写请求。

相应的，图 2 所示实施例中的步骤 S202 具体为如下步骤 S606。

S606，源端物理机将获取到的与目标内存页的标识对应的内存页进行更新存储，并标记为有效页。

为清楚说明本发明实施例的虚拟机迁移处理方法的具体过程，图 7 给出了图 6 所示实施例的虚拟机迁移处理方法一种可行实施方式的流程示意图，源端物理机中部署有源端虚拟机和源端热迁移服务单元，目的物理机中部署有目的端虚拟机和目的端热迁移服务单元。如图 7 所示，包括:

S701，目的端热迁移服务单元接收目的端物理机发送的热迁移失败的通知消息，热迁移失败的通知消息中包括导致热迁移失败的非网络故障信息。

S702，目的端热迁移服务单元将虚拟机运行上下文信息和脏页记录表发送至源端热迁移服务单元。

S703，源端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识将源端虚拟机的内存中与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页。

S704，源端热迁移服务单元根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机在源端物理机上运行。

S705，源端虚拟机接收内存访问请求，并在内存中查找与内存访问请求中的目标内存页的标识对应的内存页。

S706，若查找到的与目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则源端虚拟机将缺页通知消息发送至源端热迁移服务单元，缺页通知消息中包括目标内存页的标识。

S707，源端热迁移服务单元接收缺页通知消息，并将拷贝请求发送至目的端热迁移服务单元，拷贝请求中包括目标内存页的标识。

S708，目的端热迁移服务单元接收拷贝请求，并在目的端虚拟机的内存中查找并获取与目标内存页的标识对应的内存页。

S709，目的端热迁移服务单元将获取到的与目标内存页的标识对应的内存页发送至源端热迁移服务单元。

S710，源端热迁移服务单元将接收到的与目标内存页的标识对应的内存页更新存储至源端虚拟机的内存中，并标记为有效页。

上述图 7 所示的虚拟机迁移处理方法对应的虚拟机迁移系统的架构图及非网络故障导致热迁移失败后采用延迟拷贝方式下的迁移回退流程的交互逻辑如图 8 所示，包括:

目的端热迁移服务单元在接收到目的端物理机发送的热迁移失败的通知消息（热迁移失败的通知消息中包括导致热迁移失败的非网络故障信息）后，

S801，目的端热迁移服务单元将虚拟机运行上下文信息和脏页记录表发送至源端热迁移服务单元。

S802，源端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识将源端虚拟机的内存中与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页。

S803，源端热迁移服务单元根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机在源端物理机上运行。

S804，源端虚拟机接收内存访问请求，内存访问请求中包括目标内存页的标识。

S805，源端虚拟机在内存中查找与目标内存页的标识对应的内存页。若查找到的与目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则源端虚拟机将缺页通知消息发送至源端热迁移服务单元，缺页通知消息中包括目标内存页的标识。

S806，源端热迁移服务单元接收缺页通知消息，并将拷贝请求发送至目的端热迁移服务单元，拷贝请求中包括目标内存页的标识。

S807，目的端热迁移服务单元接收拷贝请求，并在目的端虚拟机的内存中查找并获取与目标内存页的标识对应的内存页。

S808，目的端热迁移服务单元将获取到的与目标内存页的标识对应的内存页发送至源端热迁移服务单元。

S809，源端热迁移服务单元将接收到的与目标内存页的标识对应的内存页更新存储至源端虚拟机的内存中，并标记为有效页。本发明实施例的虚拟机迁移处理方法，在虚拟机热迁移失败后，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中进行更新存储，使得源端物理机上具有完整且最新的内存页，虚拟机可回滚至源端物理机上独立运行。

实施例四

图 9 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图。如图 9 所示，本发明实施例的虚拟机迁移处理方法为图 2 所示实施例的虚拟机迁移处理方法的一种可行实施方式，描述了网络故障导致热迁移失败后采用预拷贝方式下的迁移回退流程，具体可包括:

图 2 所示实施例中的步骤 S201 具体可包括以下步骤 S901-S903。

S901，目的端物理机在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与脏页记录表中的各脏页

内存页的标识对应的各内存页作为各脏页内存页。

S902，目的端物理机将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页存储至外部存储器中，并将外部存储器的迁移状态标志位设置为迁移失败状态。

S903，源端物理机定期轮询外部存储器的迁移状态标志位，当轮询到外部存储器中的迁移状态标志位为迁移失败状态时，从外部存储器中获取虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页。

具体的，在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，对于目的端物理机与源端物理机之间的网络链路与存储链路为分离链路的情况，由于目的端物理机与源端物理机之间不可进行网络连接，在采用预拷贝方式下，目的端物理机可以将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页存储至外部存储器中，源端物理机再从外部存储器中获取虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页。

S904，源端物理机将获取到的各脏页内存页进行更新存储。

具体的，步骤 S904 与图 2 所示实施例中的步骤 S202 相同，具体过程此处不再赘述。

S905，源端物理机根据虚拟机运行上下文信息触发部署在源端物理机上的源端虚拟机在源端物理机上运行。

为清楚说明本发明实施例的虚拟机迁移处理方法的具体过程，图 10 给出了图 9 所示实施例的虚拟机迁移处理方法一种可行实施方式的流程示意图，源端物理机中部署有源端虚拟机和源端热迁移服务单元，目的物理机中部署有目的端虚拟机和目的端热迁移服务单元，源端物理机与目的物理机之间通过外部存储器建立存储链路。如图 10 所示，包括:

S1001，目的端热迁移服务单元接收目的端物理机发送的热迁移失败的通知消息，热迁移失败的通知消息中包括导致热迁移失败的网络故障信息。

S1002，目的端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识在目的端虚拟机的内存中查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页。

S1003，目的端热迁移服务单元将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页存储至外部存储器中，并将外部存储器的迁移状态标志位设置为迁移失败状态。

S1004，源端热迁移服务单元定期轮询外部存储器的迁移状态标志位，当轮询到外部存储器中的迁移状态标志位为迁移失败状态时，从外部存储器中获取虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页。

S1005，源端热迁移服务单元将接收到的各脏页内存页更新存储至源端虚拟机的内存中。

S1006，源端热迁移服务单元根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机在源端物理机上运行。

上述图 10 所示的虚拟机迁移处理方法对应的虚拟机迁移系统的架构图及网络故障导致热迁移失败后采用预拷贝方式下的迁移回退流程的交互逻辑如图 11 所示，包括:

目的端热迁移服务单元在接收到目的端物理机发送的热迁移失败的通知消息（热迁移失败的通知消息中包括导致热迁移失败的网络故障信息）后，

S1101，目的端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识在目的端虚拟机的内存中查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页。

S1102，目的端热迁移服务单元将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页存储至外部存储器中，并将外部存储器的迁移状态标志位设置为迁移失败状态。

S1103，源端热迁移服务单元定期轮询外部存储器的迁移状态标志位，当轮询到外部存储器中的迁移状态标志位为迁移失败状态时，从外部存储器中获取虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页。

S1104，源端热迁移服务单元将接收到的各脏页内存页更新存储至源端虚拟机的内存中。

S1105，源端热迁移服务单元根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机在源端物理机上运行。

本发明实施例的虚拟机迁移处理方法，在虚拟机热迁移失败后，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中进行更新存储，使得源端物理机上具有完整且最新的内存页，虚拟机可回滚至源端物理机上独立运行。

实施例五

图 12 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图。如图 12 所示，本发明实施例的虚拟机迁移处理方法为图 2 所示实施例的虚拟机迁移处理方法的一种可行实施方式，描述了网络故障导致热迁移失败后采用延迟拷贝方式下的迁移回退流程，具体可包括:

图 2 所示实施例中的步骤 S201 具体可包括以下步骤 S1201-S1207。

S1201，目的端物理机在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页作为各脏页内存页。

S1202，目的端物理机将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页存储至外部存储器中，并将外部存储器的迁移状态标志位设置为迁移失败状态。

S1203，源端物理机定期轮询外部存储器的迁移状态标志位，当轮询到外部存储器中的迁移状态标志位为迁移失败状态时，从外部存储器中获取虚拟机运行上下文信息和脏页记录表。

S1204，源端物理机根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识将自身存储的与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页。

S1205，源端物理机根据虚拟机运行上下文信息触发部署在源端物理机上的源端虚拟机在源端物理机上运行。

S1206，源端物理机接收内存访问请求，并查找与内存访问请求中的目标内存页的标识对应的内存页。

S1207，若查找到的与目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则源端物理机从外部存储器中获取与目标内存页的标识对应的内存

页。

具体的，在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，对于目的端物理机与源端物理机之间的网络链路与存储链路为分离链路的情况，由于目的端物理机与源端物理机之间不可进行网络连接，在采用延迟拷贝（即按需拷贝）方式下，目的端物理机可以将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页存储至外部存储器中。源端物理机再从外部存储器中获取虚拟机运行上下文信息和脏页记录表。源端物理机根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识将自身存储的与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页，并根据获取到的虚拟机运行上下文信息触发部署在源端物理机上的源端虚拟机在源端物理机上运行。当访问到源端物理机中被标记为无效页的内存页时，源端物理机从外部存储器中获取对应的脏页内存页。其中，内存访问请求具体可为读请求或写请求。

相应的，图 2 所示实施例中的步骤 S202 具体为如下步骤 S1208。

S1208，源端物理机将获取到的与目标内存页的标识对应的内存页进行更新存储，并标记为有效页。

为清楚说明本发明实施例的虚拟机迁移处理方法的具体过程，图 13 给出了图 12 所示实施例的虚拟机迁移处理方法一种可行实施方式的流程示意图，源端物理机中部署有源端虚拟机和源端热迁移服务单元，目的物理机中部署有目的端虚拟机和目的端热迁移服务单元，源端物理机与目的物理机之间通过外部存储器建立存储链路。如图 13 所示，包括：

S1301，目的端热迁移服务单元接收目的端物理机发送的热迁移失败的通知消息，热迁移失败的通知消息中包括导致热迁移失败的网络故障信息。

S1302，目的端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识在目的端虚拟机的内存中查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页。

S1303，目的端热迁移服务单元将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页存储至外部存储器中，并将外部存储器的迁移状态标

志位设置为迁移失败状态。

S1304，源端热迁移服务单元定期轮询外部存储器的迁移状态标志位，当轮询到外部存储器中的迁移状态标志位为迁移失败状态时，从外部存储器中获取虚拟机运行上下文信息和脏页记录表。

S1305，源端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识将源端虚拟机的内存中与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页。

S1306，源端热迁移服务单元根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机在源端物理机上运行。

S1307，源端虚拟机接收内存访问请求，并在内存中查找与内存访问请求中的目标内存页的标识对应的内存页。

S1308，若查找到的与目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则源端虚拟机将缺页通知消息发送至源端热迁移服务单元，缺页通知消息中包括目标内存页的标识。

S1309，源端热迁移服务单元接收缺页通知消息，并从外部存储器中获取与目标内存页的标识对应的内存页。

S1310，源端热迁移服务单元将获取到的与目标内存页的标识对应的内存页更新存储至源端虚拟机的内存中，并标记为有效页。

上述图 13 所示的虚拟机迁移处理方法对应的虚拟机迁移系统的架构图及网络故障导致热迁移失败后采用延迟拷贝方式下的迁移回退流程的交互逻辑如图 14 所示，包括:

目的端热迁移服务单元在接收到目的端物理机发送的热迁移失败的通知消息（热迁移失败的通知消息中包括导致热迁移失败的网络故障信息）后，

S1401，目的端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识在目的端虚拟机的内存中查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页。

S1402，目的端热迁移服务单元将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页存储至外部存储器中，并将外部存储器的迁移状态标

志位设置为迁移失败状态。

S1403，源端热迁移服务单元定期轮询外部存储器的迁移状态标志位，当轮询到外部存储器中的迁移状态标志位为迁移失败状态时，从外部存储器中获取虚拟机运行上下文信息和脏页记录表。

S1404，源端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识将源端虚拟机的内存中与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页。

S1405，源端热迁移服务单元根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机在源端物理机上运行。

S1406，源端虚拟机接收内存访问请求，内存访问请求中包括目标内存页的标识。

S1407，源端虚拟机在内存中查找与目标内存页的标识对应的内存页。若查找到的与目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则源端虚拟机将缺页通知消息发送至源端热迁移服务单元，缺页通知消息中包括目标内存页的标识。

S1408，源端热迁移服务单元接收缺页通知消息，并从外部存储器中获取与目标内存页的标识对应的内存页。

S1409，源端热迁移服务单元将获取到的与目标内存页的标识对应的内存页更新存储至源端虚拟机的内存中，并标记为有效页。

本发明实施例的虚拟机迁移处理方法，在虚拟机热迁移失败后，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中进行更新存储，使得源端物理机上具有完整且最新的内存页，虚拟机可回滚至源端物理机上独立运行。

实施例六

图 15 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图。如图 15 所示，本发明实施例的虚拟机迁移处理方法为虚拟机热迁移处理方法的主流程，可与图 2-图 13 所示的虚拟机迁移失败后的迁移回退流程相结合实施，也可单独实施，具体可包括:

S1501，在延迟拷贝的方式下，目的端物理机针对来自源端物理机的写请求，执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程。

S1502，目的端物理机在执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，若写请求对应的内存页的属性为可读写，则将写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中。

具体的，目的端物理机通过在执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，若写请求对应的内存页的属性为可读写，则将写请求对应的内存页的标识（即在目的端物理机中待进行写操作的内存页的标识）记录在脏页记录表中，方便在图 2-图 13 所示的虚拟机迁移失败后的迁移回退流程中，将与脏页记录表中的各内存页的标识对应的各脏页内存页（即在目的端物理机中进行过写操作的内存页）拷贝至源端物理机中。此处需要说明的是，虚拟机从源端物理机迁移至目的端物理机的过程中，拷贝内存页时连同内存页的属性一同拷贝，即同一内存页在源端物理机中的属性与在目的端物理机中的属性需一致，即在源端物理机中属性为只读的内存页拷贝至目的端物理机中后的属性仍为只读，在源端物理机中属性为可读写的内存页拷贝至目的端物理机中后的属性仍为可读写，因此若写请求对应的内存页的属性为只读，则无法对该内存页进行写操作，该内存页的标识也不会记录在脏页记录表中。

本发明实施例的虚拟机热迁移处理方法，目的端物理机通过在执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，将写请求对应的且属性为可读写的内存页的标识记录在脏页记录表中，方便在虚拟机热迁移失败后，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中进行更新存储，使得源端物理机上具有完整且最新的内存页，虚拟机可回滚至源端物理机上独立运行。

实施例七

图 16 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图。如图 16 所示，本发明实施例的虚拟机迁移处理方法为图 15 所示实施例的虚拟机迁移处理方法的一种可行实施方式，描述了虚拟机热迁

移处理方法的主流程，可与图 2-图 13 所示的虚拟机迁移失败后的迁移回退流程相结合实施，也可单独实施，具体可包括:

图 15 所示实施例中的步骤 S1501 具体可包括如下步骤 S1601-S1603。

S1601，目的端物理机接收写请求。

S1602，目的端物理机查找与写请求对应的内存页是否存在。

S1603，若目的端物理机中不存在与写请求对应的内存页，则目的端物理机从源端物理机获取与写请求对应的内存页及写请求对应的内存页的属性并存储。

图 15 所示实施例中的步骤 S1502 具体可为如下步骤 S1604。

S1604，目的端物理机当从源端物理机获取到与写请求对应的内存页及写请求对应的内存页的属性时，若获取到的与写请求对应的内存页的属性为可读写，则将获取到的与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中。

为清楚的说明本发明实施例的虚拟机迁移处理方法的具体过程，图 17 给出了图 16 所示实施例的虚拟机迁移处理方法一种可行实施方式的流程示意图，源端物理机中部署有源端虚拟机和源端热迁移服务单元，目的物理机中部署有目的端虚拟机和目的端热迁移服务单元。如图 17 所示，包括:

S1701，目的端虚拟机接收写请求，写请求中包括内存页的标识。

S1702，目的端虚拟机在内存中查找与内存页的标识对应的内存页。

S1703，若内存中不存在与内存页的标识对应的内存页，则目的端虚拟机将写缺页通知消息发送至目的端热迁移服务单元，写缺页通知消息中包括内存页的标识。

S1704，目的端热迁移服务单元接收写缺页通知消息，并将写拷贝请求发送至源端热迁移服务单元，写拷贝请求中包括内存页的标识。

S1705，源端热迁移服务单元接收写拷贝请求，并在源端虚拟机的内存中查找并获取与内存页的标识对应的内存页及其属性。

S1706，源端热迁移服务单元将获取到的与内存页的标识对应的内存

页及其属性发送至目的端热迁移服务单元。

S1707，目的端热迁移服务单元接收与内存页的标识对应的内存页及其属性并存储在目的虚拟机的内存中，并将接收到的属性为可读写的内存页的标识记录在脏页记录表中，结束流程。

S1708，若内存中存在与内存页的标识对应的内存页且属性为可读写，则目的端虚拟机将脏页记录通知消息发送至目的端热迁移服务单元，脏页记录通知消息中包括内存页的标识。

S1709，目的端热迁移服务单元接收脏页记录通知消息，并将内存页的标识记录在脏页记录表中，结束流程。

上述图 17 所示的虚拟机热迁移处理方法对应的虚拟机迁移系统的架构图及虚拟机迁移处理方法的主流程的交互逻辑如图 18 所示，以目的端虚拟机的内存中不存在与写请求中的内存页的标识对应的内存页为例，包括:

S1801，目的端虚拟机接收写请求，写请求中包括内存页的标识。

S1802，目的端虚拟机在内存中查找与内存页的标识对应的内存页。若内存中不存在与内存页的标识对应的内存页，则目的端虚拟机将写缺页通知消息发送至目的端热迁移服务单元，写缺页通知消息中包括内存页的标识。

