

(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
2023 年 3 月 23 日 (23.03.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/040468 A1

(51) 国际专利分类号:
G06F 3/06 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/107761

(22) 国际申请日: 2022 年 7 月 26 日 (26.07.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202111091203.2 2021 年 9 月 17 日 (17.09.2021) CN

(71) 申请人: 支付宝 (杭州) 信息技术有限公司 (ALIPAY (HANGZHOU) INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区西溪路 556 号 8 层 B 段 801-11, Zhejiang 310000 (CN)。

(72) 发明人: 郭志强 (GUO, Zhiqiang); 中国浙江省杭州市西湖区西溪路 556 号 8 层 B 段 801-11, Zhejiang 310000 (CN)。

(74) 代理人: 北京博思佳知识产权代理有限公司 (BEIJING BESTIPR INTELLECTUAL PROPERTY LAW CORPORATION); 中国北京市海淀区上地三街 9 号嘉华大厦 B 座 409, Beijing 100085 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK,

(54) **Title:** DATA ACCESS METHOD AND APPARATUS FOR DISTRIBUTED GRAPH LEARNING ARCHITECTURE

(54) 发明名称: 分布式图学习架构的数据存取方法及装置

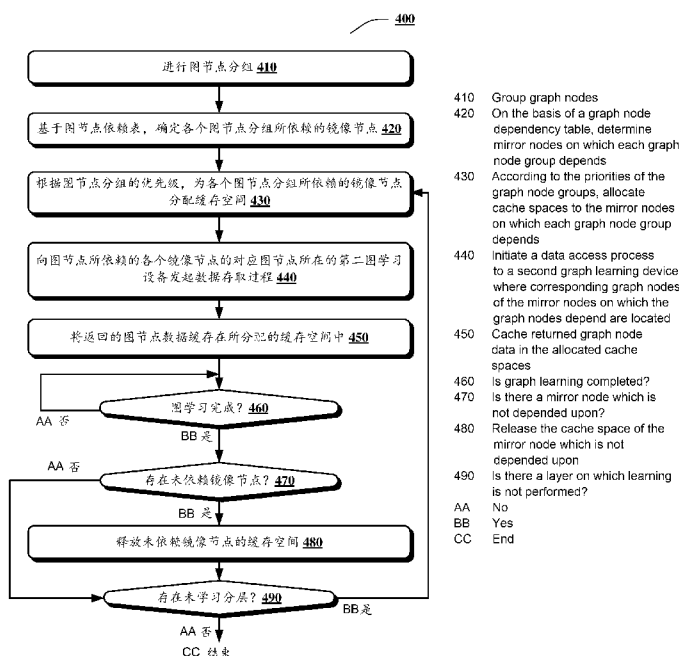


图 4

(57) **Abstract:** Provided in the embodiments of the present description are a data access method and apparatus for a distributed graph learning architecture. The data access method comprises: grouping graph nodes at a first graph learning device into a plurality of graph node groups with priorities, wherein the priority of each graph node group is determined on the basis of a graph node dependency relationship, and the graph node dependency relationship is used for reflecting the dependency of the graph nodes relative to mirror nodes during graph learning; on the basis of the graph node dependency relationship, determining mirror nodes on which each graph

MN, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))。

node group depends; according to the priorities of the graph node groups, allocating, from a common buffer area of the first graph learning device, cache spaces to the mirror nodes on which each graph node group depends; for the graph nodes to which the cache spaces have been allocated, initiating a data access process to a second graph learning device where corresponding graph nodes of the mirror nodes on which the graph nodes depend are located; and caching acquired graph node data in the allocated cache spaces.

(57) 摘要: 本说明书的实施例提供用于分布式图学习架构的数据存取方法及装置。在该数据存取方法中, 将第一图学习设备处的图节点分组为多个具有优先级的图节点分组, 各个图节点分组的优先级基于图节点依赖关系确定, 图节点依赖关系用于反映图节点在图学习时相对于镜像节点的依赖性。基于图节点依赖关系, 确定各个图节点分组所依赖的镜像节点; 并根据图节点分组的优先级, 从第一图学习设备的公共缓冲区中为各个图节点分组所依赖的镜像节点分配缓存空间。针对完成缓存空间分配的图节点, 向该图节点所依赖的镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程; 以及将所获取的图节点数据缓存在所分配的缓存空间中。

分布式图学习架构的数据存取方法及装置

技术领域

[01]本说明书实施例通常涉及图数据处理领域，尤其涉及用于分布式图学习架构的数据存取方法及数据存取装置。

背景技术

[02]在图学习架构中，如果所使用的图节点是超大规模图节点，则需要将图学习架构部署为分布式图学习架构，并且通过图分区算法来将图节点分散到图学习架构中的各个分布式图学习设备上。在图节点被分散到各个分布式图学习设备时，所分散的图节点中会存在临界节点。临界节点的部分邻居节点存储在该临界节点所在的图学习设备中，并且该临界节点的其余邻居节点存储在其它图学习设备中。

[03]在进行图学习时，临界节点所在的图学习设备需要存储临界节点的节点数据，并且临界节点的节点数据需要被映射到该临界节点的其余邻居节点所在的图学习设备，即，该临界节点的其余邻居节点所在的图学习设备需要存储临界节点的节点数据的映射信息。图学习设备中存储的图节点可以称为 Master 节点，Master 节点的节点数据可以称为 Master 数据，以及被映射到其它图学习设备中的图节点的节点数据可以称为图节点的 Mirror 数据（镜像数据）。在这种情况下，被映射到其它图学习设备中的图节点也可以称为 Mirror 节点（镜像节点）。

[04]在上述图节点数据存取方式下，在 Master 节点的 Master 数据发生数据更新时，需要同步更新分布在其它图学习设备中的所有 Mirror 数据，以确保 Master 节点与其 Mirror 节点之间的数据一致性。按照这种处理方式，需要在各个 Mirror 节点所在的图学习设备的内存中存储 Master 数据的完整备份，从而造成图学习设备的内存空间浪费。

发明内容

[05]鉴于上述，本说明书的实施例提供用于图分布学习架构的数据存取方法及数据存取装置。在该数据存取方案中，在具有 Mirror 节点的图学习设备处设置公共缓冲区，用于缓存在进行图学习时需要使用的 Mirror 节点的节点数据。在存取用于图学习的 Mirror 数据时，对图学习设备处的图节点进行节点分组，所得到的多个图节点分组在进行 Mirror 数据存取时具有优先级，并且各个图节点分组的优先级基于图节点依赖关系确定。根据图节点分组的优先级，从图学习设备的公共缓冲区中为各个图节点分组所依赖的镜像节点分配缓存空间。然后，针对完成缓存空间分配的图节点，向该图节点所依赖的镜像节点的对应图节点所在的图学习设备发起数据存取过程，由此拉取对应的图节点数据并缓存在所分配的缓存空间中。

[06]利用上述数据存取方案，将图节点分组为具有基于图节点依赖关系确定出的存取优先级的各个图节点分组，并且基于存取优先级来从所设置的公共缓冲区中为各个图节点分组分配缓存空间。在为图节点完成缓存空间分配后，才向其它图学习设备发起数据存

取过程,所存储的 Mirror 节点数据缓存在所分配的缓存空间中以供图学习使用,从而无需在各个 Mirror 节点所在的图学习设备中存储 Master 数据的完整备份,由此提升图学习设备的存储空间利用率。

[07]根据本说明书实施例的一个方面,提供一种用于分布式图学习架构的数据存取方法,所述数据存取方法由所述分布式图学习架构的具有镜像节点的第一图学习设备执行,所述数据存取方法包括:对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组,得到多个具有优先级的图节点分组,所述图节点分组的优先级基于图节点依赖关系确定,所述图节点依赖关系用于反映图节点在图学习时相对于镜像节点的依赖性;基于所述图节点依赖关系,确定各个图节点分组所依赖的镜像节点;根据所述图节点分组的优先级,从所述第一图学习设备的公共缓冲区中为各个图节点分组所依赖的镜像节点分配缓存空间;针对完成缓存空间分配的图节点,向该图节点所依赖的镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程;以及将响应于所述数据存取过程而返回的图节点数据缓存在所分配的缓存空间中。

[08]可选地,在上述方面的一个示例中,对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组,得到多个具有优先级的图节点分组可以包括:基于图节点依赖关系对所述第一图学习设备处的图节点进行排序;以及根据图节点排序结果对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组,得到多个具有优先级的图节点分组。

[09]可选地,在上述方面的一个示例中,针对完成缓存空间分配的图节点,向该图节点所依赖的镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程可以包括:针对完成缓存空间分配的图节点分组,向该图节点分组所依赖的镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程。

[10]可选地,在上述方面的一个示例中,所述图节点依赖关系在对所述分布式图学习架构的图节点数据进行图分区时生成。

[11]可选地,在上述方面的一个示例中,各个图节点分组具有可配置的分组大小。

[12]可选地,在上述方面的一个示例中,在根据图节点排序结果对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组时,如果具有相同依赖镜像节点的至少两个图节点可被分组到同一图节点分组中,则将所述至少两个图节点分组到同一图节点分组。

[13]可选地,在上述方面的一个示例中,基于图节点依赖关系对所述第一图学习设备处的图节点进行排序包括:基于图节点依赖关系,确定所述第一图学习设备处的各个图节点所依赖的镜像节点的节点数目;以及根据各个图节点所依赖的镜像节点的节点数目,对所述第一图学习设备处的图节点进行排序。

[14]可选地,在上述方面的一个示例中,所具有的镜像节点的节点数目相同的图节点具有相同的排序,在根据图节点排序结果对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组时,针对具有相同排序的图节点,根据所依赖的镜像节点中属于已分组图节点分组的镜像节点的数目确定图节点的分组优先级。

[15]可选地,在上述方面的一个示例中,根据所述图节点分组的优先级,从所述第一图学习设备的公共缓冲区中为各个图节点分组所依赖的镜像节点顺序分配缓存空间可以包括:针对各个图节点分组,检查该图节点分组所依赖的镜像节点是否被分配缓存空间;以及对于未分配缓存空间的镜像节点,从所述第一图学习设备的公共缓冲区中为该镜像

节点分配缓存空间。

[16]可选地，在上述方面的一个示例中，针对完成缓存空间分配的图节点分组，向该图节点分组所依赖的镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程可以包括：针对完成缓存空间分配的图节点分组，检查该图节点分组所依赖的各个镜像节点的缓存空间是否缓存有图节点数据；以及对于未缓存有图节点数据的镜像节点，向该镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程。

[17]可选地，在上述方面的一个示例中，所述数据存取方法还可以包括：响应于所述第一图学习设备完成图节点分组的各个图节点的图学习训练，释放为该图节点分组所依赖的所有镜像节点分配的缓存空间。

[18]可选地，在上述方面的一个示例中，所述数据存取方法还可以包括：响应于所述第一图学习设备完成图节点分组的各个图节点的图学习训练，根据所述图节点依赖关系确定该图节点分组所依赖的镜像节点中是否存在未依赖镜像节点，所述未依赖镜像节点包括未被图学习过程未完成的图节点分组依赖的镜像节点；以及在该图节点分组所依赖的镜像节点中存在未依赖镜像节点时，释放为所述未依赖镜像节点分配的缓存空间。

[19]可选地，在上述方面的一个示例中，所述分布式图学习架构的图学习过程是分层迭代学习过程，所述镜像节点的缓存空间分配步骤、所述数据存取过程的发起步骤以及所述图节点数据的缓存步骤被循环执行，直到所述分层迭代学习过程完成。

