(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
2020 年 8 月 27 日 (27.08.2020)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2020/168685 A1

(51) 国际专利分类号:
G06F 17/50 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/097952

(22) 国际申请日: 2019 年 7 月 26 日 (26.07.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910125324.0 2019年2月20日 (20.02.2019) CN

(71) 申请人: 深圳大学(SHENZHEN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。

(72) 发明人: 刘晓利(LIU, Xiaoli); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。
廖一帆(LIAO, Yifan); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。 陈海龙(CHEN, Hailong); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。 彭翔(PENG, Xiang); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。 汤其剑(TANG, Qijian); 中国广东省深圳市南山区南海大道3688号, Guangdong 518060 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市恒申知识产权事务所（普通合伙）(HENSEN INTELLECTUAL PROPERTY FIRM); 中国广东省深圳市福田区南园路68号上步大厦10H, Guangdong 518000 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

(54) **Title:** THREE-DIMENSIONAL SCANNING VIEWPOINT PLANNING METHOD, DEVICE, AND COMPUTER READABLE STORAGE MEDIUM

(54) **发明名称:** 一种三维扫描视点规划方法、装置及计算机可读存储介质

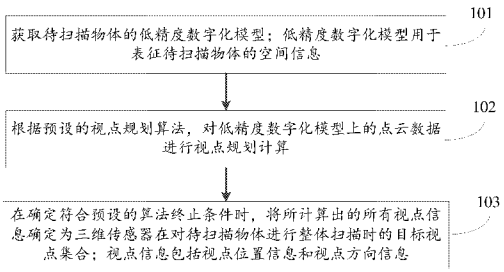

图 1

101 Acquire a low-precision digitalized model of an object to be scanned, the low-precision digitalized model being used to characterize space information concerning said object

102 According to a preset viewpoint planning algorithm, perform viewpoint planning calculation on point cloud data on the low-precision digitalized model

103 When it is determined that a preset algorithm termination condition is satisfied, determine all calculated viewpoint information as a target viewpoint set when a three-dimensional sensor performs overall scanning on said object, the viewpoint information comprising viewpoint position information and viewpoint direction information

(57) **Abstract:** Disclosed in the embodiments of the present invention are a three-dimensional scanning viewpoint planning method, a device and a computer readable storage medium. After a low-precision digitalized model of an object to be scanned is acquired, viewpoint planning calculation is performed, on the basis of a viewpoint planning algorithm, on point cloud data in the low-precision digitalized model, and then the positions and line-of-sight directions of a plurality of viewpoints in space are calculated when a three-dimensional sensor needs to perform three-dimensional scanning on said object. Calculating viewpoints of a three-dimensional sensor by

WO 2020/168685 A1

[见续页]

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, 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))。

means of a viewpoint planning algorithm can effectively improve the accuracy and scientific nature of sensor posture determination, greatly improving the efficiency of viewpoint planning, and reducing the time consumed in the whole three-dimensional measurement process.

(57) 摘要：本发明实施例公开了一种三维扫描视点规划方法、装置及计算机可读存储介质，在获取待扫描物体的低精度数字化模型之后，基于视点规划算法来对低精度数字化模型中的点云数据进行视点规划计算，然后分别计算出三维传感器需要对待扫描物体进行三维扫描时，在空间中的多个视点的位置和视线方向。通过视点规划算法计算三维传感器的视点，可以有效提高传感器位姿确定的准确性、科学性，并使得视点规划的效率大大提升，降低整个三维测量过程的耗时。

一种三维扫描视点规划方法、装置及计算机可读存储介质

技术领域

本发明涉及计算机视觉技术领域，尤其涉及一种三维扫描视点规划方法、装置及计算机可读存储介质。

背景技术

在光学测量方法中，双目立体视觉测量由于其测量精度高、测量速度快、适应性好等特点被广泛用于汽车、航空、航天等制造领域。双目立体视觉测量系统的单次测量范围为左右相机的公共视场内的有限范围，从而在对复杂零件进行测量时，由于相机测量视场的有限以及被测物体的自身遮挡，通常需要多次变换相机与被测物体间的位姿关系，通过多次测量并进行数据拼接而获得零件完整的三维数据。目前在改变相机（亦称作传感器）相对于被测物体之间的位姿时，通常是基于技术人员手动调整相机的位姿来实现，这种方式完全依靠技术人员的经验和技术水平来进行调整，而技术人员的操作行为通常缺乏全局性、准确性，容易造成相机重复测量或遗漏测量等问题，并且人力的工作效率较低，使得整个测量过程耗时较长。

技术问题

本发明实施例的主要目的在于提供一种三维扫描视点规划方法、装置及计算机可读存储介质，至少能够解决相关技术中在对物体进行三维扫描时，通过人工调整相机位姿所导致的测量准确性较低、测量过程耗时较长的问题。

技术解决方案

为实现上述目的，本发明实施例第一方面提供了一种三维扫描视点规划方法，该方法包括：

获取待扫描物体的低精度数字化模型；所述低精度数字化模型用于表征所述待扫描物体的空间信息；

根据预设的视点规划算法，对所述低精度数字化模型上的点云数

据进行视点规划计算;

在确定符合预设的算法终止条件时，将所计算出的所有视点信息确定为三维传感器在对所述待扫描物体进行整体扫描时的目标视点集合；所述视点信息包括视点位置信息和视点方向信息。

为实现上述目的，本发明实施例第二方面提供了一种三维扫描视点规划装置，该装置包括:

获取模块，用于获取待扫描物体的低精度数字化模型；所述低精度数字化模型用于表征所述待扫描物体的空间信息;

计算模块，用于根据预设的视点规划算法，对所述低精度数字化模型上的点云数据进行视点规划计算;

确定模块，用于在确定符合预设的算法终止条件时，将所计算出的所有视点信息确定为三维传感器在对所述待扫描物体进行整体扫描时的目标视点集合；所述视点信息包括视点位置信息和视点方向信息。

为实现上述目的，本发明实施例第三方面提供了一种电子装置，该电子装置包括：处理器、存储器和通信总线;

所述通信总线用于实现所述处理器和存储器之间的连接通信;