S1803，目的端热迁移服务单元接收写缺页通知消息，并将写拷贝请求发送至源端热迁移服务单元，写拷贝请求中包括内存页的标识。

S1804，源端热迁移服务单元接收写拷贝请求，并在源端虚拟机的内存中查找并获取与内存页的标识对应的内存页及其属性。

S1805，源端热迁移服务单元将获取到的与内存页的标识对应的内存页及其属性发送至目的端热迁移服务单元。

S1806，目的端热迁移服务单元接收与内存页的标识对应的内存页及其属性并存储在目的端虚拟机的内存中，供目的端虚拟机后续对内存页进行写操作，并将接收到的属性为可读写的内存页的标识记录在脏页记录表中。

本发明实施例的虚拟机热迁移处理方法，目的端物理机通过在执行

与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，将写请求对应的且属性为可读写的内存页的标识记录在脏页记录表中，方便在虚拟机热迁移失败后，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中进行更新存储，使得源端物理机上具有完整且最新的内存页，虚拟机可回滚至源端物理机上独立运行。

实施例八

图 19 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图。如图 19 所示，本发明实施例的虚拟机迁移处理方法为图 15 所示实施例的虚拟机迁移处理方法的一种可行实施方式，描述了虚拟机热迁移处理方法的主流程，可与图 2-图 13 所示的虚拟机迁移失败后的迁移回退流程相结合实施，也可单独实施，具体可包括:

S1901，目的端物理机针对来自源端物理机的读请求，执行与读请求对应的虚拟机热迁移处理流程。

S1902，目的端物理机在执行与读请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，将从源端物理机获取到的与读请求对应的内存页的属性设置为只读。

S1903，目的端物理机针对写请求，执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程。

图 15 所示实施例中的步骤 S1502 具体可为如下步骤 S1904。

S1904，目的端物理机在执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，若从源端物理机获取到的与写请求对应的内存页的属性为可读写，则将与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中，或自身存储有与写请求对应且属性为只读的内存页，且该内存页在从源端物理机获取到时的属性为可读写，则将与写请求对应的内存页的属性设置为可读写，并将与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中。

具体的，目的端物理机通过在执行与读请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，将从源端物理机获取到的与读请求对应的内存页的属性设置为只读，并在执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程

中，若从源端物理机获取到的与写请求对应的内存页的属性为可读写，则将与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中，或自身存储有与写请求对应且属性为只读的内存页，且该内存页在从源端物理机获取到时的属性为可读写，则将与写请求对应的内存页的属性设置为可读写，并将与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中，即将在目的端物理机中待进行第一次写操作且原始属性为可读写的内存页的标识记录在脏页记录表中，避免将多次待进行写操作且原始属性为可读写的同一内存页的标识记录在脏页记录表中，造成资源浪费。

本发明实施例的虚拟机热迁移处理方法，目的端物理机通过在执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，将写请求对应的且属性为可读写的内存页的标识记录在脏页记录表中，方便在虚拟机热迁移失败后，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中进行更新存储，使得源端物理机上具有完整且最新的内存页，虚拟机可回滚至源端物理机上独立运行。

实施例九

图 20 为本发明提供的虚拟机迁移处理方法又一个实施例的流程示意图。如图 20 所示，本发明实施例的虚拟机迁移处理方法为图 19 所示实施例的虚拟机迁移处理方法的一种可行实施方式，描述了虚拟机热迁移处理方法的主流程，可与图 2-图 13 所示的虚拟机迁移失败后的迁移回退流程相结合实施，也可单独实施，具体可包括:

图 19 所示实施例中的步骤 S1901 具体可包括如下步骤 S2001-S2003。

S2001，目的端物理机接收读请求。

S2002，目的端物理机查找与读请求对应的内存页是否存在。

S2003，若目的端物理机中不存在与读请求对应的内存页，则目的端物理机从源端物理机获取与读请求对应的内存页及读请求对应的内存页的属性并存储。

图 19 所示实施例中的步骤 S1902 具体可为如下步骤 S2004。

S2004，目的端物理机将从源端物理机获取到的与读请求对应的内存页的属性设置为只读。

图 19 所示实施例中的步骤 S1903 具体可包括如下步骤 S2005-S2008。

S2005，目的端物理机接收写请求。

S2006，目的端物理机查找与写请求对应的内存页是否存在。

S2007，若目的端物理机中不存在与写请求对应的内存页，则目的端物理机从源端物理机获取与写请求对应的内存页及写请求对应的内存页的属性并存储。

图 19 所示实施例中的步骤 S1904 具体可包括如下步骤 S2008-S2009。

S2008，当目的端物理机中不存在与写请求对应的内存页，从源端物理机获取到与写请求对应的内存页及其属性时，若获取到的与写请求对应的内存页的属性为可读写，则将获取到的与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中。

S2009，当目的端物理机中存在与写请求对应的内存页且属性为只读时，且该内存页在从源端物理机获取到时的属性为可读写，则将与写请求对应的内存页的属性设置为可读写，并将与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中。

为清楚的说明本发明实施例的虚拟机迁移处理方法的具体过程，图 21 给出了图 20 所示实施例的虚拟机迁移处理方法一种可行实施方式的流程示意图，源端物理机中部署有源端虚拟机和源端热迁移服务单元，目的物理机中部署有目的端虚拟机和目的端热迁移服务单元。如图 21 所示，包括:

S2101，目的端虚拟机接收读请求，读请求中包括第一内存页的标识。

S2102，目的端虚拟机在内存中查找与第一内存页的标识对应的内存页。

S2103，若内存中不存在与第一内存页的标识对应的内存页，则目的端虚拟机将读缺页通知消息发送至目的端热迁移服务单元，读缺页通知消息中包括第一内存页的标识。

S2104，目的端热迁移服务单元接收读缺页通知消息，并将读拷贝请求发送至源端热迁移服务单元，读拷贝请求中包括第一内存页的标识。

S2105，源端热迁移服务单元接收读拷贝请求，并在源端虚拟机的内存中查找并获取与第一内存页的标识对应的内存页及其属性。

S2106，源端热迁移服务单元将获取到的与第一内存页的标识对应的内存页及其属性发送至目的端热迁移服务单元。

S2107，目的端热迁移服务单元接收与第一内存页的标识对应的内存页及其属性并存储在目的虚拟机的内存中，并将与第一内存页的标识对应的内存页的属性设置为只读。

S2108，目的端虚拟机接收写请求，写请求中包括第二内存页的标识。

S2109，目的端虚拟机在目的端虚拟机的内存中查找与第二内存页的标识对应的内存页。

S2110，若内存中不存在与第二内存页的标识对应的内存页，则目的端虚拟机将写缺页通知消息发送至目的端热迁移服务单元，写缺页通知消息中包括第二内存页的标识。

S2111，目的端热迁移服务单元接收写缺页通知消息，并将写拷贝请求发送至源端热迁移服务单元，写拷贝请求中包括第二内存页的标识。

S2112，源端热迁移服务单元接收写拷贝请求，并在源端虚拟机的内存中查找并获取与第二内存页的标识对应的内存页及其属性。

S2113，源端热迁移服务单元将获取到的与第二内存页的标识对应的内存页及其属性发送至目的端热迁移服务单元。

S2114，目的端热迁移服务单元接收与第二内存页的标识对应的内存页及其属性并存储在目的虚拟机的内存中，若获取到的与写请求对应的内存页的属性为可读写，则将获取到的第二内存页的标识记录在脏页记录表中，结束流程。

S2115，若内存中存在与第二内存页的标识对应的内存页且属性为只读，且该内存页在从源端物理机获取到时的属性为可读写，则则目的端虚拟机将脏页记录通知消息发送至目的端热迁移服务单元，脏页记录通知消息中包括第二内存页的标识。

S2116，目的端热迁移服务单元接收脏页记录通知消息，并将与第二内存页的标识对应的内存页设置为可读写，并将第二内存页的标识记录在脏页记录表中，结束流程。

上述图 21 所示的虚拟机热迁移处理方法对应的虚拟机迁移系统的架构图及虚拟机迁移处理方法的主流程的交互逻辑如图 22 所示，以目的端虚拟机的内存中不存在与读、写请求中的内存页的标识对应的内存页为例，包括:

S2201，目的端虚拟机接收读请求，读请求中包括第一内存页的标识。

S2202，目的端虚拟机在内存中查找与第一内存页的标识对应的内存页。若内存中不存在与第一内存页的标识对应的内存页，则目的端虚拟机将读缺页通知消息发送至目的端热迁移服务单元，读缺页通知消息中包括第一内存页的标识。

S2203，目的端热迁移服务单元接收读缺页通知消息，并将读拷贝请求发送至源端热迁移服务单元，读拷贝请求中包括第一内存页的标识。

S2204，源端热迁移服务单元接收读拷贝请求，并在源端虚拟机的内存中查找并获取与第一内存页的标识对应的内存页及其属性。

S2205，源端热迁移服务单元将获取到的与第一内存页的标识对应的内存页及其属性发送至目的端热迁移服务单元。

S2206，目的端热迁移服务单元接收与第一内存页的标识对应的内存页及其属性并存储在目的虚拟机的内存中，供目的端虚拟机后续对第一内存页进行读操作，并将与第一内存页的标识对应的内存页的属性设置为只读。

S2207，目的端虚拟机接收写请求，写请求中包括第二内存页的标识。

S2208，目的端虚拟机在内存中查找与第二内存页的标识对应的内存页。若内存中不存在与第二内存页的标识对应的内存页，则目的端虚拟机将写缺页通知消息发送至目的端热迁移服务单元，写缺页通知消息中包括第二内存页的标识。

S2209，目的端热迁移服务单元接收写缺页通知消息，并将写拷贝请求发送至源端热迁移服务单元，写拷贝请求中包括第二内存页的标识。

S2210，源端热迁移服务单元接收写拷贝请求，并在源端虚拟机的内存中查找并获取与第二内存页的标识对应的内存页及其属性。

S2211，源端热迁移服务单元将获取到的与第二内存页的标识对应的内存页及其属性发送至目的端热迁移服务单元。

S2212，目的端热迁移服务单元接收与第二内存页的标识对应的内存页及其属性并存储在目的虚拟机的内存中，供目的端虚拟机后续对内存页进行写操作。若获取到的与写请求对应的内存页的属性为可读写，则将获取到的第二内存页的标识记录在脏页记录表中。

本发明实施例的虚拟机热迁移处理方法，目的端物理机通过在执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，将写请求对应的且属性为可读写的内存页的标识记录在脏页记录表中，方便在虚拟机热迁移失败后，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中进行更新存储，使得源端物理机上具有完整且最新的内存页，虚拟机可回滚至源端物理机上独立运行。

实施例十

图 23 为本发明提供的虚拟机迁移处理系统一个实施例的结构示意图。本发明实施例的虚拟机迁移处理系统可执行图 2-图 21 任一所示实施例的虚拟机迁移处理方法。如图 23 所示，本发明实施例的虚拟机迁移处理系统具体可包括源端物理机 231 和目的端物理机 232，源端物理机 231 上部署有源端虚拟机 233 和源端热迁移服务单元 234，目的端物理机 232 上部署有目的端虚拟机 235 和目的端热迁移服务单元 236。

在虚拟机热迁移失败后的迁移回退流程中：

目的端物理机 232，用于在延迟拷贝的方式下进行虚拟机热迁移失败后，根据记录的脏页记录表，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机 231 中。具体关于虚拟机热迁移失败的判断方式已经在实施例一中进行了说明。

源端物理机 231，用于将拷贝的各脏页内存页进行更新存储。

作为第一种可行实施方式，在非网络故障导致热迁移失败后采用预

拷贝方式的情况下，目的端物理机 232 具体用于：在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页作为各脏页内存页；将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页发送至源端物理机 231。

进一步的，源端物理机 231 还用于：在将拷贝的各脏页内存页进行更新存储之后，根据虚拟机运行上下文信息触发部署在源端物理机 231 上的源端虚拟机 233 在源端物理机 231 上运行。

作为第二种可行实施方式，在非网络故障导致热迁移失败后采用延迟拷贝方式的情况下，目的端物理机 232 具体用于：在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，将虚拟机运行上下文信息和脏页记录表发送至源端物理机 231。

源端物理机 231 还用于：根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识将自身存储的与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页；根据虚拟机运行上下文信息触发部署在源端物理机 231 上的源端虚拟机 233 在源端物理机 231 上运行；接收内存访问请求，并查找与内存访问请求中的目标内存页的标识对应的内存页；若查找到的与目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则从目的端物理机 232 中获取与目标内存页的标识对应的内存页。

进一步的，源端物理机 231 具体用于：将获取到的与目标内存页的标识对应的内存页进行更新存储，并标记为有效页。

作为第三种可行实施方式，在网络故障导致热迁移失败后采用预拷贝方式的情况下，本发明实施例的虚拟机迁移处理系统还可包括外部存储器 237。目的端物理机 232 具体用于：在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页作为各脏页内存页；将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页存储至外部存储器 237 中，并将外部存储器 237 的迁移状态标志位设置为迁移失败状态。

源端物理机 231 还用于：定期轮询外部存储器 237 的迁移状态标志

位，当轮询到外部存储器 237 中的迁移状态标志位为迁移失败状态时，从外部存储器 237 中获取虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页。

进一步的，源端物理机 231 还用于：根据虚拟机运行上下文信息触发部署在源端物理机 231 上的源端虚拟机 233 在源端物理机 231 上运行。

作为第四种可行实施方式，在网络故障导致热迁移失败后采用延迟拷贝方式的情况下，本发明实施例的虚拟机迁移处理系统还可包括外部存储器 237。目的端物理机 232 具体用于：在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页作为各脏页内存页；将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页存储至外部存储器 237 中，并将外部存储器 237 的迁移状态标志位设置为迁移失败状态。

源端物理机 231 还用于：定期轮询外部存储器 237 的迁移状态标志位，当轮询到外部存储器 237 中的迁移状态标志位为迁移失败状态时，从外部存储器 237 中获取虚拟机运行上下文信息和脏页记录表；根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识将自身存储的与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页；根据虚拟机运行上下文信息触发部署在源端物理机 231 上的源端虚拟机 233 在源端物理机 231 上运行；接收内存访问请求，并查找与内存访问请求中的目标内存页的标识对应的内存页；若查找到的与目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则从外部存储器 237 中获取与目标内存页的标识对应的内存页。

进一步的，源端物理机 231 具体用于：将获取到的与目标内存页的标识对应的内存页进行更新存储，并标记为有效页。

在虚拟机热迁移处理方法的主流程中：

目的端物理机 232，用于在延迟拷贝的方式下，针对来自源端物理机的写请求，执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程；在执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，若写请求对应的内存页的属性为可读写，则将写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中。

源端物理机 231，用于向所述目的端物理机发送写请求。

进一步的，目的端物理机 232 具体用于：接收写请求；查找与写请求对应的内存页是否存在；若自身不存在与写请求对应的内存页，则从源端物理机 231 获取与写请求对应的内存页及写请求对应的内存页的属性并存储。

进一步的，目的端物理机 232 具体用于：当从源端物理机获取到与写请求对应的内存页及写请求对应的内存页的属性时，若获取到的与写请求对应的内存页的属性为可读写，则将获取到的与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中。

进一步的，源端物理机 231 还用于向目的端物理机 232 发送读请求。

相应地，目的端物理机 232 还用于：针对来自源端物理机 231 读请求，执行与读请求对应的虚拟机热迁移处理流程；在执行与读请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，将从源端物理机 231 获取到的与读请求对应的内存页的属性设置为只读。

进一步的，目的端物理机 232 具体用于：接收读请求；查找与读请求对应的内存页是否存在；若自身不存在与读请求对应的内存页，则从源端物理机 231 获取与读请求对应的内存页及读请求对应的内存页的属性并存储。

进一步的，目的端物理机 232 具体用于：当从源端物理机 231 获取到与写请求对应的内存页时，若获取到的与写请求对应的内存页的属性为可读写，则将与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中。

进一步的，目的端物理机 232 还用于：当自身存在与写请求对应的内存页且属性为只读时，若存在的与写请求对应的内存页在从源端物理机获取到时的属性为可读写，则将与写请求对应的内存页的属性设置为可读写，并将与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中。

具体的，本发明实施例的虚拟机热迁移处理系统中各物理机、各虚拟机和各热迁移服务单元实现其功能的具体过程可参见上述图 2-图 21 所示方法实施例中的相关描述，此处不再赘述。

本发明实施例的虚拟机热迁移处理系统，在虚拟机热迁移失败后，

将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中进行更新存储，使得源端物理机上具有完整且最新的内存页，虚拟机可回滚至源端物理机上独立运行。

本领域普通技术人员可以理解：实现上述各方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成。前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中。该程序在执行时，执行包括上述各方法实施例的步骤；而前述的存储介质包括：ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

权 利 要 求 书

1、一种虚拟机热迁移处理方法，其特征在于，包括:

目的端物理机在延迟拷贝的方式下进行虚拟机热迁移失败后，根据记录的脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中;

所述源端物理机将拷贝的所述各脏页内存页进行更新存储。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在虚拟机热迁移失败后，根据记录的脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中，包括:

所述目的端物理机在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据记录的所述脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的所述各脏页内存页采用预拷贝的方式拷贝至所述源端物理机中。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据记录的所述脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的所述各脏页内存页采用预拷贝的方式拷贝至所述源端物理机中，包括:

所述目的端物理机在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页作为所述各脏页内存页;

所述目的端物理机将虚拟机运行上下文信息、所述脏页记录表和所述各脏页内存页发送至所述源端物理机。

4、根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述源端物理机将拷贝的所述各脏页内存页进行更新存储之后，还包括:

所述源端物理机根据所述虚拟机运行上下文信息触发部署在所述源端物理机上的源端虚拟机在所述源端物理机上运行。

5、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在虚拟机热迁移失败后，根据记录的脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中，包括:

所述目的端物理机在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据记

录的所述脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的所述各脏页内存页采用延迟拷贝的方式拷贝至所述源端物理机中。

6、根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据记录的所述脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的所述各脏页内存页采用延迟拷贝的方式拷贝至所述源端物理机中，包括:

所述目的端物理机在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，将虚拟机运行上下文信息和所述脏页记录表发送至所述源端物理机;

所述源端物理机根据所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识将自身存储的与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页;

所述源端物理机根据所述虚拟机运行上下文信息触发部署在所述源端物理机上的源端虚拟机在所述源端物理机上运行;

所述源端物理机接收内存访问请求，并查找与所述内存访问请求中的目标内存页的标识对应的内存页;

若查找到的与所述目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则所述源端物理机从所述目的端物理机中获取与所述目标内存页的标识对应的内存页。

7、根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述源端物理机将拷贝的所述各脏页内存页进行更新存储，包括:

所述源端物理机将获取到的与所述目标内存页的标识对应的内存页进行更新存储，并标记为有效页。

8、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在虚拟机热迁移失败后，根据记录的脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中，包括:

所述目的端物理机在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据记录的所述脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的所述各脏页内存页采用预拷贝的方式拷贝至所述源端物理机中。

9、根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在

网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据记录的所述脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的所述各脏页内存页采用预拷贝的方式拷贝至所述源端物理机中，包括:

所述目的端物理机在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页作为所述各脏页内存页;

所述目的端物理机将虚拟机运行上下文信息、所述脏页记录表和所述各脏页内存页存储至外部存储器中，并将所述外部存储器的迁移状态标志位设置为迁移失败状态;

所述源端物理机定期轮询所述外部存储器的所述迁移状态标志位，当轮询到所述外部存储器中的所述迁移状态标志位为所述迁移失败状态时，从所述外部存储器中获取所述虚拟机运行上下文信息、所述脏页记录表和所述各脏页内存页。

10、根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述源端物理机将拷贝的所述各脏页内存页进行更新存储之后，还包括:

所述源端物理机根据所述虚拟机运行上下文信息触发部署在所述源端物理机上的源端虚拟机在所述源端物理机上运行。

11、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在虚拟机热迁移失败后，根据记录的脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中，包括:

所述目的端物理机在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据记录的所述脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的所述各脏页内存页采用延迟拷贝的方式拷贝至所述源端物理机中。

12、根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据记录的所述脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的所述各脏页内存页采用延迟拷贝的方式拷贝至所述源端物理机中，包括:

所述目的端物理机在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据所述

脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页作为所述各脏页内存页;

所述目的端物理机将虚拟机运行上下文信息、所述脏页记录表和所述各脏页内存页存储至外部存储器中，并将所述外部存储器的迁移状态标志位设置为迁移失败状态;

所述源端物理机定期轮询所述外部存储器的所述迁移状态标志位，当轮询到所述外部存储器中的所述迁移状态标志位为所述迁移失败状态时，从所述外部存储器中获取所述虚拟机运行上下文信息和所述脏页记录表;

所述源端物理机根据所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识将自身存储的与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页;

所述源端物理机根据所述虚拟机运行上下文信息触发部署在所述源端物理机上的源端虚拟机在所述源端物理机上运行;

所述源端物理机接收内存访问请求，并查找与所述内存访问请求中的目标内存页的标识对应的内存页;

若查找到的与所述目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则所述源端物理机从所述外部存储器中获取与所述目标内存页的标识对应的内存页。

13、根据权利要求 12 所述的方法，其特征在于，所述源端物理机将拷贝的所述各脏页内存页进行更新存储，包括:

所述源端物理机将获取到的与所述目标内存页的标识对应的内存页进行更新存储，并标记为有效页。

14、根据权利要求 1-13 任一项所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在虚拟机热迁移失败后，根据记录的脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中之前，还包括:

所述目的端物理机在针对各写请求执行虚拟机热迁移处理流程的过程中，若所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将所述各写请求

对应的各内存页的标识记录在所述脏页记录表中。

15、根据权利要求 14 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在针对各写请求执行虚拟机热迁移处理流程的过程中，若所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将所述各写请求对应的各内存页的标识记录在所述脏页记录表中，包括:

所述目的端物理机当从所述源端物理机获取到与所述写请求对应的内存页及所述写请求对应的内存页的属性时，若获取到的与所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将获取到的与所述写请求对应的内存页的标识记录在所述脏页记录表中。

16、根据权利要求 14 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在虚拟机热迁移失败后，根据记录的脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中之前，还包括:

所述目的端物理机在针对读请求执行与所述读请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，将从所述源端物理机获取到的与所述读请求对应的内存页的属性设置为只读。

17、根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在针对各写请求执行虚拟机热迁移处理流程的过程中，若所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将所述各写请求对应的各内存页的标识记录在所述脏页记录表中，包括:

当所述目的端物理机从所述源端物理机获取到与所述写请求对应的内存页时，若获取到的与所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将与所述写请求对应的内存页的标识记录在所述脏页记录表中。

18、根据权利要求 17 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在针对各写请求执行虚拟机热迁移处理流程的过程中，若所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将所述各写请求对应的各内存页的标识记录在所述脏页记录表中，还包括:

当所述目的端物理机中存在与所述写请求对应的内存页且属性为只读时，若存在的与所述写请求对应的内存页在从所述源端物理机获取到

时的属性为可读写，则将与所述写请求对应的内存页的属性设置为可读写，并将与所述写请求对应的内存页的标识记录在所述脏页记录表中。

19、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，还包括:

在进行虚拟机的热迁移的过程中，监控所述目的端物理机与所述源端物理机之间的网络传输是否异常和/或虚拟机实例是否创建异常和/或虚拟机实例被创建后是否运行正常;

如果出现网络传输异常或虚拟机实例创建异常或创建后的虚拟机实例运行异常，向所述目的端物理机发送虚拟机热迁移失败的通知消息。

20、一种虚拟机热迁移处理方法，其特征在于，包括:

在延迟拷贝的方式下，目的端物理机针对来自源端物理机的写请求，执行与所述写请求对应的虚拟机热迁移处理流程;

所述目的端物理机在执行与所述写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，若所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将所述写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中。

21、根据权利要求 20 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机针对写请求，执行与所述写请求对应的虚拟机热迁移处理流程，包括:

所述目的端物理机接收所述写请求;

所述目的端物理机查找与所述写请求对应的内存页是否存在;

若所述目的端物理机中不存在与所述写请求对应的内存页，则所述目的端物理机从源端物理机获取与所述写请求对应的内存页及所述写请求对应的内存页的属性并存储。

22、根据权利要求 21 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在执行与所述写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，若所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将所述写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中，包括:

所述目的端物理机当从所述源端物理机获取到与所述写请求对应的内存页及所述写请求对应的内存页的属性时，若获取到的与所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将获取到的与所述写请求对应的内存页的标识记录在所述脏页记录表中。

23、根据权利要求 21 所述的方法，其特征在于，还包括:

所述目的端物理机针对来自所述源端物理机的读请求，执行与所述读请求对应的虚拟机热迁移处理流程;

所述目的端物理机在执行与所述读请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，将从所述源端物理机获取到的与所述读请求对应的内存页的属性设置为只读。

24、根据权利要求 23 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机针对读请求，执行与所述读请求对应的虚拟机热迁移处理流程，包括:

所述目的端物理机接收所述读请求;

所述目的端物理机查找与所述读请求对应的内存页是否存在;

若所述目的端物理机中不存在与所述读请求对应的内存页，则所述目的端物理机从源端物理机获取与所述读请求对应的内存页及所述读请求对应的内存页的属性并存储。

25、根据权利要求 24 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在执行与所述写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，若所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将所述写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中，包括:

当所述目的端物理机从所述源端物理机获取到与所述写请求对应的内存页时，若获取到的与所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将与所述写请求对应的内存页的标识记录在所述脏页记录表中。

26、根据权利要求 25 所述的方法，其特征在于，所述目的端物理机在执行与所述写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，若所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将所述写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中，还包括:

当所述目的端物理机中存在与所述写请求对应的内存页且属性为只读时，若存在的与所述写请求对应的内存页在从所述源端物理机获取到时的属性为可读写，则将与所述写请求对应的内存页的属性设置为可读写，并将与所述写请求对应的内存页的标识记录在所述脏页记录表中。

27、一种虚拟机热迁移处理系统，其特征在于，包括源端物理机和

目的端物理机，其中：

所述目的端物理机，用于在延迟拷贝的方式下进行虚拟机热迁移失败后，根据记录的脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至所述源端物理机中；

所述源端物理机，用于将拷贝的所述各脏页内存页进行更新存储。

28、根据权利要求 27 所述的系统，其特征在于，所述目的端物理机具体用于：

在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据记录的所述脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的所述各脏页内存页采用预拷贝的方式拷贝至所述源端物理机中。

29、根据权利要求 28 所述的系统，其特征在于，所述目的端物理机具体用于：

在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页作为所述各脏页内存页；

将虚拟机运行上下文信息、所述脏页记录表和所述各脏页内存页发送至所述源端物理机。

30、根据权利要求 29 所述的系统，其特征在于，所述源端物理机还用于：

在所述将拷贝的所述各脏页内存页进行更新存储之后，根据所述虚拟机运行上下文信息触发部署在所述源端物理机上的源端虚拟机在所述源端物理机上运行。

31、根据权利要求 27 所述的系统，其特征在于，所述目的端物理机具体用于：

在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据记录的所述脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的所述各脏页内存页采用延迟拷贝的方式拷贝至所述源端物理机中。

32、根据权利要求 31 所述的系统，其特征在于，所述目的端物理机具体用于：

在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，将虚拟机运行上下文信息和所述脏页记录表发送至所述源端物理机；

所述源端物理机还用于：

根据所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识将自身存储的与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页；

根据所述虚拟机运行上下文信息触发部署在所述源端物理机上的源端虚拟机在所述源端物理机上运行；

接收内存访问请求，并查找与所述内存访问请求中的目标内存页的标识对应的内存页；

若查找到的与所述目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则从所述目的端物理机中获取与所述目标内存页的标识对应的内存页。

33、根据权利要求 32 所述的系统，其特征在于，所述源端物理机具体用于：

将获取到的与所述目标内存页的标识对应的内存页进行更新存储，并标记为有效页。

34、根据权利要求 27 所述的系统，其特征在于，所述目的端物理机具体用于：

在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据记录的所述脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的所述各脏页内存页采用预拷贝的方式拷贝至所述源端物理机中。

35、根据权利要求 34 所述的系统，其特征在于，还包括外部存储器；

所述目的端物理机具体用于：

在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页作为所述各脏页内存页；

将虚拟机运行上下文信息、所述脏页记录表和所述各脏页内存页存储至外部存储器中，并将所述外部存储器的迁移状态标志位设置为迁移失败状态；

所述源端物理机还用于:

定期轮询所述外部存储器的所述迁移状态标志位，当轮询到所述外部存储器中的所述迁移状态标志位为所述迁移失败状态时，从所述外部存储器中获取所述虚拟机运行上下文信息、所述脏页记录表和所述各脏页内存页。

36、根据权利要求 35 所述的系统，其特征在于，所述源端物理机还用于:

根据所述虚拟机运行上下文信息触发部署在所述源端物理机上的源端虚拟机在所述源端物理机上运行。

37、根据权利要求 27 所述的系统，其特征在于，所述目的端物理机具体用于:

在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据记录的所述脏页记录表，将与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的所述各脏页内存页采用延迟拷贝的方式拷贝至所述源端物理机中。

38、根据权利要求 37 所述的系统，其特征在于，还包括外部存储器;

所述目的端物理机具体用于:

在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页作为所述各脏页内存页;

将虚拟机运行上下文信息、所述脏页记录表和所述各脏页内存页存储至外部存储器中，并将所述外部存储器的迁移状态标志位设置为迁移失败状态;

所述源端物理机还用于:

定期轮询所述外部存储器的所述迁移状态标志位，当轮询到所述外部存储器中的所述迁移状态标志位为所述迁移失败状态时，从所述外部存储器中获取所述虚拟机运行上下文信息和所述脏页记录表;

根据所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识将自身存储的与所述脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页;

根据所述虚拟机运行上下文信息触发部署在所述源端物理机上的源

端虚拟机在所述源端物理机上运行;

接收内存访问请求，并查找与所述内存访问请求中的目标内存页的标识对应的内存页;

若查找到的与所述目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则从所述外部存储器中获取与所述目标内存页的标识对应的内存页。

39、根据权利要求 38 所述的系统，其特征在于，所述源端物理机具体用于:

将获取到的与所述目标内存页的标识对应的内存页进行更新存储，并标记为有效页。

40、根据权利要求 27 所述的系统，其特征在于，

在进行虚拟机的热迁移的过程中，所述目的端物理机监控所述目的端物理机与所述源端物理机之间的网络传输是否异常和/或虚拟机实例是否被创建异常和/或虚拟机实例被创建后是否运行正常，

如果出现网络传输异常或虚拟机实例创建异常或创建后的虚拟机实例运行异常，则向所述目的端物理机发送虚拟机热迁移失败的通知消息。

41、一种虚拟机热迁移处理系统，其特征在于，包括源端物理机和目的端物理机，其中:

所述目的端物理机，用于在延迟拷贝的方式下，针对来自源端物理机的写请求，执行与所述写请求对应的虚拟机热迁移处理流程；在执行与所述写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，若所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将所述写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中;

所述源端物理机，用于向所述目的端物理机发送写请求。

42、根据权利要求 41 所述的系统，其特征在于，所述目的端物理机具体用于:

接收所述写请求;

查找与所述写请求对应的内存页是否存在;

若自身不存在与所述写请求对应的内存页，则从源端物理机获取与所述写请求对应的内存页及所述写请求对应的内存页的属性并存储。

43、根据权利要求 42 所述的系统，其特征在于，所述目的端物理机具体用于：

当从所述源端物理机获取到与所述写请求对应的内存页及所述写请求对应的内存页的属性时，若获取到的与所述写请求对应的内存页的属性为可读写，则将获取到的与所述写请求对应的内存页的标识记录在所述脏页记录表中。

44、根据权利要求 42 所述的系统，其特征在于，

所述源端物理机还用于向所述目的端物理机发送读请求；

所述目的端物理机还用于：

针对来自所述源端物理机的所述读请求，执行与所述读请求对应的虚拟机热迁移处理流程；

在执行与所述读请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，将从所述源端物理机获取到的与所述读请求对应的内存页的属性设置为只读。

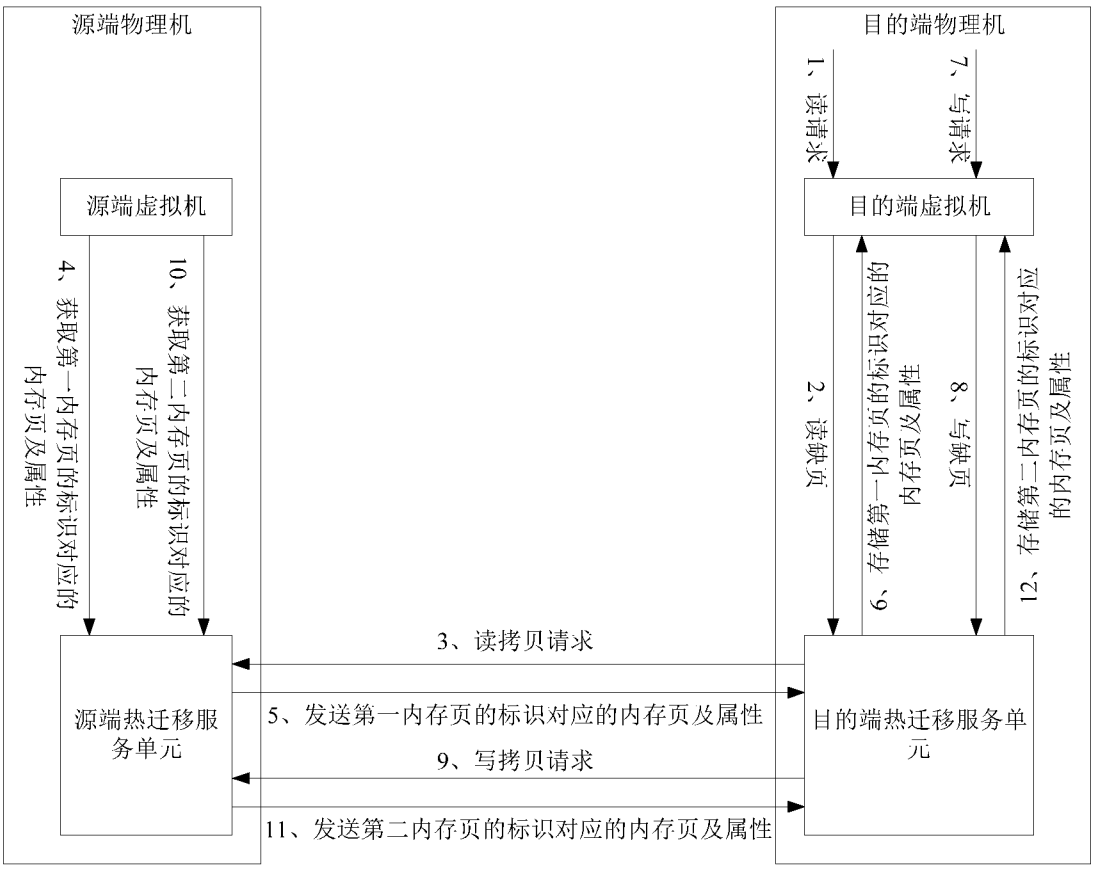

源端物理机
目的端物理机
源端虚拟机
目的端虚拟机
1、读请求
7、写请求
2、读页
8、写页
4、获取第一内存页的标识对应的内存页及属性
10、获取第二内存页的标识对应的内存页及属性
6、存储第一内存页的标识对应的内存页及属性
12、存储第二内存页的标识对应的内存页及属性
3、读拷贝请求
5、发送第一内存页的标识对应的内存页及属性
9、写拷贝请求
11、发送第二内存页的标识对应的内存页及属性
源端热迁移服务单元
目的端热迁移服务单元