[20]根据本说明书的实施例的另一方面，提供一种用于分布式图学习架构的数据存取装置，所述数据存取装置应用于所述分布式图学习架构的具有镜像节点的第一图学习设备，所述数据存取装置包括：节点分组单元，对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组，得到多个具有优先级的图节点分组，所述图节点分组的优先级基于图节点依赖关系确定，所述图节点依赖关系用于反映图节点在图学习时相对于镜像节点的依赖性；镜像节点确定单元，基于所述图节点依赖关系，确定各个图节点分组所依赖的镜像节点；缓存空间分配单元，根据所述图节点分组的优先级，从所述第一图学习设备的公共缓冲区中为各个图节点分组所依赖的镜像节点分配缓存空间；数据存取单元，针对完成缓存空间分配的图节点，向该图节点所依赖的镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程；以及数据缓存单元，将响应于所述数据存取过程而返回的图节点数据缓存在所分配的缓存空间中。

[21]可选地，在上述方面的一个示例中，所述数据存取装置还可以包括：图节点排序单元，基于所述图节点依赖关系对所述第一图学习设备处的图节点进行排序，所述节点分组单元根据所述图节点排序单元的图节点排序结果对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组，得到多个具有优先级的图节点分组。

[22]可选地，在上述方面的一个示例中，所述数据存取单元针对完成缓存空间分配的图节点分组，向该图节点分组所依赖的镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程。

[23]可选地，在上述方面的一个示例中，所述数据存取装置还可包括：依赖关系存储单元，存储在对所述分布式图学习架构的图节点数据进行图分区时生成的图节点依赖关系。

[24]可选地，在上述方面的一个示例中，在根据图节点排序结果对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组时，如果具有相同依赖镜像节点的至少两个图节点可被分组到

同一图节点分组中，则所述节点分组单元将所述至少两个图节点分组到同一图节点分组。

[25]可选地，在上述方面的一个示例中，所述图节点排序单元可以包括：镜像节点数目确定模块，基于图节点依赖关系，确定所述第一图学习设备处的各个图节点所依赖的镜像节点的节点数目；以及图节点排序模块，根据各个图节点所依赖的镜像节点的节点数目，对所述第一图学习设备处的图节点进行排序。

[26]可选地，在上述方面的一个示例中，所具有的镜像节点的节点数目相同的图节点具有相同的排序，在根据图节点排序结果对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组时，针对具有相同排序的图节点，所述节点分组单元根据所依赖的镜像节点中属于已分组图节点分组的镜像节点的数目确定图节点的分组优先级，并根据图节点的分组优先级进行节点分组。

[27]可选地，在上述方面的一个示例中，所述缓存空间分配单元可以包括：缓存空间分配检查模块，针对各个图节点分组，检查该图节点分组所依赖的镜像节点是否被分配缓存空间；以及缓存空间分配模块，对于未分配缓存空间的镜像节点，从所述第一图学习设备的公共缓冲区中为该镜像节点分配缓存空间。

[28]可选地，在上述方面的一个示例中，所述数据存取单元可以包括：数据缓存检查模块，检查该图节点分组所依赖的各个镜像节点的缓存空间是否缓存有图节点数据；以及数据存取模块，对于未缓存有图节点数据的镜像节点，向该镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程。

[29]可选地，在上述方面的一个示例中，所述数据存取装置还可以包括：缓存空间释放单元，响应于所述第一图学习设备完成图节点分组的各个图节点的图学习训练，释放为该图节点分组所依赖的所有镜像节点分配的缓存空间。

[30]可选地，在上述方面的一个示例中，所述数据存取装置还可以包括：未依赖镜像节点检查单元，响应于所述第一图学习设备完成图节点分组的各个图节点的图学习训练，根据所述图节点依赖关系确定该图节点分组所依赖的镜像节点中是否存在未依赖镜像节点，所述未依赖镜像节点包括未被图学习过程未完成的图节点分组依赖的镜像节点；以及缓存空间释放单元，在该图节点分组所依赖的镜像节点中存在未依赖镜像节点时，释放为所述未依赖镜像节点分配的缓存空间。

[31]根据本说明书的实施例的另一方面，提供一种用于分布式图学习架构的数据存取装置，包括：至少一个处理器，与所述至少一个处理器耦合的存储器，以及存储在所述存储器中的计算机程序，所述至少一个处理器执行所述计算机程序来实现如上所述的用于分布式图学习架构的数据存取方法。

[32]根据本说明书的实施例的另一方面，提供一种计算机可读存储介质，其存储有可执行指令，所述指令当被执行时使得处理器执行如上所述的用于分布式图学习架构的数据存取方法。

[33]根据本说明书的实施例的另一方面，提供一种计算机程序产品，包括计算机程序，所述计算机程序被处理器执行来实现上述的用于分布式图学习架构的数据存取方法。

附图说明

[34]图 1 示出了分布式图学习架构的示例示意图。

[35]图 2 示出了图节点分区过程的示例流程图。

[36]图 3 示出了图学习过程的示例示意图。

[37]图 4 示出了根据本说明书的实施例的用于分布式图学习架构的数据存取方法的示例流程图。

[38]图 5A-图 5B 示出了根据本说明书的实施例的图节点分布以及对应的图节点依赖表的示例示意图。

[39]图 6 示出了根据本说明书的实施例的图节点排序过程的示例流程图。

[40]图 7 示出了根据本说明书的实施例的缓存空间分配过程的示例流程图。

[41]图 8 示出了根据本说明书的实施例的数据存取过程的示例流程图。

[42]图 9 示出了根据本说明书的实施例的用于分布式图学习架构的数据存取装置的示例方框图。

[43]图 10 示出了根据本说明书的实施例的图节点排序单元的示例方框图。

[44]图 11 示出了根据本说明书的实施例的缓存空间分配单元的示例方框图。

[45]图 12 示出了根据本说明书的实施例的数据存取单元的示例方框图。

[46]图 13 示出了根据本说明书的实施例的基于计算机系统实现的用于分布式图学习架构的数据存取装置的示例示意图。

具体实施方式

[47]现在将参考示例实施方式讨论本文描述的主题。应该理解，讨论这些实施方式只是为了使得本领域技术人员能够更好地理解从而实现本文描述的主题，并非是对权利要求书中所阐述的保护范围、适用性或者示例的限制。可以在不脱离本说明书内容的保护范围的情况下，对所讨论的元素的功能和排列进行改变。各个示例可以根据需要，省略、替代或者添加各种过程或组件。例如，所描述的方法可以按照与所描述的顺序不同的顺序来执行，以及各个步骤可以被添加、省略或者组合。另外，相对一些示例所描述的特征在其它例子中也可以进行组合。征在其它例子中也可以进行组合。征在其它例子中也可以进行组合。

[48]如本文中使用的，术语“包括”及其变型表示开放的术语，含义是“包括但不限于”。术语“基于”表示“至少部分地基于”。术语“一个实施例”和“一实施例”表示“至少一个实施例”。术语“另一个实施例”表示“至少一个其他实施例”。术语“第一”、“第二”等可以指代不同的或相同的对象。下面可以包括其他的定义，无论是明确的还是隐含的。除非上下文中明确地指明，否则一个术语的定义在整个说明书中是一致的。

[49]图学习架构是基于图节点数据进行图学习的架构。在本说明书中，图学习例如可以包括基于图节点数据的图学习模型训练等。图节点数据包括图节点和边数据。图节点包括节点属性数据，以及边数据包括边属性数据。节点属性数据和边属性数据可以与业务相关。比如，对于社交网络场景，节点属性数据可以包括年龄、学历、住址、职业等。边属性数据可以包括节点与节点之间的关系，即，人与人之间的关系，比如，同学/同事

关系等。

[50]在图学习架构中，如果所使用的图节点是超大规模图节点，则需要将图学习架构部署为分布式图学习架构，并且通过图分区算法来将图节点数据分散到图学习架构中的各个分布式图学习设备上。在图节点被分散到各个分布式图学习设备后，对于临界节点，需要在其所在图学习设备中存储该临界节点的 Master 节点，并且在该临界节点的其余邻居节点所在的其它图学习设备中创建该临界节点的 Mirror 节点。

[51]图 1 示出了分布式图学习架构 100 的示例示意图。在图 1 的示例中，示出了 2 个图学习设备 110-1 和 110-2。在其它实施例中，分布式图学习架构 100 可以包括多于 2 个图学习设备。在本说明书中，图学习设备的示例例如可以包括但不限于各种图形处理设备，比如，GPU 设备、CPU 设备等。

[52]如图 1 所示，在对分布式图学习架构 100 的图节点进行图分区后，图学习设备 110-1 具有图节点 A、B、C 和 D，以及图学习设备 110-2 具有图节点 E 和 F。此外，图学习设备 110-2 还具有图节点 D 的镜像节点（Mirror 节点）D'。在本说明书中，分布式图学习架构 100 所具有的真实图节点 A、B、C、D、E 和 F 可以称为 Master 节点，以及所创建的镜像节点 D' 可以称为 Mirror 节点。在图 1 的示例中，图节点 A 和 D 与图节点 B 之间具有邻居节点关系，以及图节点 B、C、E 和 F 与图节点 D 之间具有邻居节点关系。

[53]图 2 示出了图节点分区过程 200 的示例流程图。

[54]如图 2 所示，在 210，确定分布式图学习架构的各个图节点的哈希（HASH）值。例如，可以对图节点的部分或全部图节点数据进行 HASH 计算来确定出 HASH 值。图节点的图节点数据例如可以包括图节点的节点 ID、图节点的节点属性数据和/或边属性数据。例如，可以使用图节点的节点 ID 进行 HASH 计算来确定出 HASH 值。

[55]在 220，基于所确定出的各个图节点的 HASH 值进行图节点分区。例如，如图 1 所示，假设图节点 A、B、C 和 D 的 HASH 值是 1，则将图节点 A、B、C 和 D 分区到图学习设备 110-1，图节点 E 和 F 的 HASH 值是 2，则将图节点 E 和 F 分区到图学习设备 110-2。

[56]在 230，在完成图节点分区后，基于各条边的目的节点进行边数据分区。例如，边 AB 的目的节点是图节点 B，并且图节点 B 被分区到图学习设备 110-1，则边 AB 被分区到图学习设备 110-1。而且，由于边 AB 的起始节点 A 也在图学习设备 110-1，所以边 AB 不存在临界问题。边 DE 的目的节点是图节点 E，并且图节点 E 在图学习设备 110-2 上，所以边 DE 被分区到图学习设备 110-2。而且，由于边 DE 的起始节点 D 被分区到图学习设备 110-1，所以边 DE 存在临界问题。

[57]在 230，在如上完成边数据分区后，针对具有临界问题的边，需要在该具有临界问题的边的目的节点所在的图学习设备上为其起始节点创建 Mirror 节点。例如，针对具有临界问题的边 DE，在图学习设备 110-2 上为图节点 D 创建 Mirror 节点 D'。

[58]图学习过程通常是 gather-apply-scatter 分层过程，分层层数表示图学习模型的深度。下面以 2 层图学习模型为例来说明图 1 中示出的分布式图学习架构的图学习的训练过程。这里，图学习模型的层次也可以称为图学习模型的模型深度，即，节点可以影响到的邻居节点的跳数。图 3 示出了图学习过程的示例示意图。在图 3 中，仅仅示出了第一层的图学习过程。