所述处理器用于执行所述存储器中存储的一个或者多个程序，以实现上述任意一种三维扫描视点规划方法的步骤。

为实现上述目的，本发明实施例第四方面提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质存储有一个或者多个程序，所述一个或者多个程序可被一个或者多个处理器执行，以实现上述任意一种三维扫描视点规划方法的步骤。

有益效果

根据本发明实施例提供的三维扫描视点规划方法、装置及计算机可读存储介质，在获取待扫描物体的低精度数字化模型之后，基于视点规划算法来对低精度数字化模型中的点云数据进行视点规划计算，然后分别计算出三维传感器需要对待扫描物体进行三维扫描时，在空间中的多个视点的位置和视线方向。通过视点规划算法计算三维传感

器的视点，可以有效提高传感器位姿确定的准确性、科学性，并使得视点规划的效率大大提升，降低整个三维测量过程的耗时。

本发明其他特征和相应的效果在说明书的后面部分进行阐述说明，且应当理解，至少部分效果从本发明说明书中的记载变的显而易见。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本发明第一实施例提供的三维扫描视点规划方法的基本流程示意图；

图 2 为本发明第一实施例提供的低精度数字化模型的示意图；

图 3 为本发明第一实施例提供的视点规划算法的基本流程示意图；

图 4 为本发明第一实施例提供的物体表面的点云法向量的示意图；

图 5 为本发明第一实施例提供的矩阵划分示意图；

图 6 为本发明第一实施例提供的点云法向量数量的直方统计图；

图 7 为本发明第一实施例提供的最小包围盒划分示意图；

图 8 为本发明第一实施例提供的最小包围盒构建示意图；

图 9 为本发明第二实施例提供的三维扫描视点规划装置的结构示意图；

图 10 为本发明第三实施例提供的电子装置的结构示意图。

本发明的实施方式

为使得本发明的发明目的、特征、优点能够更加的明显和易懂，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实

施例，而非全部实施例。基于本发明中的实施例，本领域技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

第一实施例:

为了解决相关技术中在对物体进行三维扫描时，通过人工调整相机位姿所导致的测量准确性较低、测量过程耗时较长的技术问题，本实施例提出了一种三维扫描视点规划方法，如图 1 所示为本实施例提供的三维扫描视点规划方法的基本流程示意图，本实施例提出的三维扫描视点规划方法包括以下的步骤:

步骤 101、获取待扫描物体的低精度数字化模型；低精度数字化模型用于表征待扫描物体的空间信息。

具体的，在本实施例中，待扫描物体可以是已知物体和未知物体，其中，已知物体为系统预先知道其空间信息的物体，那么在对其进行视点规划时，则是可以直接提取表征其空间信息的低精度数字化模型；而对于未知物体，空间信息未知，在实际应用中，则可以通过深度相机对物体进行扫描，从而得到其低精度数字化模型。如图 2 所示为本实施例提供的一种低精度数字化模型的示意图。

在本实施例一种可选的实施方式中，在获取待扫描物体的低精度数字化模型之后，还包括：对低精度数字化模型进行边缘修整处理。

具体的，在实际应用中，为尽量提高低精度数字化模型的效果和准确性，本实施例中对模型的边缘进行修整处理，其中，边缘修整处理包括：边缘修补处理和杂散边缘去除处理，边缘修补处理也即对边缘进行补缝。

步骤 102、根据预设的视点规划算法，对低精度数字化模型上的点云数据进行视点规划计算。

具体的，点云数据为物体表面的点数据集合，本实施例中对点云数据进行视点规划算法，来计算三维传感器对物体进行三维扫描时，在空间中的位置和姿态。

在本实施例一种可选的实施方式中，如图 3 所示，本实施例中的视点规划算法具体包括以下步骤:

步骤 301、对低精度数字化模型上的点云数据进行表面法线估计，得到待扫描物体表面的点云法向量;

在本实施例中，由得到的低精度数字化模型，利用 PCL 点云库对点云表面法线进行估计，得到物体表面的法向量，请参阅图 4，然后保存估计的点云法向量。

步骤 302、将点云法向量转化至球坐标系下，并将处于球坐标系下的点云法向量划分为 M 行 × N 列的矩阵;

在本实施例中，对的点云法向量$\vec{n}=(x,y,z)$，进行坐标系的转化，将法向量的三个分量转到球坐标系下用方位角θ，俯仰角φ，径向距离 r 来表示，在实际应用中，径向距离优选的可以取 1。应当说明的是，本实施例中在进行矩阵划分时，可以分别按照方位角和俯仰角的每 n 度分为一组，来确定矩阵的行大小和列大小，也即 M 为 360/n，N 为 180/n，例如，可以按照方位角每 10 度一组，俯仰角每 10 度一组进行划分，将点云法线分成 36 × 18 的矩阵。如图 5 所示为本实例提供的矩阵划分示意图。

步骤 303、对矩阵内的点云法向量数量进行直方图统计，并以矩阵上的每个分组区域为中心，将预设大小的窗口在矩阵上进行循环移动，然后统计每次窗口中的点云法向量数量，确定点云法向量数量最大的窗口，再基于点云法向量数量最大的窗口中心的点云法向量，确定三维传感器的指向方向 $n_i=(x_i,y_i,z_i)$;

具体的，本实施例中对落在矩阵内每个分组区域中的点云法向量数量进行直方图统计，并保存对应的点云信息，如图 6 所示为本实施例提供的点云法向量数量的直方统计图。另外，将所述的窗口中心所对应的球坐标系下的点云法向量转化到直角坐标系下，得到三维传感

器的指向方向。

在本实施例一种可选的实施方式中，窗口的大小基于三维传感器的视场角以及可见性约束条件确定；可见性约束条件为点云法向量与三维传感器的视点方向的乘积小于零。特别说明的是本实例中等效视场角取 28°，为满足可见性约束，理论上可选点云法向量方向不超过 76°，而为了减小误差，本发明实例中以点云法向量方向不超过 45°，则对应的窗口大小为 9×9。

在选定窗口大小之后，依次移动窗口，并统计每次窗口中的点云法向量数量，找出以某个法向量方向为中心的最大窗口，记录保存窗口中的点云信息和窗口中心的法向量方向。

特别注意的是，因为在球坐标系，方位角的取值范围是 0°~360°，俯仰角的取值范围是 0°~180°，当以每个矩阵值为中心，循环移动窗口时，窗口大小超出取值范围则需要扩展矩阵，扩展为 44×26 的矩阵。如中心在（10°，10°）时，矩阵行取值范围是（330°~360°，10°~50°），列取值范围是（30°~0°，10°~50°）。