图 1

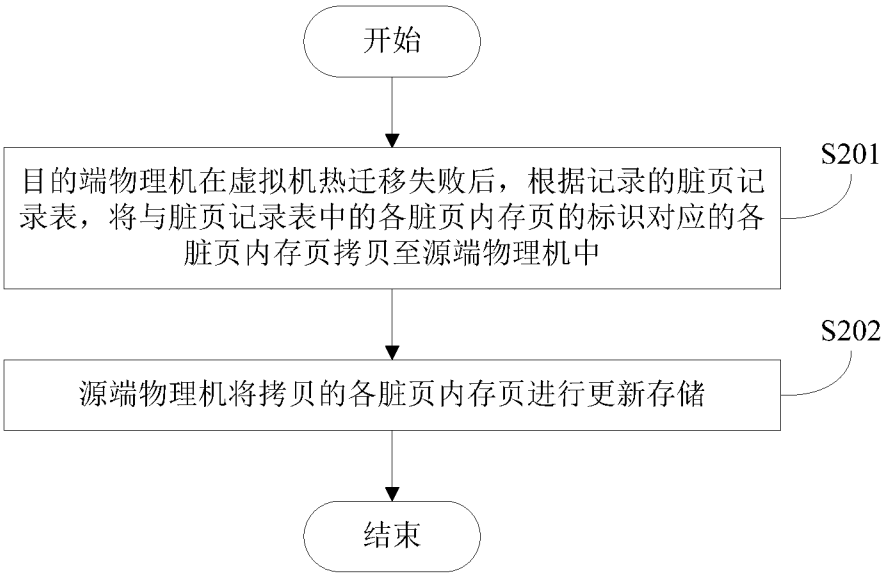

开始
目的端物理机在虚拟机热迁移失败后，根据记录的脏页记录表，将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页拷贝至源端物理机中
S201
源端物理机将拷贝的各脏页内存页进行更新存储
S202
结束

图 2

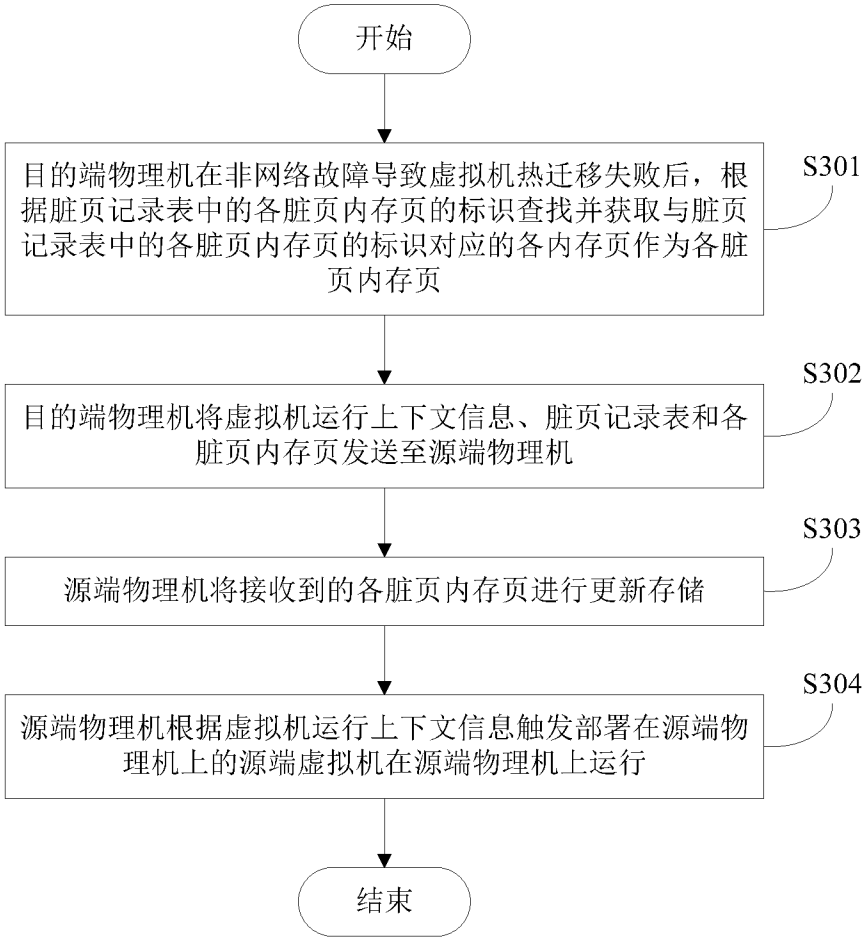

开始
目的端物理机在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页作为各脏页内存页
S301
目的端物理机将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页发送至源端物理机
S302
源端物理机将接收到的各脏页内存页进行更新存储
S303
源端物理机根据虚拟机运行上下文信息触发部署在源端物理机上的源端虚拟机在源端物理机上运行
S304
结束

图 3

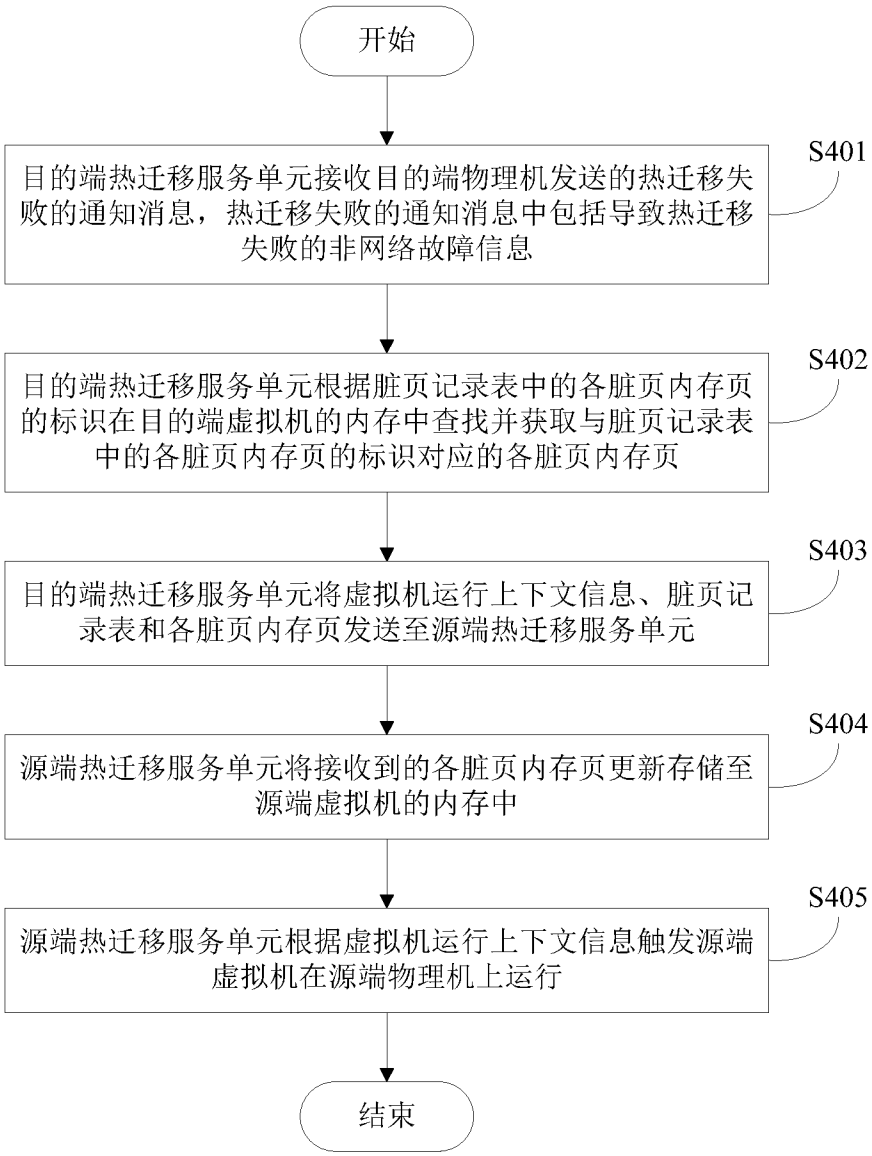

开始
目的端热迁移服务单元接收目的端物理机发送的热迁移失败的通知消息，热迁移失败的通知消息中包括导致热迁移失败的非网络故障信息
S401
目的端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识在目的端虚拟机的内存中查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页
S402
目的端热迁移服务单元将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页发送至源端热迁移服务单元
S403
源端热迁移服务单元将接收到的各脏页内存页更新存储至源端虚拟机的内存中
S404
源端热迁移服务单元根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机在源端物理机上运行
S405
结束

图 4

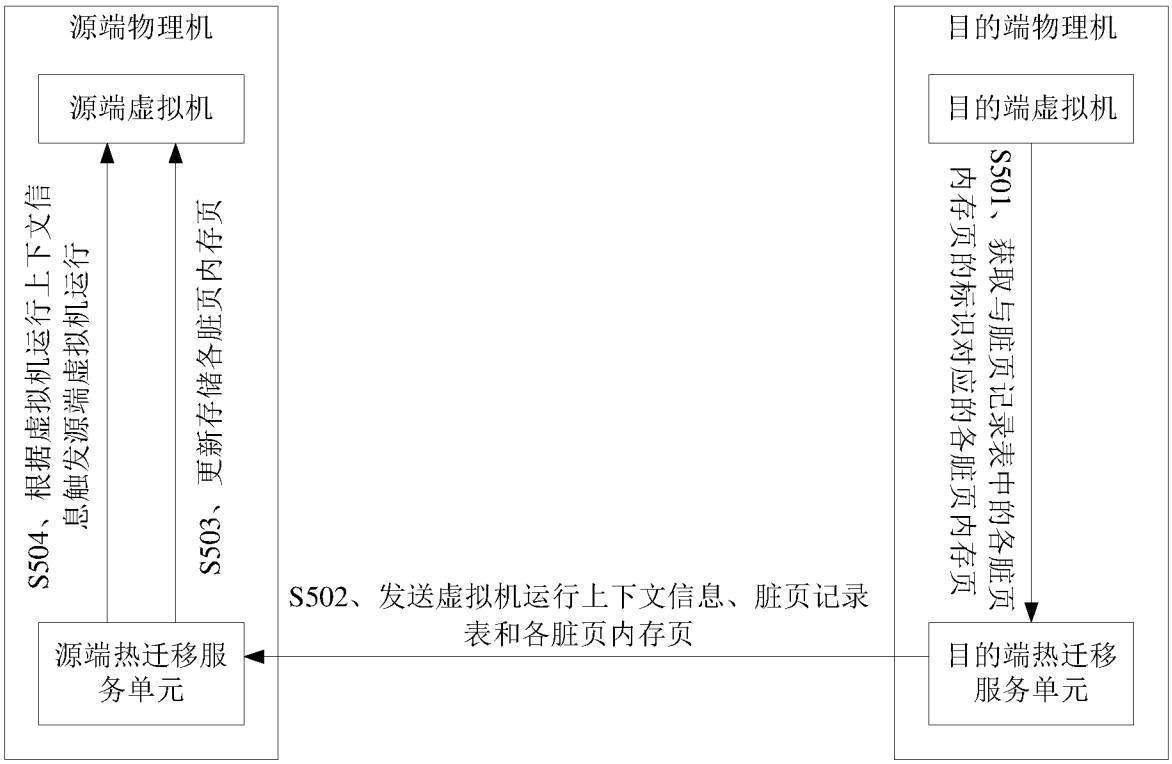

源端物理机
源端虚拟机
源端热迁移服务单元
S504、根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机运行
S503、更新存储各脏页内存页
目的端物理机
目的端虚拟机
目的端热迁移服务单元
S501、获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页
S502、发送虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页

图 5

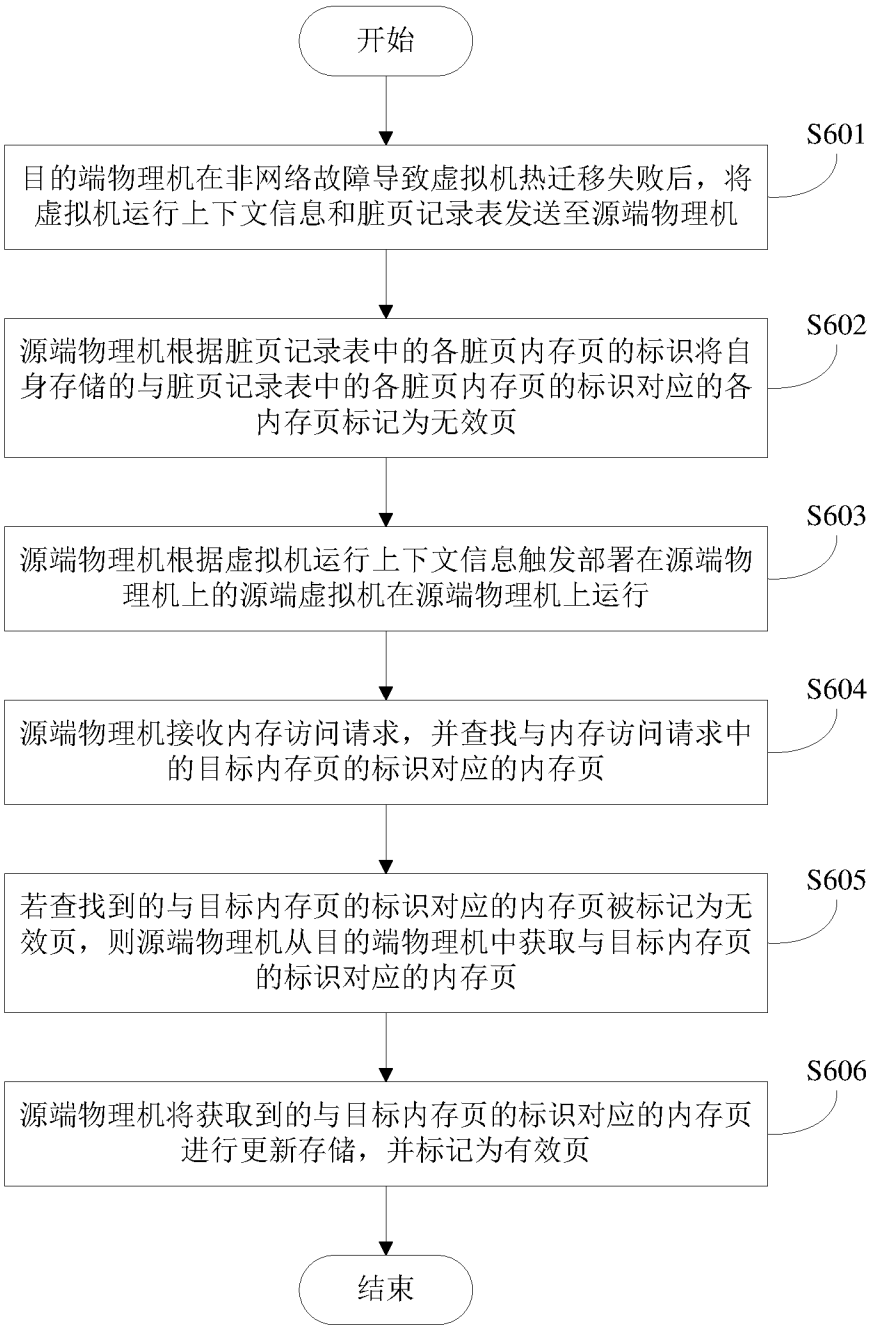

开始
S601
目的端物理机在非网络故障导致虚拟机热迁移失败后，将虚拟机运行上下文信息和脏页记录表发送至源端物理机
S602
源端物理机根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识将自身存储的与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页
S603
源端物理机根据虚拟机运行上下文信息触发部署在源端物理机上的源端虚拟机在源端物理机上运行
S604
源端物理机接收内存访问请求，并查找与内存访问请求中的目标内存页的标识对应的内存页
S605
若查找到的与目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则源端物理机从目的端物理机中获取与目标内存页的标识对应的内存页
S606
源端物理机将获取到的与目标内存页的标识对应的内存页进行更新存储，并标记为有效页
结束