[59]假设图节点 A、B、C、D、E 和 F 的初始值分别是 $A(0)$ 、 $B(0)$ 、 $C(0)$ 、 $D(0)$ 、 $E(0)$ 和 $F(0)$ 。在第一层，首先，在图学习设备 110-2，将图节点 E 和 F 的值 $E(0)$ 和 $F(0)$ 汇聚到 Mirror 节点 D'。接着，将 Mirror 节点 D' 的汇聚值汇聚到其对应的图节点 D。在本说明书中，汇聚操作可以是 concat（拼接），也可以是 add，pooling 等其他神经网络操作。在图学习设备 110-1，将图节点 B 和 C 的值 $B(0)$ 和 $C(0)$ 汇聚到图节点 D。然后，将图节点 D 所得到的汇聚值（即， $B(0)$ 和 $C(0)$ 的汇聚值以及 $E(0)$ 和 $F(0)$ 的汇聚值）与图节点 D 本身具有的 $D(0)$ 进行汇聚得到 $D(1)$ ，所得到的 $D(1)$ 表示图节点 D 在第二层的数据。按照同样的方式对其余图节点 B 进行计算，得到 $A(1)$ 、 $B(1)$ 、 $C(1)$ 、 $E(1)$ 和 $F(1)$ 。

[60]在第二层，按照上述方式，图节点 D 汇聚邻居节点 B、C、E 和 F 的值 $B(1)$ 、 $C(1)$ 、 $E(1)$ 和 $F(1)$ ，再将汇聚值与图节点 D 本身具有的 $D(0)$ 进行汇聚，得到图节点 D 在第三层的数据 $D(2)$ 。在进行第二层训练时，Mirror 节点 D' 是图节点 E 和 F 的邻居节点，由此在进行图节点 E 和 F 的汇聚计算时，需要将 $D(1)$ 从图节点 D 发送给 Mirror 节点 D'。

[61]在常规图节点数据存取方式下，在 Master 节点的 Master 数据发生数据更新时，如果该 Master 节点具有对应的 Mirror 节点，则需要同步更新分布在其它图学习设备中的对应 Mirror 节点的 Mirror 数据，以确保 Master 节点与其 Mirror 节点之间的数据一致性。按照这种处理方式，需要在各个 Mirror 节点所在图学习设备中存储 Master 数据的完整备份，从而造成图学习设备的存储空间浪费。

[62]鉴于上述，本说明书的实施例提供一种数据存取方案。在该数据存取方案中，在具有 Mirror 节点的图学习设备处设置公共缓冲区，用于缓存图学习需要使用的 Mirror 节点的 Mirror 数据。在存取用于图学习的 Mirror 数据时，对该图学习设备处的图节点进行节点分组，所得到的多个图节点分组在进行 Mirror 数据存取时具有基于图节点依赖关系确定出的优先级。根据图节点分组的优先级，从图学习设备的公共缓冲区中为各个图节点分组所依赖的镜像节点分配缓存空间。然后，针对完成缓存空间分配的图节点，向该图节点所依赖的镜像节点的对应图节点所在的图学习设备发起数据存取过程，由此拉取对应的图节点数据并缓存在所分配的缓存空间中。

[63]利用上述数据存取方案，通过将图节点分组为具有基于图节点依赖关系确定出的存取优先级的各个图节点分组，并且基于存取优先级来从所设置的公共缓冲区中为各个图节点分组分配缓存空间。此外，在图节点完成缓存空间分配后，向其它图学习设备发起数据存取过程，所存储的 Mirror 节点数据缓存在所分配的缓存空间中以供图学习使用，从而无需在各个 Mirror 节点所在图学习设备的存储空间（内存）中持久性地存储 Master 数据的完整备份，由此提升图学习设备的存储空间利用率。

[64]图 4 示出了根据本说明书的实施例的用于分布式图学习架构的数据存取方法 400 的示例流程图。图 4 中示出的数据存取方法 400 由分布式图学习架构中的具有 Mirror 节点的第一图学习设备执行。相对于第一图学习设备，分布式图学习架构中的其余图学习设备称为第二图学习设备。

[65]如图 4 所示，在 410，对第一图学习设备处的图节点进行节点分组，得到多个具有优先级的图节点分组。各个图节点分组的优先级基于图节点依赖关系确定。在本说明书中，优先级可以用于指示图节点分组的缓存空间分配优先级，或者用于指示图节点分组的数据存取优先级。图节点分组的优先级越高，越先为该图节点分组中的各个 Mirror

节点分配缓存空间或存取图节点数据。在本说明书中，第一优先级的优先级最高，第二优先级次之，如此类推。优先级的数字越大，优先级越低。

[66]在一个示例中，各个图节点分组具有规定大小的分组大小。这里，图节点分组的分组大小可以利用图节点分组所具有的节点个数来表征。例如，各个图节点分组的分组大小可以为 64 个节点。各个图节点分组的分组大小可以相同，也可以不同。在另一示例中，各个图节点分组的分组大小可以是可配置的。

[67]在本说明书中，图节点依赖关系用于反映图节点在图学习时相对于 Mirror 节点的依赖性。例如，图节点 E 在进行图学习时需要使用 Mirror 节点 B' 的图节点数据，则图节点 E 对 Mirror 节点 B' 具有依赖关系。在一个示例中，图节点依赖关系可以在对分布式图学习架构的图节点数据进行图分区时预先生成。在另一示例中，图节点依赖关系也可以在数据进行存取时生成。

[68]图 5A 示出了根据本说明书的实施例的图节点分布的示例示意图。对于图 5A 中示出的图节点分布，图节点 E 对 Mirror 节点 B' 具有依赖关系，图节点 F 对 Mirror 节点 D' 和 H' 具有依赖关系，图节点 G 对 Mirror 节点 B' 和 C' 具有依赖关系，以及图节点 I 对 Mirror 节点 D' 和 H' 具有依赖关系。

[69]图 5B 示出了图 5A 中示出的图节点分布所对应的图节点依赖关系的示例示意图。在图 5B 的示例中，图节点依赖关系被例示为图节点依赖表，该图节点依赖表的第一列示出了图节点 A-I，以及第一行示出了 Mirror 节点 B'、C'、D' 和 H'。图节点依赖关系中的值“0”表示不存在依赖关系，以及值“1”表示存在依赖关系。在其它实施例中，图节点依赖关系也可以采用其它合适的表征形式来表征，比如，图节点依赖关系图等。

[70]在一些实施例中，在进行图节点分组时，可以对第一图学习设备处的图节点进行随机分组。然后，基于图节点依赖关系统计各个图节点分组中包含的图节点所依赖的 Mirror 节点的节点数目，并根据所统计的各个图节点分组的 Mirror 节点数目确定各个图节点分组的优先级。

[71]在一些实施例中，在进行图节点分组时，可基于图节点依赖关系对第一图学习设备处的图节点进行图节点排序。然后，根据图节点排序结果对第一图学习设备处的图节点进行节点分组，得到多个具有优先级的图节点分组。在这种情况下，图节点分组的优先级可根据该图节点分组所具有的图节点的节点排序确定。优先级高的图节点分组中的任何一个图节点的节点排序不低于优先级低的图节点分组中的所有图节点的节点排序。

[72]图 6 示出了根据本说明书的实施例的图节点排序过程 600 的示例流程图。

[73]如图 6 所示，在 610，基于图节点依赖关系，确定第一图学习设备处的各个图节点所依赖的 Mirror 节点的节点数目。例如，如图 5A 所示，第一图学习设备为图学习设备 110-2，图节点 E 所依赖的 Mirror 节点的节点数目为 1，以及图节点 F 所依赖的 Mirror 节点的节点数目为 2。

[74]在 620，根据各个图节点所依赖的 Mirror 节点的节点数目，对第一图学习设备处的图节点进行排序。例如，在一个示例中，可以按照所依赖的 Mirror 节点的节点数目从小到大的顺序来进行图节点排序，即，图节点所依赖的 Mirror 节点的节点个数越少，图节点的图节点排序越高。例如，对于图节点 E 和 F，图节点 E 所依赖的 Mirror 节点为 B'，以及图节点 F 所依赖的 Mirror 节点为 D' 和 H'，从而图节点 E > 图节点 F。要说明的是，

对于所具有的镜像节点的节点数目相同的图节点,在进行图节点排序时具有相同的排序。例如,图节点 G、F 和 I 所依赖的 Mirror 节点的节点数目相同(都为 2),图节点 G、F 和 I 的排序相同,即,图节点 G=图节点 F=图节点 I。

[75]在一些实施例中,在根据图节点排序结果对第一图学习设备处的图节点进行节点分组时,尽可能将依赖相同 Mirror 节点的图节点分组到同一图节点分组。换言之,如果具有相同依赖镜像节点的至少两个图节点可被分组到同一图节点分组中,则将该至少两个图节点分组到同一图节点分组。例如,在图 5A 中示出的示例中,图节点 F 和 I 都依赖 Mirror 节点 D' 和 H',则将图节点 F 和 I 分组到同一图节点分组,除非该图节点分组不足以同时容纳图节点 F 和 I,并且该图节点分组中已经容纳的图节点的分组优先级都优于图节点 F 和 I。

[76]在一些实施例中,在根据图节点排序结果对第一图学习设备处的图节点进行节点分组时,针对具有相同排序的图节点,可以根据所依赖的镜像节点中属于已分组图节点分组的镜像节点的数目确定图节点的分组优先级。然后,基于确定出的图节点的分组优先级来对该具有相同排序的图节点进行节点分组。

[77]例如,在图 5A 中示出的示例中,图节点 G、F 和 I 都依赖 2 个 Mirror 节点,则图节点 G、F 和 I 具有相同排序。在对图节点 G、F 和 I 进行节点分组时,根据图节点 G、F 和 I 所依赖的 Mirror 节点中属于已分组图节点分组的 Mirror 节点的数目确定图节点的分组优先级。具体地,图节点 G 所依赖的 2 个 Mirror 节点 B' 和 C' 中存在 1 个 Mirror 节点 B' 属于具有更高优先级的图节点分组中的图节点(图节点 E)的对应 Mirror 节点,以及图节点 F 和 I 所依赖的 2 个 Mirror 节点 D' 和 H' 中不存在属于具有更高优先级的图节点分组中的图节点的对应 Mirror 节点,则图节点 G 的分组优先级优于图节点 F 和 I 的分组优先级。在进行节点分组时,优先分组图节点 G。

[78]回到图 4,在如上对第一图学习设备处的图节点进行节点分组后,在 420,基于图节点依赖关系,确定各个图节点分组所依赖的 Mirror 节点。具体地,对于每个图节点分组,基于图节点依赖关系,确定该图节点分组中的各个图节点所依赖的 Mirror 节点。然后,将所得到的 Mirror 节点集合作为该图节点分组所依赖的 Mirror 节点。

[79]在 430,根据图节点分组的优先级,从第一图学习设备的公共缓冲区中为各个图节点分组所依赖的 Mirror 节点分配缓存空间。在一些实施例中,可以基于图节点分组的优先级,逐图节点分组顺序进行缓存空间的分配。在另一些实施例中,也可以基于图节点分组的优先级,为图节点分组并行分配对应的缓存空间。比如,可以按照图节点分组的优先级,每次选择若干个图节点分组,然后为所选择出的图节点分组中的图节点分配缓存空间。

[80]在本说明书中,第一图学习设备的公共缓冲区的大小是可配置的。在一个示例中,公共缓冲区的大小需要能够存储分布式图学习架构中的 Master 节点的最大邻居数个邻居节点的节点数据。例如,对于图 1 中示出的分布式图节点架构,图节点 D 的邻居节点数最多,其邻居节点数为 4,则公共缓冲区的大小需要至少能够存储 4 个图节点的节点数据。假设每个图节点的节点数据的数据量固定,则公共缓冲的大小可以利用图节点的节点个数来表征。

[81]图 7 示出了根据本说明书的实施例的缓存空间分配过程 700 的示例流程图。

[82]如图 7 所示, 在 710, 针对第一图学习设备处的图节点, 从第一图学习设备的公共缓冲区中为第一优先级的图节点分组的各个 Mirror 节点分配缓存空间。接着, 从第二优先级的图节点分组开始, 循环执行 720 到 780 的操作, 每次循环过程对应一个图节点分组的缓存空间分配操作。