步骤 304、对点云法向量数量最大的窗口内的点云构建最小包围盒，并基于三维传感器的视场空间大小对最小包围盒进行划分，确定所划分的空间中心的三维坐标 $C_i=(x_i,y_i,z_i)$；

在本实施例中，根据系统的参数，估算出三维传感器对应的视场空间，即视锥体的大小，划分所构建的最小包围盒，实现对窗口内点云空间的覆盖，如图 7 所示为本实施例提供的最小包围盒划分示意图，记录保存每次划分的视锥体的中心位置坐标。

在本实施例一种可选的实施方式中，采用 OBB（Oriented Bounding Box，有向包围盒）思路来构建最小包围盒，也即采用 PCA (Principal Component Analysis，主元分析)方法获得点云法向量数量最大的窗口内的点云的特征向量，并基于所获取的特征向量重新定义坐标轴；确定在重新定义的坐标轴下，点云法向量数量最大的窗口内的点云的质心，并基于重新定义的坐标轴以及质心，对点云法向量数量最大的窗

口内的点云构建最小包围盒。

具体的，在本实施例中，对窗口内所包含的离散点云重新定义坐标轴。可以利用 PCL 点云库，进行 PCA 分析而获得特征向量，也即 OBB 的三个主轴或点云的三个主方向，PCA 分析是先通过协方差的计算公式，得到协方差矩阵，然后再求取协方差矩阵的特征值和特征向量，其中最大特征值所对应的特征向量，即为 OBB 三个主轴的方向，重新定义坐标轴之后，即可确定点云在当前坐标轴下的质心。利用所获得的主方向和质心，将输入点云转换至原点，且主方向与坐标系方向重回，建立变换到原点的点云的包围盒，而构建出最小包围盒。如图 8 所示为本实施例提供的最小包围盒构建示意图。

步骤 305、基于 n_i、C_i 以及三维传感器的对焦距离 D，确定三维传感器在空间中的视点信息。

具体的，本实施例中基于前述所计算到的三维传感器的指向方向、三维传感器所指向的物体上一点的三维坐标以及三维传感器的对焦距离，通过坐标反算求出三维传感器对物体上特定区域进行扫描时所处的空间三维坐标，也即视点位置，而物体上一点的三维坐标与所计算的三维传感器的三维坐标的连线即为视点方向，视点位置信息和视点方向信息组成视点信息。

步骤 103、在确定符合预设的算法终止条件时，将所计算出的所有视点信息确定为三维传感器在对待扫描物体进行整体扫描时的目标视点集合；视点信息包括视点位置信息和视点方向信息。

具体的，在实际应用中，要实现三维传感器对物体的三维扫描，需要控制三维传感器在多个不同的视点进行扫描，才能获取物体的全部三维信息。本实施例中的目标视点集合中则包括三维传感器实现对物体的整体扫描所需要的多个视点所对应的信息。本实施例中预设有一算法终止条件，在不满足算法终止条件时，继续执行本实施例的视点规划算法，而满足算法终止条件时，则停止算法运算。在确定目标视点集合之后，将其导入至搭载有三维传感器的移动控制系统中，由系统根据算法计算出的各视点来控制三维传感器移动，来实现对物体

的自动三维扫描，避免了人工操作的繁琐，减少了测量数据的冗余，大大的提高了系统的效率。

在本实施例一种可选的实施方式中，算法终止条件关联于当前待计算的点云数量 $N_{present}$；$N_{present}$ 为删除此前已计算的点云之后，从所剩余的点云中所确定的待计算点云的数量。

具体的，若所划分的点云计算完成之后，则将所计算的点云进行删除，在本实施例中，基于即将计算的点云数量来确定是否满足算法终止条件，在本实施例的一种极端情况下，算法终止条件可以是低精度数字化模型中的所有点云数据计算完成。当然，为了提升本实施例的计算效率，通常随着算法的持续进行，所剩余的点云数量越来越少，变得越来越稀疏，继续执行算法的意义和必要性较小，基于此，本实施例中也可以在所有点云数据还有剩余时即结束算法。

进一步地，在本实施例一种可选的实施方式中，基于当前待计算的点云数量 $N_{present}$ 确定符合预设的算法终止条件包括：根据当前待计算的点云数量 $N_{present}$ 与初始点云数量 N_{total}，确定点云比率 $p=N_{present}/N_{total}$；在 p 低于预设的比率阈值时，确定符合预设的算法终止条件。

具体的，本实施例中根据当前待计算的点云数量与初始数量的比值低于预设值（例如 1%）时，确定当前点云数量较少，点云较为稀疏，而终止算法，当然，在另一些实施例中，可以单纯的基于 $N_{present}$ 来确定是否终止算法，例如可以判断 $N_{present}$ 是否小于 100，若是，则终止算法。

根据本发明实施例提供的三维扫描视点规划方法，在获取待扫描物体的低精度数字化模型之后，基于视点规划算法来对低精度数字化模型中的点云数据进行视点规划计算，然后分别计算出三维传感器需要对待扫描物体进行三维扫描时，在空间中的多个视点的位置和视线方向。通过视点规划算法计算三维传感器的视点，可以提高传感器位姿确定的准确性、科学性，并使得视点规划的效率大大提升，降低整

个测量过程的耗时。

第二实施例:

本实施例示出了一种三维扫描视点规划装置，具体请参见图 9，为了解决现有技术中在对物体进行三维扫描时，通过人工调整相机位姿所导致的测量准确性较低、测量过程耗时较长的技术问题，本实施例的三维扫描视点规划装置包括:

获取模块 901，用于获取待扫描物体的低精度数字化模型；低精度数字化模型用于表征待扫描物体的空间信息;

计算模块 902，用于根据预设的视点规划算法，对低精度数字化模型上的点云数据进行视点规划计算;

确定模块 903，用于在确定符合预设的算法终止条件时，将所计算出的所有视点信息确定为三维传感器在对待扫描物体进行整体扫描时的目标视点集合；视点信息包括视点位置信息和视点方向信息。

