



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109410183 B

(45) 授权公告日 2022. 03. 25

(21) 申请号 201811167642.5

(22) 申请日 2018.10.08

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109410183 A

(43) 申请公布日 2019.03.01

(73) 专利权人 香港理工大学
地址 中国香港九龙红磡香港理工大学

(72) 发明人 史文中 范文铮

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 罗满

(51) Int. Cl.
G06T 7/00 (2017.01)
G06T 7/136 (2017.01)
G06T 7/187 (2017.01)

(56) 对比文件

CN 105868498 A, 2016.08.17

CN 108062517 A, 2018.05.22

CN 101807308 A, 2010.08.18

CN 108152831 A, 2018.06.12

WO 2012146253 A1, 2012.11.01

满丹 等. 车载激光扫描数据的道路边界线提取方法.《测绘科学技术学报》.2018,第34卷(第6期),

Yadav M 等. Rural road surface extraction using mobile LiDAR point cloud data.《Journal of the Indian Society of Remote Sensing》.2017,

审查员 罗畅

权利要求书2页 说明书13页 附图4页

(54) 发明名称

基于点云数据的平面提取方法、系统、装置及存储介质

(57) 摘要

本申请公开了一种基于点云数据的平面提取方法,从点云数据中恢复得到数据格网和既定扫描线,并基于此构建得到另外的伪扫描线,之后再利用线简化算法去除扫描线中不必要的点,得到保留下来的特征点,并基于特征点将原扫描线拆分为各扫描线段,以各扫描线段的主方向为参考依据进行聚类处理,得到由线特征组成的各平面碎片,最后将拥有相同或相似法向且存在重叠区域的平面碎片进行合并得到目标平面。通过以线特征的方式摆脱了现有算法对高云密度的依赖,同时也能够显著减少法向对比的次数,提升了效率。本申请还同时公开了一种感兴趣区域确定装置、设备及计算机可读存储介质,具有上述有益效果。



1. 一种基于点云数据的平面提取方法,其特征在于,包括:
从点云数据中恢复数据格网,并根据所述数据格网恢复既定扫描线;
在所述数据格网下根据所述既定扫描线生成伪扫描线,得到由所述既定扫描线和所述伪扫描线组成的扫描线集;
利用线简化算法提取所述扫描线集中的每条扫描线上的特征点;
连接每条所述扫描线上各相邻的特征点,得到各扫描线段,并分别计算得到每条所述扫描线段的主方向;
以所述主方向对各所述扫描线段进行聚类处理,并从得到的聚类处理结果中提取得到各平面碎片;
将拥有相同法向且存在重叠区域的平面碎片进行合并,得到各目标平面;
其中,根据所述数据格网恢复既定扫描线,包括:
从所述数据格网的一侧分别按照从左至右、从上到下以逐行扫描和逐列扫描的方式恢复出既定的水平扫描线和竖直扫描线;
其中,在所述数据格网下根据所述既定扫描线生成伪扫描线,包括:
在所述数据格网的边界限定下,自所述水平扫描线和所述竖直扫描线构成的新格网单元的左上角至右下角生成第一伪对角扫描线;
在所述数据格网的边界限定下,自所述水平扫描线和所述竖直扫描线构成的新格网单元的左下角至右上角生成第二伪对角扫描线。
2. 根据权利要求1所述的平面提取方法,其特征在于,还包括:
当生成的扫描线为非共面扫描线时,对所述竖直扫描线、所述第一伪对角扫描线以及所述第二伪对角扫描线进行投影处理,得到各投影扫描线。
3. 根据权利要求1所述的平面提取方法,其特征在于,利用线简化算法提取所述扫描线集中的每条扫描线上的特征点,包括:
确定每条所述扫描线的两个端点,并利用线简化算法确定每条所述扫描线的拐点,且将各所述端点和所述拐点均作为对应扫描线的特征点。
4. 根据权利要求1至3任一项所述的平面提取方法,其特征在于,将拥有相同法向且存在重叠区域的平面碎片进行合并,包括:
将各所述平面碎片根据所属的不同扫描线方向划分为相应数量的平面碎片组;
以两两合并的方式将不同所述平面碎片组中拥有相同法向且有重叠部分的平面碎片进行合并,直至每个所述平面碎片组中剩余的平面碎片无法与其余任一平面碎片组中的任一平面碎片进行合并。
5. 根据权利要求4所述的平面提取方法,其特征在于,还包括:
在每次进行平面碎片合并时,均利用平面去噪算法去除每次合并得到的平面中的噪声点。
6. 一种基于点云数据的平面提取系统,其特征在于,包括:
数据网格及既定扫描线恢复单元,用于从点云数据中恢复数据格网,并根据所述数据格网恢复既定扫描线;
伪扫描线及扫描线集生成单元,用于在所述数据格网下根据所述既定扫描线生成伪扫描线,得到由所述既定扫描线和所述伪扫描线组成的扫描线集;

线简化算法特征点提取单元,用于利用线简化算法提取所述扫描线集中的每条扫描线上的特征点;

线段拆分及主方向计算单元,用于连接每条所述扫描线上各相邻的特征点,得到各扫描线段,并分别计算得到每条所述扫描线段的主方向;

聚类处理即平面碎片提取单元,用于以所述主方向对各所述扫描线段进行聚类处理,并从得到的聚类处理结果中提取得到各平面碎片;

平面碎片合并单元,用于将拥有相同法向且存在重叠区域的平面碎片进行合并,得到各目标平面;

其中,所述数据网格及既定扫描线恢复单元,包括:

水平和竖直扫描线恢复子单元,用于从所述数据格网的一侧分别按照从左至右、从上到下以逐行扫描和逐列扫描的方式恢复出既定的水平扫描线和竖直扫描线;

其中,所述伪扫描线及扫描线集生成单元,包括:

第一伪扫描线生成单元,用于在所述数据格网的边界限定下,自所述水平扫描线和所述竖直扫描线构成的新格网单元的左上角至右下角生成第一伪对角扫描线;

第二伪扫描线生成单元,用于在所述数据格网的边界限定下,自所述水平扫描线和所述竖直扫描线构成的新格网单元的左下角至右上角生成第二伪对角扫描线。

7.一种基于点云数据的平面提取装置,其特征在于,包括:

存储器,用于存储计算机程序;

处理器,用于执行所述计算机程序时实现如权利要求1至5任一项所述的平面提取方法的步骤。

8.一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上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至5任一项所述的平面提取方法的步骤。

基于点云数据的平面提取方法、系统、装置及存储介质

技术领域

[0001] 本申请涉及信息测绘技术领域,特别涉及基于点云数据的平面提取方法、系统、装置以及计算机可读存储介质。

背景技术

[0002] 随着三维激光扫描仪、深度传感器的广泛应用,点云数据作为测量数据的新类型,如何处理点云数据已经成为一个典型问题。其中,平面提取作为点云数据中一种常见处理,广泛应用于场景建模、模式识别和机器人定位与导航等具体场景中。

[0003] 常见的平面提取算法,是利用点邻域的平面特性,通过获取各区域的法向,依据区域增长算法合并具有相同或相近法向的区域,最终得到目标平面。而随着移动式三维激光扫描仪、深度传感器的广泛应用,以及点云数据在几何空间内分布的特殊性,规则而不均匀分布的点云数据会直接对现有平面提取算法的可靠性和稳定性造成影响,而高频数据更新率亦对提取速度提出更高的要求。

