



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113344983 B

(45) 授权公告日 2023. 10. 31

(21) 申请号 202110544527.0

(22) 申请日 2021.05.19

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113344983 A

(43) 申请公布日 2021.09.03

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院  
地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街  
道高新技术产业园南区粤兴一道18号  
香港理工大学产学研大楼205室

(72) 发明人 史文中 范文铮

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事  
务所(普通合伙) 44268  
专利代理师 朱阳波

(51) Int. Cl.  
G06T 7/30 (2017.01)  
G06T 7/10 (2017.01)

(56) 对比文件

US 2020174107 A1, 2020.06.04

CN 109325998 A, 2019.02.12

US 2014037194 A1, 2014.02.06

CN 112489099 A, 2021.03.12

CN 106296693 A, 2017.01.04

Wenzheng Fan et al.. "A Novel Method for Plane Extraction from Low-Resolution Inhomogeneous Point Clouds and its Application to a Customized Low-Cost Mobile Mapping System".《remote sensing》.2019,全文.

廖瑞杰 等. "SegGraph: 室外场景三维点云闭环检测算法".《计算机研究与发展》.2019,第56卷(第2期),全文.

审查员 赵慧敏

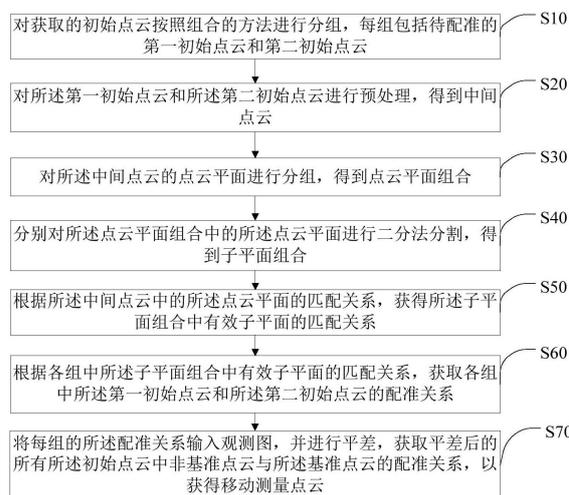
权利要求书3页 说明书13页 附图3页

## (54) 发明名称

一种基于平面点云分割的多点云配准方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种基于平面点云分割的多点云配准方法,所述方法包括:对获取的初始点云按照组合的方法进行分组,对每组中第一初始点云和第二初始点云进行预处理,得到中间点云;对中间点云的点云平面进行分组,得到点云平面组合;对点云平面进行二分法分割,得到子平面组合;根据点云平面的匹配关系,获得子平面组合中有效子平面的匹配关系;根据匹配关系,获取各组中第一初始点云和第二初始点云的配准关系;将配准关系输入观测图,获取所有初始点云中非基准点云与基准点云的配准关系,以获得移动测量点云。对点云平面进行二分法分割,获取子平面,减少了参与配准计算的点的数量,提高了配准关系的准确性,进一步提升了多点云配准的精度。



1. 一种基于平面点云分割的多点云配准方法,其特征在于,所述方法包括:

对获取的初始点云按照组合的方法进行分组,每组包括待配准的第一初始点云和第二初始点云;

对所述第一初始点云和所述第二初始点云进行预处理,得到中间点云;

对所述中间点云的点云平面进行分组,得到点云平面组合;

分别对所述点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割,得到子平面组合;

根据所述中间点云中的所述点云平面的匹配关系,获得所述子平面组合中有效子平面的匹配关系;

根据各组中所述子平面组合中有效子平面的匹配关系,获取各组中所述第一初始点云和所述第二初始点云的配准关系;

将每组的所述配准关系输入观测图,并进行平差,获取平差后的所有所述初始点云中非基准点云与所述基准点云的配准关系,以获得移动测量点云;

所述中间点云包括第一中间点云和第二中间点云,所述根据所述中间点云中的所述点云平面的匹配关系,获得所述子平面组合中有效子平面的匹配关系的步骤包括:

根据所述第一中间点云中点云平面 $P_a^1$ 和所述第二中间点云中点云平面 $P_a^2$ 的匹配关系,确定所述 $P_a^1$ 的有效子平面集合 $\{C_k^1|k=1,2,3\cdots\}$ 和所述 $P_a^2$ 的有效子平面集合 $\{C_l^2|l=1,2,3\cdots\}$ 为匹配关系,其中,所述a为点云平面标识,所述k为所述 $P_a^1$ 的有效子平面的编号,所述l为所述 $P_a^2$ 的有效子平面的编号;

计算所述 $C_k^1$ 中有效子平面 $C_k^1$ 与所述 $C_l^2$ 中有效子平面 $C_l^2$ 之间的质心连线的距离集合 $d_{k-l}^e$ ;

根据所述 $d_{k-l}^e$ ,计算与所述 $d_{k-l}^e$ 对应的所述质心连线 $L_{k-l}^e$ 在所述 $C_k^1$ 中有效子平面 $C_k^1$ 的平面投影长度集合 $d_{k-1}$ ;

若所述 $d_{k-1}$ 中存在一个或多个距离值小于所述 $C_k^1$ 的点云分辨率,则确定所述 $d_{k-1}$ 中最小距离值对应的 $C_l^2$ 与所述 $C_k^1$ 成匹配关系;

所述根据各组中所述子平面组合中有效子平面的匹配关系,获取各组中所述第一初始点云和所述第二初始点云的配准关系的步骤包括:

根据各组中所述子平面组合中有效子平面的匹配关系,确定与所述 $d_{k-l}^e$ 对应的所述质心连线 $L_{k-l}^e$ 在所述 $C_k^1$ 中有效子平面 $C_k^1$ 的法线投影长度集合;

将所述平面投影长度集合输入非线性优化模型进行优化,得到各组中所述第一初始点云和所述第二初始点云的配准关系。

2. 根据权利要求1所述的基于平面点云分割的多点云配准方法,其特征在于,所述对所述第一初始点云和第二初始点云进行预处理,得到中间点云的步骤中,预处理的方法包括分别对所述第一初始点云和所述第二初始点云进行序列化处理、精度校正处理或强度校正处理,及提取初始点云中的点云平面和获取点云平面的匹配关系。

3. 根据权利要求1所述的基于平面点云分割的多点云配准方法,其特征在于,所述对所

述中间点云的点云平面进行分组,得到点云平面组合的步骤包括:

获取所述中间点云中各个点云平面包含的点的数目,确定所述点的数目的最大值对应的点云平面为主点云平面;

确定所述主点云平面的法线方向为第一分组方向;

计算所述中间点云中除主点云平面之外的点云平面的法线方向与所述第一分组方向的第一夹角;

确定最大的所述第一夹角对应的法线方向为第二分组方向;

确定与所述第一分组方向和所述第二分组方向均垂直的方向为第三分组方向;

根据所述第一分组方向、所述第二分组方向和所述第三分组方向对所述点云平面进行分组,得到点云平面组合。

4. 根据权利要求3所述的基于平面点云分割的多点云配准方法,其特征在于,所述根据所述第一分组方向、所述第二分组方向和所述第三分组方向对所述点云平面进行分组,得到点云平面组合的步骤包括:

获取所述中间点云中各个所述点云平面的法线方向;

