

(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
2021年2月4日 (04.02.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/016996 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06T 17/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/098910
- (22) 国际申请日: 2019年8月1日 (01.08.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 西门子(中国)有限公司(SIEMENS LTD., CHINA) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区望京中环南路7号, Beijing 100102 (CN)。
- (72) 发明人: 王海峰(WANG, Hai Feng); 中国上海市闵行区七宝镇航华四村82号603室, Shanghai 201105 (CN)。 邹文超(ZOU, Wen Chao); 中国上海市浦东新区浦东大道501弄25号104室, Shanghai 200120 (CN)。
- (74) 代理人: 北京康信知识产权代理有限公司(KANGXIN PARTNERS, P. C.); 中国北京市海淀区知春路甲48号盈都大厦A座16层, Beijing 100098 (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, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR RECONSTRUCTING POINT CLOUD MODEL, AND SYSTEM

(54) 发明名称: 重构点云模型的方法、装置和系统

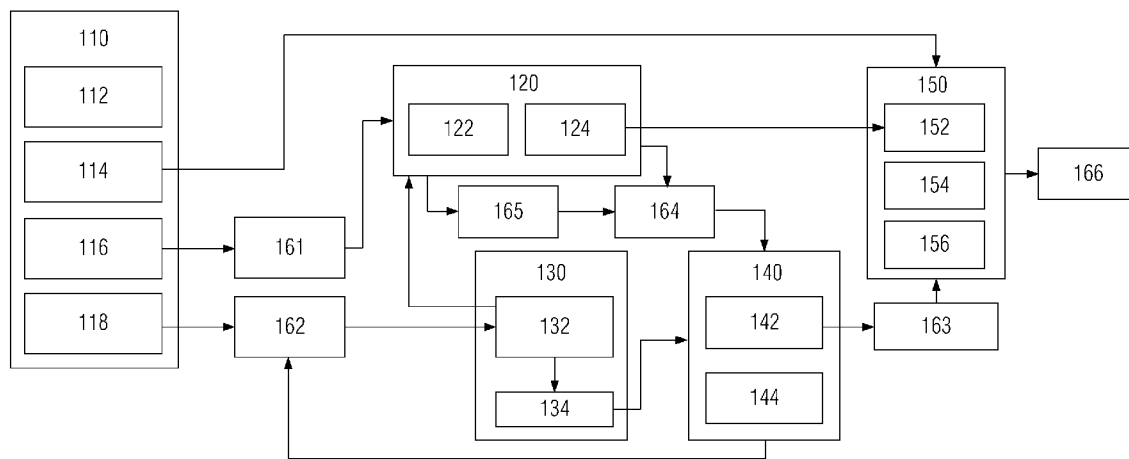


图1

(57) Abstract: The present invention provides a method and an apparatus for reconstructing a point cloud model, and a system, the method comprising the following steps: randomly selecting four reconstruction points that are not coplanar in a point cloud model; continuing to iteratively select other reconstruction points until reconstruction conditions are satisfied, and reconstructing the point cloud model on the basis of all reconstruction points, wherein the restoration degree for reconstructing the point cloud model is: $\text{Reward} = k \cdot (\text{PointNum} - 4) + g \cdot \text{VolRate}$, PointNum representing the number of reconstruction points currently selected, VolRate representing the volume ratio of the volume of a three-dimensional shape enclosed by all reconstruction points to the original volume of the point cloud model, k representing the proportion of the number of selected points in the reduction degree, and g representing the proportion of the volume ratio in the reduction degree. The reconstruction method further comprises the following steps: adjusting the ratio of g



WO 2021/016996 A1

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))。

to k on the basis of customer needs to adjust the reconstruction conditions. The point cloud model reconstruction mechanism provided by the present invention can improve the resolution of the reconstructed point cloud model, and can control the quality of points in the reconstructed point cloud model.

(57) 摘要: 本发明提供了重构点云模型的方法、装置和系统, 其中, 包括如下步骤: 随机选择所述点云模型中不共面的四个重构点; 继续依次迭代选择其他重构点直至满足重构条件, 并基于所有重构点重构该点云模型, 其中, 重构所述点云模型的还原度为: $\text{Reward} = -k \cdot (\text{PointNum} - 4) + g \cdot \text{VolRate}$, 其中, PointNum表示当前所选择重构点的数量, VolRate表示当前所有重构点围起来的立体形状的面积和所述点云模型原始面积的面积比例, k表示所选点的数目在所述还原度中的比重, g表示所述面积比例在所述还原度中的比重, 其中, 所述重构方法还包括如下步骤: 基于客户需求调整g和k的比例来调整所述重构条件。本发明提供的重构点云模型机制能够改善重构的点云模型的分辨率, 能够控制在重构的点云模型中的点的质量。

重构点云模型的方法、装置和系统

技术领域

本发明涉及点云模型领域，尤其涉及一种重构点云模型的方法、装置和系统。

背景技术

现在，重构点云模型待解决的问题包括控制点云模型重构的分辨率，包括基于特定申请定义点云模型的分辨率，例如，在超声波模式触觉接口中，中心点必须保持在特定密度以保证相对于人来说好的触觉感。另一方面，点云重构中点的数量控制也需要考虑。其中，一些边缘计算设备具有有限的计算效率。用户必须控制在点云模型中的点的数量来保证设备可以适当运行。其次，如何高效提取点云重建中具有可接受精确度的主要特征也是需要考虑的，然而利用现有技术算法基于少于可能数量的点的点云模型中高效提取主要特征是比较困难的。

现有技术有几个点云过滤器，例如直通器 (straight-pass filter)、Voxel 过滤器、统计滤波器 (statistic filters) 和条件滤波器 (Conditional filter)，这些过滤器可以减少点的数量并保持精确度。然而，用户并不能利用这些点云过滤器明确定义点云结构的分辨率、数量和精度。

发明内容

本发明第一方面提供了点云模型的重构方法，其中，包括如下步骤：随机选择所述点云模型中不共面的四个重构点；继续依次迭代选择其他重构点直至满足重构条件，并基于所有重构点重构该点云模型，其中，重构所述点云模型的还原度为：

$$\text{Reward} = -k \cdot (\text{PointNum} - 4) + g \cdot \text{VolRate},$$

其中，PointNum表示当前所选择重构点的数量，VolRate表示当前所有重构点围起来的立体形状的面积和所述点云模型原始面积的面积比例，k表示所选点的数目在所述还原度中的比重，g表示所述面积比例在所述还原度中的比重，其中，所述重构方法还包括如下步骤：基于客户需求

调整g和k的比例来调整所述重构条件。

进一步地，所述重构条件包括限定总数的重构点组合中还原度最高时，其中，所述重构方法还包括：限定所述重构点的总数；继续依次选择其他重构点，并分别计算该总数的不同重构点组合的还原度，选出还原度最高的重构点组合。

进一步地，所述重构条件包括当前所有重构点围起来的立体图形的体积和所述点云模型原始体积的体积比例达到第一阈值时，其中，所述重构方法还包括：定义所述第一阈值；继续依次选择其他重构点，并分别计算当前所有重构点围起来的立体图形的体积和所述点云模型原始体积的体积比例，直至达到所述第一阈值。

进一步地，所述重构条件包括基于所述四个重构点限定其他重构点选择范围的重构点组合中还原度最高时，其中，所述重构方法还包括：以所述四个重构点在所述点云模型中限定其他重构点的选择范围；在所述选择范围中继续依次选择其他重构点，并分别计算不同重构点组合的还原度，选出还原度最高的重构点组合。