[0004] 该类点云在球坐标系下的角度间隔是一致的,在场景中的相对距离存在较大幅度的变化时,导致点云的分布密度呈现各向异性,致使在点云密度这一参数不理想时(如纵向扫描间隔远大于横向扫描间隔时),使用传统的k近邻方法或半径搜索方法,均无法获得正确的法向分布;一种主流的备选方案为基于格网邻域计算区域法向的算法,也存在以下不足:1)邻域区域定义范围不可变,无法基于可变区域计算区域法向;2)在处理低分辨率、低扫描线数的点云数据时,若出现数据丢失,无法有效的计算区域法向;3)当邻域定义过大时,无法有效反映局部特征;4)当点云分布不均匀时,邻域区域易将实际距离较远的点加入区域特征运算中;5)在区域增长过程中需不断比较法向差距,运算量较大。

[0005] 综上所述,造成上述问题出现的主要原因是由于获取得到的点云密度较低且不均匀,而现有技术只能在密度较高且均匀的点云实现精度较高的平面提取,因此,如何能够基于密度较低且不均匀的点云数据实现精度较高的平面提取效果,是本领域技术人员亟待解决的问题。

发明内容

[0006] 本申请的目的是提供一种基于点云数据的平面提取方法,首先从点云数据中恢复得到数据格网和既定扫描线,并基于此构建得到另外的伪扫描线,区别于现有技术基于点特征进行平面提取的方法,本申请以线特征入手,之后再利用线简化算法去除扫描线中不必要的点,得到保留下来的特征点,并通过连接特征点的方式将原扫描线拆分为各扫描线段,接下来以各扫描线段的主方向为参考依据进行聚类处理,得到由线特征组成的各平面碎片,最后只需要将拥有相同或相似的法向且存在重叠区域的平面碎片进行合并就可以得到目标平面。本申请依次通过恢复数据格网、既定扫描线、生成伪扫描线以及提取特征点的方式,摆脱了现有算法对高点云密度的依赖,以线特征为平面提取的基础,同时也能够显著减少法向对比的次数,提升了效率。

[0007] 本申请的另一目的在于提供了一种基于点云数据的平面提取系统、装置以及计算机可读存储介质。

[0008] 为实现上述目的,本申请提供一种基于点云数据的平面提取方法,包括:

[0009] 从点云数据中恢复数据格网,并根据所述数据格网恢复既定扫描线;

[0010] 在所述数据格网下根据所述既定扫描线生成伪扫描线,得到由所述既定扫描线和所述伪扫描线组成的扫描线集;

[0011] 利用线简化算法提取所述扫描线集中的每条扫描线上的特征点;

[0012] 连接每条所述扫描线上各相邻的特征点,得到各扫描线段,并分别计算得到每条所述扫描线段的主方向;

[0013] 以所述主方向对各所述扫描线段进行聚类处理,并从得到的聚类处理结果中提取得到各平面碎片;

[0014] 将拥有相同法向且存在重叠区域的平面碎片进行合并,得到各目标平面。

[0015] 可选的,根据所述数据格网恢复既定扫描线,包括:

[0016] 从所述数据格网的一侧分别按照从左至右、从上到下以逐行扫描和逐列扫描的方式恢复出既定的水平扫描线和竖直扫描线。

[0017] 可选的,在所述数据格网下根据所述既定扫描线生成伪扫描线,包括:

[0018] 在所述数据格网的边限定下,自所述水平扫描线和所述竖直扫描线构成的新格网单元的左上角至右下角生成第一伪对角扫描线;

[0019] 在所述数据格网的边限定下,自所述水平扫描线和所述竖直扫描线构成的新格网单元的左下角至右上角生成第二伪对角扫描线。

[0020] 可选的,该平面提取方法还包括:

[0021] 当生成的扫描线为非共面扫描线时,对所述竖直扫描线、所述第一伪对角扫描线以及所述第二伪对角扫描线进行投影处理,得到各投影扫描线。

[0022] 可选的,利用线简化算法提取所述扫描线集中的每条扫描线上的特征点,包括:

[0023] 确定每条所述扫描线的两个端点,并利用线简化算法确定每条所述扫描线的拐点,且将各所述端点和所述拐点均作为对应扫描线的特征点;

[0024] 可选的,将拥有相同法向且存在重叠区域的平面碎片进行合并,包括:

[0025] 将各所述平面碎片根据所属的不同扫描线方向划分为相应数量的平面碎片组;

[0026] 以两两合并的方式将不同所述平面碎片组中拥有相同法向且有重叠部分的平面碎片进行合并,直至每个所述平面碎片组中剩余的平面碎片无法与其余任一平面碎片组中的任一平面碎片进行合并。

[0027] 可选的,该平面提取方法,还包括:

[0028] 在每次进行平面碎片合并时,均利用平面去噪算法滤除每次合并得到的平面中的噪声点。

[0029] 为实现上述目的,本申请还提供了一种基于点云数据的平面提取系统,该平面提取系统包括:

[0030] 数据网格及既定扫描线恢复单元,用于从点云数据中恢复数据格网,并根据所述数据格网恢复既定扫描线;

[0031] 伪扫描线及扫描线集生成单元,用于在所述数据格网下根据所述既定扫描线生成

伪扫描线,得到由所述既定扫描线和所述伪扫描线组成的扫描线集;

[0032] 线简化算法特征点提取单元,用于利用线简化算法提取所述扫描线集中的每条扫描线上的特征点;

[0033] 线段拆分及主方向计算单元,用于连接每条所述扫描线上各相邻的特征点,得到各扫描线段,并分别计算得到每条所述扫描线段的主方向;

[0034] 聚类处理即平面碎片提取单元,用于以所述主方向对各所述扫描线段进行聚类处理,并从得到的聚类处理结果中提取得到各平面碎片;

[0035] 平面碎片合并单元,用于将拥有相同法向且存在重叠区域的平面碎片进行合并,得到各目标平面。

[0036] 可选的,所述数据网格及既定扫描线恢复单元包括:

[0037] 水平和竖直扫描线恢复子单元,用于从所述数据格网的一侧分别按照从左至右、从上到下以逐行扫描和逐列扫描的方式恢复出既定的水平扫描线和竖直扫描线。

[0038] 可选的,所述伪扫描线及扫描线集生成单元包括:

[0039] 第一伪扫描线生成单元,用于在所述数据格网的边限定下,自所述水平扫描线和所述竖直扫描线构成的新格网单元的左上角至右下角生成第一伪对角扫描线;

[0040] 第二伪扫描线生成单元,用于在所述数据格网的边限定下,自所述水平扫描线和所述竖直扫描线构成的新格网单元的左下角至右上角生成第二伪对角扫描线。

[0041] 可选的,该平面提取系统还包括:

[0042] 投影单元,用于当生成的扫描线为非共面扫描线时,对所述竖直扫描线、所述第一伪对角扫描线以及所述第二伪对角扫描线进行投影处理,得到各投影扫描线。

[0043] 可选的,所述线简化算法特征点提取单元包括:

[0044] 端点特征点和拐点特征点确定子单元,用于确定每条所述扫描线的两个端点,并利用线简化算法确定每条所述扫描线的拐点,且将各所述端点和所述拐点均作为对应扫描线的特征点。

[0045] 可选的,所述平面碎片合并单元包括:

[0046] 按扫描线方向分组子单元,用于将各所述平面碎片根据所属的不同扫描线方向划分为相应数量的平面碎片组;

[0047] 两两合并子单元,用于以两两合并的方式将不同所述平面碎片组中拥有相同法向且有重叠部分的平面碎片进行合并,直至每个所述平面碎片组中剩余的平面碎片无法与其余任一平面碎片组中的任一平面碎片进行合并。

[0048] 可选的,该平面提取系统还包括:

[0049] 去噪优化单元,用于在每次进行平面碎片合并时,均利用平面去噪算法滤除每次合并得到的平面中的噪声点。

[0050] 为实现上述目的,本申请还提供了一种感兴趣区域确定设备,包括:

[0051] 存储器,用于存储计算机程序;

[0052] 处理器,用于执行所述计算机程序时实现如上述内容所描述的平面提取方法的步骤。

[0053] 为实现上述目的,本申请还提供了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如上述内容所描述的平

面提取方法的步骤。

[0054] 显然,本申请所提供的一种基于点云数据的平面提取方法,首先从点云数据中恢复得到数据格网和既定扫描线,并基于此构建得到另外的伪扫描线,区别于现有技术基于点特征进行平面提取的方法,本申请以线特征入手,之后再利用线简化算法去除扫描线中不必要的点,得到保留下来的特征点,并通过连接特征点的方式将原扫描线拆分为各扫描线段,接下来以各扫描线段的主方向为参考依据进行聚类处理,得到由线特征组成的各平面碎片,最后只需要将拥有相同或相似法向且存在重叠区域的平面碎片进行合并就可以得到目标平面。本申请依次通过恢复数据格网、既定扫描线、生成伪扫描线以及提取特征点的方式,摆脱了现有算法对高点云密度的依赖,以线特征为平面提取的基础,同时也能够显著减少法向对比的次数,提升了效率。本申请同时还提供了一种基于点云数据的平面提取系统、装置以及计算机可读存储介质,具有上述有益效果,在此不再赘述。

附图说明

[0055] 为了更清楚地说明本申请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申请的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0056] 图1为本申请实施例提供的一种基于点云数据的平面提取方法的流程图;

[0057] 图2为本申请实施例提供的平面提取方法中一种恢复数据格网、既定扫描线、生成伪扫描线以及提取得到特征点的方法的流程图;

[0058] 图3为本申请实施例提供的平面提取方法中一种连接得到扫描线段并计算得到主向的方法的流程图;

[0059] 图4为本申请实施例提供的一种基于欧式距离将共用特征点从一条扫描线段中去除的示意图;

[0060] 图5为本申请实施例提供的平面提取方法中一种根据主方向进行聚类处理得到各平面碎片的方法的流程图;

[0061] 图6为本申请实施例所提供的一种基于点云数据的平面提取系统的结构框图。

具体实施方式

[0062] 本申请的核心是提供一种基于点云数据的平面提取方法、系统、装置以及计算机可读存储介质,首先从点云数据中恢复得到数据格网和既定扫描线,并基于此构建得到另外的伪扫描线,区别于现有技术基于点特征进行平面提取的方法,本申请以线特征入手,之后再利用线简化算法去除扫描线中不必要的点,得到保留下来的特征点,并通过连接特征点的方式将原扫描线拆分为各扫描线段,接下来以各扫描线段的主方向为参考依据进行聚类处理,得到由线特征组成的各平面碎片,只需要将拥有相同或相似法向且存在重叠区域的平面碎片进行合并就可以得到目标平面。本申请依次通过恢复数据格网、既定扫描线、生成伪扫描线以及提取特征点的方式,摆脱了现有算法对高点云密度的依赖,以线特征为平面提取的基础,同时也能够显著减少法向对比的次数,提升了效率。

[0063] 为使本申请实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本申请实施例

中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本申请保护的范围。

[0064] 实施例一

[0065] 以下结合图1,图1为本申请实施例提供的一种基于点云数据的平面提取方法的流程图,其具体包括以下步骤:

[0066] S101:从点云数据中恢复数据格网,并根据数据格网恢复既定扫描线;

[0067] 本步骤旨在从由点云数据中恢复出数据格网,并进一步基于恢复出的数据格网恢复既定扫描线。需要说明的是,该步骤所利用的点云为旋转式或面阵式三维激光扫描仪、深度传感器对目标环境进行扫描及运算后采集得到的三维点云,而点云数据在生成的过程中,各数据点会按格网排列,并在生成过程中沿既定的扫描线排列。

[0068] 其中,扫描线一词最初来自采用电子显像管进行成像的电视,在成像过程中,由电子显像管内的电子枪射出的电子,经由磁场偏向后打在屏幕上而发光,由屏幕上相邻的发光点组成的线,称为扫描线。因此,在电视成像时,每一个图框(即每一幅画面)都是由上下平行的水平扫描线构成的。扫描线间的间隔越细,扫描线的数量也就越多,这些画面就越清楚。而将各横向扫描线上的发光点沿竖直方向对齐,即可理解为竖直扫描线。在本申请应用的这一领域中,激光扫描仪和深度传感器发出的激光或其他不可见光被物体反射生成的点(即扫描点),按相邻关系沿水平和竖直方向排列后,即可形成水平扫描线和竖直扫描线,称为既定扫描线,其作用都是通过由各扫描线上的特征共同还原出由数据格网所限定边界内的内容信息。

[0069] 需要说明的是,扫描线并非仅指单一的一条线,通常还指代在数据格网限定在边界中所有水平的或竖直的扫描线组。

[0070] S102:在数据格网下根据既定扫描线生成伪扫描线,得到由既定扫描线和伪扫描线组成的扫描线集;

[0071] 在S101的基础上,本步骤旨在数据格网下根据既定扫描线生成伪扫描线。伪扫描线是一个区别于既定扫描线,人为排序生成的概念扫描线。既定扫描线是在使用旋转式或面阵式三维激光扫描仪、深度传感器生成点云数据时在数据格网下固定存在的,由传感器获取数据的方式决定,而伪扫描线是原先不存在的扫描线。本申请之所以要生成伪扫描线,是为了区别于既定扫描线来更深度的确定点云数据中的重要几何数据信息,以便在后续进行特征点提取、扫描线段拆分时数据更加可靠。

[0072] 因此,为了实现这一目的,伪扫描线的方向需要区别于既定扫描线的水平和竖直方向,以便从不同的角度、从各个方向来更深度的描述点云数据,因此可以选用区别于既定扫描线方向的其它方向生成伪扫描线或伪扫描线组。一种比较简单的方式为,将由数据格网界定出的区域边界中,分别由左下角至右上角、左上角至右下角生成两组对角伪扫描线组。当然,也不排除使用其它区别于对角伪扫描线组方向的伪扫描线或伪扫描线组。

[0073] S103:利用线简化算法提取扫描线集中的每条扫描线上的特征点;

[0074] 在S102的基础上,本步骤旨在利用线简化算法提取扫描线集中包含的每条扫描线上的特征点。需要说明的是,此处特征点的定义,即为多段线中线段的拐点。而线简化算法的意义,是在尽量保持线段形状的基础上,尽可能多的移除不必要的细节和扰动。在本申请