计算所述法线方向与所述第一分组方向的第一夹角 $\alpha_1$ 、与所述第二分组方向的第二夹角 $\alpha_2$ 、与所述第三分组方向的第三夹角 $\alpha_3$ ;

若 $\alpha_1 < \alpha_2$ 且 $\alpha_1 < \alpha_3$ ,则将所述法线方向对应的点云平面归入第一点云平面组合;

若 $\alpha_2 < \alpha_1$ 且 $\alpha_2 < \alpha_3$ ,则将所述法线方向对应的点云平面归入第二点云平面组合;

若 $\alpha_3 < \alpha_1$ 且 $\alpha_3 < \alpha_2$ ,则将所述法线方向对应的点云平面归入第三点云平面组合。

5. 根据权利要求4所述的基于平面点云分割的多点云配准方法,其特征在于,所述分别对所述点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割,得到子平面组合的步骤包括:

获取所述第一点云平面组合中的点云平面的数量 $S_1$ ,所述第二点云平面组合中的点云平面的数量 $S_2$ ,以及所述第三点云平面组合中的点云平面的数量 $S_3$ ;

计算所述 $S_1$ 、所述 $S_2$ 和所述 $S_3$ 的最小公倍数 $S$ ,并确定 $S$ 商除 $S_1$ 的值为第一点云平面组合的第一子平面限制数值,确定 $S$ 商除 $S_2$ 的值为第二点云平面组合的第二子平面限制数值,以及确定 $S$ 商除 $S_3$ 的值为第三点云平面组合的第三子平面限制数值;

根据所述第一子平面限制数值对所述第一点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割,得到第一子平面组合;

根据所述第二子平面限制数值对所述第二点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割,得到第二子平面组合;

根据所述第三子平面限制数值对所述第三点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割,得到第三子平面组合。

6. 根据权利要求5所述的基于平面点云分割的多点云配准方法,其特征在于,所述根据所述第一子平面限制数值对所述第一点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割,得到第一子平面组合的步骤包括:

获取所述第一点云平面组合中所述点云平面的几何信息,所述几何信息包括所述点云平面的平面质心点和宽度方向;

经所述平面质心点并沿所述宽度方向对所述点云平面进行二分法分割,得到多层的所述有效子平面,直至分割得到无效点集;

确定得到一层所述有效子平面的分割为一次有效分割,并确定经第 $n$ 次有效分割得到的所述有效子平面为第 $n$ 层子平面,其中,有效分割的总次数为 $N$ , $n \leq N$ ;

确定第一层子平面至第 $N$ 层子平面组成的有效子平面集合为第一子平面组合;

根据所述第一子平面组合中有效子平面的总数与所述第一子平面限制数值确定是否对所述有效子平面进行足够的有效子平面的获取。

7.根据权利要求6所述的基于平面点云分割的多点云配准方法,其特征在于,所述根据所述第一子平面组合中有效子平面的总数与所述第一子平面限制数值确定是否对所述有效子平面进行足够的有效子平面的获取的步骤包括:

若所述第一子平面组合中有效子平面的总数小于所述第一子平面限制数值,将第 $n$ 层子平面中的每个所述有效子平面的点按照第一预设比例移除;

将所述有效子平面中未移除点构成的有效子平面计入所述第一子平面组合;

若所述第一子平面组合中有效子平面的总数小于所述第一子平面限制数值,对第 $n$ 层子平面中的每个所述有效子平面的点按照第二预设比例移除;或

对第 $n-1$ 层子平面中的每个所述有效子平面的点按照第三预设比例移除,直至所述第一子平面组合中有效子平面的总数大于或等于第一子平面限制数值,其中 $n \in [1, N]$ 。

8.根据权利要求1所述的基于平面点云分割的多点云配准方法,其特征在于,所述将每组的所述配准关系输入观测图,并进行平差,获取平差后的所有所述初始点云中非基准点云与所述基准点云的配准关系,以获得移动测量点云的步骤包括:

将每组的所述配准关系输入观测图,对所述配准关系进行平差,移除残差大于预设阈值的配准关系,并重复平差步骤,直至所有残差均小于预设阈值;

从所有所述初始点云中选择基准点云和非基准点云,根据平差后各组的配准关系计算基准点云和非基准点云的配准关系,以实现配准所述基准点云和所述非基准点云,得到移动测量点云。

## 一种基于平面点云分割的多点云配准方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及移动测图技术领域,尤其涉及的是一种基于平面点云分割的多点云配准方法。

### 背景技术

[0002] 基于多线束激光扫描仪的移动测量是移动式几何信息采集的重要手段,在快速移动测量方面有广泛的应用潜力,并已有多种基于传感器融合的方法实现移动点云的配准和场景点云的生成。在移动测图的过程中,目前广泛采用基于平面特征的方法,完成对人工或混合环境的移动测图,提供几何信息用于地理信息数据采集、量测和生成模型。

[0003] 由于多线束移动扫描仪的特殊性,其采集的平面特征具有低覆盖、低分辨率的特性,不利于传统点云配准方法的使用,降低了移动测图过程中姿态生成的精度,影像生成点云的纹理效果和几何精度,并增加了数据生产过程中的影像与点云配准难度。

[0004] 因此,需要一种新的点云配准方法,提高移动测图过程中生成的点云姿态精度。

### 发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的上述缺陷,提供一种基于平面点云分割的多点云配准方法,旨在解决现有技术中移动测图过程中姿态生成的精度不高的问题。

[0006] 本发明解决问题所采用的技术方案如下:

[0007] 第一方面,本发明实施例提供一种基于平面点云分割的多点云配准方法,包括:

[0008] 对获取的初始点云按照组合的方法进行分组,每组包括待配准的第一初始点云和第二初始点云;

[0009] 对所述第一初始点云和所述第二初始点云进行预处理,得到中间点云;

[0010] 对所述中间点云的点云平面进行分组,得到点云平面组合;

[0011] 分别对所述点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割,得到子平面组合;

[0012] 根据所述中间点云中的所述点云平面的匹配关系,获得所述子平面组合中有效子平面的匹配关系;

[0013] 根据各组中所述子平面组合中有效子平面的匹配关系,获取各组中所述第一初始点云和所述第二初始点云的配准关系;

[0014] 将每组的所述配准关系输入观测图,并进行平差,获取平差后的所有所述初始点云中非基准点云与所述基准点云的配准关系,以获得移动测量点云。

[0015] 在一种实施方式中,所述对所述第一初始点云和第二初始点云进行预处理,得到中间点云的步骤中,预处理的方法包括分别对所述第一初始点云和所述第二初始点云进行序列化处理、精度校正处理或强度校正处理,及提取初始点云中的点云平面和获取点云平面的匹配关系。

[0016] 在一种实施方式中,所述对所述中间点云的点云平面进行分组,得到点云平面组

合的步骤包括：

[0017] 获取所述中间点云中各个点云平面包含的点的数目，确定所述点的数目的最大值对应的点云平面为主点云平面；

[0018] 确定所述主点云平面的法线方向为第一分组方向；

[0019] 计算所述中间点云中除主点云平面之外的点云平面的法线方向与所述第一分组方向的第一夹角；

[0020] 确定最大的所述第一夹角对应的法线方向为第二分组方向；

[0021] 确定与所述第一分组方向和所述第二分组方向均垂直的方向为第三分组方向；

[0022] 根据所述第一分组方向、所述第二分组方向和所述第三分组方向对所述点云平面进行分组，得到点云平面组合。

[0023] 在一种实施方式中，所述根据所述第一分组方向、所述第二分组方向和所述第三分组方向对所述点云平面进行分组，得到点云平面组合的步骤包括：

[0024] 获取所述中间点云中各个所述点云平面的法线方向；

[0025] 计算所述法线方向与所述第一分组方向的第一夹角 $\alpha_1$ 、与所述第二分组方向的第二夹角 $\alpha_2$ ，与所述第三分组方向的第三夹角 $\alpha_3$ ；