[83]具体地, 在 720, 判断当前图节点分组所依赖的 Mirror 节点中是否存在已分配缓存空间的 Mirror 节点。如果存在已分配缓存空间的 Mirror 节点, 则在 730, 从所依赖的 Mirror 节点中去除已分配缓存空间的 Mirror 节点, 并且确定剩余 Mirror 节点所需缓存空间, 作为当前图节点分组所需缓存空间。然后, 进行到 750。如果不存在已分配缓存空间的 Mirror 节点, 则在 740, 确定该图节点分组所依赖的所有 Mirror 节点所需缓存空间, 作为当前图节点分组所需缓存空间。然后, 进行到 750。

[84]在 750, 判断第一图学习设备的公共缓冲区的剩余缓存空间是否不小于当前图节点分组所需缓存空间。如果公共缓冲区的剩余缓存空间小于当前图节点分组所需缓存空间, 则缓存空间分配过程结束。

[85]如果公共缓冲区的剩余缓存空间不小于当前图节点分组所需缓存空间, 在 760, 为当前图节点分组所依赖的 Mirror 节点分配缓存空间。具体地, 在存在已分配缓存空间的 Mirror 节点时, 为当前图节点分组的剩余 Mirror 节点分配缓存空间。在不存在已分配缓存空间的 Mirror 节点时, 为当前图节点分组所依赖的所有 Mirror 节点分配缓存空间。

[86]在 770, 判断是否存在未进行缓存空间分配的图节点分组。如果不存在未进行缓存空间分配的图节点分组, 则缓存空间分配过程结束。

[87]如果存在未进行缓存空间分配的图节点分组, 则在 780, 从未进行缓存空间分配的图节点分组中选出优先级最高的图节点分组, 作为下一循环过程的当前图节点分组。然后, 流程返回到 720, 执行下一循环过程。

[88]要说明的是, 图 7 中示出的仅仅是缓存空间的一个实现示例。在本说明书的其它实施例中, 可以对图 7 中示出的示例进行各种修改, 例如, 可以去除图 7 中的部分步骤或者向图 7 的示例中增加步骤。

[89]回到图 4, 在 40, 针对完成缓存空间分配的图节点, 向该图节点所依赖的 Mirror 节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程。在一些实施例中, 可在每个图节点或若干图节点完成缓存空间分配后, 向该图节点所依赖的 Mirror 节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取请求。第二图学习设备响应于数据存取请求来获取对应的图节点数据, 并且将所获取的图节点数据返回给第一图学习设备。在这种数据存取过程中, 以图节点为单位进行数据存取。在一些实施例中, 可针对完成缓存空间分配的图节点分组, 向该图节点分组所依赖的 Mirror 节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程。在这种数据存取过程中, 以图节点分组为单位进行数据存取。

[90]图 8 示出了根据本说明书的实施例的数据存取过程 800 的示例流程图。

[91]如图 8 所示, 在 810, 针对完成缓存空间分配的图节点分组, 检查该图节点分组所依赖的各个 Mirror 节点的缓存空间, 并且在 820, 判断各个 Mirror 节点的缓存空间是否缓存有图节点数据。

[92]如果存在其缓存空间未缓存有图节点数据的 Mirror 节点, 则在 830, 向该 Mirror 节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程。如果不存在其缓存空间未缓

存有图节点数据的 Mirror 节点，则在 840，不发起数据存取过程。

[93]要说明的是，图 8 示出的仅仅是数据存取过程的一个例示实施例。在其它实施例中，可以对图 8 中示出的实施例进行修改，例如，可以不包括缓存空间检查步骤及其相应处理步骤，而是直接发起数据存取过程。

[94]回到图 4，在从第二图学习设备获取响应于所述数据存取过程而获取的图节点数据后，在 450，将所获取的 Mirror 节点的图节点数据缓存在为该 Mirror 节点分配的缓存空间中。

[95]一旦针对图节点分组所依赖的所有 Mirror 节点的图节点数据获取过程完成，并且所有 Mirror 节点的图节点数据被缓存到对应的缓存空间中，该图节点分组中的各个图节点可以使用各自的图节点数据以及所依赖的 Mirror 节点的图节点数据来执行图学习过程。

[96]在 460，在第一图学习设备处，监测该图节点分组的各个图节点的图学习过程是否都执行完毕。如果未监测到该图节点分组的各个图节点的图学习过程都执行完毕，则继续监测。

[97]如果监测到该图节点分组的各个图节点的图学习过程都执行完毕，则在 470，根据图节点依赖关系，确定该图节点分组所依赖的 Mirror 节点中是否存在未依赖 Mirror 节点，所述未依赖 Mirror 节点包括未被图学习过程未完成的图节点分组依赖的 Mirror 节点。如果确定不存在未依赖 Mirror 节点，则进行到 490。

[98]如果确定存在未依赖 Mirror 节点，则在 480，释放分配给未依赖 Mirror 节点的缓存空间。然后，进行到 490。

[99]在 490，判断是否存在未进行图学习的分层。如果存在未进行图学习的分层，则返回到 430，执行下一循环过程。如果不存在未进行图学习的分层，则流程结束。

[100]在一些实施例中，响应于第一图学习设备完成图节点分组的各个图节点的图学习训练，可以直接释放为该图节点分组所依赖的所有 Mirror 节点分配的缓存空间，而无需上述 470 的未依赖 Mirror 节点确定过程。

[101]如上参照图 1 到图 8 描述了根据本说明书的实施例的用于分布式图学习架构的数据存取方法。在上述数据存取方法中，将图节点分组为具有基于图节点依赖关系确定出的存取优先级的各个图节点分组，并且基于存取优先级来从所设置的公共缓冲区中为各个图节点分组分配缓存空间。在图节点完成缓存空间分配后，才向其它图学习设备发起数据存取过程，所存储的 Mirror 节点数据缓存在所分配的缓存空间中以供图学习使用。利用上述数据存取方法，无需在各个 Mirror 节点所在的图学习设备的存储空间中持久性地存储 Master 数据的完整备份，由此提升图学习设备的存储空间利用率。

[102]此外，利用上述数据存取方法，通过将依赖相同 Mirror 节点的至少两个图节点分组到同一图节点分组，从而使得针对该图节点分组的数据存取操作可以提供该至少两个图节点的图学习过程所需的 Mirror 数据，由此提升分布式图学习架构的图学习效率。

[103]此外，利用上述数据存取方法，通过针对具有相同排序的图节点，根据所依赖的镜像节点中属于已分组图节点分组的 Mirror 节点的数目确定图节点的分组优先级，并且基于确定出的图节点的分组优先级来对该具有相同排序的图节点进行节点分组，从而使得已经存取的 Mirror 节点的图节点数据可以较早地被所依赖的图节点使用来进行图学习，并且在完成图学习后释放该 Mirror 数据的缓存空间，从而可以提升第一图学习设备的存

储空间利用率。

[104]利用上述数据存取方法，通过在为图节点分组所依赖的 Mirror 节点分配缓存空间时，检查该图节点分组所依赖的 Mirror 节点中是否存在已分配缓存空间的 Mirror 节点，并且仅仅为未分配缓存空间的 Mirror 节点分配缓存空间，由此提升第一图学习设备的公共缓冲区的缓存空间利用率。

[105]利用上述数据存取方法，通过在向第二图学习设备发起数据存取过程时，检查图节点分组所依赖的 Mirror 节点的缓存空间是否缓存有图节点数据，并且在缓存空间缓存有节点数据时，针对该 Mirror 节点不发起数据存取过程，由此提升 Mirror 数据的数据存取效率。

[106]利用上述数据存取方法，通过在第一图学习设备完成图节点分组的各个图节点的图学习训练后，释放为该图节点分组所依赖的所有 Mirror 节点分配的缓存空间，可以使得所释放的缓存空间可以分配给其余图节点分组的 Mirror 节点，从而提升公共缓冲区的缓存空间利用率。

[107]利用上述数据存取方法，通过在第一图学习设备完成图节点分组的各个图节点的图学习训练后，仅仅释放为该图节点分组所依赖的所有 Mirror 节点中的未依赖 Mirror 节点分配的缓存空间，可以使得其它未完成图学习的图节点分组在进行图学习时，可以从缓存空间中获取所依赖的 Mirror 节点的 Mirror 数据，无需再次向第二图学习设备发起数据存取过程，同时释放未依赖 Mirror 节点的缓存空间，以供分配给其余图节点分组的 Mirror 节点，从而提升公共缓冲区的缓存空间利用率。

[108]图 9 示出了根据本说明书的实施例的用于分布式图学习架构的数据存取装置 900 的示例方框图。数据存取装置 900 应用于分布式图学习架构的具有 Mirror 节点的第一图学习设备。如图 9 所示，数据存取装置 900 包括节点分组单元 910、镜像节点确定单元 920、缓存空间分配单元 930、数据存取单元 940 和数据缓存单元 950。

[109]节点分组单元 910 被配置为对第一图学习设备处的图节点进行节点分组，得到多个具有优先级的图节点分组，各个图节点分组的优先级基于图节点依赖关系确定出。节点分组单元 910 的操作可以参照上面参照图 4 的 410 描述的操作。镜像节点确定单元 920 被配置为基于图节点依赖关系，确定各个图节点分组所依赖的 Mirror 节点。镜像节点确定单元 920 的操作可以参考上面参照图 4 的 420 描述的操作。

[110]缓存空间分配单元 930 被配置为根据图节点分组的优先级，从第一图学习设备的公共缓冲区中为各个图节点分组所依赖的 Mirror 节点顺序分配缓存空间。缓存空间分配单元 930 的操作可以参考上面参照图 4 的 430 描述的操作。

[111]数据存取单元 940 被配置为针对完成缓存空间分配的图节点，向该图节点所依赖的 Mirror 节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程。数据存取单元 940 的操作可以参考上面参照图 4 的 440 描述的操作。

[112]数据缓存单元 950 被配置为将响应于数据存取过程而返回的图节点数据缓存在所分配的缓存空间中。数据缓存单元 950 的操作可参考上面参照图 4 的 450 描述的操作。

[113]在一个示例中，图节点依赖关系可以在对分布式图学习架构的图节点数据进行图分区时预先生成。相应地，数据存取装置 900 还可以包括依赖关系存储单元（未示出）。所述依赖关系存储单元被配置为存储在对分布式图学习架构的图节点数据进行图分区

时生成的图节点依赖关系。

[114]在一个示例中，在对第一图学习设备处的图节点进行节点分组时，如果具有相同依赖镜像节点的至少两个图节点可被分组到同一图节点分组中，则节点分组单元 910 将该至少两个图节点分组到同一图节点分组。

[115]在一个示例中，数据存取装置 900 还可包括图节点排序单元（未示出）。图节点排序单元被配置为基于图节点依赖关系对第一图学习设备处的图节点进行排序。然后，节点分组单元 910 基于图节点排序结果对第一图学习设备处的图节点进行节点分组。

[116]图 10 示出了根据本说明书的实施例的图节点排序单元 1000 的示例方框图。如图 10 所示，图节点排序单元 1000 包括镜像节点数目确定模块 1010 和图节点排序模块 1020。

[117]镜像节点数目确定模块 1010 被配置为基于图节点依赖关系，确定第一图学习设备处的各个图节点所依赖的 Mirror 节点的节点数目。镜像节点数目确定模块 1010 的操作可以参考上面参照图 6 的 610 描述的操作。