中,这些不必要的细节和扰动,既可能是由三维激光扫描仪或深度传感器在测量时存在的噪声导致的,亦有可能是由反射激光或光线的物体表面的可忽略起伏造成的。

[0075] 进一步的,为了尽量减少上述两类因素造成的影响,以及因扫描仪设计或内部不可控的因素导致的内部转速或采样间隔不一致造成的同一扫描线上的点不处于同一扫描线平面的情况(换句话说,即生成的扫描线为非共面扫描线时),还需要在利用线简化算法提取特征点前,对非共面扫描线上的扫描点进行投影处理。在投影处理过程中,首先由扫描仪原点及扫描线的两个端点以三点确定唯一平面的方式得到投影面,再将非共面扫描线上的点沿该投影面的法线方向投影在投影面上,以使最终得到的投影扫描线是共面的,避免因非共面对后续处理造成精度上的影响。

[0076] 本步骤所采用的线简化算法,可根据所处理扫描线的特点及需要保留的特征选择与目的最合适的算法,具体可在Douglas-Peucker算法、Lang算法、Visvalingam-Williamson算法以及同类算法中进行选择,上述几种线简化算法的简化原理如下:

[0077] Douglas-Peucker算法:依据垂距阈值进行迭代式分割,当垂距最大值超过阈值时,在该最大点处进行分割,并分别检查分割产生的两条子线段,直至无法分割;

[0078] Lang算法:依据垂距阈值进行增长和分割,当垂距大于阈值时,删除该点之前的一个点与起点间的点,并由该点之前的一个点开始继续搜索;

[0079] Visvalingam-Williamson算法:依据每相邻三个顶点组成的三角形面积,自动删去面积小于阈值且最小的三角形的中间一个顶点,并再次搜索,直至没有三角形可以被删除。

[0080] S104:连接每条扫描线上各相邻的特征点,得到各扫描线段,并分别计算得到每条扫描线段的主方向;

[0081] 在S103的基础上,本步骤旨在以各特征点为基础,重新构成各扫描线段,以在消除不必要的普通点的情况下得到一个更加准确的线特征。具体的,需要连接相邻的两个特征点A和B,将每条扫描线分成若干个由特征点A开始,经过非特征点 $P_1, P_2, \dots, P_n$,到达特征点B的扫描线段。需要说明的是,若特征点A和B之间无非特征点存在,则该扫描线段无法生成(即仅由两个相邻特征点无法构成扫描线段)。

[0082] 每条扫描线段主方向的确定,可以是由该扫描线段上的第一个点指向最后一个点的矢量方向,也可以是根据该扫描线段上的点A, $P_1, P_2, \dots, P_n, B$,通过奇异值分解,提取得到的点集的主方向。

[0083] 其中,奇异值分解在统计中的主要应用为主成分分析,作为一种数据分析方法使用,用来找出大量数据中所隐含的“模式”,它可以用在模式识别,数据压缩等方面。主成分分析算法的作用是把数据集映射到低维空间中去。数据集的特征值照重要性排列,降维的过程就是舍弃不重要的特征向量的过程,而剩下的特征向量组成的空间即为降维后的空间。

[0084] S105:以主方向对各扫描线段进行聚类处理,并从得到的聚类处理结果中提取得到各平面碎片;

[0085] 在S104的基础上,本步骤旨在以计算得到各主方向代表各扫描线段,并利用各主方向作为聚类处理的依据,旨在通过聚类处理将同一扫描线方向获得的扫描线段组内,拥有相同或相似主方向且距离相近的各扫描线段进行合并,以得到各平面碎片。

[0086] 具体的,聚类操作的要求包括:将同一扫描线方向获得的扫描线段组内,相邻、同向及共面的扫描线段进行聚类操作。其中,相邻是指该两条扫描线段上,至少有一对原始数据点,位于在S101恢复得到的数据格网中的相邻的扫描线或伪扫描线上;同向是指两条扫描线的主方向的夹角,小于给定的一个预设阈值;共面是指两条扫描线段位于该两条扫描线段组成的同一平面内,或该两条扫描线段内的任意一个原始数据点距离该平面的距离小于一个预设阈值。这些预设阈值可以根据实际情况灵活设定,此处并不做具体限定。

[0087] 在各平面碎片生成后,为了避免受到可能出现的扫描线段的拐点误判产生的影响,还可以使用多种平面去噪算法来移除其中包含的噪音,并检测生成的平面碎片是否为平面。可利用RANSAC (Random Sample Consensus的缩写,它是根据一组包含异常数据的样本数据集,计算出数据的数学模型参数,得到有效样本数据的算法)或MSAC算法(M-estimator Sample and Consensus的缩写,它是另一种去除异常数据的算法,是通过特征匹配的方式)滤除合并后平面中噪声较大的点,并检测剩余点的数量是否大于一个预设阈值,以判定该平面碎片是否有效。这些预设阈值可以根据实际情况灵活设定,此处并不做具体限定。此外,也可使用其他同类方式实现提升精度的目的,如最小二乘法确定平面参数后,根据距离残差移除噪声点。以下分别对上述方法进行在实现原理上进行阐述:

[0088] 最小二乘估计方法:即根据最小二乘原理估计平面参数,并根据点到该平面的距离(即残差),删去残差较大的噪声点;

[0089] RANSAC方法:即在给定的阈值内,根据不同的子集估计平面模型,选取子集元素最多的平面模型;

[0090] MSAC方法:即在给定的阈值内,根据不同的子集估计平面模型,选取符合最大似然估计的平面模型。

[0091] S106:将拥有相同法向且存在重叠区域的平面碎片进行合并,得到各目标平面。

[0092] 在S105的基础上,本步骤旨在将拥有相同法向且存在重叠区域的平面碎片进行合并,以得到合并后的各目标平面。法向是指一个平面的法向量,且一个平面有且仅有一个法向量(包括与其位于同一直线上的相反方向),代表了该平面所面向的方向。因此若两个或更多的平面碎片的法向量相同,表示该组平面碎片互为平行平面;若两个或更多的平面碎片的法向量相同,且有重叠的区域或者相互间垂直距离小于给定的阈值,或者两个平面上任何上的点的连接线段的长度在其法向量方向上的投影为零,则说明其应属于相同的一个平面的不同部分,因此可以进行合并操作。

[0093] 其中,法向相同并非指完全相同,受原始数据点噪声的影响,误差在所难免,因此当两个平面碎片的法向间的夹角小于一个给定的阈值时,也认为这两个平面碎片拥有相同的法向;另一方面,当两个平面碎片的距离,即两个平面上任何上的点的连接线段的长度在其法向量方向上的投影小于一个给定的阈值时,也认为这两个平面碎片间的垂直距离为零。进一步的,还可以对两个平面碎片上是否存在共用的原始数据点以及共用数量进行判断,即还可以对两个平面碎片上是否存在不少于一个共用的原始数据点进行判断;同时,在合并过程中,代表同一重合区域的不同平面碎片,不需要在分属于不同扫描线组对应的各个方向均被检测出来,而是可以根据实际需要将阈值设定为不少于2次、不少于3次或全部4次。不符合合并次数限制的平面碎片,或无法与其他碎片合并的平面碎片,将被舍弃。