图 6

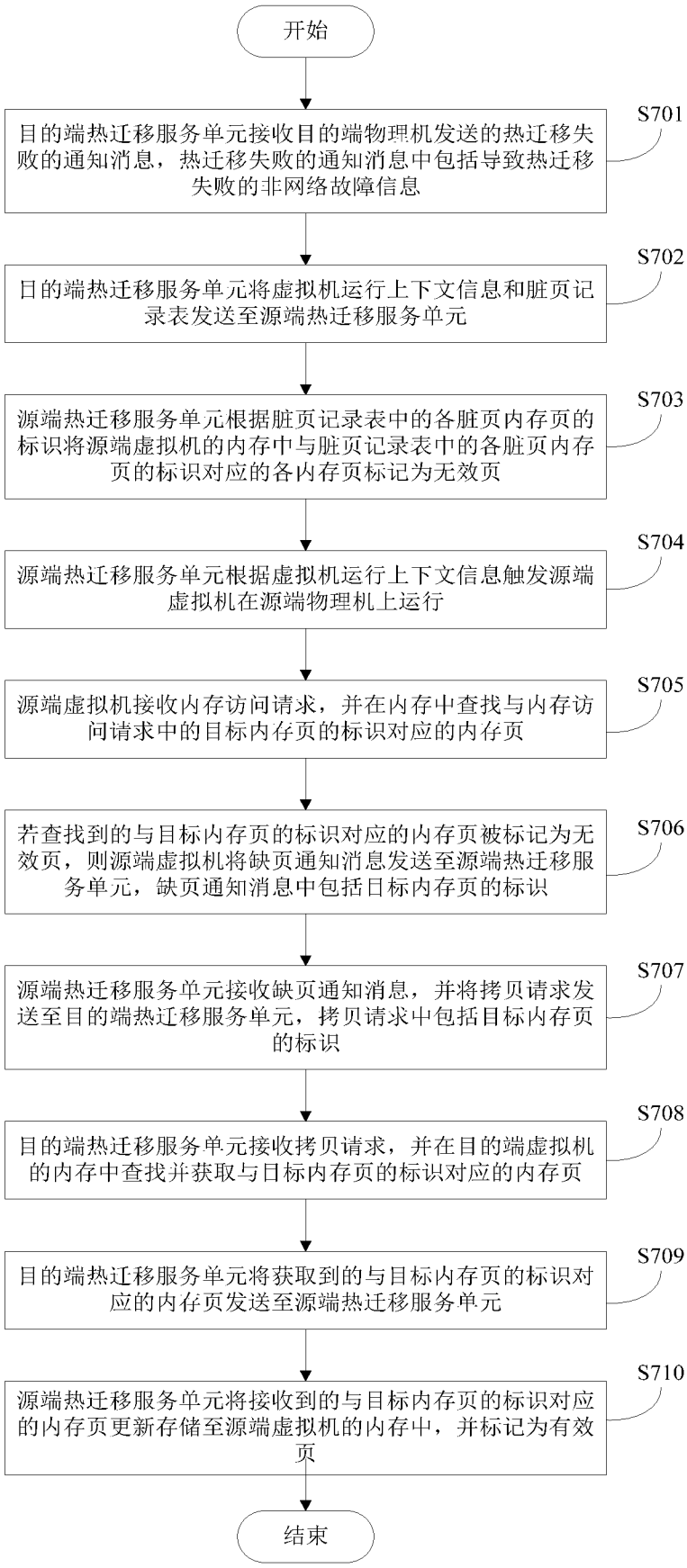

开始
目的端热迁移服务单元接收目的端物理机发送的热迁移失败的通知消息，热迁移失败的通知消息中包括导致热迁移失败的非网络故障信息
S701
目的端热迁移服务单元将虚拟机运行上下文信息和脏页记录表发送至源端热迁移服务单元
S702
源端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识将源端虚拟机的内存中与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页
S703
源端热迁移服务单元根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机在源端物理机上运行
S704
源端虚拟机接收内存访问请求，并在内存中查找与内存访问请求中的目标内存页的标识对应的内存页
S705
若查找到的与目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则源端虚拟机将缺页通知消息发送至源端热迁移服务单元，缺页通知消息中包括目标内存页的标识
S706
源端热迁移服务单元接收缺页通知消息，并将拷贝请求发送至目的端热迁移服务单元，拷贝请求中包括目标内存页的标识
S707
目的端热迁移服务单元接收拷贝请求，并在目的端虚拟机的内存中查找并获取与目标内存页的标识对应的内存页
S708
目的端热迁移服务单元将获取到的与目标内存页的标识对应的内存页发送至源端热迁移服务单元
S709
源端热迁移服务单元将接收到的与目标内存页的标识对应的内存页更新存储至源端虚拟机的内存中，并标记为有效页
S710
结束

图 7

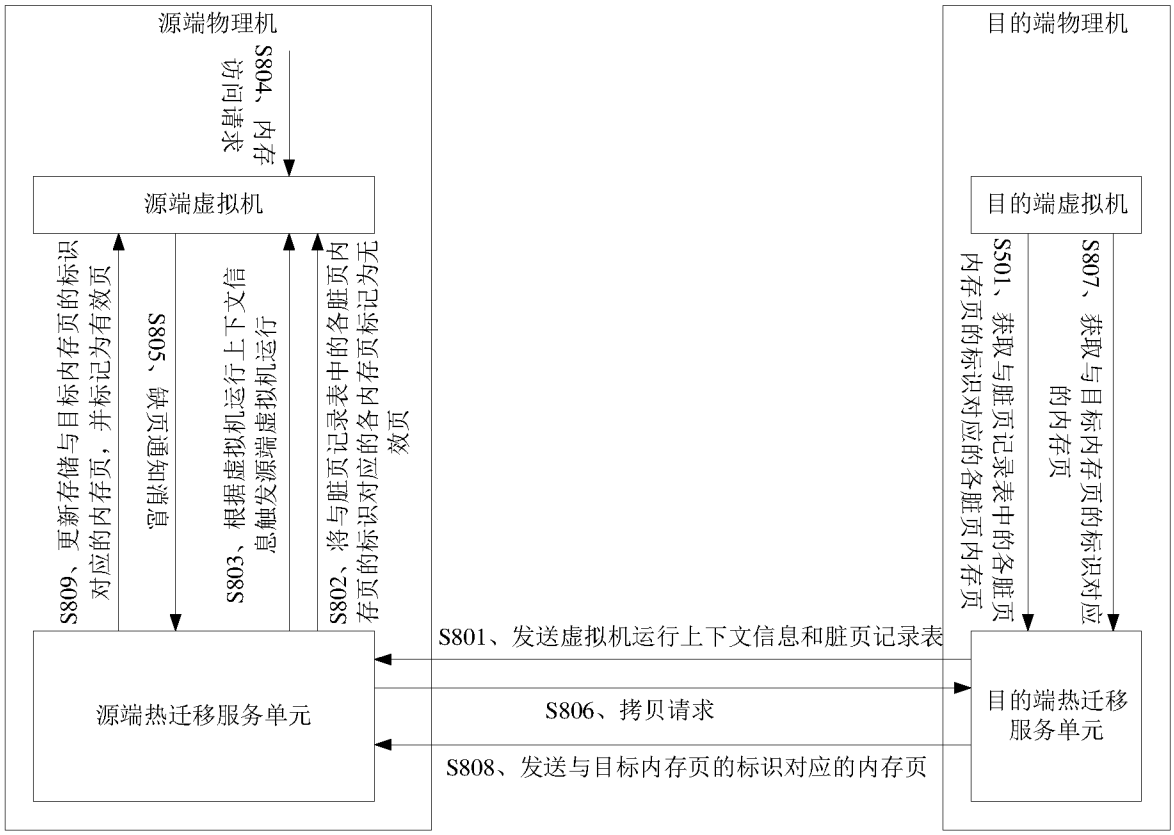

源端物理机
目的端物理机
S804、内存访问请求
源端虚拟机
目的端虚拟机
S809、更新存储与目标内存页的标识对应的内存页，并标记为有效页
S805、锁页通知消息
S803、根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机运行
S802、将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页
S501、获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页
S807、获取与目标内存页的标识对应的内存页
S801、发送虚拟机运行上下文信息和脏页记录表
S806、拷贝请求
S808、发送与目标内存页的标识对应的内存页
源端热迁移服务单元
目的端热迁移服务单元

图 8

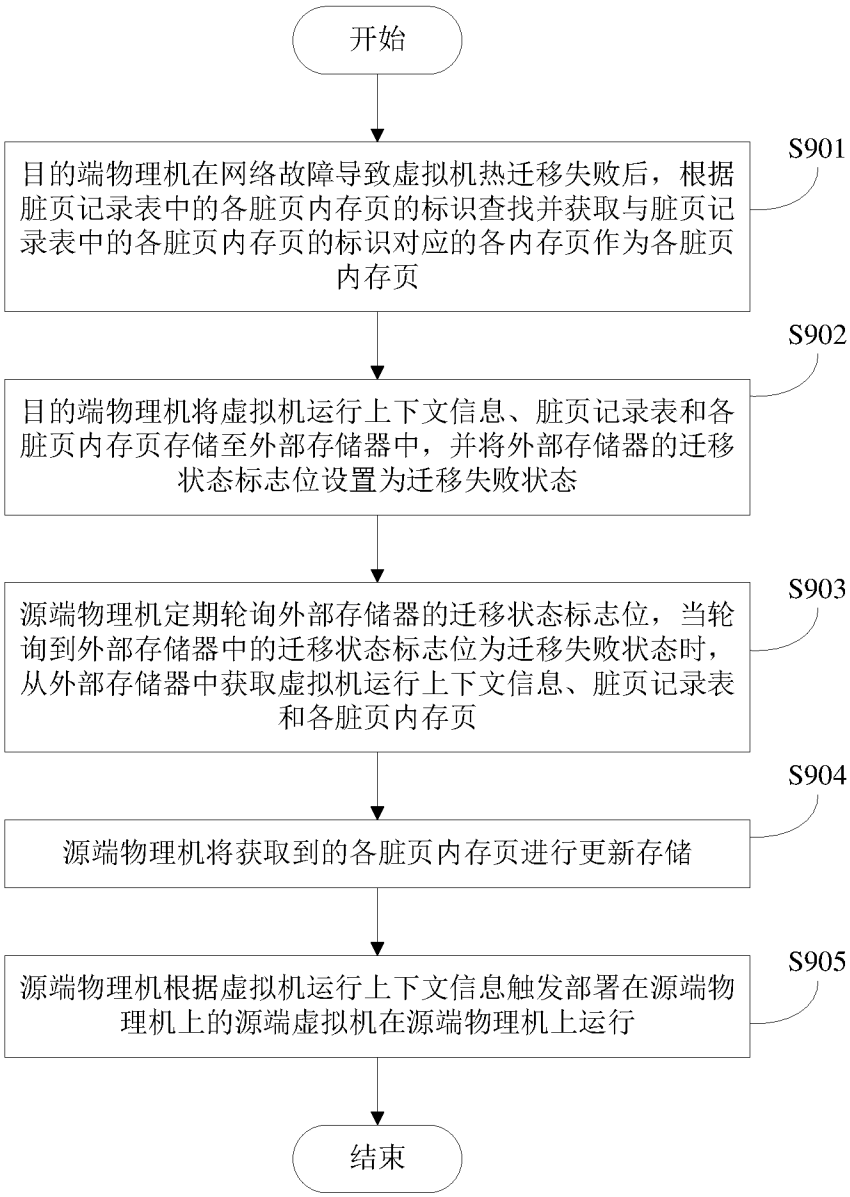

开始
目的端物理机在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页作为各脏页内存页
S901
目的端物理机将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页存储至外部存储器中，并将外部存储器的迁移状态标志位设置为迁移失败状态
S902
源端物理机定期轮询外部存储器的迁移状态标志位，当轮询到外部存储器中的迁移状态标志位为迁移失败状态时，从外部存储器中获取虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页
S903
源端物理机将获取到的各脏页内存页进行更新存储
S904
源端物理机根据虚拟机运行上下文信息触发部署在源端物理机上的源端虚拟机在源端物理机上运行
S905
结束

图 9

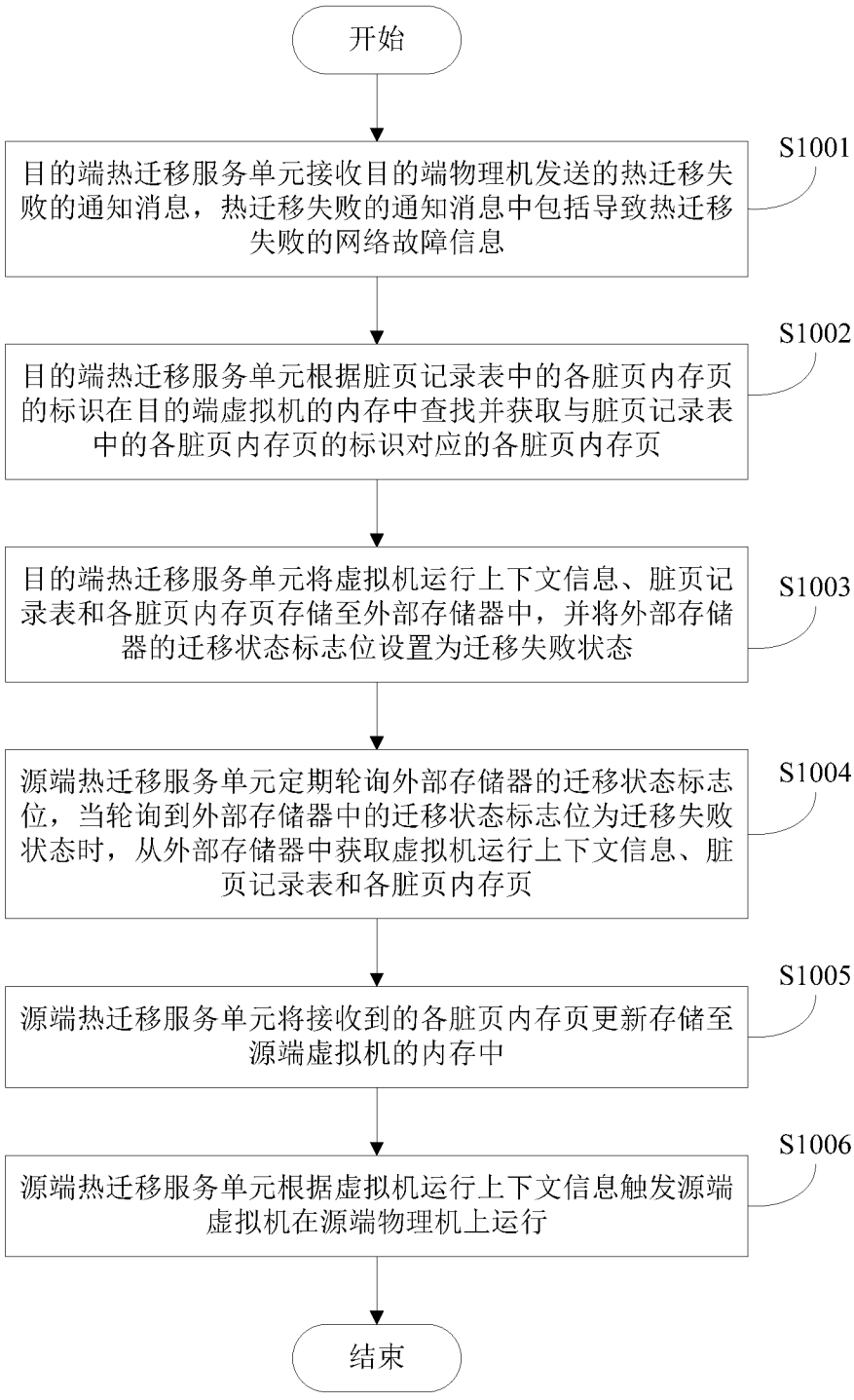

开始
目的端热迁移服务单元接收目的端物理机发送的热迁移失败的通知消息，热迁移失败的通知消息中包括导致热迁移失败的网络故障信息
S1001
目的端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识在目的端虚拟机的内存中查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页
S1002
目的端热迁移服务单元将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页存储至外部存储器中，并将外部存储器的迁移状态标志位设置为迁移失败状态
S1003
源端热迁移服务单元定期轮询外部存储器的迁移状态标志位，当轮询到外部存储器中的迁移状态标志位为迁移失败状态时，从外部存储器中获取虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页
S1004
源端热迁移服务单元将接收到的各脏页内存页更新存储至源端虚拟机的内存中
S1005
源端热迁移服务单元根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机在源端物理机上运行
S1006
结束

图 10

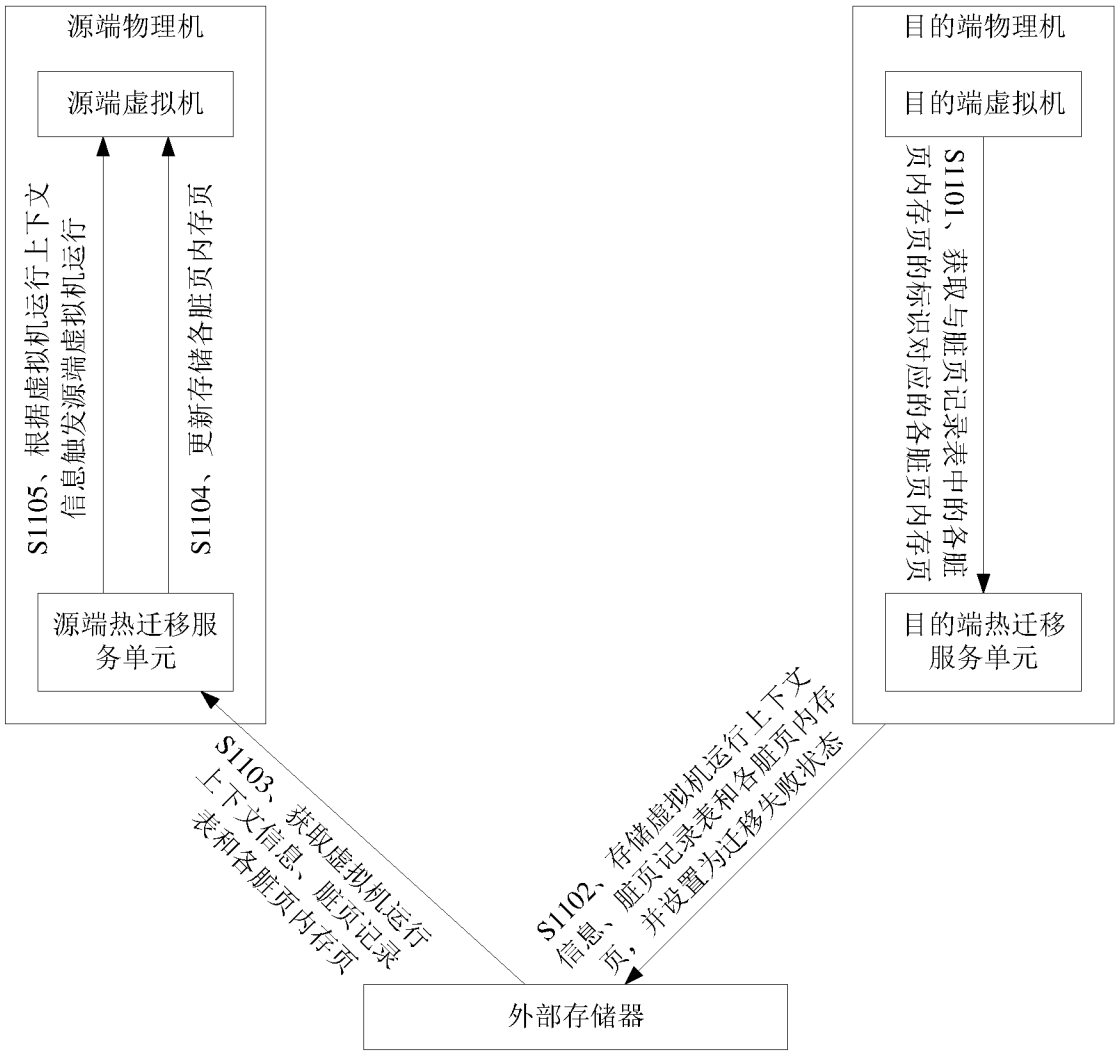

源端物理机
源端虚拟机
源端热迁移服务单元
S1105、根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机运行
S1104、更新存储各脏页内存页
目的端物理机
目的端虚拟机
目的端热迁移服务单元
S1101、获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页
S1103、获取虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页
S1102、存储虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页，并设置为迁移失败状态
外部存储器