[0026] 若 $\alpha_1 < \alpha_2$ 且 $\alpha_1 < \alpha_3$ ，则将所述法线方向对应的点云平面归入第一点云平面组合；

[0027] 若 $\alpha_2 < \alpha_1$ 且 $\alpha_2 < \alpha_3$ ，则将所述法线方向对应的点云平面归入第二点云平面组合；

[0028] 若 $\alpha_3 < \alpha_1$ 且 $\alpha_3 < \alpha_2$ ，则将所述法线方向对应的点云平面归入第三点云平面组合。

[0029] 在一种实施方式中，所述分别对所述点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割，得到子平面组合的步骤包括：

[0030] 获取所述第一点云平面组合中的点云平面的数量 $S_1$ ，所述第二点云平面组合中的点云平面的数量 $S_2$ ，以及所述第三点云平面组合中的点云平面的数量 $S_3$ ；

[0031] 计算所述 $S_1$ 、所述 $S_2$ 和所述 $S_3$ 的最小公倍数 $S$ ，并确定 $S$ 商除 $S_1$ 的值为第一点云平面组合的第一子平面限制数值，确定 $S$ 商除 $S_2$ 的值为第二点云平面组合的第二子平面限制数值，以及确定 $S$ 商除 $S_3$ 的值为第三点云平面组合的第三子平面限制数值；

[0032] 根据所述第一子平面限制数值对所述第一点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割，得到第一子平面组合；

[0033] 根据所述第二子平面限制数值对所述第二点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割，得到第二子平面组合；

[0034] 根据所述第三子平面限制数值对所述第三点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割，得到第三子平面组合。

[0035] 在一种实施方式中，所述根据所述第一子平面限制数值对所述第一点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割，得到第一子平面组合的步骤包括：

[0036] 获取所述第一点云平面组合中所述点云平面的几何信息，所述几何信息包括所述点云平面的平面质心点和宽度方向；

[0037] 经所述平面质心点并沿所述宽度方向对所述点云平面进行二分法分割，得到多层的所述有效子平面，直至分割得到无效点集；

[0038] 确定得到一层所述有效子平面的分割为一次有效分割，并确定经第 $n$ 次有效分割得到的所述有效子平面为第 $n$ 层子平面，其中，有效分割的总次数为 $N$ ， $n \leq N$ ；

[0039] 确定第一层子平面至第N层子平面组成的有效子平面集合为第一子平面组合；

[0040] 根据所述第一子平面组合中有效子平面的总数与所述第一子平面限制数值确定是否对所述有效子平面进行足够的有效子平面的获取。

[0041] 在一种实施方式中,所述根据所述第一子平面组合中有效子平面的总数与所述第一子平面限制数值确定是否对所述有效子平面进行足够的有效子平面的获取的步骤包括:

[0042] 若所述第一子平面组合中有效子平面的总数小于所述第一子平面限制数值,将第n层子平面中的每个所述有效子平面的点按照第一预设比例移除;

[0043] 将所述有效子平面中未移除点构成的有效子平面计入所述第一子平面组合;

[0044] 若所述第一子平面组合中有效子平面的总数小于所述第一子平面限制数值,对第n层子平面中的每个所述有效子平面的点按照第二预设比例移除;或

[0045] 对第n-1层子平面中的每个所述有效子平面的点按照第三预设比例移除,直至所述第一子平面组合中有效子平面的总数大于或等于第一子平面限制数值,其中 $n \in [1, N]$ 。

[0046] 在一种实施方式中,所述中间点云包括第一中间点云和第二中间点云,所述根据所述中间点云中的所述点云平面的匹配关系,获得所述子平面组合中有效子平面的匹配关系的步骤包括:

[0047] 根据所述第一中间点云中点云平面 $P_a^1$ 和所述第二中间点云中点云平面 $P_a^2$ 的匹配关系,确定所述 $P_a^1$ 的有效子平面集合 $\{C_k^1 | k = 1, 2, 3 \dots\}$ 和所述 $P_a^2$ 的有效子平面集合 $\{C_l^2 | l = 1, 2, 3 \dots\}$ 为匹配关系,其中,所述a为点云平面标识,所述k为所述 $P_a^1$ 的有效子平面的编号,所述l为所述 $P_a^2$ 的有效子平面的编号;

[0048] 计算所述 $C_k^1$ 中有效子平面 $C_k^1$ 与所述 $C_l^2$ 中有效子平面 $C_l^2$ 之间的质心连线的距离集合 $d_{k-l}^e$ ;

[0049] 根据所述 $d_{k-l}^e$ ,计算与所述 $d_{k-l}^e$ 对应的所述质心连线 $L_{k-l}^e$ 在所述 $C_k^1$ 中有效子平面 $C_k^1$ 的平面投影长度集合 $d_{k-1}$ ;

[0050] 若所述 $d_{k-1}$ 中存在一个或多个距离值小于所述 $C_k^1$ 的点云分辨率,则确定所述 $d_{k-1}$ 中最小距离值对应的 $C_l^2$ 与所述 $C_k^1$ 成匹配关系。

[0051] 在一种实施方式中,所述根据各组中所述子平面组合中有效子平面的匹配关系,获取各组中所述第一初始点云和所述第二初始点云的配准关系的步骤包括:

[0052] 根据各组中所述子平面组合中有效子平面的匹配关系,确定与所述 $d_{k-l}^e$ 对应的所述质心连线 $L_{k-l}^e$ 在所述 $C_k^1$ 中有效子平面 $C_k^1$ 的法线投影长度集合;

[0053] 将所述平面投影长度集合输入非线性优化模型进行优化,得到各组中所述第一初始点云和所述第二初始点云的配准关系。

[0054] 在一种实施方式中,所述将每组的所述配准关系输入观测图,并进行平差,获取平差后的所有所述初始点云中非基准点云与所述基准点云的配准关系,以获得移动测量点云的步骤包括:

[0055] 将每组的所述配准关系输入观测图,对所述配准关系进行平差,移除残差大于预设阈值的配准关系,并重复平差步骤,直至所有残差均小于预设阈值;

[0056] 从所有所述初始点云中选择基准点云和非基准点云,根据平差后各组的配准关系计算基准点云和非基准点云的配准关系,以实现配准所述基准点云和所述非基准点云,得到移动测量点云。

[0057] 本发明的有益效果:本发明通过对获取的初始点云按照组合的方法进行分组,每组包括待配准的第一初始点云和第二初始点云,对第一初始点云和第二初始点云进行预处理,得到中间点云,再对中间点云的点云平面进行分组,得到点云平面组合,分别对点云平面组合中的点云平面进行二分法分割,得到子平面组合,根据中间点云中的点云平面的匹配关系,获得子平面组合中有效子平面的匹配关系,根据各组中子平面组合中有效子平面的匹配关系,获取各组中第一初始点云和所述第二初始点云的配准关系,将每组的配准关系输入观测图并进行平差,获取平差后的所有初始点云中非基准点云与基准点云的配准关系,以获得移动测量点云。对点云平面进行二分法分割,获取子平面,减少了参与配准计算的点的数量,提高了配准关系的准确性,进一步提升了多点云配准的精度。