[0094] 更进一步的,为了提升最终得到的目标平面的精度,还可以在每次合并过程中,也

利用最小二乘估计方法、RANSAC、MSAC等平面去噪算法滤除合并后获得的平面中噪声较大的点,以得到精度更高的、更优的目标平面。

[0095] 进一步的,为了提升合并效果和效率,一种优选的方式为将各平面碎片按照隶属的扫描线的方向不同划分进不同的平面碎片组,即存在于同一平面碎片组中的各平面碎片是由同一方向上的扫描线组得到的,在合并时,针对的不同平面碎片组间的平面碎片,即通过法向和重叠区域确定分别位于不同平面碎片组中的平面碎片是否应为同一平面的不同部分。合并过程还可以以每次两个平面碎片不断的循环进行,直至每个平面碎片组中剩余的平面碎片无法与其余任一平面碎片组中的任一平面碎片进行合并为止。

[0096] 举例说明,假定存在与四个扫描线方向分别对应的平面碎片组,编号分别为01、02、03和04,在实际判断过程中,可首先选取01组内的一个平面碎片,分别在02、03和04组内进行法向和重叠区域的判定,在判定完成后进行下一个平面碎片,当01组内全部完成后,选取02组内的一个平面碎片再与其它组中的平面碎片进行相同的判定和合并。

[0097] 进一步的,在合并的过程中,既可只包含已移除噪声点的平面元素点,亦可输入包含噪声点在内的该平面碎片上的所有平面元素点的集合,并进行组合和移除重复的点,再重新计算平面法向,以避免数据的区域特性对整个平面提取结果的影响。

[0098] 基于上述技术方案,本申请实施例提供的一种基于点云数据的平面提取方法,首先从点云数据中恢复得到数据格网和既定扫描线,并基于此构建得到另外的伪扫描线,区别于现有技术基于点特征进行平面提取的方法,本申请以线特征入手,之后再利用线简化算法去除扫描线中不必要的点,得到保留下来的特征点,并通过连接特征点的方式将原扫描线拆分为各扫描线段,接下来以各扫描线段的主方向为参考依据进行聚类处理,得到由线特征组成的各平面碎片,最后只需要将拥有相同或相似的法向的平面碎片进行合并就可以得到目标平面。本申请依次通过恢复数据格网、既定扫描线、生成伪扫描线以及提取特征点的方式,摆脱了现有算法对高点云密度的依赖,以线特征为平面提取的基础,同时也能够显著减少法向对比的次数,提升了效率。

[0099] 实施例二

[0100] 以下结合图2,图2为本申请实施例提供的平面提取方法中一种恢复数据格网、既定扫描线、生成伪扫描线以及提取得到特征点的方法的流程图,具体实施步骤如下:

[0101] S201:从点云数据中恢复数据格网,从数据格网的一侧分别按照从左至右、从上到下以逐行扫描和逐列扫描的方式恢复出既定的水平扫描线和竖直扫描线;

[0102] 具体的,水平扫描线的恢复过程可以为:由水平方位角及竖直天顶角最小的左上角点开始,由左至右(或由水平方位角最大及竖直天顶角最小的右上角点开始,由右至左)的逐行恢复水平扫描线SL1及与其平行的扫描线,并将恢复出的所有水平扫描线统一归入扫描线组SLG1;

[0103] 竖直扫描线的恢复过程可以为:由水平方位角及竖直天顶角最小的左上角点开始,由上至下(或由或由水平方位角小及竖直天顶角最大的左下角点开始,由下至上)的逐列恢复竖直扫描线SL2及与其平行的扫描线,并将恢复出的所有竖直扫描线统一归入扫描线组SLG2;

[0104] S202:在数据格网的边限定下,自水平扫描线和竖直扫描线构成的新格网单元的左上角至右下角生成第一伪对角扫描线;

[0105] 具体恢复过程可以为:由水平方位角最小,竖直天顶角最大的左下角点开始,沿前述SLG1及SLG2扫描线格网单元的左上至右下对角线方向(或由水平方位角最大,竖直天顶角最小的右上角点开始,沿格网单元的右下至左上对角线方向)延伸,生成对角线扫描线SL3及与其平行的对角线扫描线,并将所有恢复出的所有伪扫描线统一归入扫描线组SLG3。

[0106] S203:在数据格网的边限定下,自水平扫描线和竖直扫描线构成的新格网单元的左下角至右上角生成第二伪对角扫描线;

[0107] 具体恢复过程可以为:由水平方位角最大,竖直天顶角最大的右下角点开始,沿前述SLG1及SLG2扫描线格网单元的右上至左下对角线方向(或沿格网单元的左下至右上对角线方向)延伸,生成对角线扫描线SL4及与其平行的对角线扫描线,并将所有恢复出的所有伪扫描线统一归入扫描线组SLG4。

[0108] 需要说明的是,S202得到的扫描线组SLG3的整体方向和S203得到的扫描线组SLG4的整体方向为数据网格内相交叉的对角线方向,且可由图2所示,S202和S203是并列的两个步骤,并非如步骤名一样存在先后依赖关系,在计算性能足够的情况下可同时生成,在计算性能不足时也可以先后分别执行,但两步骤之间不存在因果和依赖关系。

[0109] 还需要说明的是,若可以直接根据扫描仪或传感器设备确定水平和竖直这两组既定扫描线的个数,可以认为上述三部分可同时进行。如对于旋转式激光扫描仪,横向扫描线个数通常由具体型号决定,竖向扫描线个数亦可在输入完整的格网数据的时候获得;对横向和竖向分辨率维持不变的面阵式激光扫描仪深度传感器,其横向与竖向扫描线个数均由出厂参数提供且维持不变。在得知数据格网的尺寸后,四种扫描线(横向扫描线、竖向扫描线及两个对焦扫描线)的生成可以是并列进行的。

[0110] S204:得到由既定的水平扫描线、竖直扫描线、第一伪对角扫描线以及第二伪扫描线组成的扫描线集;

[0111] 即本步骤得到的扫描线集可表述为:扫描线组 $SLG = \{SLG1, SLG2, SLG3, SLG4\}$ 。

[0112] 需要额外说明的是,在部分由旋转式三维激光扫描仪获取的点云数据中,由于其激光束发射的时间间隔并不统一,使得到的各组扫描线为非共面扫描线,为了防止非共面扫描线为后续处理过程带来的干扰和影响,还需要将除绝对为共面的水平扫描线(SLG1,因此水平扫描线是由扫描线头沿竖直的扫描仪轴线旋转产生的)外的其它扫描线组(SLG2, SLG3, SLG4)中每条扫描线上的点进行投影处理(将各扫描点投影到统一的投影面上,得到投影面中的共面扫描线),以重点分析其沿所处扫描线或伪扫描线方向的变化,具体步骤可以为:

[0113] 取该扫描线或伪扫描线上的第一个点和该扫描线或伪扫描线的最后一个点,及坐标系原点(扫描仪所在中心)构成平面P;

[0114] 将该扫描线或伪扫描线上的点对平面P沿平面法线方向进行投影处理,获得扫描线组SLG' 2、SLG' 3以及SLG' 4,并代替SLG2、SLG3和SLG5,代入步骤S205中操作。

[0115] S205:确定每条扫描线的两个端点,并利用线简化算法确定每条扫描线的拐点,将各端点和拐点均作为对应扫描线的特征点。

[0116] 在S204的基础上,本步骤提供了一种提取得到特征点的方法,即将每条扫描线的端点和利用线简化算法确定出的每条扫描线的拐点均作为对应扫描线的特征点,是因为这些点较其它点拥有更高的必要性。