[118]图节点排序模块 1020 被配置为根据各个图节点所依赖的 Mirror 节点的节点数目，对第一图学习设备处的图节点进行排序。图节点排序模块 1020 的操作可以参考上面参照图 6 的 620 描述的操作。

[119]在一个示例中，在进行图节点排序时，所具有的 Mirror 节点的节点数目相同的图节点具有相同的排序。相应地，在根据图节点排序结果对第一图学习设备处的图节点进行节点分组时，针对具有相同排序的图节点，节点分组单元 910 根据所依赖的 Mirror 节点中属于已分组图节点分组的 Mirror 节点的数目确定图节点的分组优先级，并根据图节点的分组优先级进行节点分组。

[120]图 11 示出了根据本说明书的实施例的缓存空间分配单元 1100 的示例方框图。如图 11 所示，缓存空间分配单元 1100 可以包括缓存空间分配检查模块 1110 和缓存空间分配模块 1120。缓存空间分配检查模块 1110 被配置为针对各个图节点分组，检查该图节点分组所依赖的 Mirror 节点是否被分配缓存空间。缓存空间分配模块 1120 被配置为对于未分配缓存空间的 Mirror 节点，从第一图学习设备的公共缓冲区中为该 Mirror 节点分配缓存空间。

[121]缓存空间分配单元 1100 还可包括缓存所需空间确定模块（未示出）和缓存判断模块（未示出）。所述缓存所需空间确定模块被配置为根据缓存空间分配检查模块 1110 的检查结果，确定图节点分组所需缓存空间。具体地，在缓存空间分配检查模块 1110 的检查结果指示存在已分配缓存空间的 Mirror 节点时，所述缓存所需空间确定模块从图节点分组所依赖的 Mirror 节点中去除已分配缓存空间的 Mirror 节点，并且将剩余 Mirror 节点所需缓存空间确定为该图节点分组所需缓存空间。在缓存空间分配检查模块 1110 的检查结果指示不存在已分配缓存空间的 Mirror 节点时，所述缓存所需空间确定模块将图节点分组所依赖的所有 Mirror 节点所需缓存空间确定为该图节点分组所需缓存空间。

[122]所述缓存判断模块被配置为根据公共缓冲区的剩余缓存空间以及图节点分组所需缓存空间，判断是否可以为图节点分组分配缓存空间。在公共缓冲区的剩余缓存空间不小于图节点分组所需缓存空间时，所述缓存判断模块确定可以为图节点分组分配缓存空间。在公共缓冲区的剩余缓存空间小于图节点分组所需缓存空间时，所述缓存判断模块确定不可为图节点分组分配缓存空间。缓存空间分配模块 1120 被配置为在所述缓存判

断模块确定可以为图节点分组分配缓存空间时，从第一图学习设备的公共缓冲区中为图节点分组所依赖的未分配缓存空间的 Mirror 节点分配缓存空间。

[123]图 12 示出了根据本说明书的实施例的数据存取单元 1200 的示例方框图。如图 12 所示，数据存取单元 1200 可以包括数据缓存检查模块 1210 和数据存取模块 1220。

[124]数据缓存检查模块 1210 被配置为针对完成缓存空间分配的图节点分组，检查该图节点分组所依赖的各个 Mirror 节点的缓存空间是否缓存有图节点数据。数据缓存检查模块 1210 的操作可以参考上面参照图 8 的 810 描述的操作。

[125]数据存取模块 1220 被配置为对于未缓存有图节点数据的 Mirror 节点，向该 Mirror 节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程。数据存取模块 1220 的操作可以参考上面参照图 8 的 830 描述的操作。

[126]此外，可选地，在一个示例中，数据存取装置 900 还可以包括缓存空间释放单元（未示出）。响应于第一图学习设备完成图节点分组的各个图节点的图学习训练，所述缓存空间释放单元释放为该图节点分组所依赖的所有 Mirror 节点分配的缓存空间。

[127]此外，可选地，在一个示例中，数据存取装置 900 还可以包括未依赖镜像节点检查单元（未示出）和缓存空间释放单元（未示出）。所述未依赖镜像节点检查单元被配置为响应于第一图学习设备完成图节点分组的各个图节点的图学习训练，根据图节点依赖关系确定该图节点分组所依赖的 Mirror 节点中是否存在未依赖 Mirror 节点，所述未依赖 Mirror 节点包括未被图学习过程未完成的图节点分组依赖的 Mirror 节点。所述缓存空间释放单元被配置为在该图节点分组所依赖的 Mirror 节点中存在未依赖 Mirror 节点时，释放为该未依赖 Mirror 节点分配的缓存空间。

[128]如上参照图 1 到图 12，对根据本说明书实施例的用于分布式图学习架构的数据存取方法和数据存取装置进行了描述。上面的数据存取装置可以采用硬件实现，也可以采用软件或者硬件和软件的组合来实现。

[129]图 13 示出了根据本说明书的实施例的基于计算机系统实现的用于分布式图学习架构的数据存取装置 1300 的示意图。如图 13 所示，数据存取装置 1300 可以包括至少一个处理器 1310、存储器（例如，非易失性存储器）1320、内存 1330 和通信接口 1340，并且至少一个处理器 1310、存储器 1320、内存 1330 和通信接口 1340 经由总线 1360 连接在一起。至少一个处理器 1310 执行在存储器中存储或编码的至少一个计算机可读指令（即，上述以软件形式实现的元素）。

[130]在一个实施例中，在存储器中存储计算机可执行指令，其当执行时使得至少一个处理器 1310：对第一图学习设备处的图节点进行节点分组，得到多个具有优先级的图节点分组，各个图节点分组的优先级基于图节点依赖关系确定，图节点依赖关系用于反映图节点在图学习时相对于镜像节点的依赖性；基于图节点依赖关系，确定各个图节点分组所依赖的镜像节点；根据图节点分组的优先级，从第一图学习设备的公共缓冲区中为各个图节点分组所依赖的镜像节点分配缓存空间；针对完成缓存空间分配的图节点，向该图节点所依赖的镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程；以及将响应于数据存取过程而返回的图节点数据缓存在所分配的缓存空间中。

[131]应该理解，在存储器中存储的计算机可执行指令当执行时使得至少一个处理器 1310 进行本说明书的各个实施例中以上结合图 1-图 12 描述的各种操作和功能。

[132]根据一个实施例，提供了一种比如机器可读介质（例如，非暂时性机器可读介质）的程序产品。机器可读介质可以具有指令（即，上述以软件形式实现的元素），该指令当被机器执行时，使得机器执行本说明书的各个实施例中以上结合图 1-图 12 描述的各种操作和功能。具体地，可以提供配有可读存储介质的系统或者装置，在该可读存储介质上存储着实现上述实施例中任一实施例的功能的软件程序代码，且使该系统或者装置的计算机或处理器读出并执行存储在该可读存储介质中的指令。

[133]在这种情况下，从可读介质读取的程序代码本身可实现上述实施例中任何一项实施例的功能，因此机器可读代码和存储机器可读代码的可读存储介质构成本发明的一部分。

[134]可读存储介质的实施例包括软盘、硬盘、磁光盘、光盘（如 CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-RW、DVD-RW）、磁带、非易失性存储卡和 ROM。可选择地，可以由通信网络从服务器计算机上或云上下载程序代码。

[135]根据一个实施例，提供一种计算机程序产品，该计算机程序产品包括计算机程序，该计算机程序当被处理器执行时，使得处理器执行本说明书的各个实施例中以上结合图 1-图 12 描述的各种操作和功能。

[136]本领域技术人员应当理解，上面公开的各个实施例可以在不偏离发明实质的情况下做出各种变形和修改。因此，本公开的保护范围应当由所附的权利要求书来限定。

[137]需要说明的是，上述各流程和各系统结构图中不是所有的步骤和单元都是必须的，可以根据实际的需要忽略某些步骤或单元。各步骤的执行顺序不是固定的，可以根据需要进行确定。上述各实施例中描述的装置结构可以是物理结构，也可以是逻辑结构，即，有些单元可能由同一物理实体实现，或者，有些单元可能分由多个物理实体实现，或者，可以由多个独立设备中的某些部件共同实现。

[138]以上各实施例中，硬件单元或模块可以通过机械方式或电气方式实现。例如，一个硬件单元、模块或处理器可以包括永久性专用的电路或逻辑（如专门的处理器，FPGA 或 ASIC）来完成相应操作。硬件单元或处理器还可以包括可编程逻辑或电路（如通用处理器或其它可编程处理器），可以由软件进行临时的设置以完成相应操作。具体的实现方式（机械方式、或专用的永久性电路、或者临时设置的电路）可以基于成本和时间上的考虑来确定。

[139]上面结合附图阐述的具体实施方式描述了示例性实施例，但并不表示可以实现的或者落入权利要求书的保护范围的所有实施例。在整个本说明书中使用的术语“示例性”意味着“用作示例、实例或例示”，并不意味着比其它实施例“优选”或“具有优势”。出于提供对所描述技术的理解的目的，具体实施方式包括具体细节。然而，可以在没有这些具体细节的情况下实施这些技术。在一些实例中，为了避免对所描述的实施例的概念造成难以理解，公知的结构和装置以框图形式示出。

[140]本公开内容的上述描述被提供来使得本领域任何普通技术人员能够实现或者使用本公开内容。对于本领域普通技术人员来说，对本公开内容进行的各种修改是显而易见的，并且，也可以在不脱离本公开内容的保护范围的情况下，将本文所定义的一般性原理应用于其它变型。因此，本公开内容并不限于本文所描述的示例和设计，而是与符合本文公开的原理和新颖性特征的最广范围相一致。

权利要求书

1、一种用于分布式图学习架构的数据存取方法，所述数据存取方法由所述分布式图学习架构的具有镜像节点的第一图学习设备执行，所述数据存取方法包括：

对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组，得到多个具有优先级的图节点分组，所述图节点分组的优先级基于图节点依赖关系确定，所述图节点依赖关系用于反映图节点在图学习时相对于镜像节点的依赖性；

基于所述图节点依赖关系，确定各个图节点分组所依赖的镜像节点；

根据所述图节点分组的优先级，从所述第一图学习设备的公共缓冲区中为各个图节点分组所依赖的镜像节点分配缓存空间；

针对完成缓存空间分配的图节点，向该图节点所依赖的镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程；以及

将响应于所述数据存取过程而返回的图节点数据缓存在所分配的缓存空间中。

2、如权利要求 1 所述的数据存取方法，其中，对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组，得到多个具有优先级的图节点分组包括：

基于图节点依赖关系对所述第一图学习设备处的图节点进行排序；以及

根据图节点排序结果对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组，得到多个具有优先级的图节点分组。

3、如权利要求 1 所述的数据存取方法，其中，针对完成缓存空间分配的图节点，向该图节点所依赖的镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程包括：

针对完成缓存空间分配的图节点分组，向该图节点分组所依赖的镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程。

4、如权利要求 1 所述的数据存取方法，其中，所述图节点依赖关系在对所述分布式图学习架构的图节点数据进行图分区时生成。

5、如权利要求 2 所述的数据存取方法，其中，各个图节点分组具有可配置的分组大小。

6、如权利要求 5 所述的数据存取方法，其中，在根据图节点排序结果对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组时，如果具有相同依赖镜像节点的至少两个图节点可被分组到同一图节点分组中，则将所述至少两个图节点分组到同一图节点分组。

7、如权利要求 2 所述的数据存取方法，其中，基于图节点依赖关系对所述第一图学习设备处的图节点进行排序包括：

基于图节点依赖关系，确定所述第一图学习设备处的各个图节点所依赖的镜像节点的节点数目；以及

根据各个图节点所依赖的镜像节点的节点数目，对所述第一图学习设备处的图节点进行排序。

8、如权利要求 7 所述的数据存取方法，其中，所具有的镜像节点的节点数目相同的图节点具有相同的排序，

在根据图节点排序结果对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组时，针对具有相同排序的图节点，根据所依赖的镜像节点中属于已分组图节点分组的镜像节点的数