具体的，在待扫描物体为未知物体时，获取模块 901 可以通过深度相机对物体进行扫描，从而得到其低精度数字化模型，本实施例中对点云数据进行视点规划算法，来计算三维传感器对物体进行三维扫描时，在空间中的位置和姿态。另外，在实际应用中，要实现三维传感器对物体的三维扫描，需要控制三维传感器在多个不同的视点进行扫描，才能获取物体的全部三维信息，本实施例中的目标视点集合中则包括三维传感器实现对物体的整体扫描所需要的多个视点所对应的信息。

在本实施例的一些实施方式中，三维扫描视点规划装置还包括:处理模块，处理模块用于对低精度数字化模型进行边缘修整处理；可选的，边缘修整处理包括：边缘修补处理和杂散边缘去除处理，边缘修补处理也即对边缘进行补缝。对应的，计算模块 902 具体用于根据预设的视点规划算法，对边缘修整处理后的低精度数字化模型上的点云数据进行视点规划计算。

在本实施例的一些实施方式中，计算模块 902 具体用于对低精度数字化模型上的点云数据进行表面法线估计，得到待扫描物体表面的点云法向量；将点云法向量转化至球坐标系下，并将处于球坐标系下

的点云法向量划分为 M 行 × N 列的矩阵；对矩阵内每个分组区域的点云法向量数量进行直方图统计，并以每个分组区域为中心，将预设大小的窗口在矩阵上进行循环移动，然后统计每次窗口中的点云法向量数量，确定点云法向量数量最大的窗口，再基于点云法向量数量最大的窗口中心的点云法向量，确定三维传感器的指向方向 $n_i=(x_i,y_i,z_i)$；对点云法向量数量最大的窗口内的点云构建最小包围盒，并基于三维传感器的视场空间大小对最小包围盒进行划分，确定所划分的空间中心的三维坐标 $C_i=(x_i,y_i,z_i)$；基于 n_i、C_i 以及三维传感器的对焦距离 D，确定三维传感器在空间中的视点信息。

进一步地，在本实施例的一些实施方式中，窗口的大小基于三维传感器的视场角以及可见性约束条件确定；可见性约束条件为点云法向量与三维传感器的视点方向的乘积小于零。

进一步地，在本实施例的一些实施方式中，计算模块 902 具体用于采用主元分析 PCA 方法获得点云法向量数量最大的窗口内的点云的特征向量，并基于所获取的特征向量重新定义坐标轴；确定在重新定义的坐标轴下，点云法向量数量最大的窗口内的点云的质心，并基于重新定义的坐标轴以及质心，对点云法向量数量最大的窗口内的点云构建最小包围盒。

在本实施例的一些实施方式中，确定模块 903 具体用于在基于当前待计算的点云数量 $N_{present}$ 确定符合预设的算法终止条件时，将所计算出的所有视点信息确定为三维传感器在对待扫描物体进行整体扫描时的目标视点集合；$N_{present}$ 为删除此前已计算的点云之后，从所剩余的点云中所确定的待计算点云的数量。

进一步地，在本实施例的一些实施方式中，确定模块 903 具体用于根据当前待计算的点云数量 $N_{present}$ 与初始点云数量 N_{total}，确定点云比率 $p=N_{present}/N_{total}$；在 p 低于预设的比率阈值时，确定符合预设的算法终止条件。

采用本实施例提供的三维扫描视点规划装置，在获取待扫描物体的低精度数字化模型之后，基于视点规划算法来对低精度数字化模型中的点云数据进行视点规划计算，然后分别计算出三维传感器需要对

待扫描物体进行三维扫描时，在空间中的多个视点的位置和视线方向。通过视点规划算法计算三维传感器的视点，可以提高传感器位姿确定的准确性、科学性，并使得视点规划的效率大大提升，降低整个测量过程的耗时。

第三实施例:

本实施例提供了一种电子装置，参见图 10 所示，其包括处理器 1001、存储器 1002 及通信总线 1003，其中：通信总线 1003 用于实现处理器 1001 和存储器 1002 之间的连接通信；处理器 1001 用于执行存储器 1002 中存储的一个或者多个计算机程序，以实现上述实施例一中的三维扫描视点规划方法中的至少一个步骤。

本实施例还提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质包括在用于存储信息(诸如计算机可读指令、数据结构、计算机程序模块或其他数据)的任何方法或技术中实施的易失性或非易失性、可移除或不可移除的介质。计算机可读存储介质包括但不限于 RAM（Random Access Memory，随机存取存储器），ROM（Read-Only Memory，只读存储器），EEPROM（Electrically Erasable Programmable read only memory，带电可擦可编程只读存储器）、闪存或其他存储器技术、CD-ROM（Compact Disc Read-Only Memory，光盘只读存储器），数字多功能盘(DVD)或其他光盘存储、磁盒、磁带、磁盘存储或其他磁存储装置、或者可以用于存储期望的信息并且可以被计算机访问的任何其他的介质。

本实施例中的计算机可读存储介质可用于存储一个或者多个计算机程序，其存储的一个或者多个计算机程序可被处理器执行，以实现上述实施例一中的方法的至少一个步骤。

本实施例还提供了一种计算机程序，该计算机程序可以分布在计算机可读介质上，由可计算装置来执行，以实现上述实施例一中的方法的至少一个步骤；并且在某些情况下，可以采用不同于上述实施例所描述的顺序执行所示出或描述的至少一个步骤。

本实施例还提供了一种计算机程序产品，包括计算机可读装置，

该计算机可读装置上存储有如上所示的计算机程序。本实施例中该计算机可读装置可包括如上所示的计算机可读存储介质。

可见，本领域的技术人员应该明白，上文中所公开方法中的全部或某些步骤、系统、装置中的功能模块/单元可以被实施为软件（可以用计算装置可执行的计算机程序代码来实现）、固件、硬件及其适当的组合。在硬件实施方式中，在以上描述中提及的功能模块/单元之间的划分不一定对应于物理组件的划分；例如，一个物理组件可以具有多个功能，或者一个功能或步骤可以由若干物理组件合作执行。某些物理组件或所有物理组件可以被实施为由处理器，如中央处理器、数字信号处理器或微处理器执行的软件，或者被实施为硬件，或者被实施为集成电路，如专用集成电路。