[0117] 需要说明的是,若在步骤S204中获得了投影扫描线组SLG' 2、SLG' 3及SLG' 4,则在对投影扫描线进行特征点提取处理时,还需要将特征点提取结果映射至投影点所对应的未投影点,并将未投影的点作为特征点。在此种情况下得到的特征点提取结果,可以根据其所在扫描线及扫描线组中的顺序,储存为特征点组合 $PG = \{PG1, PG2, PG3, PG4\}$ 。

[0118] 实施例三

[0119] 请参见图3,图3为本申请实施例提供的平面提取方法中一种连接得到扫描线段并计算得到主向的方法的流程图,本实施例针对实施例一的S104给出了一种优选的实现方式,具体实施步骤如下:

[0120] S301:连接相邻特征点A和B,并包含两者间的非特征点 $P1, P2, \dots, Pn$;

[0121] 若特征点A和B之间无非特征点存在,则该扫描线段无法生成(即仅由两个相邻特征点无法构成线段)。

[0122] S302:对相邻扫描线段共用特征点为端点的情况,判断特征点所属的扫描线段,将特征点由距离较远的扫描线段中移除,并由与该特征点相邻的同一扫描线段上的非特征点作为该扫描线段的端点;

[0123] 相邻扫描线段共用特征点为端点的情况具体是指:若一个特征点的两侧均为有效的扫描线段,则相邻的两条扫描线段共用同一特征点为端点。

[0124] 在如图4所示的情况下,若有两条相邻的扫描线段A和B,将共用同一个特征点P。通过计算特征点P至两条扫描线段A和B(如图4中虚线所示)的欧氏距离,将特征点P从距离较远的一条扫描线段A中移除(因为特征点P距扫描线段A欧式距离大于距扫描线B段的欧式距离),并将在扫描线段A上距特征点P最近的点作为A的右端点,将特征点P作为扫描线段B的左端点。

[0125] 欧氏距离,也称欧几里得度量(Euclidean Metric),是一个通常采用的距离定义,指在m维空间中两个点之间的真实距离,或者向量的自然长度(即该点到原点的距离)。在二维和三维空间中的欧氏距离就是两点之间的实际距离。

[0126] S303:计算每条扫描线段的主方向;

[0127] S304:将各扫描线段分组。

[0128] 将所获得的扫描线段组合,根据其所属扫描线的方向SLG进行分组,获得带有主方向的扫描线段分组 $LG = \{LG1, LG2, LG3, LG4\}$ 。

[0129] 实施例四

[0130] 请参见图5,图5为本申请实施例提供的平面提取方法中一种根据主方向进行聚类处理得到各平面碎片的方法的流程图,本实施例针对实施例一的S105给出了一种优选的实现方式,具体实施步骤如下:

[0131] S401:对每个扫描线分组 LG_i ($i=1, 2, 3, 4$) 内中的扫描线段进行聚类操作;

[0132] 根据每个扫描线分组 LG_i ($i=1, 2, 3, 4$) 内扫描线段的主方向,对同一组扫描线段 LG_i ($i=1, 2, 3, 4$) 中相邻、同向及共面的扫描线段进行聚类操作,以生成扫描线段的聚类集合 LG_iG_j ($i=1, 2, 3, 4$,为扫描线方向的不同组别; $j=1, 2, \dots, n$,为不同聚类集合的编号)。其中,相邻、同向、共面所指的具体含义可参见S105中的解释,在此不再赘述。

[0133] S402:将扫描线段的聚类集合 LG_iG_j 转化为平面碎片的集合 PG_iG_j ,其中 $i=1, 2, 3, 4$,为扫描线方向的不同组别, $j=1, 2, \dots, n$,为不同点集合的编号;

[0134] 需要说明的是,平面碎片的集合PGiGj等价于由每条扫描线段上的原始数据点组成的点的集合PGiGj。

[0135] S403:计算PGiGj中每个平面碎片的法向,其中 $i=1,2,3,4$,为扫描线方向的不同组别, $j=1,2,\dots,n$,为不同点集合的编号;

[0136] 还需要说明的是,在计算法向之前,还可以使用步骤S105中提到的方法,对PGiGj中存在的噪声点进行移除,以使得基于优化后的数据进行法向的计算,实际效果更佳。

[0137] S404:根据平面碎片所属的扫描线或伪扫描线方向,获得带有法向的平面碎片分组 $PLNG=\{PLNG1,PLNG2,PLNG3,PLNG4\}$ 。

[0138] 本步骤实际上是按所属的扫描线或伪扫描线方向各平面碎片进行分组。

[0139] 需要说明的是,上述一些实施例中均使用恢复出和生成出来的既定扫描线和伪扫描线的方向对处理过程中产生的一些中间数据(扫描线段、平面碎片等)进行分组,目的在于通过分组的方式便于后续的处理,同时也能够以组为单位通过并行运算的方式提升处理效率。

[0140] 综合上述各实施例,本申请提供的平面提取方法,区别于现有方式,具有如下优点:

[0141] 1)在既有点云数据原始数据获取序列的基础上,提供了一种只需重新排列或重新排列并投影的方式构建伪扫描线的方法,可增加点云中可供线元素分析和特征提取的方向,提高了所获得的特征点的几何特征丰富程度;

[0142] 2)通过对多方向的平面碎片进行合并,可以避免受到单一方向线特征分析中一些特殊的扫描线方向(如弧面和弧线)的影响而产生的伪特征点影响最终的平面提取结果,并可以避免单个方向平面碎片结果受单一扫描线主方向噪声影响无法检测出有效平面或仅能获得碎片化平面的情况发生;

[0143] 3)运用投影方式,消除了因数据噪声或点云采集仪器的采样间隔不一致、转速不均匀导致的几何特征变化对算法效果的影响。

[0144] 因此,本申请提供的方案相较于现有方案能够取得较优的平面提取结果。

[0145] 因为情况复杂,无法一一列举进行阐述,本领域技术人员应能意识到根据本申请提供的基本方法原理结合实际情况可以存在很多的例子,在不付出足够的创造性劳动下,应均在本申请的保护范围内。

[0146] 下面请参见图6,图6为本申请实施例所提供的一种感兴趣区域确定装置的结构框图,该感兴趣区域确定装置可以包括:

[0147] 数据网格及既定扫描线恢复单元100,用于从点云数据中恢复数据格网,并根据数据格网恢复既定扫描线;

[0148] 伪扫描线及扫描线集生成单元200,用于在数据格网下根据既定扫描线生成伪扫描线,得到由既定扫描线和伪扫描线组成的扫描线集;

[0149] 线简化算法特征点提取单元300,用于利用线简化算法提取扫描线集中的每条扫描线上的特征点;

[0150] 线段拆分及主方向计算单元400,用于连接每条扫描线上各相邻的特征点,得到各扫描线段,并分别计算得到每条扫描线段的主方向;

[0151] 聚类处理即平面碎片提取单元500,用于以主方向对各扫描线段进行聚类处理,并

从得到的聚类处理结果中提取得到各平面碎片；

[0152] 平面碎片合并单元600,用于将拥有相同法向且存在重叠区域的平面碎片进行合并,得到各目标平面。

[0153] 其中,数据网格及既定扫描线恢复单元100可以包括:

[0154] 水平和垂直扫描线恢复子单元,用于从数据格网的一侧分别按照从左至右、从上到下以逐行扫描和逐列扫描的方式恢复出既定的水平扫描线和垂直扫描线。

[0155] 其中,伪扫描线及扫描线集生成单元200可以包括:

[0156] 第一伪扫描线生成单元,用于在数据格网的边界限定下,自水平扫描线和垂直扫描线构成的新格网单元的左上角至右下角生成第一伪对角扫描线;

[0157] 第二伪扫描线生成单元,用于在数据格网的边界限定下,自水平扫描线和垂直扫描线构成的新格网单元的左下角至右上角生成第二伪对角扫描线。

[0158] 进一步的,该平面提取系统还可以包括:

[0159] 投影单元,用于当生成的扫描线为非共面扫描线时,对垂直扫描线、第一伪对角扫描线以及第二伪对角扫描线进行投影处理,得到各投影扫描线。

[0160] 其中,线简化算法特征点提取单元300可以包括:

[0161] 端点特征点和拐点特征点确定子单元,用于确定每条扫描线的两个端点,并利用线简化算法确定每条扫描线的拐点,且将各端点和拐点均作为对应扫描线的特征点。

[0162] 其中,平面碎片合并单元600可以包括:

[0163] 按扫描线方向分组子单元,用于将各平面碎片根据所属的不同扫描线方向划分为相应数量的平面碎片组;

[0164] 两两合并子单元,用于以两两合并的方式将不同平面碎片组中拥有相同法向且有重叠部分的平面碎片进行合并,直至每个平面碎片组中剩余的平面碎片无法与其余任一平面碎片组中的任一平面碎片进行合并。

[0165] 进一步的,该平面提取系统还可以包括:

[0166] 去噪优化单元,用于在每次进行平面碎片合并时,均利用平面去噪算法滤除每次合并得到的平面中的噪声点。

[0167] 基于上述实施例,本申请还提供了一种基于点云数据的平面提取装置,该装置可以包括存储器和处理器,其中,该存储器中存有计算机程序,该处理器调用该存储器中的计算机程序时,可以实现上述实施例所提供的步骤。当然,该装置还可以包括各种必要的网络接口、电源以及其它零部件等。

[0168] 本申请还提供了一种计算机可读存储介质,其上存有计算机程序,该计算机程序被执行终端或处理器执行时可以实现上述实施例所提供的步骤。该存储介质可以包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0169] 本文中应用了具体个例对本申请的原理及实施方式进行了阐述,且各个实施例间为递进关系,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置而言,可参见对应的方法部分说明。以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想。对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请原理的前提下,还可以对本申请进行若干改进和修饰,这些改进和

修饰也落入本申请权利要求的保护范围内。

[0170] 还需要说明的是,在本说明书中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其它变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其它要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