图 11

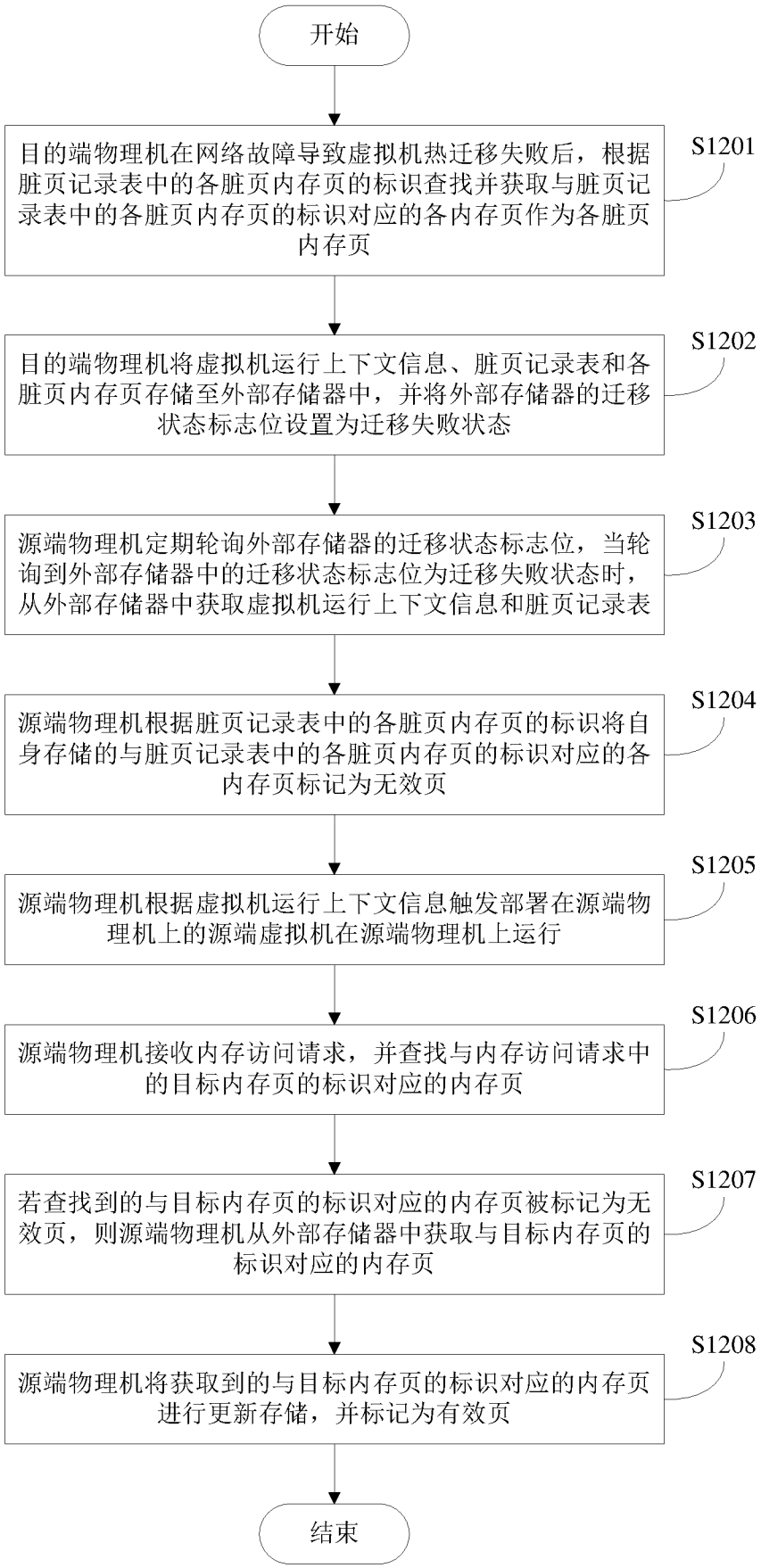

开始
目的端物理机在网络故障导致虚拟机热迁移失败后，根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页作为各脏页内存页
S1201
目的端物理机将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页存储至外部存储器中，并将外部存储器的迁移状态标志位设置为迁移失败状态
S1202
源端物理机定期轮询外部存储器的迁移状态标志位，当轮询到外部存储器中的迁移状态标志位为迁移失败状态时，从外部存储器中获取虚拟机运行上下文信息和脏页记录表
S1203
源端物理机根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识将自身存储的与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页
S1204
源端物理机根据虚拟机运行上下文信息触发部署在源端物理机上的源端虚拟机在源端物理机上运行
S1205
源端物理机接收内存访问请求，并查找与内存访问请求中的目标内存页的标识对应的内存页
S1206
若查找到的与目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则源端物理机从外部存储器中获取与目标内存页的标识对应的内存页
S1207
源端物理机将获取到的与目标内存页的标识对应的内存页进行更新存储，并标记为有效页
S1208
结束

图 12

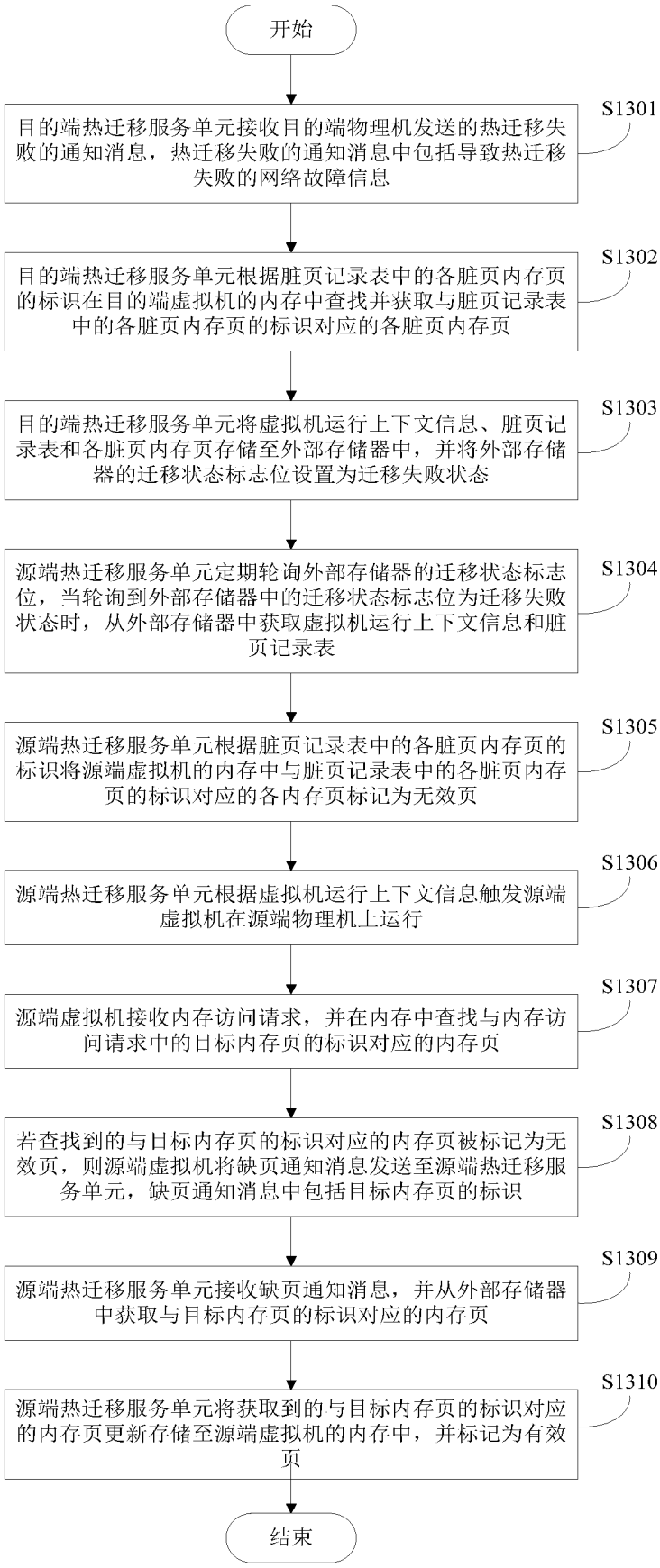

开始
目的端热迁移服务单元接收目的端物理机发送的热迁移失败的通知消息，热迁移失败的通知消息中包括导致热迁移失败的网络故障信息
S1301
目的端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识在目的端虚拟机的内存中查找并获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页
S1302
目的端热迁移服务单元将虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页存储至外部存储器中，并将外部存储器的迁移状态标志位设置为迁移失败状态
S1303
源端热迁移服务单元定期轮询外部存储器的迁移状态标志位，当轮询到外部存储器中的迁移状态标志位为迁移失败状态时，从外部存储器中获取虚拟机运行上下文信息和脏页记录表
S1304
源端热迁移服务单元根据脏页记录表中的各脏页内存页的标识将源端虚拟机的内存中与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页
S1305
源端热迁移服务单元根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机在源端物理机上运行
S1306
源端虚拟机接收内存访问请求，并在内存中查找与内存访问请求中的目标内存页的标识对应的内存页
S1307
若查找到的与目标内存页的标识对应的内存页被标记为无效页，则源端虚拟机将缺页通知消息发送至源端热迁移服务单元，缺页通知消息中包括目标内存页的标识
S1308
源端热迁移服务单元接收缺页通知消息，并从外部存储器中获取与目标内存页的标识对应的内存页
S1309
源端热迁移服务单元将获取到的与目标内存页的标识对应的内存页更新存储至源端虚拟机的内存中，并标记为有效页
S1310
结束

图 13

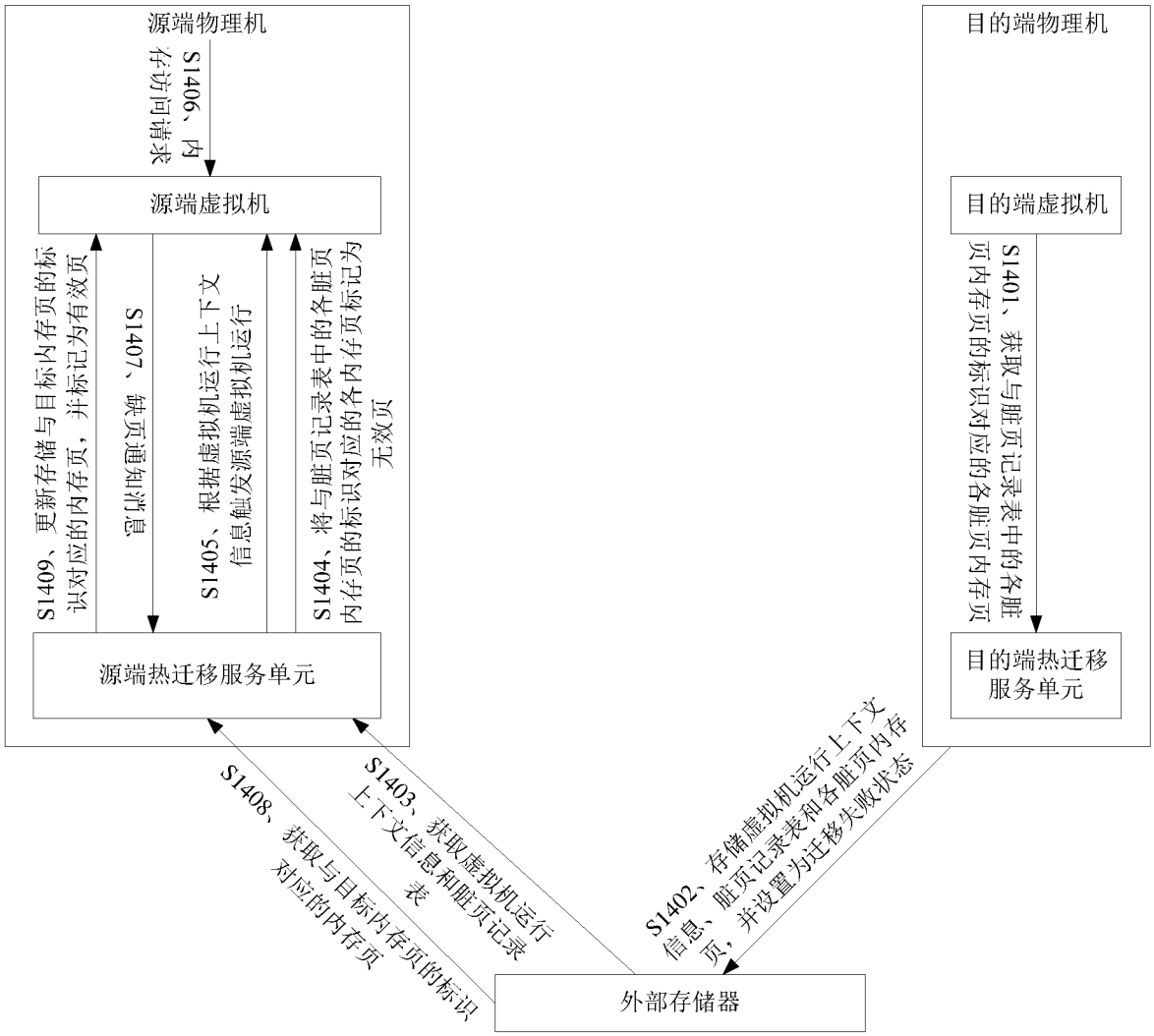

源端物理机
S1406、内存访问请求
源端虚拟机
S1409、更新存储与目标内存页的标识对应的内存页，并标记为有效页
S1407、脏页通知消息
S1405、根据虚拟机运行上下文信息触发源端虚拟机运行
S1404、将与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各内存页标记为无效页
源端热迁移服务单元
目的端物理机
目的端虚拟机
S1401、获取与脏页记录表中的各脏页内存页的标识对应的各脏页内存页
目的端热迁移服务单元
S1403、获取虚拟机运行上下文信息和脏页记录表
S1402、存储虚拟机运行上下文信息、脏页记录表和各脏页内存页，并设置为迁移失败状态
S1408、获取与目标内存页的标识对应的内存页
外部存储器

图 14

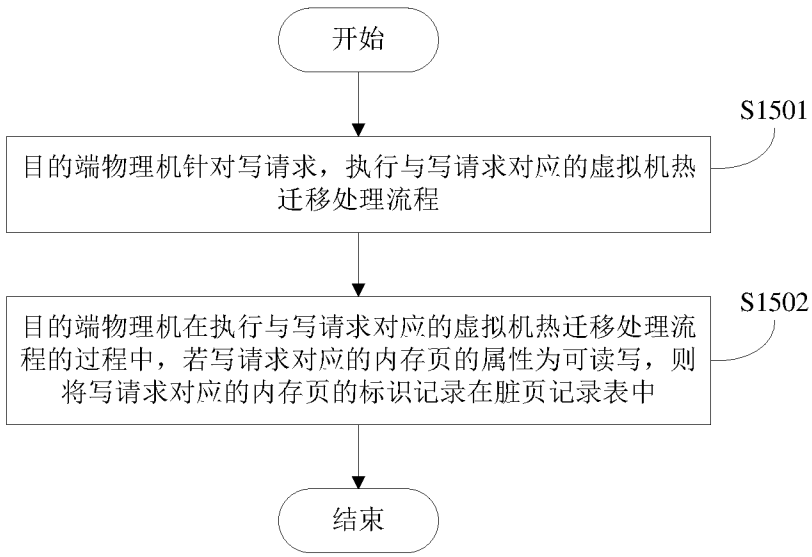

开始
S1501
目的端物理机针对写请求，执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程
S1502
目的端物理机在执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，若写请求对应的内存页的属性为可读写，则将写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中
结束