进一步地，所述重构方法基于以下规则执行：在每个重构条件下执行的重构方法中，每个重构点只能选择一次；随着选择重构点的路径深度增加，在该路径中的每一层重构点的作为子节点的重构点在减少；如果第一重构点和该第一重构点的前两个重构点共线，则无效该第一重构点及其以后的路径支路；如果第二重构点和该第二重构点的前三个重构点共面，则无效该第二重构点及其以后的路径支路；如果选择第三重构点时基于所有重构点组合的还原度较之前的还原度降低，则无效该第三重构点及其以后的路径支路。

本发明第二方面提供了点云模型的重构装置，其中，包括：选择装置，其随机选择所述点云模型中不共面的四个重构点；重构装置，继续依次迭代选择其他重构点直至满足重构条件，并基于所有重构点重构该点云模型，并基于客户需求调整g和k的比例来调整所述重构条件，其中，重构所述点云模型的还原度为：

$$\text{Reward} = -k \cdot (\text{PointNum} - 4) + g \cdot \text{VolRate},$$

其中，PointNum表示当前所选择重构点的数量，VolRate表示当前所有重构点围起来的立体形状的体积和所述点云模型原始体积的体积比例，

k表示所选点的数目在所述还原度中的比重，g表示所述体积比例在所述还原度中的比重。

进一步地，所述重构条件包括限定总数的重构点组合中还原度最高时，其中，所述重构装置还用于：限定所述重构点的总数；继续依次选择其他重构点，并分别计算该总数的不同重构点组合的还原度，选出还原度最高的重构点组合。

进一步地，所述重构条件包括当前所有重构点围起来的立体图形的体积和所述点云模型原始体积的体积比例达到第一阈值时，其中，所述重构装置还用于：定义所述第一阈值；继续依次选择其他重构点，并分别计算当前所有重构点围起来的立体图形的体积和所述点云模型原始体积的体积比例，直至达到所述第一阈值。

进一步地，所述重构条件包括基于所述四个重构点限定其他重构点选择范围的重构点组合中还原度最高时，其中，所述重构装置还用于：以所述四个重构点在所述点云模型中限定其他重构点的选择范围；在所述选择范围中继续依次选择其他重构点，并分别计算不同重构点组合的还原度，选出还原度最高的重构点组合。

进一步地，所述重构装置基于以下规则执行：在每个重构条件下执行的重构方法中，每个重构点只能选择一次；随着选择重构点的路径深度增加，在该路径中的每一层重构点的作为子节点的重构点在减少；如果第一重构点和该第一重构点的前两个重构点共线，则无效该第一重构点及其以后的路径支路；如果第二重构点和该第二重构点的前三个重构点共面，则无效该第二重构点及其以后的路径支路；如果选择第三重构点时基于所有重构点组合的还原度较之前的还原度降低，则无效该第三重构点及其以后的路径支路。

本发明第三方面提供了点云模型的重构系统，包括：处理器；以及与所述处理器耦合的存储器，所述存储器具有存储于其中的指令，所述指令在被处理器执行时使所述电子设备执行动作，所述动作包括：随机选择所述点云模型中不共面的四个重构点；继续依次迭代选择其他重构点直至满足重构条件，并基于所有重构点重构该点云模型，其中，重构所述点云模型的还原度为：

$$\text{Reward} = -k \cdot (\text{PointNum} - 4) + g \cdot \text{VolRate},$$

其中，PointNum表示当前所选择重构点的数量，VolRate表示当前所有重构点围起来的立体形状的面积和所述点云模型原始面积的面积比例，k表示所选点的数目在所述还原度中的比重，g表示所述面积比例在所述还原度中的比重，并且基于客户需求调整g和k的比例来调整所述重构条件。

本发明第四方面提供了计算机程序产品，所述计算机程序产品被有形地存储在计算机可读介质上并且包括计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被执行时使至少一个处理器执行根据本发明第一方面所述的方法。

本发明第五方面提供了计算机可读介质，其上存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被执行时使至少一个处理器执行根据本发明第一方面所述的方法。

本发明提供的重构点云模型机制能够改善重构的点云模型的分辨率，能够控制在重构的点云模型中的点的质量，还能够从 3D 点云模型中提取特征点。本发明还能够基于用户的选择和输入的信息执行点云模型重构。此外，本发明能够提高显示能力和计算资源的利用，本发明能够优化点云模型在边缘设备上的显示能力。另外，本发明能够基于少量点来表现点云模型，其能够为机器学习产生数据集，例如在 3D 物体识别和定位中。

附图说明

图 1 是根据本发明一个具体实施例的点云模型重构装置的结构示意图；

图 2 是根据本发明一个具体实施例的点云模型重构方法的点云模型示意图；

图 3 是根据本发明又一具体实施例的点云模型重构方法的点云模型示意图；

图 4 是根据本发明一个具体实施里的点云模型重构方法的重构点生长示意图；

图 5 是根据本发明一个具体实施里的点云模型重构方法的三种实现模式的步骤流程图。

具体实施方式

以下结合附图，对本发明的具体实施方式进行说明。

图 1 是根据本发明一个具体实施例的点云结构重构装置的结构示意图。如图 1 所示，点云结构重构装置包括用户交互装置 100、还原度计算装置 120、点处理装置 130、路径切换装置 140 和模式切换装置 150。用户在用户交互装置 100 中输入相关信息并导入 3D 模型来获取需要处理的点云模型，被选择的重构点发送给点处理装置 130 来判断重构点的选取是否复合规则，然后还原度计算装置 120 针对复合规则的重构点计算该重构点的还原度，并在路径切换装置 140 中控制迭代的重构点的路径支路的生长和剪切，最后模式切换装置 150 中充当终结输出装置 166 的触发条件的判断装置，输出最终选择重构点及其生长路径和还原度。

本发明第一方面提供了一种点云模型的重构方法，其中，包括如下步骤。

首先执行步骤 S1，随机选择所述点云模型中不共面的四个重构点。具体地，所述用户交互装置包括模型导入装置 112、模式设置装置 114、参数输入装置 116 和点初始化装置 118。其中，模型导入装置 112 用于导入 3D 模型以获取用于处理的点云模型，用户通过点初始化装置 118 选择不共面的四个重构点。

可选地，本发明可以根据用户在用户交互装置 100 中输入的信息随机选择所述点云模型中不共面的四个重构点。例如，基于如图 2 所示的点云模型 200，用户通过点初始化装置 118 选择的不共面的四个重构点，分别为第一重构点 p1、第二重构点 p2、第三重构点 p3 和第四重构点 p4。其中，如图 2 所示，第一重构点 p1、第二重构点 p2、第三重构点 p3 和第四重构点 p4 不共面。

当然，本发明也可以随机指定四个不共面的初始重构点，而无需依赖于用户的指定。

然后执行步骤 S2，点迭代装置 162 继续依次迭代选择其他重构点直至满足重构条件，并基于所有重构点重构该点云模型，其中，重构所述点云模型的还原度为：

$$\text{Reward} = -k \cdot (\text{PointNum} - 4) + g \cdot \text{VolRate},$$

其中，PointNum表示当前所选择重构点的数量，VolRate表示当前所有重构点围起来的立体形状的面积和所述点云模型原始体积的面积比例，k表示所选点的数目在所述还原度中的比重，g表示所述面积比例在所述还原度中的比重，其中，所述重构方法还包括如下步骤：基于客户需求调整g和k的比例来调整所述重构条件。具体地，如图2所示，在还原度计算装置120中的负数计算装置122用于通过增加迭代的重构点的数量增加负数因素（即k）的权重，以减少还原度。面积比例计算装置124用于通过重构点处理装置130来的空间信息计算面积比例，并增加正数因素（即g）的权重以增加还原度。计算装置120中的负数计算装置122和面积比例计算装置124可以权衡g和k的权重，也可以根据重构条件来配置g和k。参数输入装置116可以基于用户的选择控制g和k的权重。