此外，本领域普通技术人员公知的是，通信介质通常包含计算机可读指令、数据结构、计算机程序模块或者诸如载波或其他传输机制之类的调制数据信号中的其他数据，并且可包括任何信息递送介质。所以，本发明不限制于任何特定的硬件和软件结合。

以上内容是结合具体的实施方式对本发明实施例所作的进一步详细说明，不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干简单推演或替换，都应当视为属于本发明的保护范围。

权利要求书

1、一种三维扫描视点规划方法，其特征在于，包括:

获取待扫描物体的低精度数字化模型；所述低精度数字化模型用于表征所述待扫描物体的空间信息;

根据预设的视点规划算法，对所述低精度数字化模型上的点云数据进行视点规划计算;

在确定符合预设的算法终止条件时，将所计算出的所有视点信息确定为三维传感器在对所述待扫描物体进行整体扫描时的目标视点集合；所述视点信息包括视点位置信息和视点方向信息。

2、如权利要求 1 所述的三维扫描视点规划方法，其特征在于，在根据预设的视点规划算法，对所述低精度数字化模型上的点云数据进行视点规划计算之前，还包括:

对所述低精度数字化模型进行边缘修整处理;

所述根据预设的视点规划算法，对所述低精度数字化模型上的点云数据进行视点规划计算包括:

根据预设的视点规划算法，对边缘修整处理后的低精度数字化模型上的点云数据进行视点规划计算。

3、如权利要求 1 所述的三维扫描视点规划方法，其特征在于，所述确定符合预设的算法终止条件包括:

基于当前待计算的点云数量 $N_{present}$ 确定符合预设的算法终止条件；所述 $N_{present}$ 为删除此前已计算的点云之后，从所剩余的点云中所确定的待计算点云的数量。

4、如权利要求 3 所述的三维扫描视点规划方法，其特征在于，所述基于当前待计算的点云数量 $N_{present}$ 确定符合预设的算法终止条件包括:

根据当前待计算的点云数量 $N_{present}$ 与初始点云数量 N_{total}，确定点云比率 $p=N_{present}/N_{total}$;

在所述 p 低于预设的比率阈值时，确定符合预设的算法终止条件。

5、如权利要求 1 至 4 中任意一项所述的三维扫描视点规划方法，其特征在于，所述对所述低精度数字化模型上的点云数据进行视点规划计算包括:

对所述低精度数字化模型上的点云数据进行表面法线估计，得到所述待扫描物体表面的点云法向量;

将所述点云法向量转化至球坐标系下，并将处于球坐标系下的所述点云法向量划分为 M 行 × N 列的矩阵;

对所述矩阵内每个分组区域的点云法向量数量进行直方图统计，并以所述每个分组区域为中心，将预设大小的窗口在所述矩阵上进行循环移动，然后统计每次窗口中的点云法向量数量，确定所述点云法向量数量最大的窗口，再基于所述点云法向量数量最大的窗口中心的点云法向量，确定所述三维传感器的指向方向 $n_i=(x_i,y_i,z_i)$;

对所述点云法向量数量最大的窗口内的点云构建最小包围盒，并基于所述三维传感器的视场空间大小对所述最小包围盒进行划分，确定所划分的空间中心的三维坐标 $C_i=(x_i,y_i,z_i)$;

基于所述 n_i、C_i 以及所述三维传感器的对焦距离 D，确定所述三维传感器在空间中的视点信息。

6、如权利要求 5 所述的三维扫描视点规划方法，其特征在于，所述窗口的大小基于所述三维传感器的视场角以及可见性约束条件确定; 所述可见性约束条件为所述点云法向量与所述三维传感器的视点方向的乘积小于零。

7、如权利要求 5 所述的三维扫描视点规划方法，其特征在于，所述对所述点云法向量数量最大的窗口内的点云构建最小包围盒包括:

采用主元分析 PCA 方法获得所述点云法向量数量最大的窗口内的点云的特征向量，并基于所获取的特征向量重新定义坐标轴;

确定在重新定义的坐标轴下，所述点云法向量数量最大的窗口内的点云的质心，并基于所述重新定义的坐标轴以及所述质心，对所述点云法向量数量最大的窗口内的点云构建最小包围盒。

8、一种三维扫描视点规划装置，其特征在于，包括:

获取模块，用于获取待扫描物体的低精度数字化模型；所述低精度数字化模型用于表征所述待扫描物体的空间信息；

计算模块，用于根据预设的视点规划算法，对所述低精度数字化模型上的点云数据进行视点规划计算；

确定模块，用于在确定符合预设的算法终止条件时，将所计算出的所有视点信息确定为三维传感器在对所述待扫描物体进行整体扫描时的目标视点集合；所述视点信息包括视点位置信息和视点方向信息。

9、一种电子装置，其特征在于，包括：处理器、存储器和通信总线；

所述通信总线用于实现所述处理器和存储器之间的连接通信；

所述处理器用于执行所述存储器中存储的一个或者多个程序，以实现如权利要求 1 至 7 中任意一项所述的三维扫描视点规划方法的步骤。

10、一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质存储有一个或者多个程序，所述一个或者多个程序可被一个或者多个处理器执行，以实现如权利要求 1 至 7 中任意一项所述的三维扫描视点规划方法的步骤。

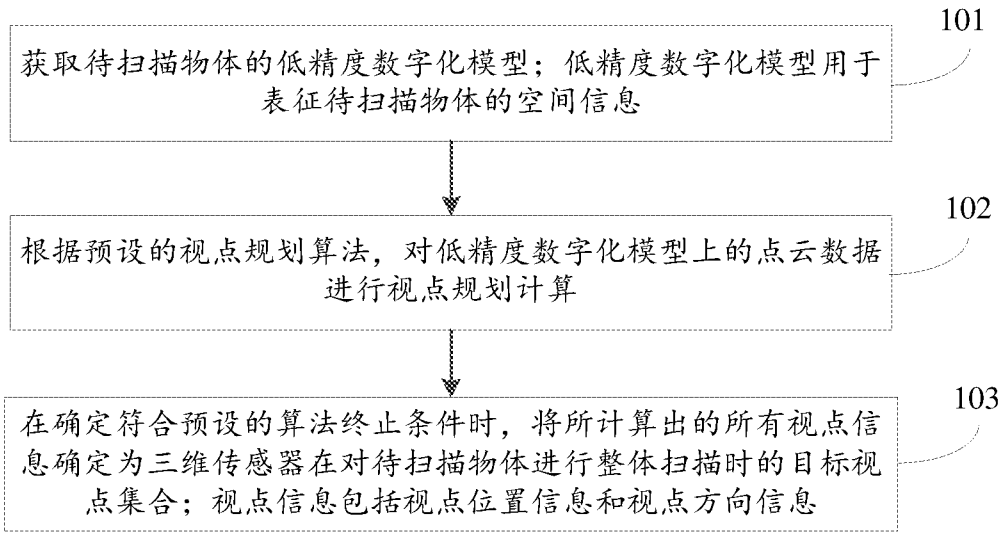
获取待扫描物体的低精度数字化模型；低精度数字化模型用于表征待扫描物体的空间信息
101
根据预设的视点规划算法，对低精度数字化模型上的点云数据进行视点规划计算
102
在确定符合预设的算法终止条件时，将所计算出的所有视点信息确定为三维传感器在对待扫描物体进行整体扫描时的目标视点集合；视点信息包括视点位置信息和视点方向信息
103