## 附图说明

[0058] 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中记载的一些实施例,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,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0059] 图1为本发明实施例提供第一流程示意图;

[0060] 图2为本发明实施例提供第二流程示意图;

[0061] 图3为本发明实施例提供第三流程示意图;

[0062] 图4为本发明实施例提供第五流程示意图。

[0063] 图5为本发明实施例提供的智能终端的内部结构原理框图。

## 具体实施方式

[0064] 本发明公开了一种基于平面点云分割的多点云配准方法及计算机可读存储介质,为使本发明的目的、技术方案及效果更加清楚、明确,以下参照附图并举实施例对本发明进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0065] 本技术领域技术人员可以理解,除非特意声明,这里使用的单数形式“一”、“一个”、“所述”和“该”也可包括复数形式。应该进一步理解的是,本发明的说明书中使用的措辞“包括”是指存在所述特征、整数、步骤、操作、元件和/或组件,但是并不排除存在或添加一个或多个其他特征、整数、步骤、操作、元件、组件和/或它们的组。应该理解,当我们称元件被“连接”或“耦接”到另一元件时,它可以直接连接或耦接到其他元件,或者也可以存在中间元件。此外,这里使用的“连接”或“耦接”可以包括无线连接或无线耦接。这里使用的措辞“和/或”包括一个或多个相关联的列出项的全部或任一单元和全部组合。

[0066] 本技术领域技术人员可以理解,除非另外定义,这里使用的所有术语(包括技术术

语和科学术语),具有与本发明所属领域中的普通技术人员的一般理解相同的意义。还应该理解的是,诸如通用字典中定义的那些术语,应该被理解为具有与现有技术的上下文中的意义一致的意义,并且除非像这里一样被特定定义,否则不会用理想化或过于正式的含义来解释。

[0067] 由于现有技术中多线束移动扫描仪的特殊性,其采集的平面特征具有低覆盖、低分辨率的特点,使得传统方法的配准精度不高,为了解决现有技术的问题,本实施例提供了基于平面点云分割的多点云配准方法。

[0068] 本实施例提供基于平面点云分割的多点云配准方法,该方法可以应用于(数据安全保护的)智能终端。具体如图1所示,所述方法包括:

[0069] 步骤S10,对获取的初始点云按照组合的方法进行分组,每组包括待配准的第一初始点云和第二初始点云;

[0070] 初始点云可以是两个、三个、四个或者更多,本实施例实现的是多个点云的配准。初始点云可以为不同时刻采集的点云,也可以是不同的设备采集到的不同位置的点云,采集点云的设备可以是多波束移动三维激光扫描仪、深度摄像头或单波束固定式三维激光扫描仪。本实施例以多波束移动三维激光扫描仪为例进行介绍。

[0071] 当获取到多个初始点云后,依据组合的方法对各个初始点云进行分组。例如初始点云包括初始点云1、初始点云2、初始点云3和初始点云4,对这4个初始点云按照组合的方法进行分组,得到6组点云:初始点云1和2、初始点云1和初始点云3、初始点云1和初始点云4、初始点云2和初始点云3、初始点云2和初始点云4、初始点云3和初始点云4,将每组中的初始点云确定为第一初始点云和第二初始点云,首先对每组初始点云分别进行处理。

[0072] 步骤S20,对所述第一初始点云和所述第二初始点云进行预处理,得到中间点云;

[0073] 对第一初始点云和第二初始点云进行预处理的方法包括但不限于序列化处理、精度校正处理、强度校正处理、平面点云提取处理和平面匹配关系建立等。将经过预处理后的第一初始点云视为第一中间点云,将经过预处理后的第二初始点云视为第二中间点云,第一中间点云和第二中间点云合称为中间点云。

[0074] 步骤S30,对所述中间点云的点云平面进行分组,得到点云平面组合;

[0075] 中间点云是由较多数量的点组成的,但是由于这些点的空间位置上的差异,使得很多点不在同一个平面上,因此中间点云中会出现很多点云平面。一般的,物体的表面是平时,该表面对应的点云处在同一平面上,且在不同点云中均以平面的形式存在。本实施例提供的点云配准方法,是基于对点云平面的分割实现的。首先将中间点云中的点云平面进行分组,归为同一组的点云平面形成点云平面组合。

[0076] 参见图2,在一些具体的实施例中,步骤S30包括:

[0077] 步骤S31,获取所述中间点云中各个点云平面包含的点的数目,确定所述点的数目的最大值对应的点云平面为主点云平面;

[0078] 步骤S32,确定所述主点云平面的法线方向为第一分组方向;

[0079] 步骤S33,计算所述中间点云中除主点云平面之外的点云平面的法线方向与所述第一分组方向的第一夹角;

[0080] 步骤S34,确定最大的所述第一夹角对应的法线方向为第二分组方向;

[0081] 步骤S35,确定与所述第一分组方向和所述第二分组方向均垂直的方向为第三分

组方向；

[0082] 步骤S36,根据所述第一分组方向、所述第二分组方向和所述第三分组方向对所述点云平面进行分组,得到点云平面组合。

[0083] 本实施例提供一种对点云平面进行分组的方法,本实施例通过比较不同点云平面的法线方向,将点云平面分为三组。首先确定三个分组方向,分别是第一分组方向、第二分组方向和第三分组方向。关于第一分组方向的确定,统计每个点云平面中包含的点的数目,将包含点的数目最大的点云平面确定为主点云平面,并将主点云平面的法线方向定为第一分组方向;关于第二分组方向的确定,除主点云平面以外,计算剩余点云平面的法线方向与第一分组方向的夹角,将与第一分组方向的夹角最大的法线方向确定为第二分组方向;关于第三分组方向的确定,将与第一分组方向和第二分组方向均垂直的方向确定为第三分组方向。可以理解的是,第一分组方向、第二分组方向 and 第三分组方向近似表达空间坐标系。以三个分组方向为基准,将点云平面纳入三个点云平面组合中。

[0084] 在一些具体的实施例中,步骤S36包括:

[0085] 步骤a,获取所述中间点云中各个所述点云平面的法线方向;

[0086] 步骤b,计算所述法线方向与所述第一分组方向的第一夹角 $\alpha_1$ 、与所述第二分组方向的第二夹角 $\alpha_2$ 、与所述第三分组方向的第三夹角 $\alpha_3$ ;

[0087] 步骤c,若 $\alpha_1 < \alpha_2$ 且 $\alpha_1 < \alpha_3$ ,则将所述法线方向对应的点云平面归入第一点云平面组合;

[0088] 步骤d,若 $\alpha_2 < \alpha_1$ 且 $\alpha_2 < \alpha_3$ ,则将所述法线方向对应的点云平面归入第二点云平面组合;

[0089] 步骤e,若 $\alpha_3 < \alpha_1$ 且 $\alpha_3 < \alpha_2$ ,则将所述法线方向对应的点云平面归入第三点云平面组合。