具体地，如图1所示，在选择不共面的四个重构点之后，随即触发点迭代装置162继续在点云模型中选择其他点。之后选择的每个重构点都会发送给点处理装置130，以用空间信息计算装置132来计算所有重构点的空间信息。校准装置134用于检查空间信息，判断重构点是否符合规则1和规则2。如果符合规则1和规则2，重构点会基于空间信息来改变面积比例，并将所述面积比例发送给还原度计算装置120以计算该重构点的还原度。这个重构点会记录在路径切换装置140的路径生长装置142中，路径剪切装置144用于控制迭代的重构点的路径支路的生长和剪切。记录下来的重构点会被发送并存储于点及路径存储装置163中，而从这个重构点开始的支路会进一步生长。如果不是，从这个重构点来的这个支路会被路径切换装置140中的路径剪切装置144剪切，这意味着从这个重构点开始的支路不再生长。在还原度计算装置120中的负数计算装置122用于通过增加迭代的重构点的数量增加负数因素的权重，以减少还原度。面积比例计算装置124用于通过重构点处理装置130来的空间信息计算面积比例，并增加正数因素的权重以增加还原度。这样，每个迭代的重构点的还原度都会被计算。每个计算出的还原度会被与前一个还原度值在比较计算装置164中比较。如果当下的还原度更大，该还原度则会被发送给暂时存储装置165中来替代前一还原度。如果当下的还原度更小，从这个迭代的重构点来的支路就会被路径剪切装置144

剪切。通过初始设置的模式，该模式的阈值触发终结输出装置 166。由体积比例计算装置 124 计算的体积比例则会被发给模式切换装置 150 中的体积比例比较装置 152，以比较体积比例和体积比例阈值，比较结果充当终结输出装置 166 的触发条件。存储的重构点的个数会被发送给深度比较装置 154，以比较存储的重构点的个数和深度阈值，或者，重构点比较装置 156 用于比较存储的重构点的个数和重构点的个数阈值，从而作为触发终结输出装置 166 的两个触发条件。一旦终结输出装置 166 触发，存储在点及路径存储装置 163 中的重构点和路径会和最终还原度一起转化为输出。

具体地，迭代依次选择其他重构点即是重构点的生长过程。如图 4 所示，初始选择了四个重构点，分别为第一重构点 p1、第二重构点 p2、第三重构点 p3 和第四重构点 p4。接下来，从第四重构点 P4 开始选择其他重构点，以形成一条重构点的生长路径，路径深度则表示该重构点有多少层。具体地，如图 4 所示，在分别为第一重构点 p1、第二重构点 p2、第三重构点 p3、第四重构点 p4、第五重构点 p5、第九重构点 p9.....第 n 重构点构成的生长路径中，第六重构点 P6、第七重构点 P7、第八重构点 P8 和第 n 重构点 Pn 是深度为 5，第九重构点 p9、第十重构点 P10、第十一重构点 P11 和第十二重构点 P12 则深度为 6.....第 n1 重构点 pn1、第 n2 重构点 pn2、第 n3 重构点 pn3、第 nn 重构点 pnn 则是深度为 n。其中，每个重构点的下一个深度或者下一层的路径深度则为该重构点的子节点，例如，第五重构点 P5、第六重构点 P6、第七重构点 P7、第八重构点 P8 和第 n 重构点 Pn 为第四重构点 P4 的子节点。

进一步地，本发明提供的重构方法应基于一定规则执行，基本规则为：在每个重构条件下执行的重构方法中，每个重构点只能选择一次；随着选择重构点的路径深度增加，在该路径中的每一层重构点的作为子节点的重构点在减少。不论本发明提供的重构方法是基于第一模式、第二模式和第三模式都应当遵守上述规则。

此外，本发明还应当基于以下规则执行。规则 1 为：如果第一重构点和该第一重构点的前两个重构点共线，则无效该第一重构点及其以后的路径支路；规则 2 为：如果第二重构点和该第二重构点的前三个重构点共面，则无效该第二重构点及其以后的路径支路；规则 3 为：如果选

择第三重构点时基于所有重构点组合的还原度较之前的还原度降低，则无效该第三重构点及其以后的路径支路。

按照重构条件不同，本发明提供的重构方法可以按照不同的模式执行，下面按照三种不同的实现模式介绍本发明提供的重构方法。

首先介绍第一模式，其限定了重构点的总数并选出还原度最高的重构点组合作为输出，当选择第一种实现方式时，则在模式设置装置 114 中设置为第一种实现方式，并设置相关阈值。参数输入装置 116 还原度的计算输入参数，第一种实现方式相关的参数会被存储在参数存储装置 161 中，并在需要时读取上述参数。

其中，所述重构条件包括限定总数的重构点组合中还原度最高时，其中，所述重构方法还包括：限定所述重构点的总数；继续依次选择其他重构点，并分别计算该总数的不同重构点组合的还原度，选出还原度最高的重构点组合。例如，将重构点的总数限定为 8 个，则在如 2 所示选择了第一重构点 p1、第二重构点 p2、第三重构点 p3 和第四重构点 p4 以后继续选定第五重构点、第六重构点、第七重构点和第八重构点。每新选定一个重构点，就重新计算一次当下的还原度。

具体地，当选择了第四重构点 p4 之后，重构所述点云模型的第四还原度为：

$$\text{Reward}_4 = -k \cdot (8 - 4) + g \cdot \text{VolRate} = -4k + g \cdot \text{VolRate}_4,$$

其中， VolRate_4 为第一重构点 p1、第二重构点 p2、第三重构点 p3 和第四重构点 p4 围起来的立体形状和点云模型 200 的原始体积的体积比例，其中，第一重构点 p1、第二重构点 p2、第三重构点 p3 和第四重构点 p4 围起来的立体形状为图 2 所示的阴影部分面积，点云模型 200 的原始体积则为正方体的体积。需要说明的是，在模型导入装置 112 导入 3D 模型并获取用于处理的点云模型时则可以获取点云模型 200 的原始体积。

如图 2 所示，当选择了第五重构点 p5 以后，重构所述点云模型的第四还原度为：

$$\text{Reward}_5 = -4k + g \cdot \text{VolRate}_5,$$

其中， VolRate_5 为第一重构点 p1、第二重构点 p2、第三重构点 p3、第四重构点 p4 和第五重构点 p5 围起来的立体形状和点云模型 200 的原始体积的体积比例。可选地，如果选择另一个第五重构点 p5'， $\text{VolRate}_5'$ 为

第一重构点 p1、第二重构点 p2、第三重构点 p3、第四重构点 p4 和第五重构点 p5' 围起来的立体形状和点云模型 200 的原始体积的体积比例。因此，随机选择的第五重构点不同，则五个重构点围起来的立体形状的面积不同。以此类推，随机选择的第六重构点不同，则六个重构点围起来的立体形状的面积也不同……从而 8 个重构点的组合不同，则还原度值也不同。

因此，在本实施例里，第一重构点 p1、第二重构点 p2、第三重构点 p3、第四重构点 p4 确定以后，第五重构点、第六重构点、第七重构点和第八重构点可以随机选择点云模型 200 中所有除了第一重构点 p1、第二重构点 p2、第三重构点 p3、第四重构点 p4 以外的其他点的组合，因此，经过排列组合每当选取一个重构点则计算当前的还原度，穷尽所有点云模型 200 中所有除了第一重构点 p1、第二重构点 p2、第三重构点 p3、第四重构点 p4 以外的其他点的 8 个点组合，直至选出最高的还原度 Reward_g。