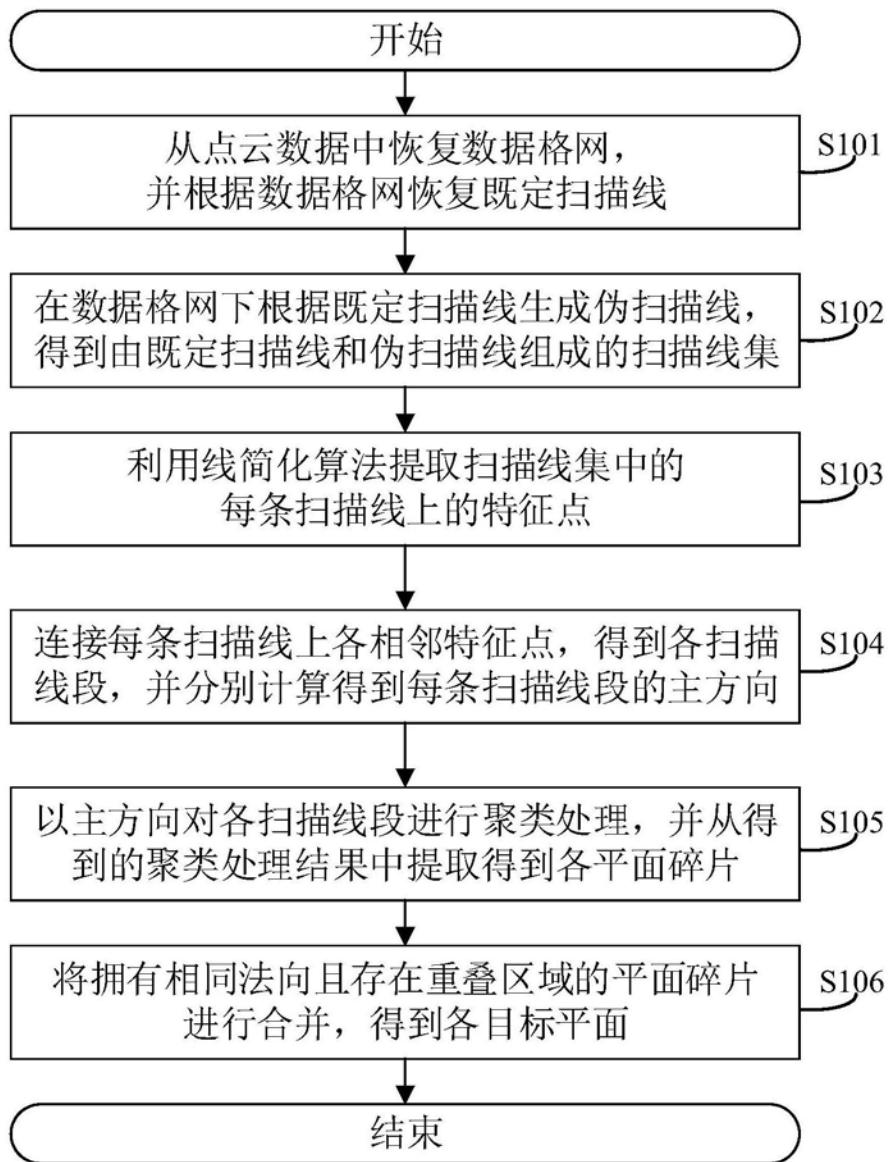


图1

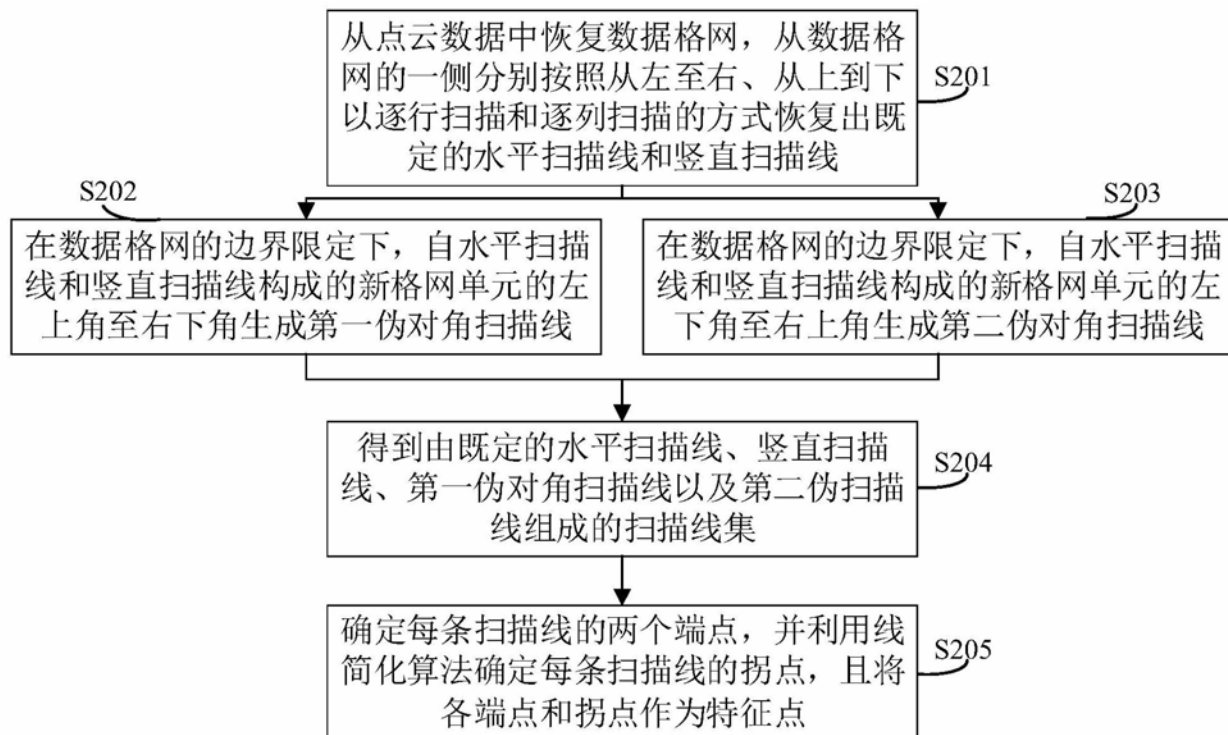


图2

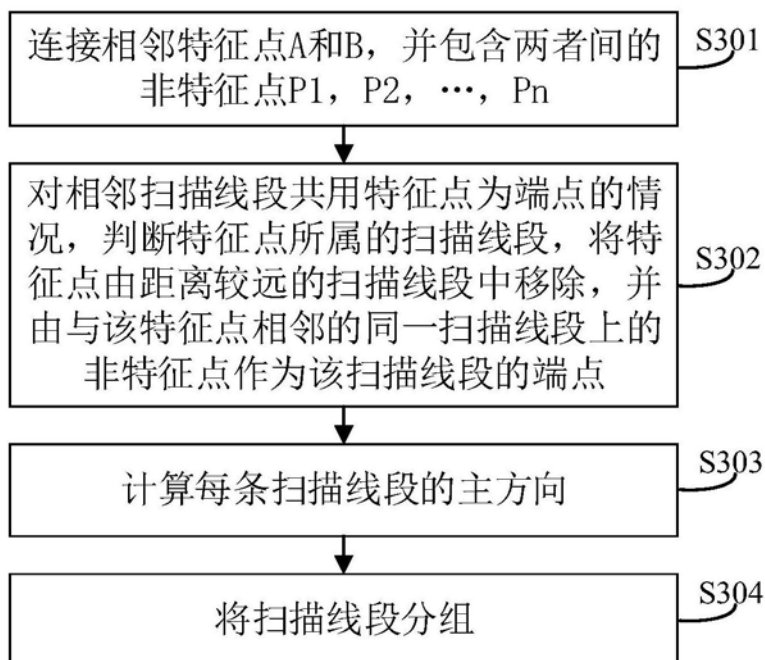


图3

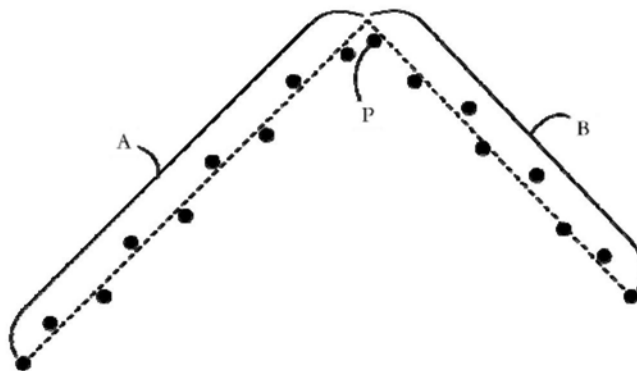


图4

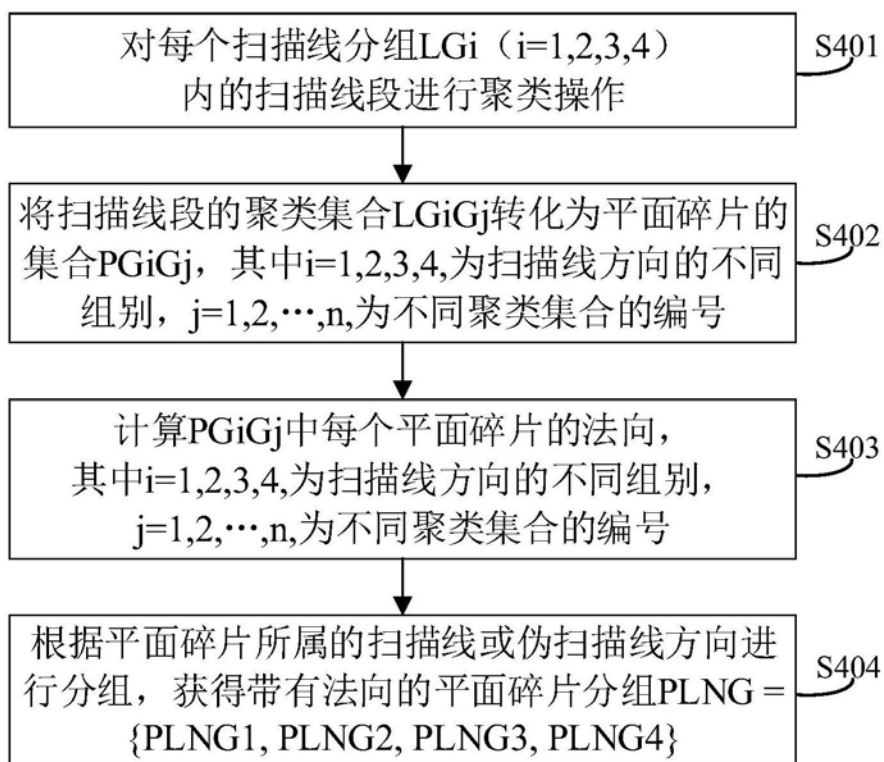


图5

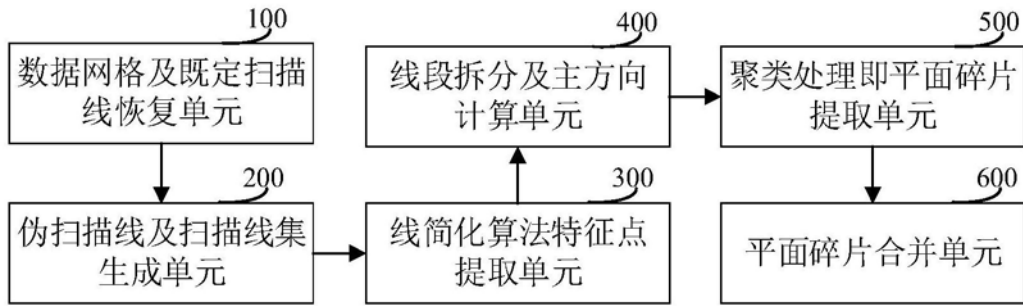


图6