目确定图节点的分组优先级。

9、如权利要求1所述的数据存取方法，其中，根据所述图节点分组的优先级，从所述第一图学习设备的公共缓冲区中为各个图节点分组所依赖的镜像节点分配缓存空间包括：

针对各个图节点分组，检查该图节点分组所依赖的镜像节点是否被分配缓存空间；以及

对于未分配缓存空间的镜像节点，从所述第一图学习设备的公共缓冲区中为该镜像节点分配缓存空间。

10、如权利要求3所述的数据存取方法，其中，针对完成缓存空间分配的图节点分组，向该图节点分组所依赖的镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程包括：

针对完成缓存空间分配的图节点分组，检查该图节点分组所依赖的各个镜像节点的缓存空间是否缓存有图节点数据；以及

对于未缓存有图节点数据的镜像节点，向该镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程。

11、如权利要求3所述的数据存取方法，还包括：

响应于所述第一图学习设备完成图节点分组的各个图节点的图学习训练，释放为该图节点分组所依赖的所有镜像节点分配的缓存空间。

12、如权利要求3所述的数据存取方法，还包括：

响应于所述第一图学习设备完成图节点分组的各个图节点的图学习训练，根据所述图节点依赖关系确定该图节点分组所依赖的镜像节点中是否存在未依赖镜像节点，所述未依赖镜像节点包括未被图学习过程未完成的图节点分组依赖的镜像节点；以及

在该图节点分组所依赖的镜像节点中存在未依赖镜像节点时，释放为所述未依赖镜像节点分配的缓存空间。

13、如权利要求1所述的数据存取方法，其中，所述分布式图学习架构的图学习过程是分层迭代学习过程，所述镜像节点的缓存空间分配步骤、所述数据存取过程的发起步骤以及所述图节点数据的缓存步骤被循环执行，直到所述分层迭代学习过程完成。

14、一种用于分布式图学习架构的数据存取装置，所述数据存取装置应用于所述分布式图学习架构的具有镜像节点的第一图学习设备，所述数据存取装置包括：

节点分组单元，对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组，得到多个具有优先级的图节点分组，所述图节点分组的优先级基于图节点依赖关系确定，所述图节点依赖关系用于反映图节点在图学习时相对于镜像节点的依赖性；

镜像节点确定单元，基于所述图节点依赖关系，确定各个图节点分组所依赖的镜像节点；

缓存空间分配单元，根据所述图节点分组的优先级，从所述第一图学习设备的公共缓冲区中为各个图节点分组所依赖的镜像节点分配缓存空间；

数据存取单元，针对完成缓存空间分配的图节点，向该图节点所依赖的镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程；以及

数据缓存单元，将响应于所述数据存取过程而返回的图节点数据缓存在所分配的缓

存空间中。

15、如权利要求 14 所述的数据存取装置，还包括：

图节点排序单元，基于所述图节点依赖关系对所述第一图学习设备处的图节点进行排序，

所述节点分组单元根据所述图节点排序单元的图节点排序结果对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组，得到多个具有优先级的图节点分组。

16、如权利要求 14 所述的数据存取装置，其中，所述数据存取单元针对完成缓存空间分配的图节点分组，向该图节点分组所依赖的镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程。

17、如权利要求 14 所述的数据存取装置，还包括：

依赖关系存储单元，存储在对所述分布式图学习架构的图节点数据进行图分区时生成的图节点依赖关系。

18、如权利要求 15 所述的数据存取装置，其中，在根据图节点排序结果对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组时，如果具有相同依赖镜像节点的至少两个图节点可被分组到同一图节点分组中，则所述节点分组单元将所述至少两个图节点分组到同一图节点分组。

19、如权利要求 15 所述的数据存取装置，其中，所述图节点排序单元包括：

镜像节点数目确定模块，基于图节点依赖关系，确定所述第一图学习设备处的各个图节点所依赖的镜像节点的节点数目；以及

图节点排序模块，根据各个图节点所依赖的镜像节点的节点数目，对所述第一图学习设备处的图节点进行排序。

20、如权利要求 19 所述的数据存取装置，其中，所具有的镜像节点的节点数目相同的图节点具有相同的排序，

在根据图节点排序结果对所述第一图学习设备处的图节点进行节点分组时，针对具有相同排序的图节点，所述节点分组单元根据所依赖的镜像节点中属于已分组图节点分组的镜像节点的数目确定图节点的分组优先级，并根据图节点的分组优先级进行节点分组。

21、如权利要求 14 所述的数据存取装置，其中，所述缓存空间分配单元包括：

缓存空间分配检查模块，针对各个图节点分组，检查该图节点分组所依赖的镜像节点是否被分配缓存空间；以及

缓存空间分配模块，对于未分配缓存空间的镜像节点，从所述第一图学习设备的公共缓冲区中为该镜像节点分配缓存空间。

22、如权利要求 16 所述的数据存取装置，其中，所述数据存取单元包括：

数据缓存检查模块，检查该图节点分组所依赖的各个镜像节点的缓存空间是否缓存有图节点数据；以及

数据存取模块，对于未缓存有图节点数据的镜像节点，向该镜像节点的对应图节点所在的第二图学习设备发起数据存取过程。

23、如权利要求 16 所述的数据存取装置，还包括：

缓存空间释放单元，响应于所述第一图学习设备完成图节点分组的各个图节点的图

学习训练，释放为该图节点分组所依赖的所有镜像节点分配的缓存空间。

24、如权利要求 16 所述的数据存取装置，还包括：

未依赖镜像节点检查单元，响应于所述第一图学习设备完成图节点分组的各个图节点的图学习训练，根据所述图节点依赖关系确定该图节点分组所依赖的镜像节点中是否存在未依赖镜像节点，所述未依赖镜像节点包括未被图学习过程未完成的图节点分组依赖的镜像节点；以及