然后介绍第二模式，其限定了当前所有重构点围起来的立体图形的体积和所述点云模型原始体积的体积比例阈值，一旦达到阈值则输出此时的重构点组合。当选择第二种实现方式时，则在模式设置装置 114 中设置为第二种实现方式，并设置体积比例阈值。参数输入装置 116 还原度的计算输入参数，第三种实现方式相关的参数会被存储在参数存储装置 161 中，并在需要时读取上述参数。

其中，所述重构条件包括当前所有重构点围起来的立体图形的体积和所述点云模型原始体积的体积比例达到第一阈值时，其中，所述重构方法还包括：定义所述第一阈值；继续依次选择其他重构点，并分别计算当前所有重构点围起来的立体图形的体积和所述点云模型原始体积的体积比例，直至达到所述第一阈值。假设第一阈值为 95%，因此一直从第四重构点 p4 开始生长其他重构点，一直计算体积占比，一旦达到 95% 则输出此时的重构点组合以及其还原度。

然后介绍第三模式，其限定了选定第四个重构点以后的其他点的选择范围，选择范围内还原度最高的重构点组合。当选择第三种实现方式时，则在模式设置装置 114 中设置为第三种实现方式，并设置其他重构点的选择范围。参数输入装置 116 还原度的计算输入参数，第三种实现

方式相关的参数会被存储在参数存储装置 161 中，并在需要时读取上述参数。

其中，所述重构条件包括基于所述四个重构点限定其他重构点选择范围的重构点组合中还原度最高时，其中，所述重构方法还包括：以所述四个重构点在所述点云模型中限定其他重构点的选择范围；在所述选择范围中继续依次选择其他重构点，并分别计算不同重构点组合的还原度，选出还原度最高的重构点组合。如图 3 所示，本实施例限定了四个其他重构点的选择范围，第一个选择范围中圈定的范围围绕着第一重构点 p1，这意味着可供选择的点为重构点 p11 和 p12；第二个选择范围中圈定的范围围绕着第一重构点 p2，这意味着可供选择的点为点 p21、p22 和 p23；第三个选择范围中圈定的范围围绕着第三重构点 p3，这意味着可供选择的点为点 p31；第四个选择范围中圈定的范围围绕着第四重构点 p4，这意味着可供选择的点为点 p41、p42、p43 和 p44。在重构点 p11、p12、p21、p22、p23、p41、p42、p43 和 p44 中迭代选择还原度最高的重构点组合即可。

需要说明的是，可选地，重构点选择范围可基于用户的选择。

图 5 是根据本发明一个具体实施里的点云模型重构方法的三种实现模式的步骤流程图。根据本发明一个具体实施例，在模型导入装置 112 导入 3D 模型获取点云模型以后，用户可以通过参数输入装置 116 输入参数 g 和 k，也可以通过模式设置装置 114 选择第一模式、第二模式和第三模式中的一种，还可以通过点初始化装置 118 选择不共面的四个重构点。用户也可以基于，如图 5 所示，首先判断模式是否为第三模式，如果是的话按照 M3 来执行步骤流程，如果不是继续判断模式是否为第二模式，如果是的话按照 M1 来执行步骤流程，否则就按照 M2 来执行步骤流程。

当模式为第三模式 M3 时，点迭代装置 162 则从第五重构点开始依次执行其他重构点的迭代选择，并且利用空间信息计算装置 132 获取所选择的重构点的空间信息。然后判断重构点是否符合规则 1、2 和 3，接着判断通过规则 1、2 和 3，如果是的话就从第四重构点开始进行重构点的路径生长并且存储重构点及其路径在路径生长装置 142 中，否则就通过路径剪切装置 144 控制迭代的重构点的路径支路的生长和剪切。最后

通过重构点比较装置 156 判断重构点组合是否达到最大重构点数量，如果是的话则通过终结输出装置 166 输出重构点组合及其还原度。如果不是的话则重新触发点迭代装置 162 进行其他重构点的迭代选择。

当模式为第一模式 M1 时，点迭代装置 162 则从第五重构点开始依次执行其他重构点的迭代选择，并且利用空间信息计算装置 132 获取所选择的重构点的空间信息。然后判断重构点是否符合规则 1、2 和 3，接着判断通过规则 1、2 和 3，如果是的话就从第四重构点开始进行重构点的路径生长并且存储重构点及其路径在路径生长装置 142 中，否则就通过路径剪切装置 144 控制迭代的重构点的路径支路的生长和剪切。存储的重构点的个数会被发送给深度比较装置 154，深度比较装置 154 用于比较存储的重构点的个数和深度阈值，判断深度是否达到了重构点限制总数，如果是的话则通过终结输出装置 166 输出重构点组合及其还原度。如果不是的话则重新触发点迭代装置 162 进行其他重构点的迭代选择。

当模式为第二模式 M2 时，点迭代装置 162 则从第五重构点开始依次执行其他重构点的迭代选择，并且利用空间信息计算装置 132 获取所选择的重构点的空间信息。然后判断重构点是否符合规则 1、2 和 3，接着判断通过规则 1、2 和 3，否则就通过路径剪切装置 144 控制迭代的重构点的路径支路的生长和剪切。由体积比例计算装置 124 计算出每个重构点当下的体积比例，并会被发给模式切换装置 150 中的体积比例比较装置 152，用以判断体积比例是否达到第一阈值，如果不是的话就继续进行重构点的路径生长并且存储重构点及其路径在路径生长装置 142 中，然后通过重构点比较装置 156 判断重构点组合是否达到最大重构点数量，如果是的话则通过终结输出装置 166 输出重构点组合及其还原度。如果不是的话则重新触发点迭代装置 162 进行其他重构点的迭代选择。

本发明第二方面提供了点云模型的重构装置，其中，包括：选择装置，其随机选择所述点云模型中不共面的四个重构点；重构装置，继续依次迭代选择其他重构点直至满足重构条件，并基于所有重构点重构该点云模型，并基于客户需求调整g和k的比例来调整所述重构条件，其中，重构所述点云模型的还原度为：

$$\text{Reward} = -k \cdot (\text{PointNum} - 4) + g \cdot \text{VolRate},$$

其中，PointNum表示当前所选择重构点的数量，VolRate表示当前所

有重构点围起来的立体形状的面积和所述点云模型原始面积的面积比例， k 表示所选点的数目在所述还原度中的比重， g 表示所述面积比例在所述还原度中的比重。

进一步地，所述重构条件包括限定总数的重构点组合中还原度最高时，其中，所述重构装置还用于：限定所述重构点的总数；继续依次选择其他重构点，并分别计算该总数的不同重构点组合的还原度，选出还原度最高的重构点组合。

进一步地，所述重构条件包括当前所有重构点围起来的立体图形的面积和所述点云模型原始面积的面积比例达到第一阈值时，其中，所述重构装置还用于：定义所述第一阈值；继续依次选择其他重构点，并分别计算当前所有重构点围起来的立体图形的面积和所述点云模型原始面积的面积比例，直至达到所述第一阈值。

进一步地，所述重构条件包括基于所述四个重构点限定其他重构点选择范围的重构点组合中还原度最高时，其中，所述重构装置还用于：以所述四个重构点在所述点云模型中限定其他重构点的选择范围；在所述选择范围中继续依次选择其他重构点，并分别计算不同重构点组合的还原度，选出还原度最高的重构点组合。

进一步地，所述重构装置基于以下规则执行：在每个重构条件下执行的重构方法中，每个重构点只能选择一次；随着选择重构点的路径深度增加，在该路径中的每一层重构点的作为子节点的重构点在减少；如果第一重构点和该第一重构点的前两个重构点共线，则无效该第一重构点及其以后的路径支路；如果第二重构点和该第二重构点的前三个重构点共面，则无效该第二重构点及其以后的路径支路；如果选择第三重构点时基于所有重构点组合的还原度较之前的还原度降低，则无效该第三重构点及其以后的路径支路。