[0090] 按照各个点云平面的法线方向与不同的分组方向的夹角最小原则,将点云平面归入三个分组。获取每个点云平面的法线方向分别与第一分组方向、第二分组方向和第三分组方向的夹角,即获取点云平面的法线方向与第一分组方向的第一夹角 $\alpha_1$ 、点云平面的法线方向与第二分组方向的第二夹角 $\alpha_2$ 、点云平面的法线方向与第三分组方向的第三夹角 $\alpha_3$ ,若 $\min\{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3\} = \alpha_1$ ,则将点云平面归入第一点云平面组合;若 $\min\{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3\} = \alpha_2$ ,则将点云平面归入第二点云平面组合;若 $\min\{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3\} = \alpha_3$ ,则将点云平面归入第三点云平面组合。可以理解的是,每个点云平面被纳入到与其法线方向夹角最小的分组方向对应的点云平面组合中。

[0091] 步骤S40,分别对所述点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割,得到子平面组合;

[0092] 需要说明的是,点云平面是一个近似的描述,受传感器精度制约,点云平面中的点并不是严格的处在同一个平面中,点云平面是一个具有厚度的平面。为了将配准的精确度落实到尽可能多的点上,本实施例提供一种对点云平面进行分割的方法,将点云平面分割成多个子平面,通过对点云平面中点的精细划分实现对点云的精细配准。本实施例提供的分割方法为二分法分割,对每个点云平面组合中的点云平面进行二分法分割,由同一个点云平面组合中的点云平面分割出来的子平面形成一个子平面组合。需要说明的是,其他的通过分割从点云平面获取子平面的方法均属于本实施例的保护范围。

- [0093] 参见图3,在一些具体的实施例中,步骤S40包括:
- [0094] 步骤S41,获取所述第一点云平面组合中的点云平面的数量 $S_1$ ,所述第二点云平面组合中的点云平面的数量 $S_2$ ,以及所述第三点云平面组合中的点云平面的数量 $S_3$ ;
- [0095] 步骤S42,计算所述 $S_1$ 、所述 $S_2$ 和所述 $S_3$ 的最小公倍数 $S$ ,并确定 $S$ 商除 $S_1$ 的值为第一点云平面组合的第一子平面限制数值,确定 $S$ 商除 $S_2$ 的值为第二点云平面组合的第二子平面限制数值,以及确定 $S$ 商除 $S_3$ 的值为第三点云平面组合的第三子平面限制数值;
- [0096] 步骤S43,根据所述第一子平面限制数值对所述第一点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割,得到第一子平面组合;
- [0097] 步骤S44,根据所述第二子平面限制数值对所述第二点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割,得到第二子平面组合;
- [0098] 步骤S45,根据所述第三子平面限制数值对所述第三点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割,得到第三子平面组合。
- [0099] 对第一点云平面组合中的点云平面进行分割,得到的子平面形成第一子平面组合;对第二点云平面组合中的点云平面进行分割,得到的子平面形成第二子平面组合;对第三点云平面组合中的点云平面进行分割,得到的子平面形成第三子平面组合。对点云平面的分割所得子平面数量设置下限值,否则获得子平面数量过少,影响点云配准的精度。
- [0100] 关于分割所得子平面数量下限值的获取方法,首先分别获取第一点云平面组合中点云平面的数量 $S_1$ ,第二点云平面组合中点云平面的数量 $S_2$ ,以及第三点云平面组合中点云平面的数量 $S_3$ ,计算 $S_1$ 、 $S_2$ 和 $S_3$ 的最小公倍数 $S$ ,将 $S/S_1$ 的值作为对第一点云平面组合中点云平面分割的下限值,即第一子平面限制数值;将 $S/S_2$ 的值作为对第二点云平面组合中点云平面分割的下限值,即第二子平面限制数值;将 $S/S_3$ 的值作为对第三点云平面组合中点云平面分割的下限值,即第三子平面限制数值。
- [0101] 进一步地,根据第一子平面限制数值对第一点云平面组合中的点云平面进行二分法分割,根据第二子平面限制数值对第二点云平面组合中的点云平面进行二分法分割,根据第三子平面限制数值对第三点云平面组合中的点云平面进行二分法分割,分别得到第一子平面组合、第二子平面组合和第三子平面组合。
- [0102] 在一些具体的实施例中,步骤S43还包括:
- [0103] 步骤f,经所述平面质心点并沿所述宽度方向对所述点云平面进行二分法分割,得到多层的所述有效子平面,直至分割得到无效点集;
- [0104] 步骤g,确定得到一层所述有效子平面的分割为一次有效分割,并确定经第 $n$ 次有效分割得到的所述有效子平面为第 $n$ 层子平面,其中,有效分割的总次数为 $N$ , $n \leq N$ ;
- [0105] 步骤h,确定第一层子平面至第 $N$ 层子平面组成的有效子平面集合为第一子平面组合;
- [0106] 步骤i,根据所述第一子平面组合中有效子平面的总数与所述第一子平面限制数值确定是否对所述有效子平面进行有效子平面的获取。
- [0107] 由于点云平面是一个具有厚度的平面,所以可以理解点云平面具有的几何信息包括长度方向、宽度方向和厚度方向,以及平面质心点。获取到第一子平面组合中点云平面的平面质心点和宽度方向,经过平面质心点并沿着宽度方向对点云平面进行分割,可以理解,此时得到两个子平面,判断该两个子平面是否为有效子平面,若是,二分法分割继续进行,

再分别获取两个子平面的平面质心点和宽度方向,与分割点云平面的方法相同,一直分割,直至得到无效点集后停止分割,得到多层的有效子平面。得到有效子平面的分割为有效分割,得到无效点集的分割为无效分割,也就是说最后一次分割为无效分割。无效点集为由一个有效子平面分割得到却又无法确定任何一个平面的点组成的集合,除无效点集之外的点集均可构成有效子平面,记得到一层有效子平面的分割为一次有效分割,并确定经第 $n$ 次的有效分割得到的有效子平面为第 $n$ 层子平面,有效分割的总次数为 $N$ ,那么经过第 $N$ 次二分法分割共得到 $N$ 层有效子平面,第一子平面组合为第一层子平面、第二层子平面至第 $N$ 层子平面中的有效子平面组成的有效子平面集合。

[0108] 进一步地,根据第一子平面组合中的有效子平面的总数与第一平面限制数值的大小关系确定是否对已经得到的有效子平面进行第二次的有效子平面的获取。当第一子平面组合中的有效子平面的总数大于或等于第一子平面限制数值时,不需对有效子平面进行第二次的获取,因为经过第一次的有效分割得到的有效子平面的数量已经满足了配准精度的需求,若继续分割,会增加计算量。

[0109] 需要说明的是,在实际操作中会出现一个或多个子平面组合中的有效子平面的总数小于子平面限制数值,为了满足配准精度,以第一子平面组合中的有效子平面的总数小于第一子平面限制数值为例,提出下述的处理步骤:

[0110] 步骤 $k$ ,若所述第一子平面组合中有效子平面的总数小于所述第一子平面限制数值,将第 $n$ 层子平面中的每个所述有效子平面的点按照第一预设比例移除;

[0111] 步骤 $l$ ,将所述有效子平面中未移除点构成的有效子平面计入所述第一子平面组合;

[0112] 步骤 $m$ ,若所述第一子平面组合中有效子平面的总数小于所述第一子平面限制数值,对第 $n$ 层子平面中的每个所述有效子平面的点按照第二预设比例移除;或