图 1

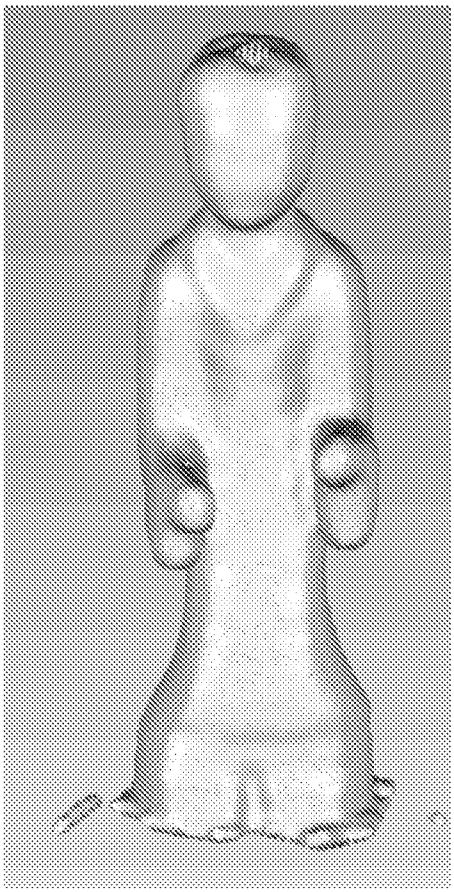

图 2

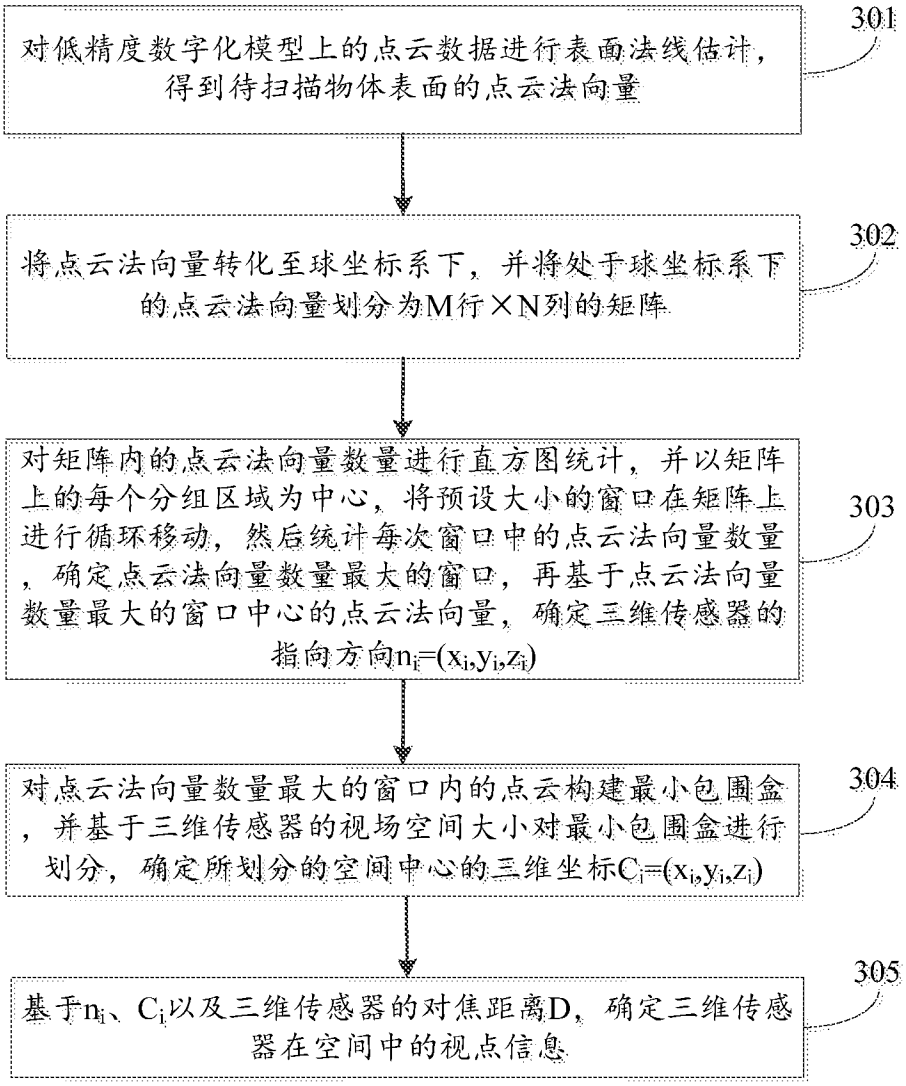
对低精度数字化模型上的点云数据进行表面法线估计，得到待扫描物体表面的点云法向量
301
将点云法向量转化至球坐标系下，并将处于球坐标系下的点云法向量划分为M行×N列的矩阵
302
对矩阵内的点云法向量数量进行直方图统计，并以矩阵上的每个分组区域为中心，将预设大小的窗口在矩阵上进行循环移动，然后统计每次窗口中的点云法向量数量，确定点云法向量数量最大的窗口，再基于点云法向量数量最大的窗口中心的点云法向量，确定三维传感器的指向方向$n_i=(x_i,y_i,z_i)$
303
对点云法向量数量最大的窗口内的点云构建最小包围盒，并基于三维传感器的视场空间大小对最小包围盒进行划分，确定所划分的空间中心的三维坐标$C_i=(x_i,y_i,z_i)$
304
基于n_i、C_i以及三维传感器的对焦距离D，确定三维传感器在空间中的视点信息
305