本发明第三方面提供了点云模型的重构系统，包括：处理器；以及与所述处理器耦合的存储器，所述存储器具有存储于其中的指令，所述指令在被处理器执行时使所述电子设备执行动作，所述动作包括：随机选择所述点云模型中不共面的四个重构点；继续依次迭代选择其他重构点直至满足重构条件，并基于所有重构点重构该点云模型，其中，重构所述点云模型的还原度为：

$$\text{Reward} = -k \cdot (\text{PointNum} - 4) + g \cdot \text{VolRate},$$

其中，PointNum表示当前所选择重构点的数量，VolRate表示当前所有重构点围起来的立体形状的总体积和所述点云模型原始体积的体积比例，k表示所选点的数目在所述还原度中的比重，g表示所述体积比例在所述还原度中的比重，并且基于客户需求调整g和k的比例来调整所述重构条件。

本发明第四方面提供了计算机程序产品，所述计算机程序产品被有形地存储在计算机可读介质上并且包括计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被执行时使至少一个处理器执行根据本发明第一方面所述的方法。

本发明第五方面提供了计算机可读介质，其上存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被执行时使至少一个处理器执行根据本发明第一方面所述的方法。

本发明提供的重构点云模型机制能够改善重构的点云模型的分辨率，能够控制在重构的点云模型中的点的质量，还能够从3D点云模型中提取特征点。本发明还能够基于用户的选择和输入的信息执行点云模型重构。此外，本发明能够提高显示能力和计算资源的利用，本发明能够优化点云模型在边缘设备上的显示能力。另外，本发明能够基于少量点来表现点云模型，其能够为机器学习产生数据集，例如在3D物体识别和定位中。

尽管本发明的内容已经通过上述优选实施例作了详细介绍，但应当认识到上述的描述不应被认为是对本发明的限制。在本领域技术人员阅读了上述内容后，对于本发明的多种修改和替代都将是显而易见的。因此，本发明的保护范围应由所附的权利要求来限定。此外，不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求；“包括”一词不排除其它权利要求或说明书中未列出的装置或步骤；“第一”、“第二”等词语仅用来表示名称，而并不表示任何特定的顺序。

权利要求书

1. 点云模型的重构方法，其中，包括如下步骤：

随机选择所述点云模型中不共面的四个重构点；

继续依次迭代选择其他重构点直至满足重构条件，并基于所有重构点重构该点云模型，其中，重构所述点云模型的还原度为：

$$\text{Reward} = -k \cdot (\text{PointNum} - 4) + g \cdot \text{VolRate},$$

其中，PointNum表示当前所选择重构点的数量，VolRate表示当前所有重构点围起来的立体形状的面积和所述点云模型原始面积的面积比例，k表示所选点的数目在所述还原度中的比重，g表示所述面积比例在所述还原度中的比重，

其中，所述重构方法还包括如下步骤：基于客户需求调整g和k的比例来调整所述重构条件。

2. 根据权利要求1所述的点云模型的重构方法，其特征在于，所述重构条件包括限定总数的重构点组合中还原度最高时，其中，所述重构方法还包括：

限定所述重构点的总数；

继续依次选择其他重构点，并分别计算该总数的不同重构点组合的还原度，选出还原度最高的重构点组合。

3. 根据权利要求1所述的点云模型的重构方法，其特征在于，所述重构条件包括当前所有重构点围起来的立体图形的面积和所述点云模型原始面积的面积比例达到第一阈值时，其中，所述重构方法还包括：

定义所述第一阈值；

继续依次选择其他重构点，并分别计算当前所有重构点围起来的立体图形的面积和所述点云模型原始面积的面积比例，直至达到所述第一阈值。

4. 根据权利要求1所述的点云模型的重构方法，其特征在于，所述重构条件包括基于所述四个重构点限定其他重构点选择范围的重构点组合中还原度最高时，其中，所述重构方法还包括：

以所述四个重构点在所述点云模型中限定其他重构点的选择范围；

在所述选择范围中继续依次选择其他重构点，并分别计算不同重构

点组合的还原度，选出还原度最高的重构点组合。

5. 根据权利要求 1 所述的点云模型的重构方法，其特征在于，所述重构方法基于以下规则执行：

- 在每个重构条件下执行的重构方法中，每个重构点只能选择一次；
- 随着选择重构点的路径深度增加，在该路径中的每一层重构点的作为子节点的重构点在减少；
- 如果第一重构点和该第一重构点的前两个重构点共线，则无效该第一重构点及其以后的路径支路；
- 如果第二重构点和该第二重构点的前三个重构点共面，则无效该第二重构点及其以后的路径支路；
- 如果选择第三重构点时基于所有重构点组合的还原度较之前的还原度降低，则无效该第三重构点及其以后的路径支路。

6. 点云模型的重构装置，其中，包括：

选择装置，其随机选择所述点云模型中不共面的四个重构点；

重构装置，继续依次迭代选择其他重构点直至满足重构条件，并基于所有重构点重构该点云模型，并基于客户需求调整g和k的比例来调整所述重构条件，其中，重构所述点云模型的还原度为：

$$\text{Reward} = -k \cdot (\text{PointNum} - 4) + g \cdot \text{VolRate},$$

其中，PointNum表示当前所选择重构点的数量，VolRate表示当前所有重构点围起来的立体形状的面积和所述点云模型原始面积的面积比例，k表示所选点的数目在所述还原度中的比重，g表示所述面积比例在所述还原度中的比重。

7. 根据权利要求 1 所述的点云模型的重构装置，其特征在于，所述重构条件包括限定总数的重构点组合中还原度最高时，其中，所述重构装置还用于：

限定所述重构点的总数；

继续依次选择其他重构点，并分别计算该总数的不同重构点组合的还原度，选出还原度最高的重构点组合。

8. 根据权利要求 1 所述的点云模型的重构装置，其特征在于，所述重构条件包括当前所有重构点围起来的立体图形的面积和所述点云模型原始面积的面积比例达到第一阈值时，其中，所述重构装置还用于：

定义所述第一阈值；

继续依次选择其他重构点，并分别计算当前所有重构点围起来的立体图形的体积和所述点云模型原始体积的体积比例，直至达到所述第一阈值。

9. 根据权利要求 1 所述的点云模型的重构装置，其特征在于，所述重构条件包括基于所述四个重构点限定其他重构点选择范围的重构点组合中还原度最高时，其中，所述重构装置还用于：

以所述四个重构点在所述点云模型中限定其他重构点的选择范围；

在所述选择范围中继续依次选择其他重构点，并分别计算不同重构点组合的还原度，选出还原度最高的重构点组合。

10. 根据权利要求 1 所述的点云模型的重构装置，其特征在于，所述重构装置基于以下规则执行：

- 在每个重构条件下执行的重构方法中，每个重构点只能选择一次；
- 随着选择重构点的路径深度增加，在该路径中的每一层重构点的作为子节点的重构点在减少；
- 如果第一重构点和该第一重构点的前两个重构点共线，则无效该第一重构点及其以后的路径支路；
- 如果第二重构点和该第二重构点的前三个重构点共面，则无效该第二重构点及其以后的路径支路；
- 如果选择第三重构点时基于所有重构点组合的还原度较之前的还原度降低，则无效该第三重构点及其以后的路径支路。