图 15

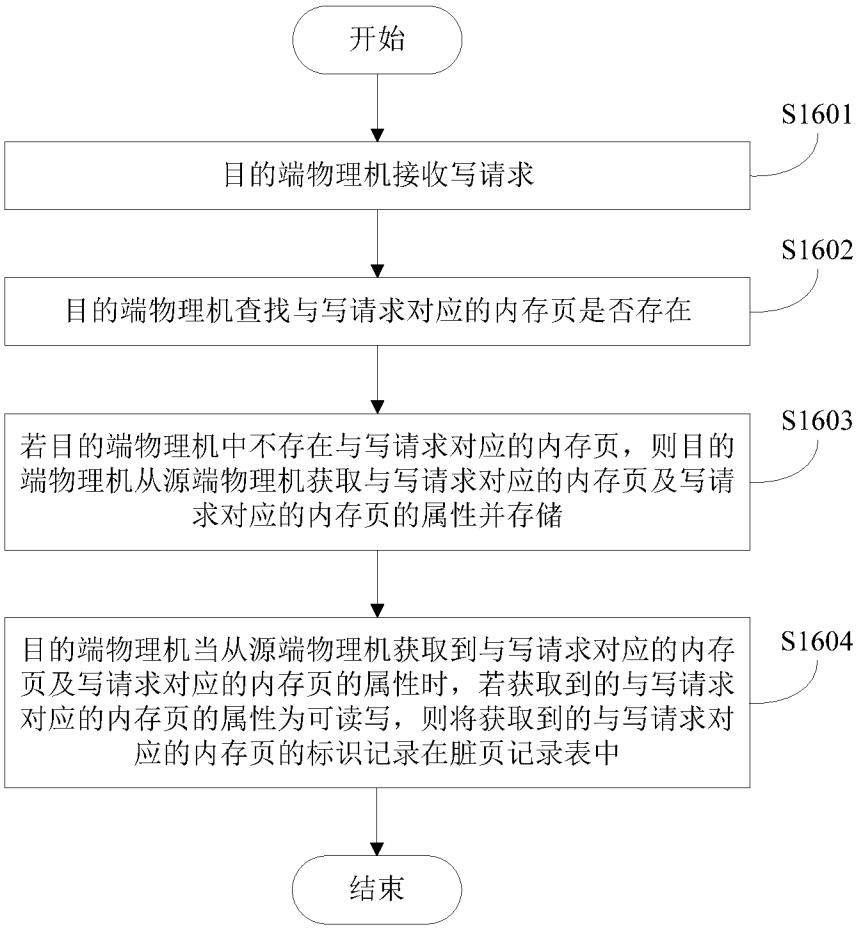

开始
S1601
目的端物理机接收写请求
S1602
目的端物理机查找与写请求对应的内存页是否存在
S1603
若目的端物理机中不存在与写请求对应的内存页，则目的端物理机从源端物理机获取与写请求对应的内存页及写请求对应的内存页的属性并存储
S1604
目的端物理机当从源端物理机获取到与写请求对应的内存页及写请求对应的内存页的属性时，若获取到的与写请求对应的内存页的属性为可读写，则将获取到的与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中
结束

图 16

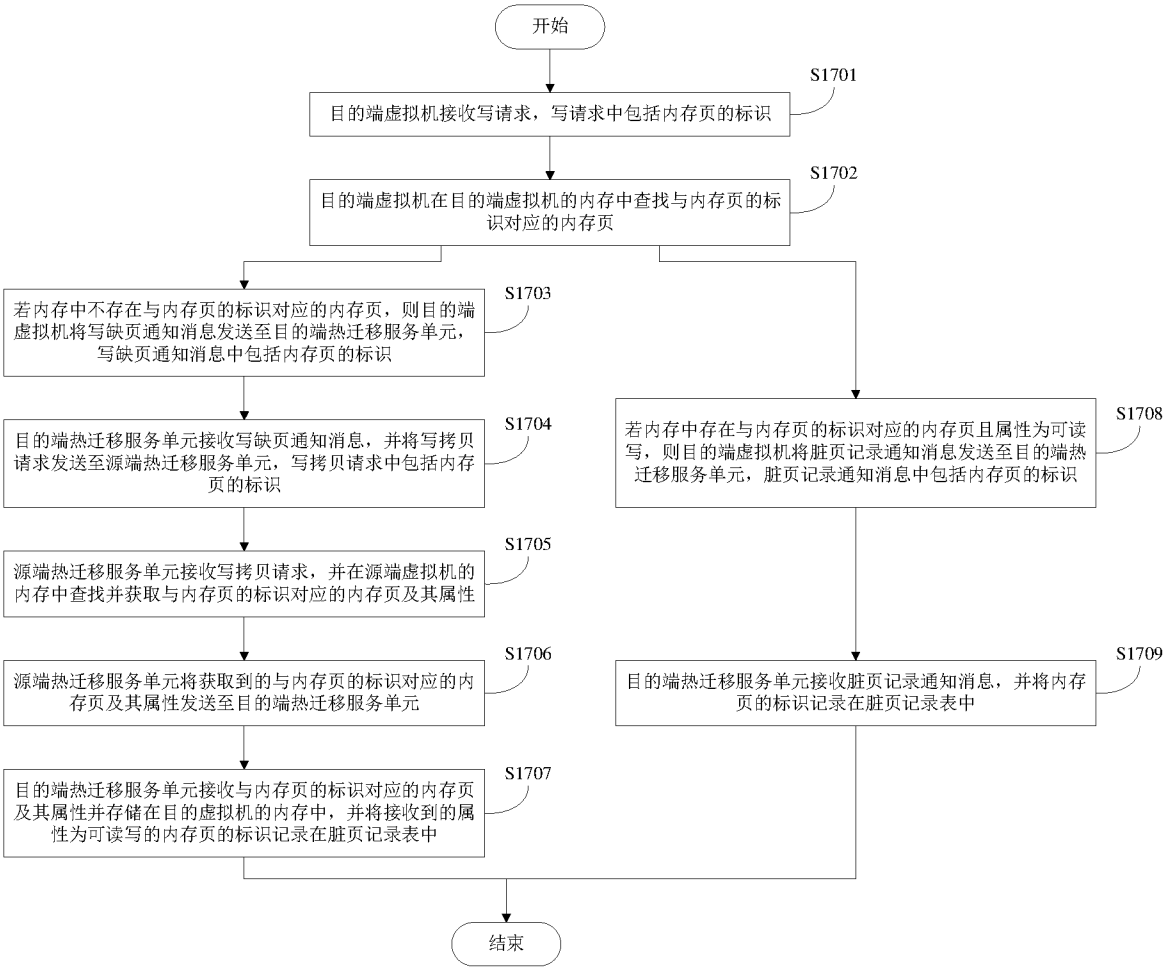

开始
S1701
目的端虚拟机接收写请求，写请求中包括内存页的标识
S1702
目的端虚拟机在目的端虚拟机的内存中查找与内存页的标识对应的内存页
S1703
若内存中不存在与内存页的标识对应的内存页，则目的端虚拟机将写缺页通知消息发送至目的端热迁移服务单元，写缺页通知消息中包括内存页的标识
S1704
目的端热迁移服务单元接收写缺页通知消息，并将写拷贝请求发送至源端热迁移服务单元，写拷贝请求中包括内存页的标识
S1705
源端热迁移服务单元接收写拷贝请求，并在源端虚拟机的内存中查找并获取与内存页的标识对应的内存页及其属性
S1706
源端热迁移服务单元将获取到的与内存页的标识对应的内存页及其属性发送至目的端热迁移服务单元
S1707
目的端热迁移服务单元接收与内存页的标识对应的内存页及其属性并存储在目的虚拟机的内存中，并将接收到的属性为可读写的内存页的标识记录在脏页记录表中
S1708
若内存中存在与内存页的标识对应的内存页且属性为可读写，则目的端虚拟机将脏页记录通知消息发送至目的端热迁移服务单元，脏页记录通知消息中包括内存页的标识
S1709
目的端热迁移服务单元接收脏页记录通知消息，并将内存页的标识记录在脏页记录表中
结束

图 17

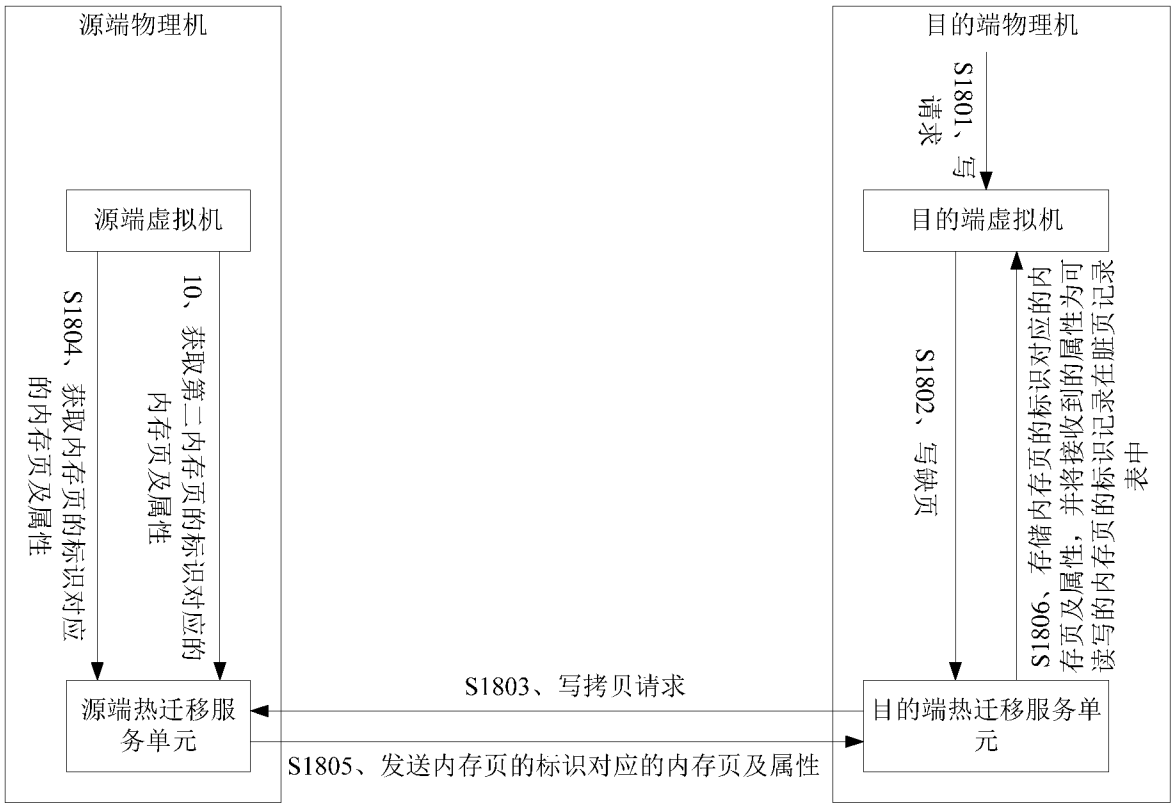

源端物理机
目的端物理机
S1801、写请求
源端虚拟机
目的端虚拟机
10、获取第二内存页的标识对应的内存页及属性
S1804、获取内存页的标识对应的内存页及属性
S1802、写缺页
S1806、存储内存页的标识对应的内存页及属性，并将接收到的属性为可读写的内存页的标识记录在脏页记录表中
S1803、写拷贝请求
源端热迁移服务单元
目的端热迁移服务单元
S1805、发送内存页的标识对应的内存页及属性

图 18

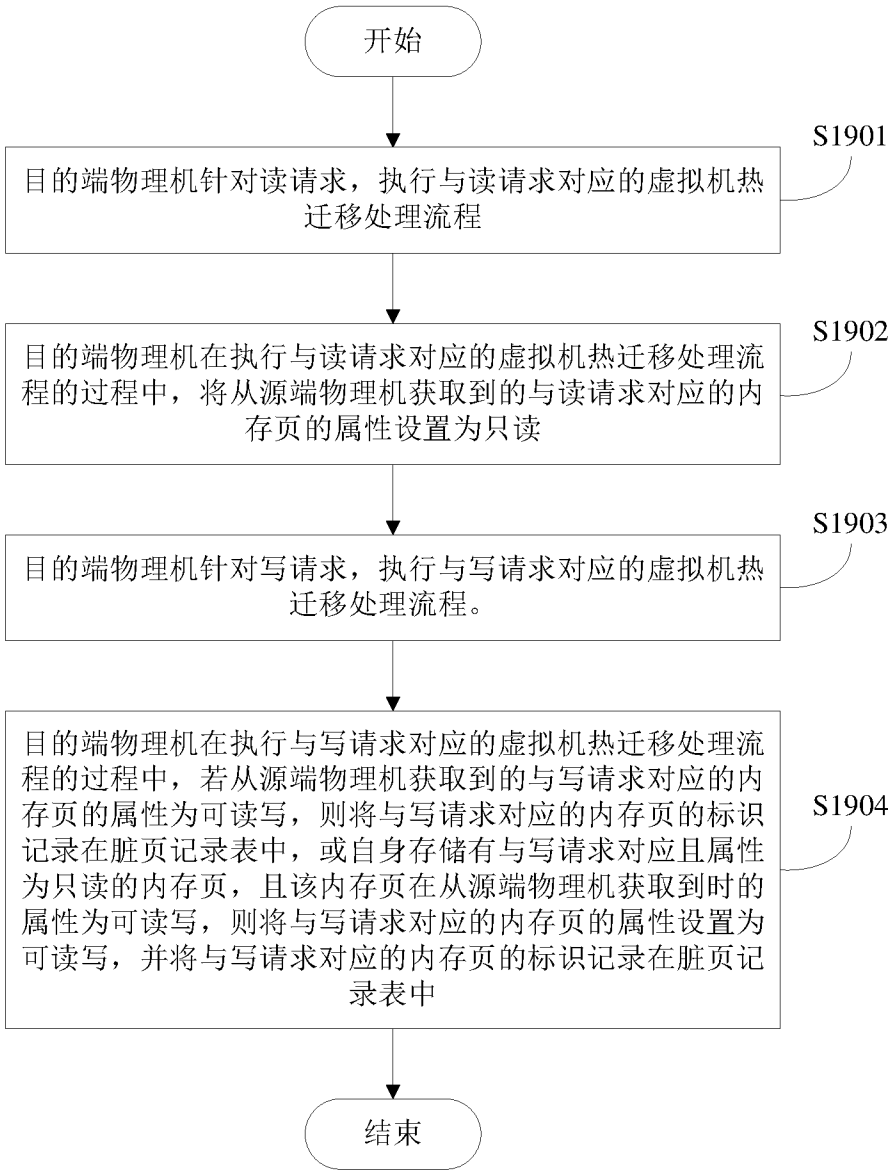

开始
S1901
目的端物理机针对读请求，执行与读请求对应的虚拟机热迁移处理流程
S1902
目的端物理机在执行与读请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，将从源端物理机获取到的与读请求对应的内存页的属性设置为只读
S1903
目的端物理机针对写请求，执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程。
S1904
目的端物理机在执行与写请求对应的虚拟机热迁移处理流程的过程中，若从源端物理机获取到的与写请求对应的内存页的属性为可读写，则将与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中，或自身存储有与写请求对应且属性为只读的内存页，且该内存页在从源端物理机获取到时的属性为可读写，则将与写请求对应的内存页的属性设置为可读写，并将与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中
结束

图 19

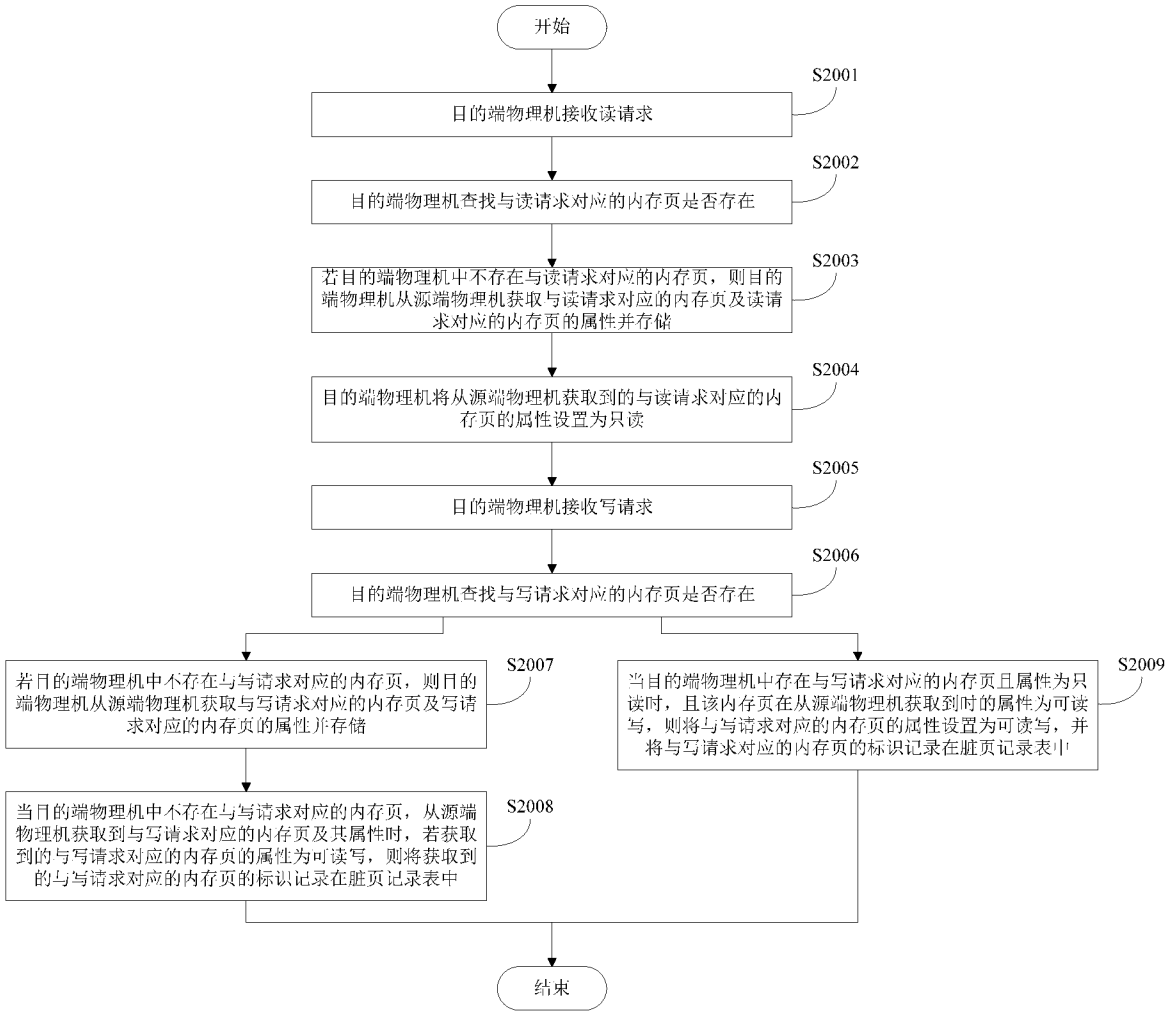

开始
S2001
目的端物理机接收读请求
S2002
目的端物理机查找与读请求对应的内存页是否存在
S2003
若目的端物理机中不存在与读请求对应的内存页，则目的端物理机从源端物理机获取与读请求对应的内存页及读请求对应的内存页的属性并存储
S2004
目的端物理机将从源端物理机获取到的与读请求对应的内存页的属性设置为只读
S2005
目的端物理机接收写请求
S2006
目的端物理机查找与写请求对应的内存页是否存在
S2007
若目的端物理机中不存在与写请求对应的内存页，则目的端物理机从源端物理机获取与写请求对应的内存页及写请求对应的内存页的属性并存储
S2008
当目的端物理机中不存在与写请求对应的内存页，从源端物理机获取到与写请求对应的内存页及其属性时，若获取到的与写请求对应的内存页的属性为可读写，则将获取到的与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中
S2009
当目的端物理机中存在与写请求对应的内存页且属性为只读时，且该内存页在从源端物理机获取到时的属性为可读写，则将与写请求对应的内存页的属性设置为可读写，并将与写请求对应的内存页的标识记录在脏页记录表中
结束