[0113] 步骤 $n$ ,对第 $n-1$ 层子平面中的每个所述有效子平面的点按照第三预设比例移除,直至所述第一子平面组合中有效子平面的总数大于或等于第一子平面限制数值,其中 $n \in [1, N]$ 。

[0114] 当第一子平面组合中有效子平面的总数小于第一子平面限制数值时,在生成的有效子平面的基础上再次获取有效子平面,从第一子平面组合中选出第 $n$ 层子平面(此时 $n=N$ ),按照设置的移除点的数目的比例,即第一预设比例,从第 $n$ 层子平面的每个有效子平面移除点,判断剩下的点是否形成有效子平面,若是,则将形成的有效子平面归入第一子平面组合中,判断此时第一子平面组合中的有效子平面的总数是否大于或等于第一子平面限制数值,若是,不再生成有效子平面;若不是,可以按照另一种设置的移除点的数目,即第二预设比例(不限制第二预设比例与第一预设比例的大小关系,用户可以根据实际情况灵活调整第一预设比例和第二预设比例的数值),从第 $n$ 层子平面的每个有效子平面移除点,操作与上述相同,可以理解的,当第一子平面组合中的有效子平面的总数还是小于第一子平面限制数值,继续改变移除点的比例以获取有效子平面;本实施例还提供一种再次获取有效子平面的方法,可以按照上述的方法从第 $n-1$ ( $n \in [1, N]$ ,当 $n-1=0$ 时,此层平面即为所述第一点云平面组合中的点云平面)层子平面中获取有效子平面。上述提供的两种再次获取有效子平面的方法可以分开使用,也可以组合使用,一般情况下可以实现第一子平面组合中的有效子平面的总数大于或等于第一子平面限制数值。若两种方法组合后均无法达到所述

第一子平面限制数值,则取子平面数量最多的第一子平面组合为分割结果。

[0115] 举例说明,第一预设比例为四分之一,当第三层子平面存在包含8个点的有效子平面时,从该子平面中随机移除2个点,判断剩下的6个点是否能够确定一个有效子平面,若能,将确定的有效子平面归入第一子平面组合中,通过不同的随机组合(此例中共有  $C_8^2 = 28$  种组合),生成不同的子平面;待所有随机组合移除后生成的有效子平面均已列出后,判断第一子平面组合中的有效子平面的总数是否大于或等于第一子平面限制数值;若不能满足限制数值,则从该子平面中移除1个点,重复上述的步骤;或者从第二子平面组合中获取有效子平面。

[0116] 需要说明的是,执行步骤S44,步骤S45的过程与上述相同,在此不多做赘述。

[0117] 步骤S50,根据所述中间点云中的所述点云平面的匹配关系,获得所述子平面组合中有效子平面的匹配关系;

[0118] 中间点云包括第一中间点云和第二中间点云,第一中间点云和第二中间点云根据第一中间点云和第二中间点云中点云平面的匹配关系确定子平面组合中子平面的匹配关系。设第一中间点云包括点云平面  $P_a^1$ ,那么在第二中间点云中与点云平面  $P_a^1$  对应的点云平面是  $P_a^2$ 。匹配关系用于初始点云之间的配准。

[0119] 在一些具体的实施例中,步骤S50还包括:

[0120] 步骤S51,根据所述第一中间点云中点云平面  $P_a^1$  和所述第二中间点云中点云平面  $P_a^2$  的匹配关系,确定所述  $P_a^1$  的有效子平面集合  $\{C_k^1 | k = 1, 2, 3 \dots\}$  和所述  $P_a^2$  的有效子平面集合  $\{C_l^2 | l = 1, 2, 3 \dots\}$  为匹配关系,其中,所述a为点云平面标识,所述k为所述  $P_a^1$  的有效子平面的编号,所述l为所述  $P_a^2$  的有效子平面的编号;

[0121] 步骤S52,计算所述  $C_k^1$  中有效子平面  $C_k^1$  与所述  $C_l^2$  中有效子平面  $C_l^2$  之间的质心连线的距离集合  $d_{k-l}^e$ ;

[0122] 步骤S53,根据所述  $d_{k-l}^e$ ,计算与所述  $d_{k-l}^e$  对应的所述质心连线  $L_{k-l}^e$  在所述  $C_k^1$  中有效子平面  $C_k^1$  的平面投影长度集合  $d_{k-1}$ ;

[0123] 步骤S54,若所述  $d_{k-1}$  中存在一个或多个距离值小于所述  $C_k^1$  的点云分辨率,则确定所述  $d_{k-1}$  中最小距离值对应的  $C_l^2$  与所述  $C_k^1$  成匹配关系。

[0124] 若点云平面  $P_a^1$  和点云平面  $P_a^2$  成匹配关系,那么基于点云平面  $P_a^1$  分割得到的有效子平面集合  $\{C_k^1 | k = 1, 2, 3 \dots\}$  和基于点云平面  $P_a^2$  分割得到的有效子平面集合  $\{C_l^2 | l = 1, 2, 3 \dots\}$  也是匹配关系,本实施例从  $\{C_l^2 | l = 1, 2, 3 \dots\}$  中找出与  $\{C_k^1 | k = 1, 2, 3 \dots\}$  中的有效子平面构成匹配关系的有效子平面,k表示点云平面  $P_a^1$  的有效子平面的编号,l表示点云平面  $P_a^2$  的有效子平面的编号。

[0125] 首先绘出 $\{C_l^2 | l = 1, 2, 3 \dots\}$ 中每个有效子平面与 $\{C_k^1 | k = 1, 2, 3 \dots\}$ 中每个有效子平面之间的质心连线, 计算每条质心连线的距离, 得到距离集合 $\mathbf{d}_{k-l}^e$ , 当 $k=1, l=1$ 时, 距离集合 $\mathbf{d}_{k-l}^e$ 中的 $d_{1-1}^e$ 表示点云平面 $P_a^1$ 的编号为1的有效子平面与点云平面 $P_a^2$ 的编号为1的有效子平面的质心连线的距离; 当 $k=1, l=2$ 时, 距离集合 $\mathbf{d}_{k-l}^e$ 中的 $d_{1-2}^e$ 表示点云平面 $P_a^1$ 的编号为1的有效子平面与点云平面 $P_a^2$ 的编号为2的有效子平面的质心连线的距离。设点云平面 $P_a^1$ 的编号为 $k$ 的有效子平面的平面之心点坐标为 $(x_{k1}, y_{k1}, z_{k1})$ , 设点云平面 $P_a^2$ 的编号为 $l$ 的有效子平面的平面之心点坐标为 $(x_{l2}, y_{l2}, z_{l2})$ , 则 $(d_{k-l}^e = \sqrt{(x_{k1} - x_{l2})^2 + (y_{k1} - y_{l2})^2 + (z_{k1} - z_{l2})^2}$ , 根据质心连线的距离 $d_{k-l}^e$ 计算质心连线 $L_{k-l}^e$ 在 $C_k^1$ 中有效子平面 $k$ 的平面投影长度 $d_{k-1}$ ,

$d_{k-1} = \sqrt{(d_{k-l}^e)^2 - (ax_{l2} + by_{l2} + cz_{l2} + p)^2}$ , 其中,  $(a, b, c)$ 为 $C_k^1$ 中有效子平面 $k$ 的单位法向量, 且 $ax+by+cz+p=0$ 为表示所述 $C_k^1$ 中有效子平面 $k$ 的一般方程。进一步地, 根据 $\mathbf{d}_{k-l}^e$ , 计算与 $\mathbf{d}_{k-l}^e$ 对应的质心连线 $L_{k-l}^e$ 在 $C_k^1$ 中有效子平面 $C_k^1$ 的平面投影长度集合 $d_{k-1}$ 。