11. 点云模型的重构系统，包括：

处理器；以及

与所述处理器耦合的存储器，所述存储器具有存储于其中的指令，所述指令在被处理器执行时使所述电子设备执行动作，所述动作包括：

随机选择所述点云模型中不共面的四个重构点；

继续依次迭代选择其他重构点直至满足重构条件，并基于所有重构点重构该点云模型，其中，重构所述点云模型的还原度为：

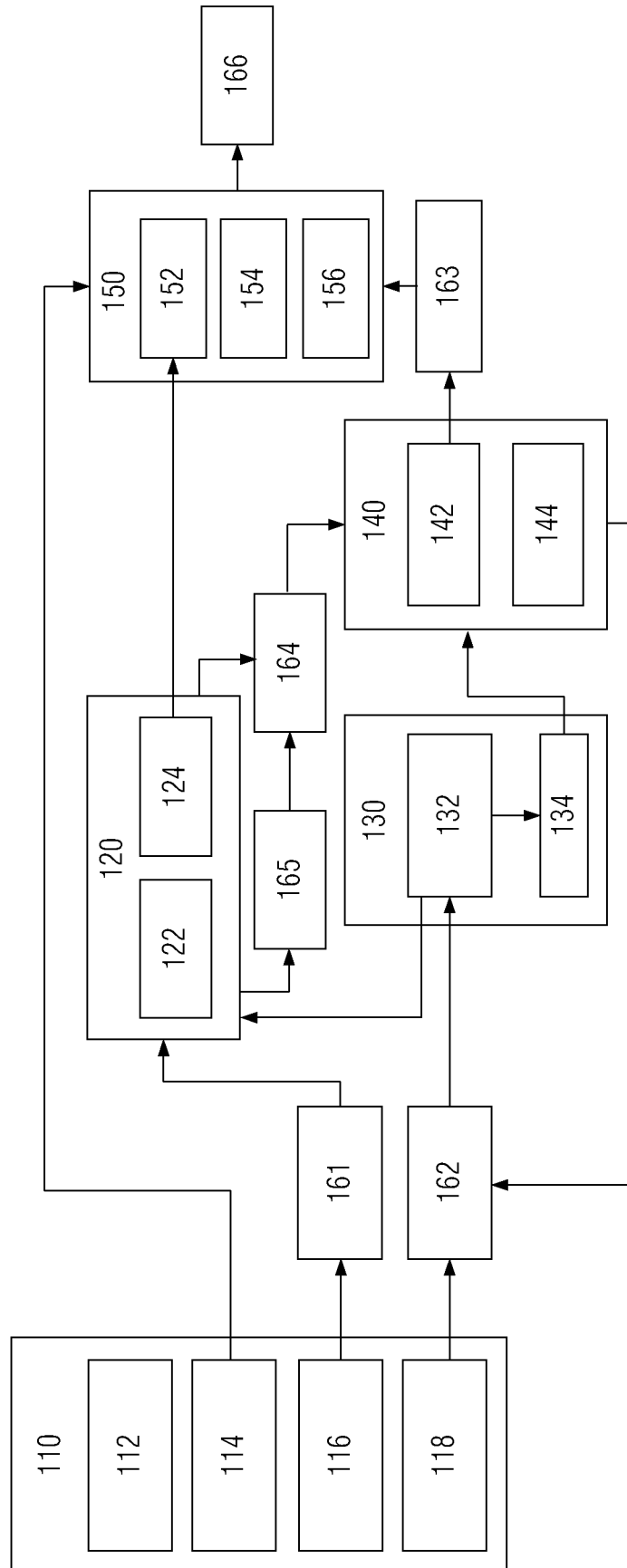
$$\text{Reward} = -k \cdot (\text{PointNum} - 4) + g \cdot \text{VolRate},$$

其中，PointNum表示当前所选择重构点的数量，VolRate表示当前所有重构点围起来的立体形状的面积和所述点云模型原始面积的面积比例，

k 表示所选点的数目在所述还原度中的比重， g 表示所述体积比例在所述还原度中的比重，并且基于客户需求调整 g 和 k 的比例来调整所述重构条件。

12. 计算机程序产品，所述计算机程序产品被有形地存储在计算机可读介质上并且包括计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被执行时使至少一个处理器执行根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法。

13. 计算机可读介质，其上存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令在被执行时使至少一个处理器执行根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的方法。