缓存空间释放单元，在该图节点分组所依赖的镜像节点中存在未依赖镜像节点时，释放为所述未依赖镜像节点分配的缓存空间。

25、一种用于分布式图学习架构的数据存取装置，包括：

至少一个处理器，

与所述至少一个处理器耦合的存储器，以及

存储在所述存储器中的计算机程序，所述至少一个处理器执行所述计算机程序来实现如权利要求 1 到 13 中任一所述的用于分布式图学习架构的数据存取方法。

26、一种计算机可读存储介质，其存储有可执行指令，所述指令当被执行时使得处理器执行如权利要求 1 到 13 中任一所述的用于分布式图学习架构的数据存取方法。

27、一种计算机程序产品，包括计算机程序，所述计算机程序被处理器执行来实现如权利要求 1 到 13 中任一所述的用于分布式图学习架构的数据存取方法。

分布式图学习架构 100

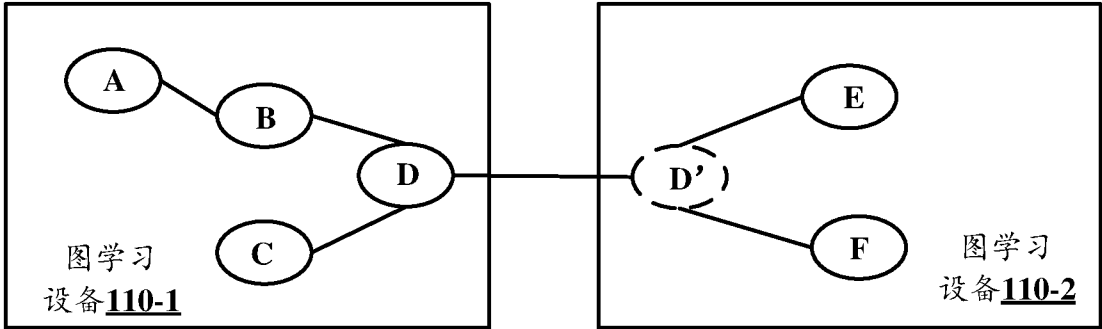


图 1

200

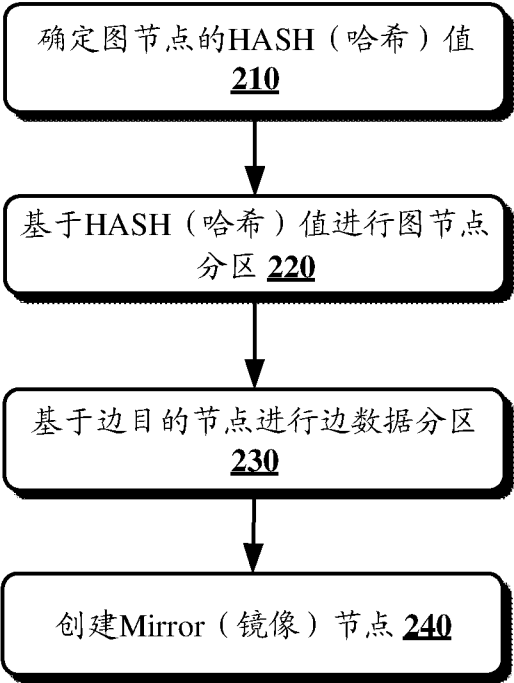


图 2

分布式图学习架构 100

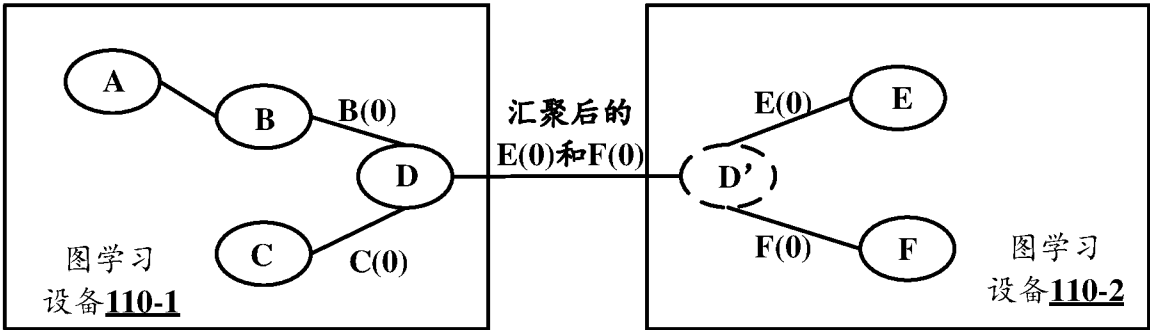


图 3

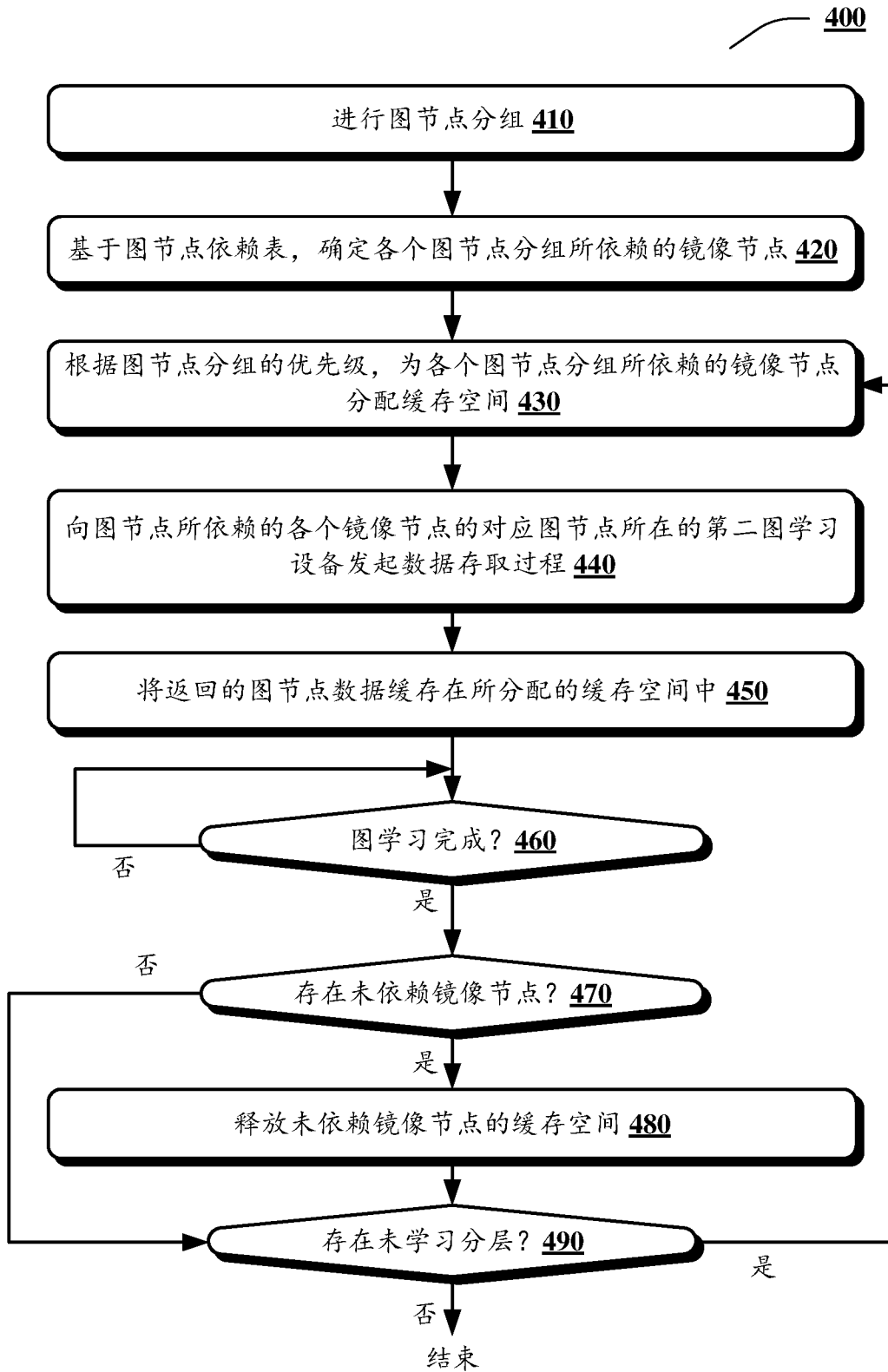


图 4

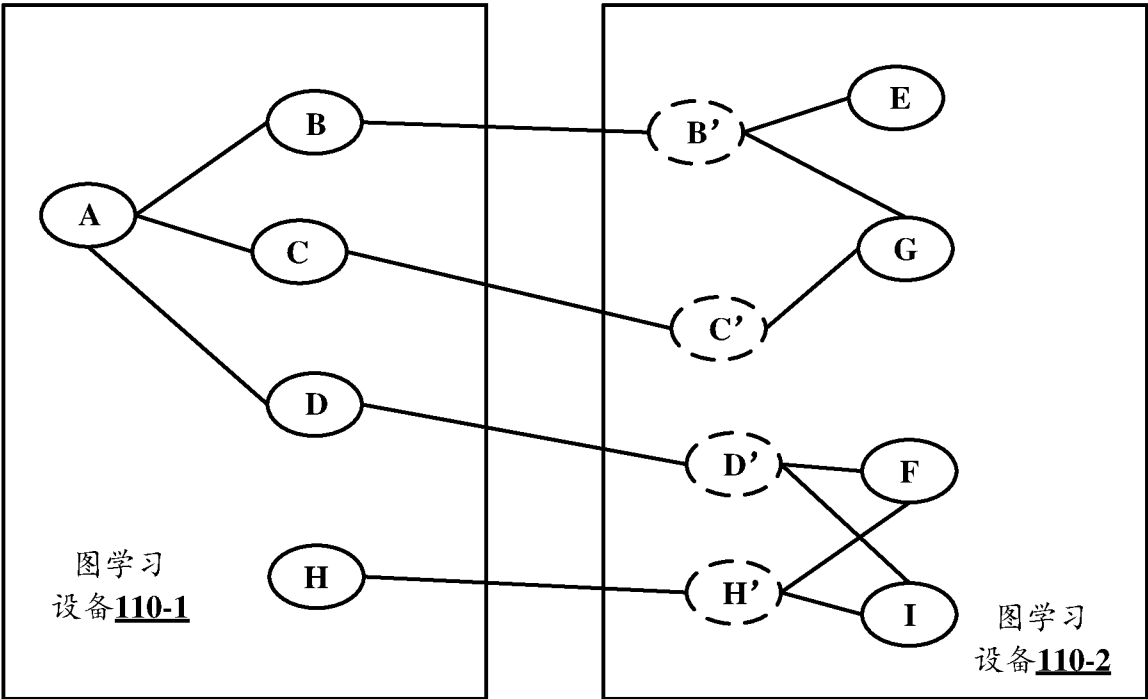


图 5A

	B'	C'	D'	H'
A	0	0	0	0
B	0	0	0	0
C	0	0	0	0
D	0	0	0	0
E	1	0	0	0
F	0	0	1	1
G	1	1	0	0
H	0	0	0	0
I	0	0	1	1

图 5B

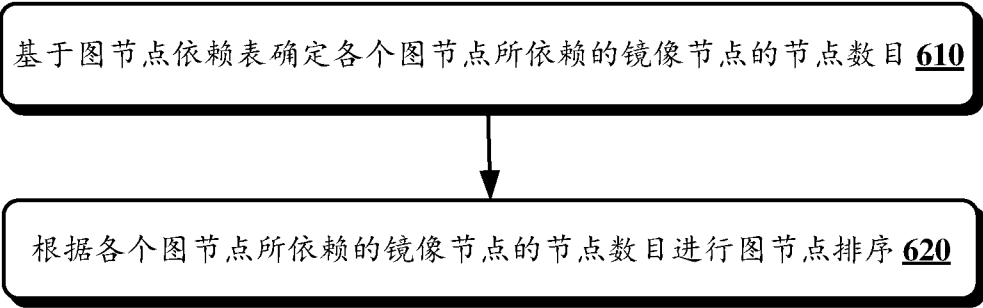


图 6

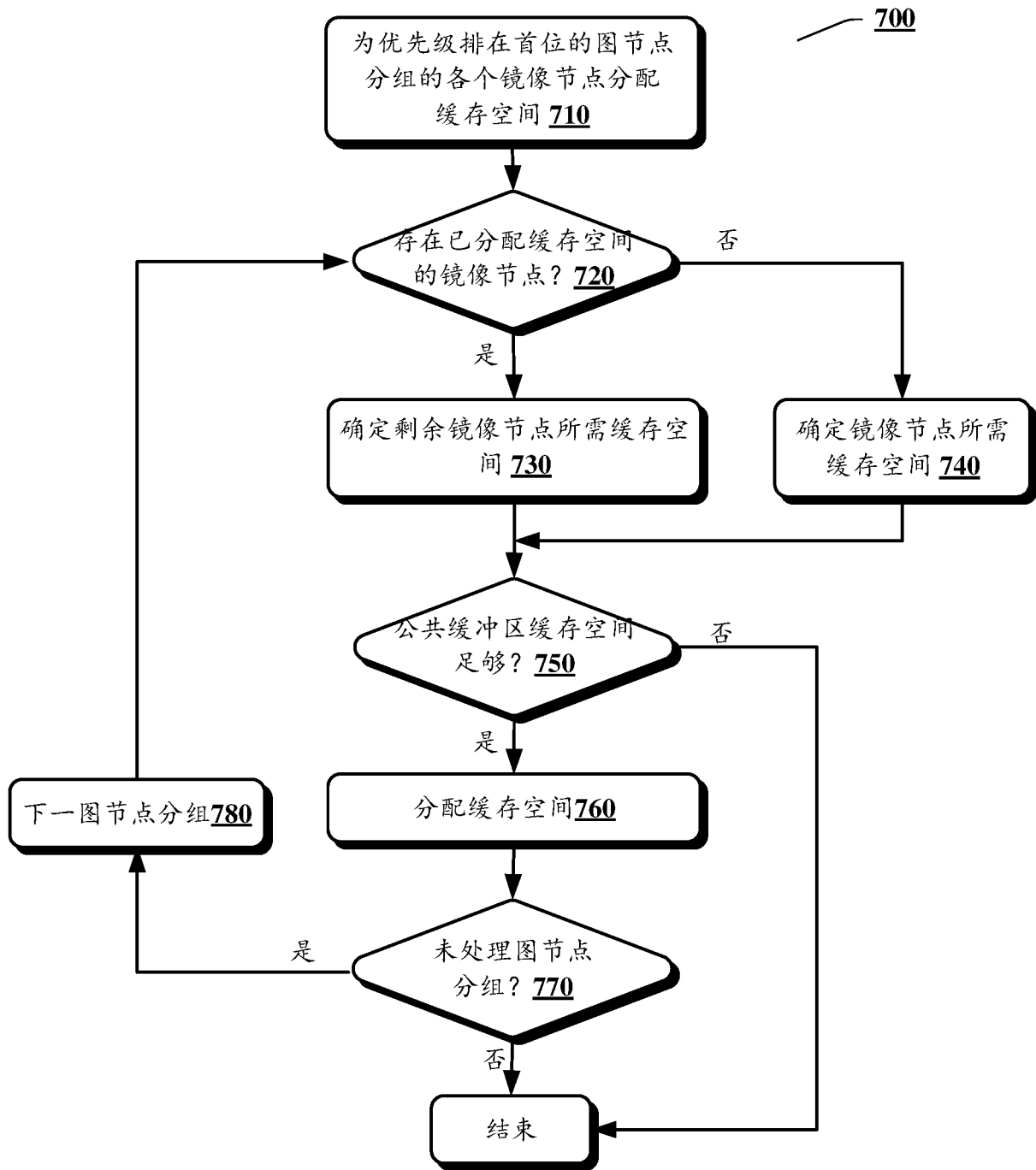


图 7

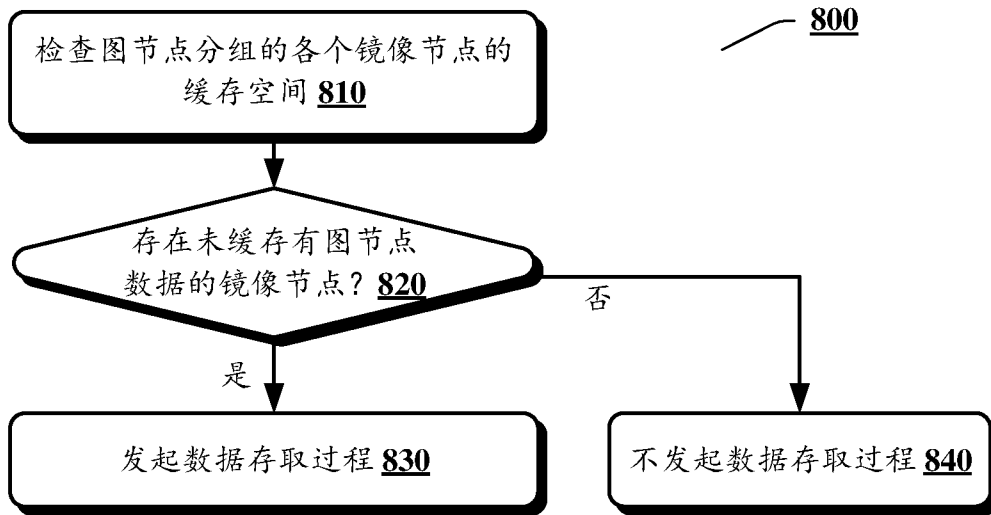


图 8



图 9



图 10

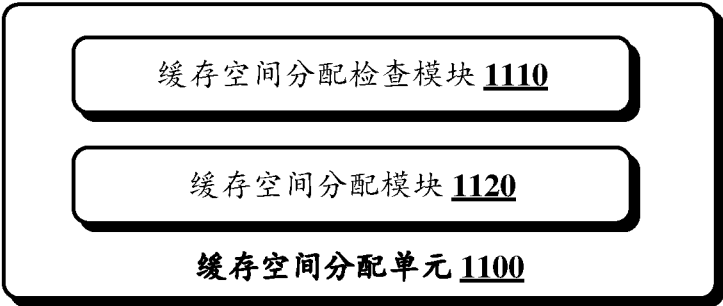


图 11

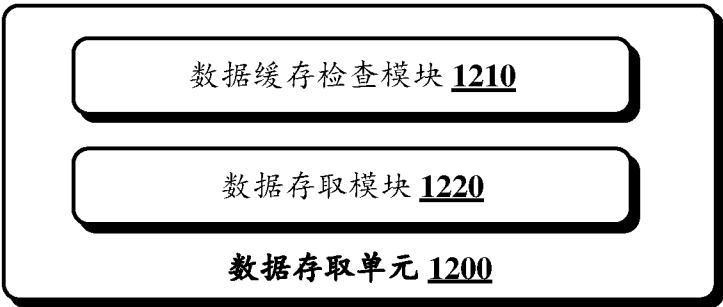


图 12

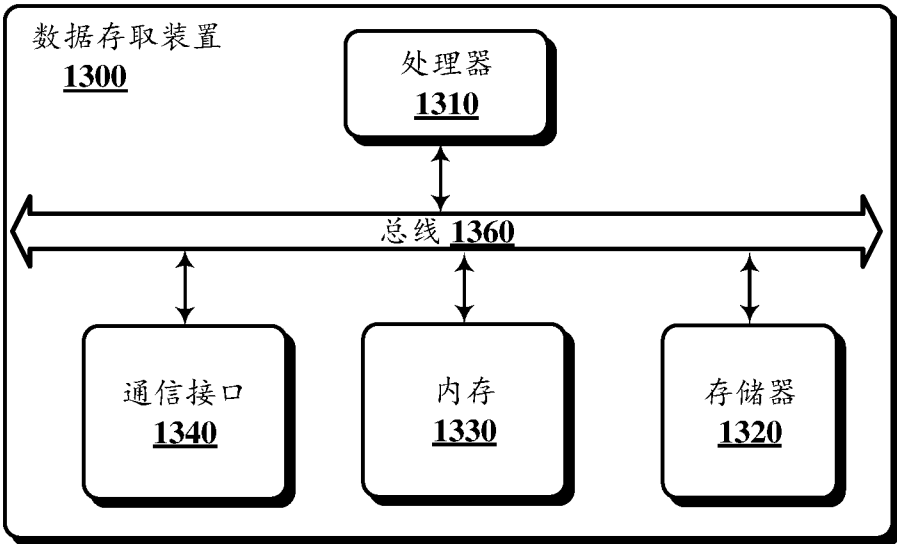


图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/107761

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 3/06(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)

CNABS; CNTXT; VEN; USTXT; ENTXT; WOTXT; CNKI: 分布式, 图, 镜像, 邻居, 节点, 顶点, 副本, 备份, 缓存, 缓冲, 依赖, 优先级, distributed, graph, mirror, neighbor, node, vertex, copy, backup, cache, depend, priority

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 113568586 A (ALIPAY (HANGZHOU) INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 29 October 2021 (2021-10-29) claims 1-27, description, paragraphs 5-33 and 51-139, and figures 1-13	1-27
PX	CN 114217743 A (ALIPAY (HANGZHOU) INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 22 March 2022 (2022-03-22) claims 1-26, description, paragraphs 6-34 and 51-140, and figures 1-13	1-27
Y	丁鑫 (DING, Xin). "基于BSP模型的分布式图计算系统性能优化研究 (Performance Optimization of Distributed Graph Computation Framework Based on BSP Model)" 中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑 (Information & Technology, China Master's Theses full-text database), 15 January 2016 (2016-01-15), pages 10 and 21-22	1-6, 9-18, 21-27
Y	CN 103493029 A (ORACLE INTERNATIONAL CORP.) 01 January 2014 (2014-01-01) description, paragraphs 14-16	1-6, 9-18, 21-27
Y	CN 110795221 A (CHENGDU HAIGUANG INTEGRATED CIRCUIT DESIGN CO., LTD.) 14 February 2020 (2020-02-14) description, paragraphs 53-86	1-6, 9-18, 21-27



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

26 September 2022

Date of mailing of the international search report

26 October 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/107761**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 111191080 A (TENCENT TECHNOLOGY SHENZHEN CO., LTD.) 22 May 2020 (2020-05-22) entire document	1-27
A	US 2004215883 A1 (ORACLE INTERNATIONAL CORP.) 28 October 2004 (2004-10-28) entire document	1-27
A	US 2016103845 A1 (ROBIN SYS INC.) 14 April 2016 (2016-04-14) entire document	1-27

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/107761

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113568586	A	29 October 2021	CN	113568586	B	17 December 2021
CN	114217743	A	22 March 2022	None			
CN	103493029	A	01 January 2014	EP	2681660	A1	08 January 2014
				WO	2012161807	A1	29 November 2012
				US	2012221768	A1	30 August 2012
				CN	107844434	A	27 March 2018
				US	9703706	B2	11 July 2017
				CN	103493029	B	05 December 2017
				CN	107844434	B	07 September 2021
CN	110795221	A	14 February 2020	US	2020334160	A1	22 October 2020
				US	11099999	B2	24 August 2021
				CN	110795221	B	12 April 2022
CN	111191080	A	22 May 2020	CN	111191080	B	30 April 2021
US	2004215883	A1	28 October 2004	US	7120651	B2	10 October 2006
US	2016103845	A1	14 April 2016	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/107761

A. 主题的分类 G06F 3/06 (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)) CNABS; CNTXT; VEN; USTXT; ENTXT; WOTXT; CNKI: 分布式, 图, 镜像, 邻居, 节点, 顶点, 副本, 备份, 缓存, 缓冲, 依赖, 优先级, distributed, graph, mirror, neighbor, node, vertex, copy, backup, cache, depend, priority																										