[0126] 最后若 $d_{k-1}$ 中存在一个或多个距离值小于所述 $C_k^1$ 的点云分辨率, 则确定所述 $d_{k-1}$ 中最小距离值对应的 $C_l^2$ 与所述 $C_k^1$ 成匹配关系。例如, 若 $d_{1-1}$ 小于有效子平面 $C_1^1$ 的点云分辨率,  $d_{1-2}$ 小于有效子平面 $C_1^1$ 的点云分辨率, 且 $d_{1-1} < d_{1-2}$ , 那么有效子平面 $C_1^1$ 与有效子平面 $C_1^2$ 具有匹配关系。进一步的, 得到所有匹配关系之后, 形成匹配关系集合 $M_k$ 。

[0127] 步骤S60, 根据各组中所述子平面组合中有效子平面的匹配关系, 获取各组中所述第一初始点云和所述第二初始点云的配准关系;

[0128] 可以理解的是, 每组初始点云对应一个匹配关系集合 $M_k$ , 按照上述的方法获取到每组的匹配关系集合 $M_k$ , 进一步的, 根据 $M_k$ 得到各组中第一初始点云和第二初始点云的配准关系。

[0129] 在一些具体的实施例中, 步骤S60还包括:

[0130] 步骤S61, 根据各组中所述子平面组合中有效子平面的匹配关系, 确定与所述 $\mathbf{d}_{k-l}^e$ 对应的所述质心连线 $L_{k-l}^e$ 在所述 $C_k^1$ 中有效子平面 $C_k^1$ 的法线投影长度集合;

[0131] 步骤S62, 将所述法线投影长度集合输入非线性优化模型进行优化, 得到各组中所述第一初始点云和所述第二初始点云的配准关系。

[0132] 根据各组中子平面组合中有效子平面的匹配关系, 获取各组中第一初始点云和所述第二初始点云的配准关系, 首先, 通过 $M_k$ 获取具有匹配关系两个有效子平面, 计算两个有效子平面的质心连线在其中一个有效子平面 $C_k^1$ 法线上投影的长度, 即法线投影长度 $d_n$ , 进一步的得到法线投影长度集合 $d_n$ 。建立非线性优化模型, 将法线投影长度集合 $d_n$ 代入非线性优化模型中, 即得到 $\min_{R, T} \sum_i \|R[d_n] - T\|^2$ , 获取最优解, 即可获取各组中第一初始点云和所

述第二初始点云的配准关系。

[0133] 步骤S70,将每组的所述配准关系输入观测图,并进行平差,获取平差后的所有所述初始点云中非基准点云与所述基准点云的配准关系,以获得移动测量点云。

[0134] 将每组初始点云的配准关系用 $SE(3)_j^i$ 表示,为了方便描述,对初始点云进行编号,所述 $i, j$ 为初始点云的编号, $SE(3)_j^i$ 表示将初始点云 $j$ 配准至初始点云 $i$ 的坐标系的配准关系,其中所述初始点云 $i$ 为第一初始点云,初始点云 $j$ 为第二初始点云。需要说明的是,由上述的方法只能得到各组中第一初始点云和第二初始点云的配准关系,但是对多点云进行配准,是以其中一个点云所在的坐标系为基准坐标系,将其他的点云旋转平移至该坐标系中,所以应从多个初始点云中选择基准点云,基准点云所在的坐标系为基准坐标系,基准点云以外的初始点云均为非基准点云。将每组的配准关系输入观测图,观测图用于实现初始点云的配准,最终获得配准结果,即移动测量点云。

[0135] 例如,初始点云包括初始点云1、初始点云2、初始点云3和初始点云4,对4个初始点云进行分组,得到6组点云组合:初始点云1和初始点云2(该组中的第一初始点云为初始点云1,第二初始点云为初始点云2)、初始点云1和初始点云3、初始点云1和初始点云4、初始点云2和初始点云3、初始点云2和初始点云4、初始点云3和初始点云4,那么6组点云的配准关系分别为 $SE(3)_2^1$ 、 $SE(3)_3^1$ 、 $SE(3)_4^1$ 、 $SE(3)_3^2$ 、 $SE(3)_4^2$ 、 $SE(3)_4^3$ ,若确定初始点云1为基准点云,那么初始点云2、初始点云3和初始点云4均为非基准点云,将各组的配准关系输入观测图,并于观测图中对各组的配准关系进行平差,基于平差后得到的非基准点云与基准点云的配准关系输出移动测量点云。

[0136] 参见图4,在一些具体的实施例中,步骤S70还包括:

[0137] 步骤S71,将每组的所述配准关系输入观测图,对所述配准关系进行平差,移除残差大于预设阈值的配准关系,并重复平差步骤,直至所有残差均小于预设阈值;

[0138] 步骤S72,从所有所述初始点云中选择基准点云和非基准点云,根据平差后各组的配准关系计算基准点云和非基准点云的配准关系,以实现配准所述基准点云和所述非基准点云,得到移动测量点云。

[0139] 将每组配准关系输入观测图,于观测图中对配准关系进行平差,一般为最小二乘平差,移除观测图中与配准关系不符合的观测,即移除残差远大于预设阈值的配准关系,预设阈值可以根据经验设定,一般的大于预设阈值的残差即为与其他残差差值较大的残差。

[0140] 从初始点云中选择基准点云和非基准点云后,计算基准点云与非基准点云的配准关系,以根据基准点云与非基准点云的配准关系旋转平移各个非基准点云,将非基准点云配准至基准点云所在的坐标系中,完成多点云配准,得到移动测量点云。

[0141] 举例说明,将 $SE(3)_2^1$ 、 $SE(3)_3^1$ 、 $SE(3)_4^1$ 、 $SE(3)_3^2$ 、 $SE(3)_4^2$ 、 $SE(3)_4^3$ 输入观测图,将初始点云1确定为基准点云,初始点云2、初始点云3和初始点云4为非基准点云,理论上已经存在配准关系 $SE(3)_2^1$ 、 $SE(3)_3^1$ 、 $SE(3)_4^1$ ,不需要继续计算基准点云和非基准点云的配准关系,但是在实际操作中会出现部分的配准关系缺失的情况,例如 $SE(3)_3^1$ 缺失,为了实现初始点云1和初始点云3的配准,还需要计算出 $SE(3)_3^1$ ,本实施例还

提供配准关系的计算方法。若以初始点云a为基准点云,初始点云b为非基准点云,初始点云a与初始点云b的配准关系 $SE(3)_b^a$ 缺失,那么可以通过初始点云c与初始点云b的配准关系 $SE(3)_b^c$ (初始点云c为非基准点云)获得 $SE(3)_b^a$ ,  $SE(3)_b^a = SE(3)_c^a * SE(3)_b^c$ ,所以输入观测图中的配准关系除了基准点云与非基准点云之间的配准关系,还应包括非基准点云与非基准点云之间的配准关系,除可用于平差外,还可以进一步的获取到每个非基准点云与基准点云的配准关系,实现基准点云和多个非基准点云的配准,得到移动测量点云。