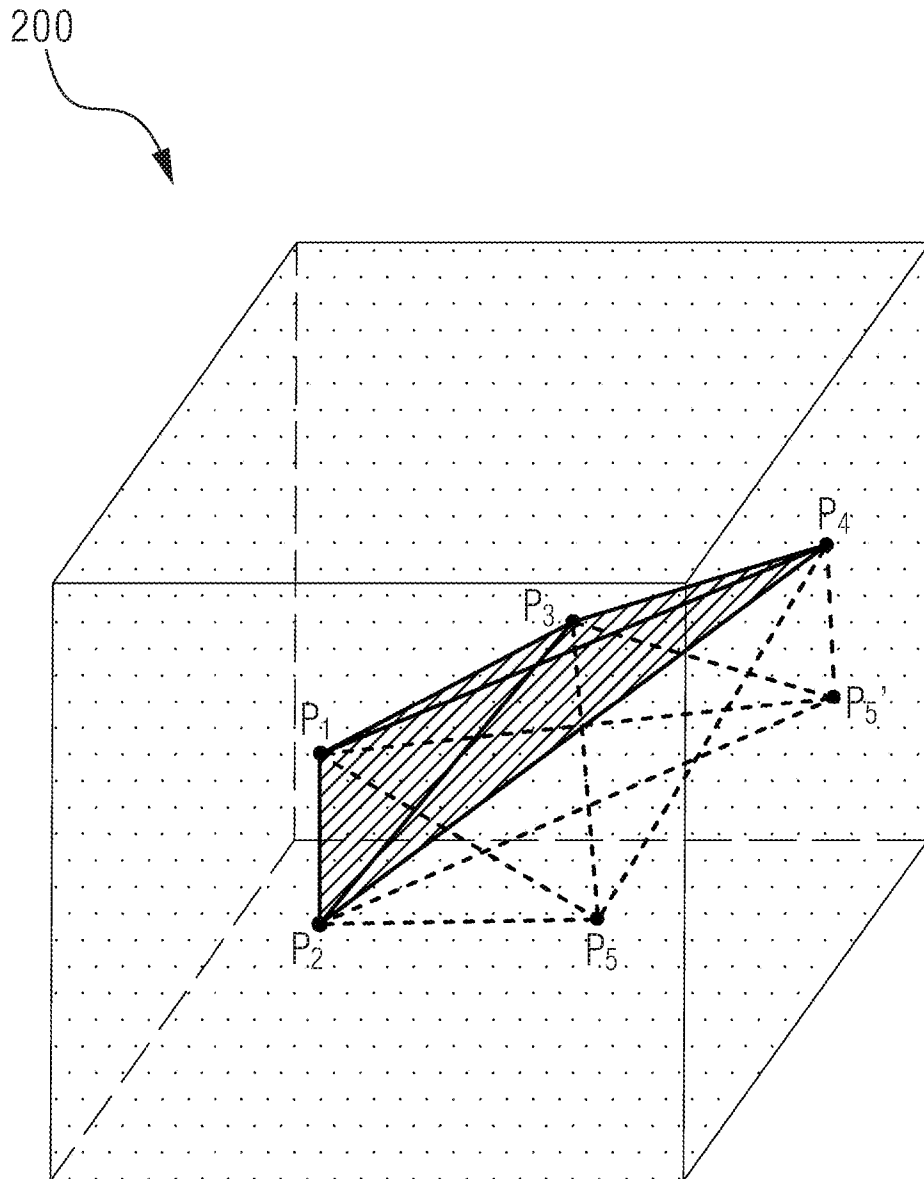


图2

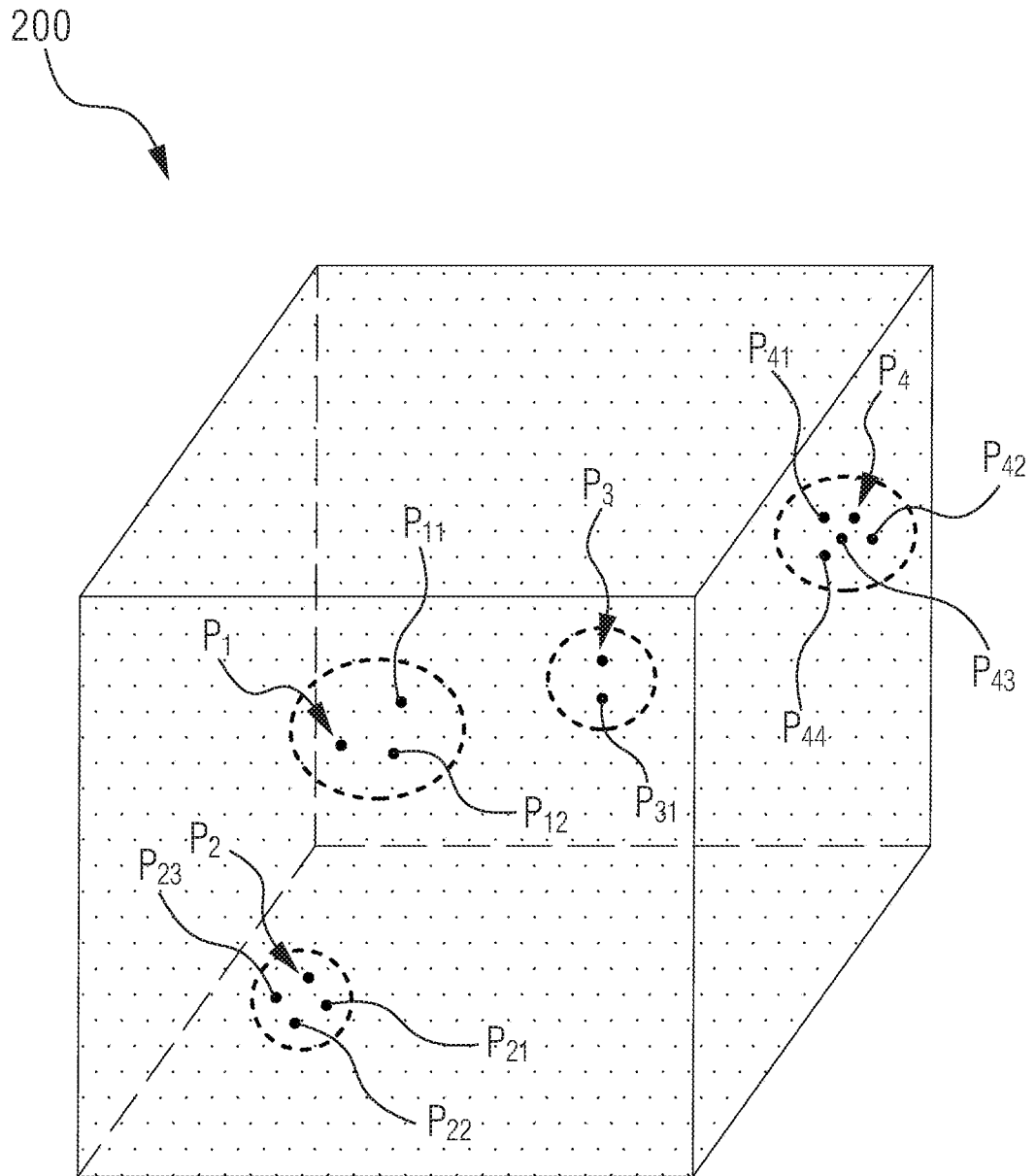
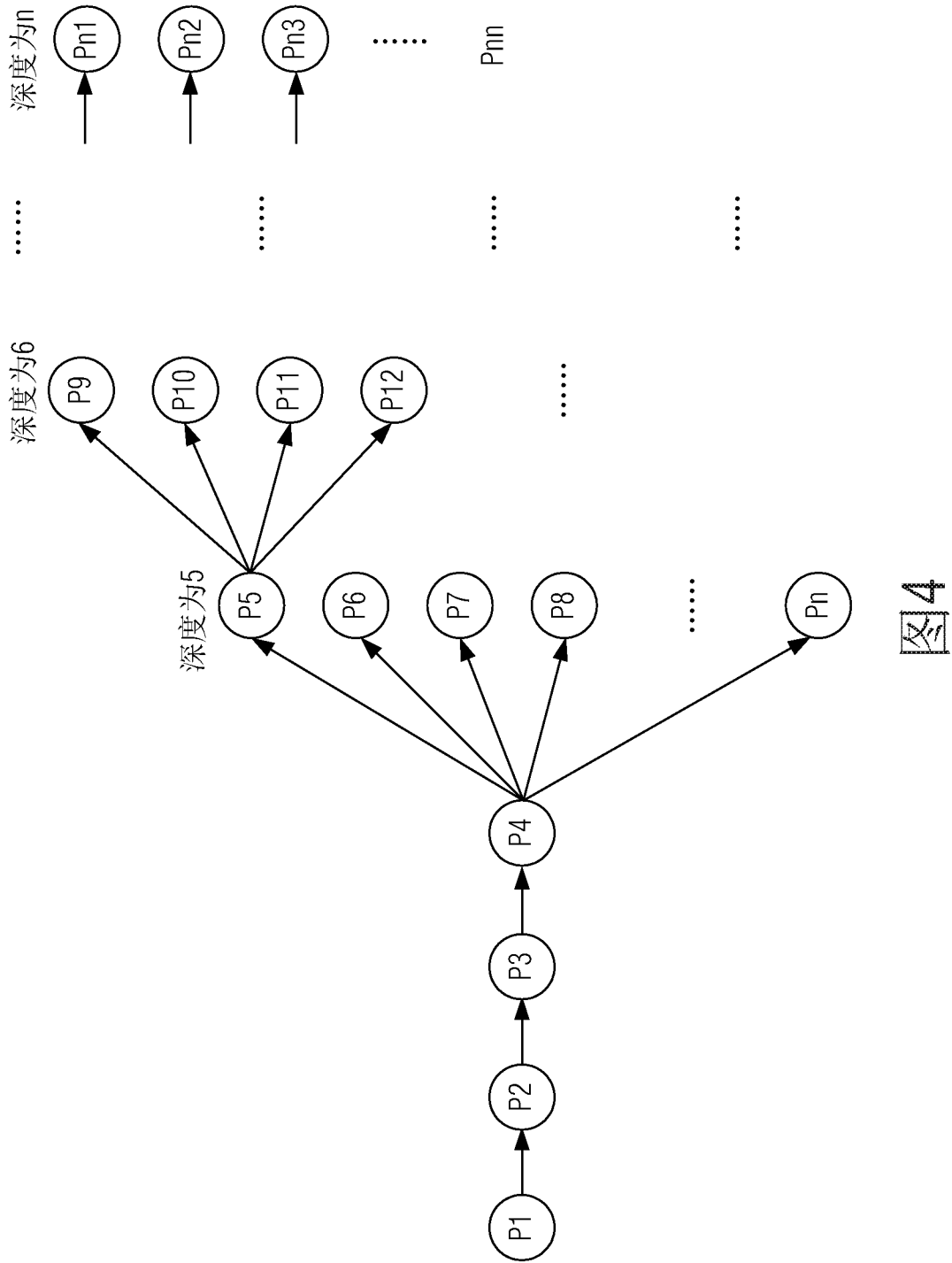