图 3

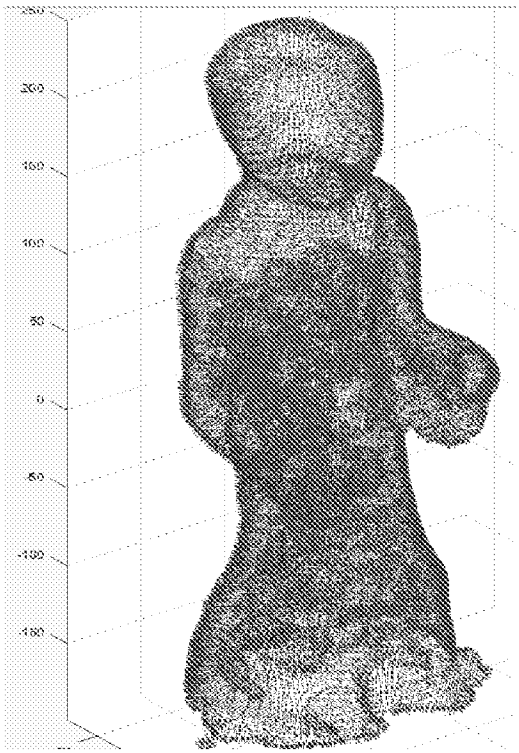

图 4

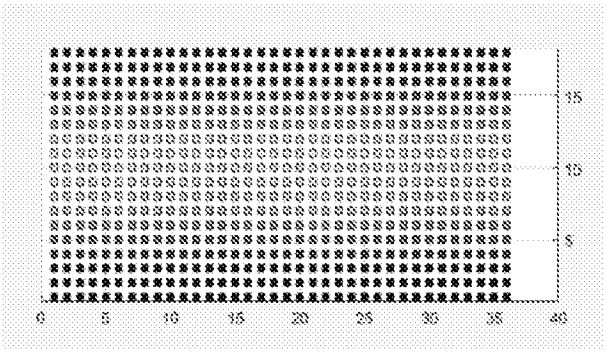

图 5

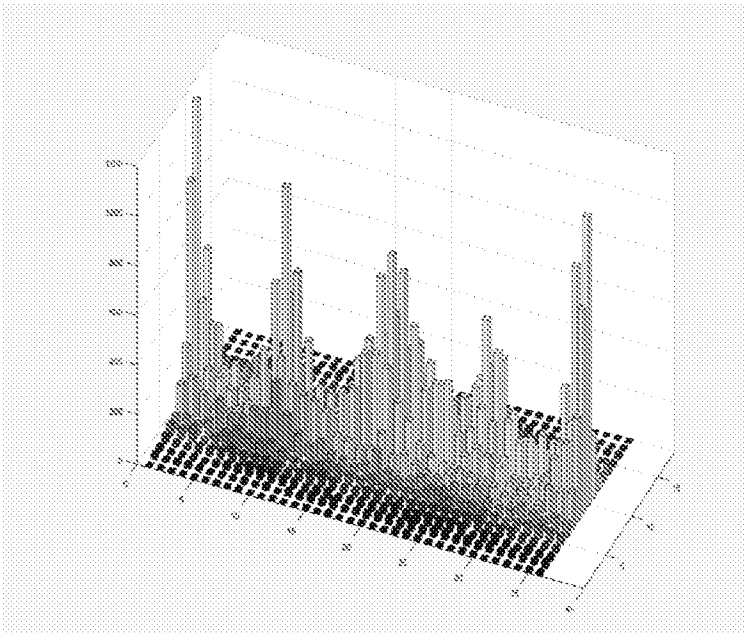

图 6

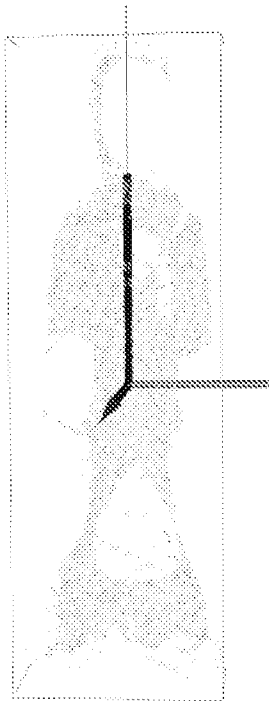

图 7

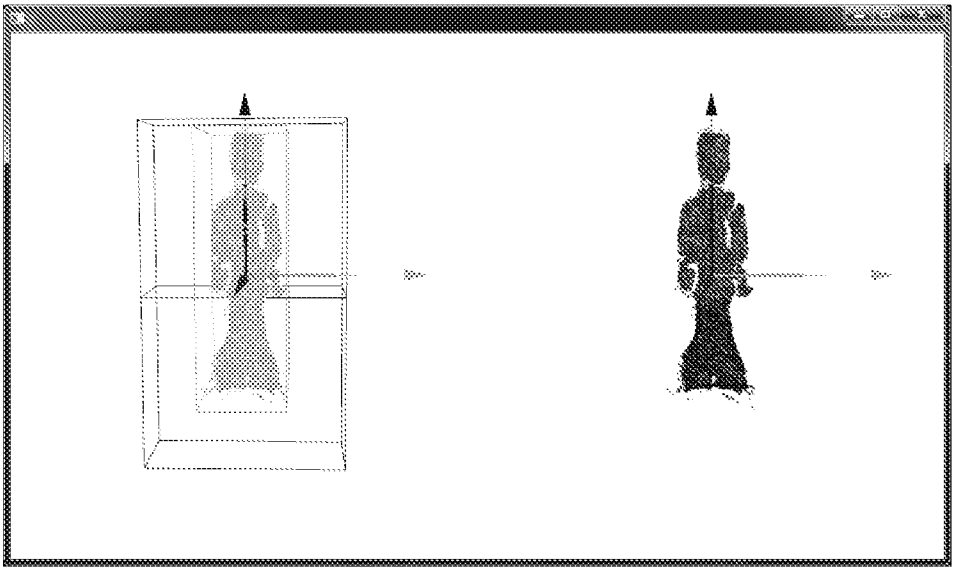

图 8

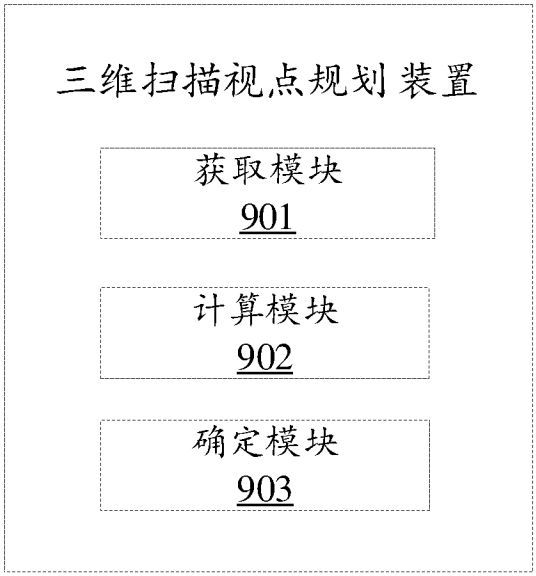

图 9

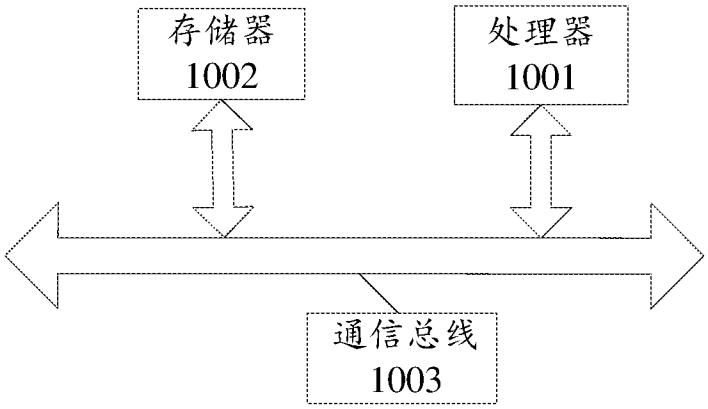

图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2019/097952

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 17/50(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, WPI, EPODOC, IEEE: 三维, 扫描, 视点, 规划, 终止, 位置, 方向, 边缘, 点云, 法向量, 直方图, 窗口, 最小, 包围盒, 传感器, 相机, 扫描仪, 3D, three, dimensional, scan+, viewpoint, stop+, position, direction, edge, point, cloud, normal, vector, histogram, window, minimum, bound+, box, sens+, camera

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109977466 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 05 July 2019 (2019-07-05) claims 1-10	1-10
X	CN 104063894 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 24 September 2014 (2014-09-24) description, paragraphs [0024]-[0111] and figures 1 and 2	1-4, 8-10
A	CN 105551039 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 04 May 2016 (2016-05-04) entire document	1-10
A	CN 102930536 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 13 February 2013 (2013-02-13) entire document	1-10
A	CN 103914837 A (XIDIAN UNIVERSITY) 09 July 2014 (2014-07-09) entire document	1-10
A	US 2019005711 A1 (AQUIFI, INC.) 03 January 2019 (2019-01-03) entire document	1-10

☑ 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
17 October 2019	**28 October 2019**
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/CN2019/097952

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2017167862 A1 (LEGO A/S) 05 October 2017 (2017-10-05) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2019/097952

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109977466	A	05 July 2019	None			
CN	104063894	A	24 September 2014	US	2017053438	A1	23 February 2017