图 20

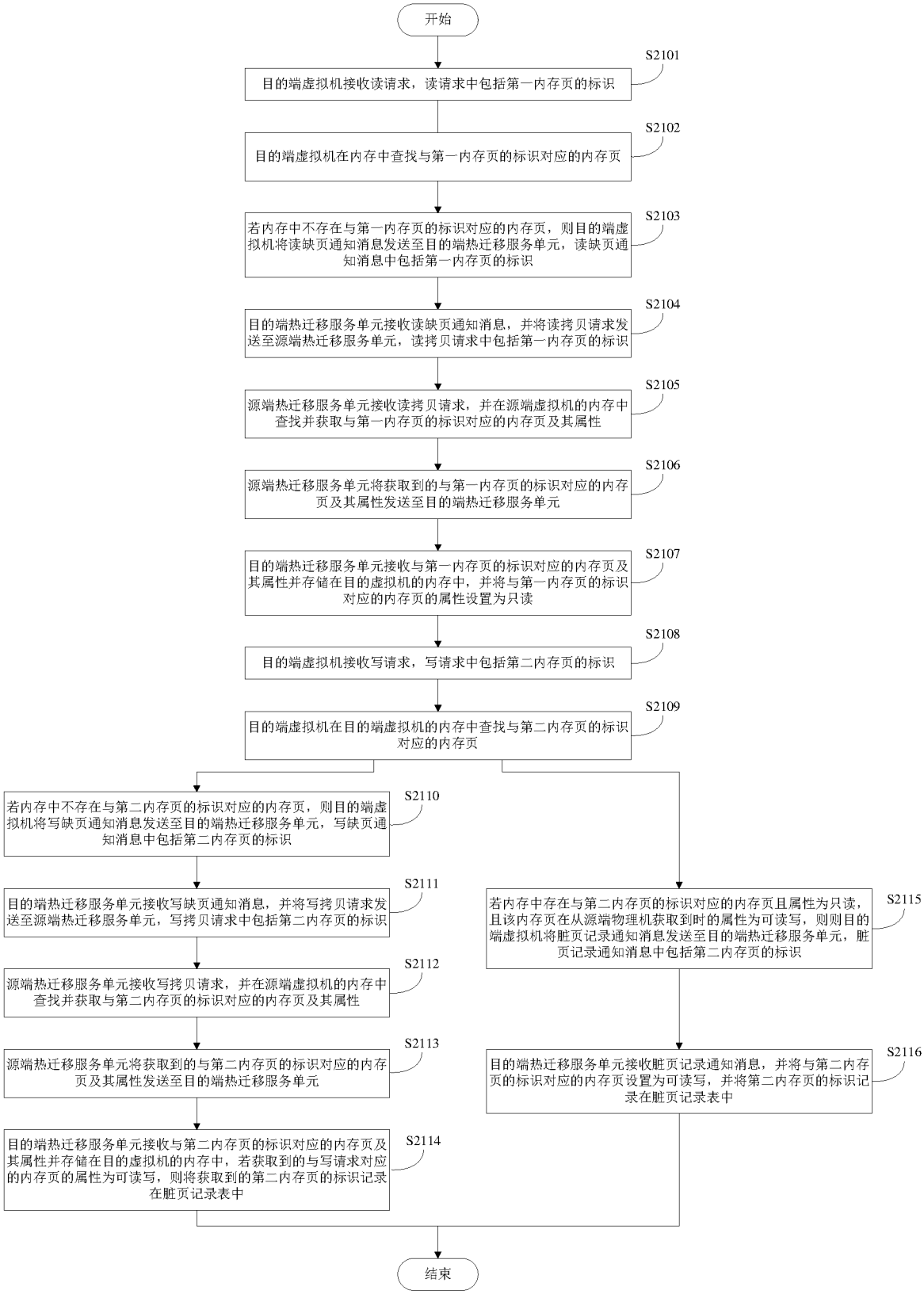

开始
S2101
目的端虚拟机接收读请求，读请求中包括第一内存页的标识
S2102
目的端虚拟机在内存中查找与第一内存页的标识对应的内存页
S2103
若内存中不存在与第一内存页的标识对应的内存页，则目的端虚拟机将读缺页通知消息发送至目的端热迁移服务单元，读缺页通知消息中包括第一内存页的标识
S2104
目的端热迁移服务单元接收读缺页通知消息，并将读拷贝请求发送至源端热迁移服务单元，读拷贝请求中包括第一内存页的标识
S2105
源端热迁移服务单元接收读拷贝请求，并在源端虚拟机的内存中查找并获取与第一内存页的标识对应的内存页及其属性
S2106
源端热迁移服务单元将获取到的与第一内存页的标识对应的内存页及其属性发送至目的端热迁移服务单元
S2107
目的端热迁移服务单元接收与第一内存页的标识对应的内存页及其属性并存储在目的虚拟机的内存中，并将与第一内存页的标识对应的内存页的属性设置为只读
S2108
目的端虚拟机接收写请求，写请求中包括第二内存页的标识
S2109
目的端虚拟机在目的端虚拟机的内存中查找与第二内存页的标识对应的内存页
S2110
若内存中不存在与第二内存页的标识对应的内存页，则目的端虚拟机将写缺页通知消息发送至目的端热迁移服务单元，写缺页通知消息中包括第二内存页的标识
S2111
目的端热迁移服务单元接收写缺页通知消息，并将写拷贝请求发送至源端热迁移服务单元，写拷贝请求中包括第二内存页的标识
S2112
源端热迁移服务单元接收写拷贝请求，并在源端虚拟机的内存中查找并获取与第二内存页的标识对应的内存页及其属性
S2113
源端热迁移服务单元将获取到的与第二内存页的标识对应的内存页及其属性发送至目的端热迁移服务单元
S2114
目的端热迁移服务单元接收与第二内存页的标识对应的内存页及其属性并存储在目的虚拟机的内存中，若获取到的与写请求对应的内存页的属性为可读写，则将获取到的第二内存页的标识记录在脏页记录表中
S2115
若内存中存在与第二内存页的标识对应的内存页且属性为只读，且该内存页在从源端物理机获取到时的属性为可读写，则则目的端虚拟机将脏页记录通知消息发送至目的端热迁移服务单元，脏页记录通知消息中包括第二内存页的标识
S2116
目的端热迁移服务单元接收脏页记录通知消息，并将与第二内存页的标识对应的内存页设置为可读写，并将第二内存页的标识记录在脏页记录表中
结束

图 21

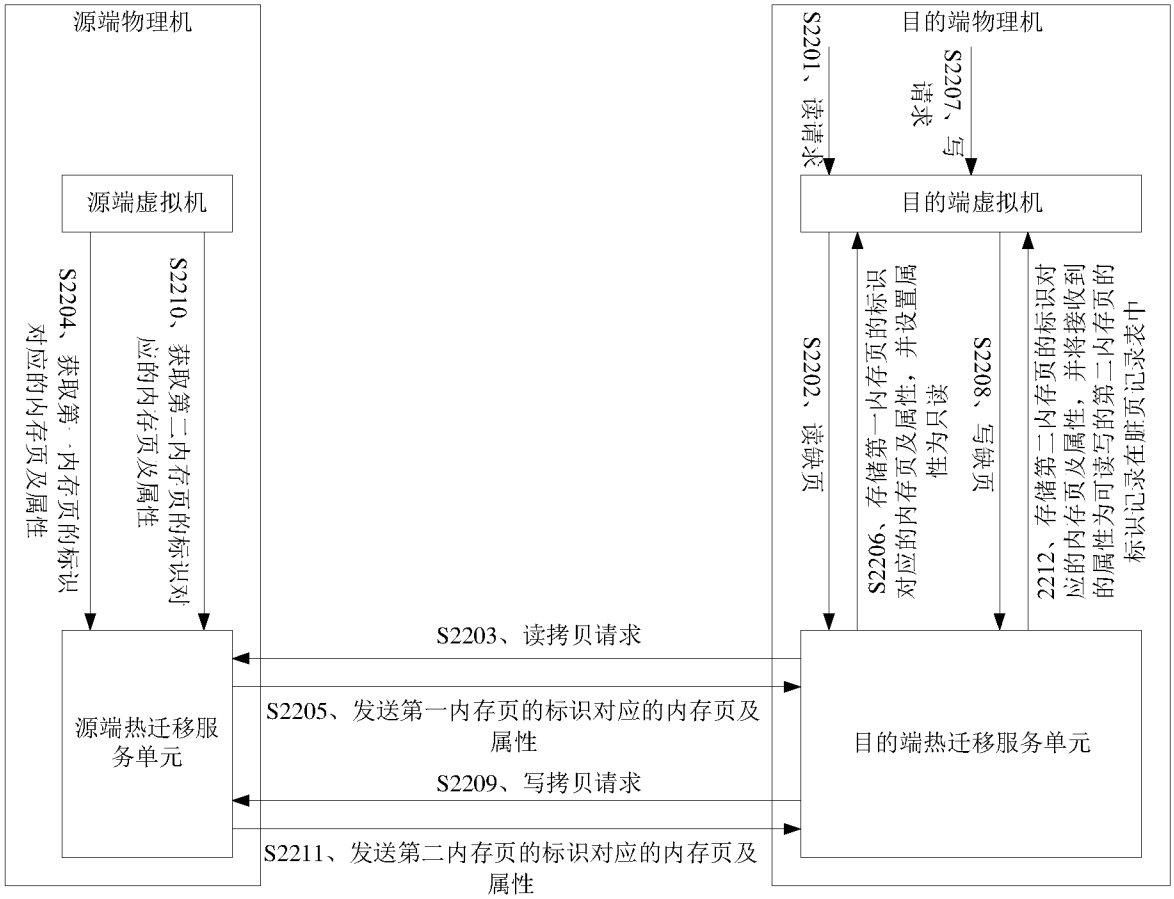

源端物理机
目的端物理机
S2201、读请求
S2207、写请求
源端虚拟机
目的端虚拟机
S2204、获取第一内存页的标识对应的内存页及属性
S2210、获取第二内存页的标识对应的内存页及属性
S2202、读缺页
S2206、存储第一内存页的标识对应的内存页及属性，并设置属性为只读
S2208、写缺页
2212、存储第二内存页的标识对应的内存页及属性，并将接收到的属性为可读写的第二内存页的标识记录在脏页记录表中
S2203、读拷贝请求
源端热迁移服务单元
S2205、发送第一内存页的标识对应的内存页及属性
目的端热迁移服务单元
S2209、写拷贝请求
S2211、发送第二内存页的标识对应的内存页及属性

图 22

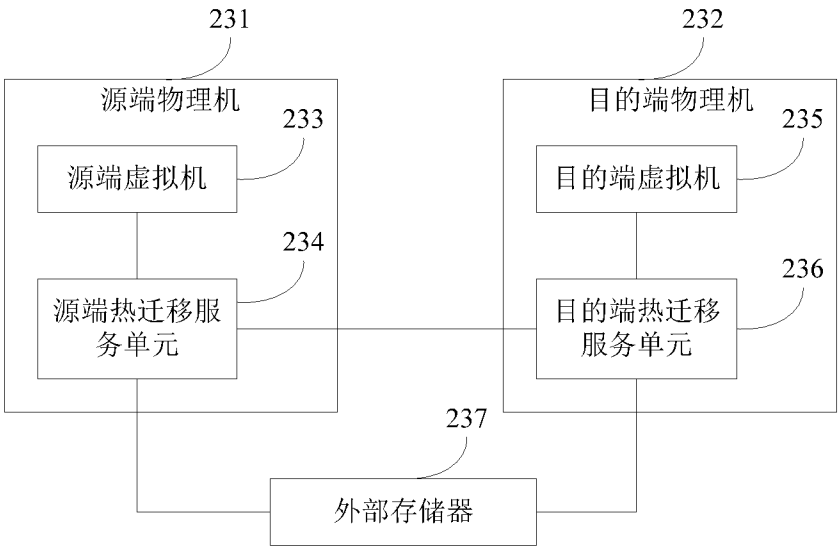

231
232
源端物理机
目的端物理机
233
235
源端虚拟机
目的端虚拟机
234
236
源端热迁移服务单元
目的端热迁移服务单元
237
外部存储器

图 23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/099988

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 11/07 (2006.01) i; G06F 9/455 (2006.01) 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, CNKI, EPODOC, WPI, IEEE: 虚拟机, 热迁移, 实时, 迁移, 源, 目标, 失败, 故障, 脏, 脏页, 无效, 有效, 内存, 延时, 晚, 拷贝, 预拷贝, 更新, 存储, virtual, machine, live, migration, source, target, failure, dirty, page, valid, invalid, memory, post, copy, pre+, update, store

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HINES, Michael R. et al. Post-Copy Live Migration of Virtual Machines. ACM SIGOPS Operating Systems Review. 31 July 2009 (31.07.2009), 43(3), the abstract, and page 16, column 1, paragraph 3 to page 21, column 1 paragraph 2	1-44
A	CN 103955399 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 30 July 2014 (30.07.2014), entire document	1-44
A	CN 105335223 A (FUJITSU LIMITED) 17 February 2016 (17.02.2016), entire document	1-44
A	CN 103201721 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) 10 July 2013 (10.07.2013), entire document	1-44

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

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&"document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
22 November 2017	30 November 2017

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
XU, Shuxian
Telephone No. (86-10) 61648479

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/099988

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104750554 A (CHINA MOBILE COMMUNICATIONS CORPORATION) 01 July 2015 (01.07.2015), entire document	1-44

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/099988

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103955399 A	30 July 2014	None	
CN 105335223 A	17 February 2016	None	
CN 103201721 A	10 July 2013	US 2015052282 A1	19 February 2015
		EP 2835953 A1	11 February 2015
		WO 2014032233 A1	06 March 2014
CN 104750554 A	01 July 2015	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2017/099988

A. 主题的分类

G06F 11/07(2006.01)i; G06F 9/455(2006.01)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, CNKI, EPODOC, WPI, IEEE: 虚拟机，热迁移，实时，迁移，源，目标，失败，故障，脏，脏页，无效，有效，内存，延时，晚，拷贝，预拷贝，更新，存储，virtual, machine, live, migration, source, target, failure, dirty, page, valid, invalid, memory, post, copy, pre+, update, store

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
X	HINES, Michael R.等. "Post-Copy Live Migration of Virtual Machines" ACM SIGOPS Operating Systems Review, 第43卷，第3期，2009年 7月 31日 (2009-07-31)， 摘要、第16页第1栏第3段至第21页第1栏第2段	1-44
A	CN 103955399 A (华为技术有限公司) 2014年 7月 30日 (2014-07-30) 全文	1-44
A	CN 105335223 A (富士通株式会社) 2016年 2月 17日 (2016-02-17) 全文	1-44
A	CN 103201721 A (华为技术有限公司) 2013年 7月 10日 (2013-07-10) 全文	1-44
A	CN 104750554 A (中国移动通信集团公司) 2015年 7月 1日 (2015-07-01) 全文	1-44

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 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

"T" 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 11月 22日	2017年 11月 30日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
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	徐淑娴
传真号 (86-10)62019451	电话号码 (86-10)010-61648479

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2017/099988

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	103955399	A	2014年 7月 30日	无			
CN	105335223	A	2016年 2月 17日	无			
CN	103201721	A	2013年 7月 10日	US	2015052282	A1	2015年 2月 19日
				EP	2835953	A1	2015年 2月 11日
				WO	2014032233	A1	2014年 3月 6日
CN	104750554	A	2015年 7月 1日	无			