图3



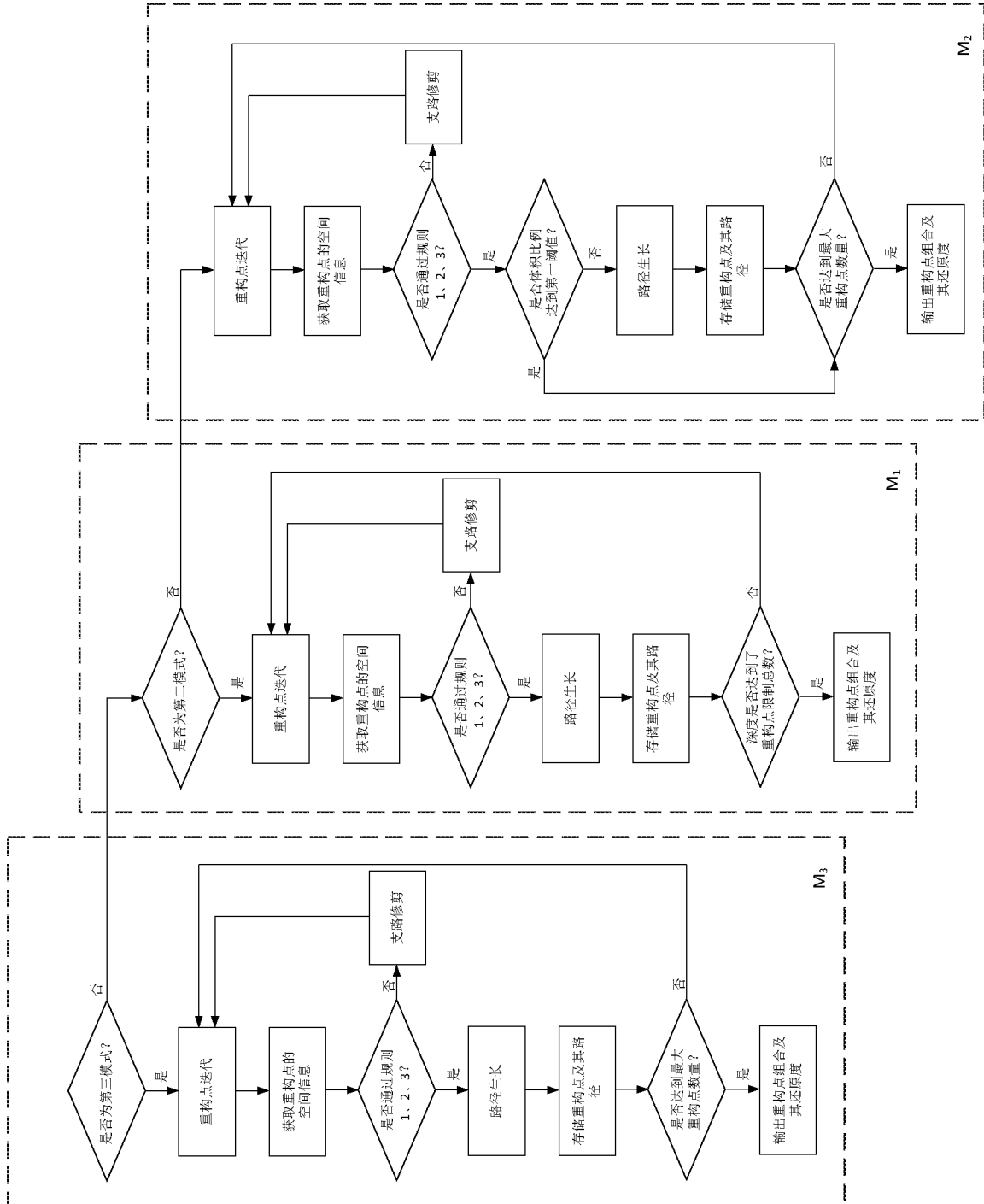


图5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/098910

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06T 17/00(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) G06T 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; TWABS; TWTXT; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; CNKI: 点云, 重构, 重建, 建模, 模型, 体积, 数目, 数量, 个数, 总数; point cloud, reconstruct, rebuild, model, volume, number, quantity, amount, count		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103646421 A (JIA, Jinyuan) 19 March 2014 (2014-03-19) description, paragraphs 6-13	1-13
A	CN 108759665 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 06 November 2018 (2018-11-06) description, paragraph 35	1-13
A	CN 109472861 A (SHANDONG UNIVERSITY) 15 March 2019 (2019-03-15) entire document	1-13
A	US 2018165004 A1 (CONCEPTUALIZ INC.) 14 June 2018 (2018-06-14) entire document	1-13
A	WO 2019012539 A1 (STRATASYS LTD.) 17 January 2019 (2019-01-17) entire document	1-13
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 27 April 2020		Date of mailing of the international search report 09 May 2020
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
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/098910

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	103646421	A	19 March 2014	CN	103646421	B	17 August 2016
CN	108759665	A	06 November 2018	None			
CN	109472861	A	15 March 2019	None			
US	2018165004	A1	14 June 2018	None			
WO	2019012539	A1	17 January 2019	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/098910

<p>A. 主题的分类</p> <p>G06T 17/00 (2006.01) i</p> <p>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</p>																				
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>G06T</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNABS;CNTXT;TWABS;TWTXT;VEN;USTXT;EPTXT;WOTXT;CNKI:点云, 重构, 重建, 建模, 模型, 体积, 数目, 数量, 个数, 总数; point cloud, reconstruct, rebuild, model, volume, number, quantity, amount, count</p>																				
<p>C. 相关文件</p> <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>A</td> <td>CN 103646421 A (贾金原) 2014年 3月 19日 (2014 - 03 - 19) 说明书第6-13段</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108759665 A (哈尔滨工业大学) 2018年 11月 6日 (2018 - 11 - 06) 说明书第35段</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109472861 A (山东大学) 2019年 3月 15日 (2019 - 03 - 15) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2018165004 A1 (CONCEPTUALIZ INC.) 2018年 6月 14日 (2018 - 06 - 14) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2019012539 A1 (STRATASYS LTD.) 2019年 1月 17日 (2019 - 01 - 17) 全文</td> <td>1-13</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	A	CN 103646421 A (贾金原) 2014年 3月 19日 (2014 - 03 - 19) 说明书第6-13段	1-13	A	CN 108759665 A (哈尔滨工业大学) 2018年 11月 6日 (2018 - 11 - 06) 说明书第35段	1-13	A	CN 109472861 A (山东大学) 2019年 3月 15日 (2019 - 03 - 15) 全文	1-13	A	US 2018165004 A1 (CONCEPTUALIZ INC.) 2018年 6月 14日 (2018 - 06 - 14) 全文	1-13	A	WO 2019012539 A1 (STRATASYS LTD.) 2019年 1月 17日 (2019 - 01 - 17) 全文	1-13
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
A	CN 103646421 A (贾金原) 2014年 3月 19日 (2014 - 03 - 19) 说明书第6-13段	1-13																		
A	CN 108759665 A (哈尔滨工业大学) 2018年 11月 6日 (2018 - 11 - 06) 说明书第35段	1-13																		
A	CN 109472861 A (山东大学) 2019年 3月 15日 (2019 - 03 - 15) 全文	1-13																		
A	US 2018165004 A1 (CONCEPTUALIZ INC.) 2018年 6月 14日 (2018 - 06 - 14) 全文	1-13																		
A	WO 2019012539 A1 (STRATASYS LTD.) 2019年 1月 17日 (2019 - 01 - 17) 全文	1-13																		
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																				
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																				
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2020年 4月 27日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2020年 5月 9日</p>																		
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>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</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>彭玉静</p> <p>电话号码 86-(20)-28958030</p>																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2019/098910

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	103646421	A	2014年 3月 19日	CN 103646421 B	2016年 8月 17日
CN	108759665	A	2018年 11月 6日	无	
CN	109472861	A	2019年 3月 15日	无	
US	2018165004	A1	2018年 6月 14日	无	
WO	2019012539	A1	2019年 1月 17日	无	