				WO	2015188445	A1	17 December 2015
CN	105551039	A	04 May 2016	WO	2017101150	A1	22 June 2017
CN	102930536	A	13 February 2013	None			
CN	103914837	A	09 July 2014	None			
US	2019005711	A1	03 January 2019	None			
WO	2017167862	A1	05 October 2017	US	2019122428	A1	25 April 2019
				CN	109196303	A	11 January 2019
				EP	3436773	A1	06 February 2019

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/097952

A. 主题的分类

G06F 17/50(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, WPI, EPODOC,IEEE: 三维，扫描，视点，规划，终止，位置，方向，边缘，点云，法向量，直方图，窗口，最小，包围盒，传感器，相机，扫描仪，3D, three, dimensional, scan+, viewpoint, stop+, position, direction, edge, point, cloud, normal, vector, histogram, window, minimum, bound+, box, sens+, camera

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
PX	CN 109977466 A (深圳大学) 2019年 7月 5日 (2019-07-05) 权利要求1-10	1-10
X	CN 104063894 A (中国科学院深圳先进技术研究院) 2014年 9月 24日 (2014-09-24) 说明书第[0024]-[0111]段、附图1，2	1-4，8-10
A	CN 105551039 A (深圳先进技术研究院) 2016年 5月 4日 (2016-05-04) 全文	1-10
A	CN 102930536 A (深圳先进技术研究院) 2013年 2月 13日 (2013-02-13) 全文	1-10
A	CN 103914837 A (西安电子科技大学) 2014年 7月 9日 (2014-07-09) 全文	1-10
A	US 2019005711 A1 (AQUIFI, INC.) 2019年 1月 3日 (2019-01-03) 全文	1-10
A	WO 2017167862 A1 (LEGO A/S) 2017年 10月 5日 (2017-10-05) 全文	1-10

☐ 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
2019年 10月 17日	2019年 10月 28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	受权官员 王从雷 电话号码 86-(10)-53961717

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2019/097952

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	109977466	A	2019年 7月 5日	无			
CN	104063894	A	2014年 9月 24日	US	2017053438	A1	2017年 2月 23日
				WO	2015188445	A1	2015年 12月 17日
CN	105551039	A	2016年 5月 4日	WO	2017101150	A1	2017年 6月 22日
CN	102930536	A	2013年 2月 13日	无			
CN	103914837	A	2014年 7月 9日	无			
US	2019005711	A1	2019年 1月 3日	无			
WO	2017167862	A1	2017年 10月 5日	US	2019122428	A1	2019年 4月 25日
				CN	109196303	A	2019年 1月 11日
				EP	3436773	A1	2019年 2月 6日