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 113568586 A (支付宝杭州信息技术有限公司) 2021年10月29日 (2021 - 10 - 29) 权利要求1-27、说明书第5-33、51-139段、图1-13</td> <td>1-27</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 114217743 A (支付宝杭州信息技术有限公司) 2022年3月22日 (2022 - 03 - 22) 权利要求1-26、说明书第6-34、51-140段、图1-13</td> <td>1-27</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>丁鑫, “基于BSP模型的分布式图计算系统性能优化研究” 中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑, 2016年1月15日 (2016 - 01 - 15), 第10、21-22页</td> <td>1-6、9-18、21-27</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103493029 A (甲骨文国际公司) 2014年1月1日 (2014 - 01 - 01) 说明书第14-16段</td> <td>1-6、9-18、21-27</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 110795221 A (成都海光集成电路设计有限公司) 2020年2月14日 (2020 - 02 - 14) 说明书第53-86段</td> <td>1-6、9-18、21-27</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111191080 A (腾讯科技深圳有限公司) 2020年5月22日 (2020 - 05 - 22) 全文</td> <td>1-27</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2004215883 A1 (ORACLE INT CORP) 2004年10月28日 (2004 - 10 - 28) 全文</td> <td>1-27</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 113568586 A (支付宝杭州信息技术有限公司) 2021年10月29日 (2021 - 10 - 29) 权利要求1-27、说明书第5-33、51-139段、图1-13	1-27	PX	CN 114217743 A (支付宝杭州信息技术有限公司) 2022年3月22日 (2022 - 03 - 22) 权利要求1-26、说明书第6-34、51-140段、图1-13	1-27	Y	丁鑫, “基于BSP模型的分布式图计算系统性能优化研究” 中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑, 2016年1月15日 (2016 - 01 - 15), 第10、21-22页	1-6、9-18、21-27	Y	CN 103493029 A (甲骨文国际公司) 2014年1月1日 (2014 - 01 - 01) 说明书第14-16段	1-6、9-18、21-27	Y	CN 110795221 A (成都海光集成电路设计有限公司) 2020年2月14日 (2020 - 02 - 14) 说明书第53-86段	1-6、9-18、21-27	A	CN 111191080 A (腾讯科技深圳有限公司) 2020年5月22日 (2020 - 05 - 22) 全文	1-27	A	US 2004215883 A1 (ORACLE INT CORP) 2004年10月28日 (2004 - 10 - 28) 全文	1-27
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 113568586 A (支付宝杭州信息技术有限公司) 2021年10月29日 (2021 - 10 - 29) 权利要求1-27、说明书第5-33、51-139段、图1-13	1-27																								
PX	CN 114217743 A (支付宝杭州信息技术有限公司) 2022年3月22日 (2022 - 03 - 22) 权利要求1-26、说明书第6-34、51-140段、图1-13	1-27																								
Y	丁鑫, “基于BSP模型的分布式图计算系统性能优化研究” 中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑, 2016年1月15日 (2016 - 01 - 15), 第10、21-22页	1-6、9-18、21-27																								
Y	CN 103493029 A (甲骨文国际公司) 2014年1月1日 (2014 - 01 - 01) 说明书第14-16段	1-6、9-18、21-27																								
Y	CN 110795221 A (成都海光集成电路设计有限公司) 2020年2月14日 (2020 - 02 - 14) 说明书第53-86段	1-6、9-18、21-27																								
A	CN 111191080 A (腾讯科技深圳有限公司) 2020年5月22日 (2020 - 05 - 22) 全文	1-27																								
A	US 2004215883 A1 (ORACLE INT CORP) 2004年10月28日 (2004 - 10 - 28) 全文	1-27																								
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																										
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> * 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 </td> <td style="vertical-align: top;"> “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 </td> </tr> </table>			* 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																						
* 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 2022年9月26日		国际检索报告邮寄日期 2022年10月26日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 赖女女 电话号码 86-(20)-28958938																								

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
A	US 2016103845 A1 (ROBIN SYS INC) 2016年4月14日 (2016 - 04 - 14) 全文	1-27

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/107761

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	113568586	A	2021年10月29日	CN	113568586	B	2021年12月17日		
CN	114217743	A	2022年3月22日		无				
CN	103493029	A	2014年1月1日	EP	2681660	A1	2014年1月8日		
				WO	2012161807	A1	2012年11月29日		
				US	2012221768	A1	2012年8月30日		
				CN	107844434	A	2018年3月27日		
				US	9703706	B2	2017年7月11日		
				CN	103493029	B	2017年12月5日		
				CN	107844434	B	2021年9月7日		
CN	110795221	A	2020年2月14日	US	2020334160	A1	2020年10月22日		
				US	11099999	B2	2021年8月24日		
				CN	110795221	B	2022年4月12日		
CN	111191080	A	2020年5月22日	CN	111191080	B	2021年4月30日		
US	2004215883	A1	2004年10月28日	US	7120651	B2	2006年10月10日		
US	2016103845	A1	2016年4月14日		无				