[0142] 本实施例通过对获取的初始点云按照组合的方法进行分组,每组包括待配准的第一初始点云和第二初始点云,对第一初始点云和第二初始点云进行预处理,得到中间点云,再对中间点云的点云平面进行分组,得到点云平面组合,分别对点云平面组合中的点云平面进行二分法分割,得到子平面组合,根据中间点云中的点云平面的匹配关系,获得子平面组合中有效子平面的匹配关系,根据各组中子平面组合中有效子平面的匹配关系,获取各组中第一初始点云和所述第二初始点云的配准关系,将每组的配准关系输入观测图,平差后获取所有初始点云中非基准点云与基准点云的配准关系,以获得移动测量点云。对点云平面进行二分法分割,获取子平面,减少了参与配准计算的点的数量,提高了配准关系的准确性,进一步提升了多点云配准的精度。

[0143] 基于上述实施例,本发明还提供了一种智能终端,其原理框图可以如图5所示。该智能终端包括通过系统总线连接的处理器、存储器、网络接口、显示屏、温度传感器。其中,该智能终端的处理器用于提供计算和控制能力。该智能终端的存储器包括非易失性存储介质、内存储器。该非易失性存储介质存储有操作系统和计算机程序。该内存储器为非易失性存储介质中的操作系统和计算机程序的运行提供环境。该智能终端的网络接口用于与外部的终端通过网络连接通信。该计算机程序被处理器执行时以实现一种基于平面点云分割的多点云配准方法。该智能终端的显示屏可以是液晶显示屏或者电子墨水显示屏,该智能终端的温度传感器是预先在智能终端内部设置,用于检测内部设备的运行温度。

[0144] 本领域技术人员可以理解,图5中的原理图,仅仅是与本发明方案相关的部分结构的框图,并不构成对本发明方案所应用于其上的智能终端的限定,具体的智能终端可以包括比图中所示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者具有不同的部件布置。

[0145] 在一个实施例中,提供了一种智能终端,包括有存储器,以及一个或者一个以上的程序,其中一个或者一个以上程序存储于存储器中,且经配置以由一个或者一个以上处理器执行所述一个或者一个以上程序包含用于进行以下操作的指令:

[0146] 对获取的初始点云按照组合的方法进行分组,每组包括待配准的第一初始点云和第二初始点云;

[0147] 对所述第一初始点云和所述第二初始点云进行预处理,得到中间点云;

[0148] 对所述中间点云的点云平面进行分组,得到点云平面组合;

[0149] 分别对所述点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割,得到子平面组合;

[0150] 根据所述中间点云中的所述点云平面的匹配关系,获得所述子平面组合中有效子平面的匹配关系;

[0151] 根据各组中所述子平面组合中有效子平面的匹配关系,获取各组中所述第一初始点云和所述第二初始点云的配准关系;

[0152] 将每组的所述配准关系输入观测图,并进行平差,获取平差后的所有所述初始点云中非基准点云与所述基准点云的配准关系,以获得移动测量点云。

[0153] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程,是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读取存储介质中,该计算机程序在执行时,可包括如上述各方法的实施例的流程。其中,本发明所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用,均可包括非易失性和/或易失性存储器。非易失性存储器可包括只读存储器(ROM)、可编程ROM(PROM)、电可编程ROM(EPROM)、电可擦除可编程ROM(EEPROM)或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器(RAM)或者外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限,RAM以多种形式可得,诸如静态RAM(SRAM)、动态RAM(DRAM)、同步DRAM(SDRAM)、双数据率SDRAM(DDRSDRAM)、增强型SDRAM(ESDRAM)、同步链路(Synchlink)、DRAM(SLDRAM)、存储器总线(Rambus)直接RAM(RDRAM)、直接存储器总线动态RAM(DRDRAM)、以及存储器总线动态RAM(RDRAM)等。

[0154] 综上所述,本发明公开了一种基于平面点云分割的多点云配准方法、智能终端、存储介质,所述方法包括:

[0155] 对获取的初始点云按照组合的方法进行分组,每组包括待配准的第一初始点云和第二初始点云;

[0156] 对所述第一初始点云和所述第二初始点云进行预处理,得到中间点云;

[0157] 对所述中间点云的点云平面进行分组,得到点云平面组合;

[0158] 分别对所述点云平面组合中的所述点云平面进行二分法分割,得到子平面组合;

[0159] 根据所述中间点云中的所述点云平面的匹配关系,获得所述子平面组合中有效子平面的匹配关系;

[0160] 根据各组中所述子平面组合中有效子平面的匹配关系,获取各组中所述第一初始点云和所述第二初始点云的配准关系;

[0161] 将每组的所述配准关系输入观测图,并进行平差,获取平差后的所有所述初始点云中非基准点云与所述基准点云的配准关系,以获得移动测量点云。

[0162] 基于上述实施例,本发明公开了一种基于平面点云分割的多点云配准方法,应当理解的是,本发明的应用不限于上述的举例,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

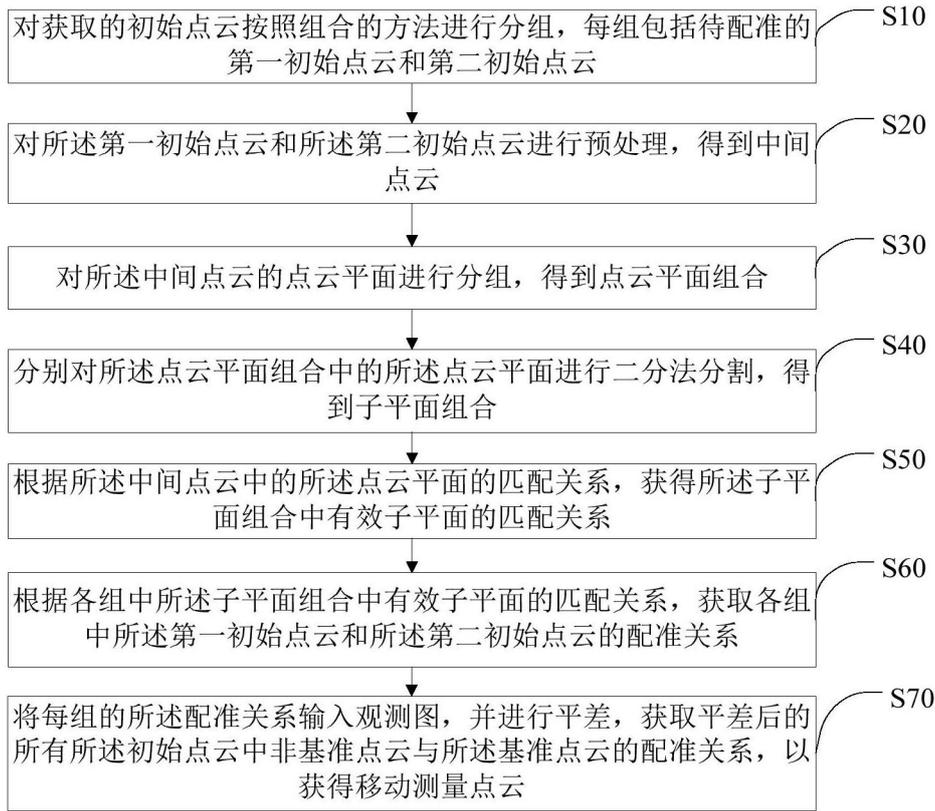


图1

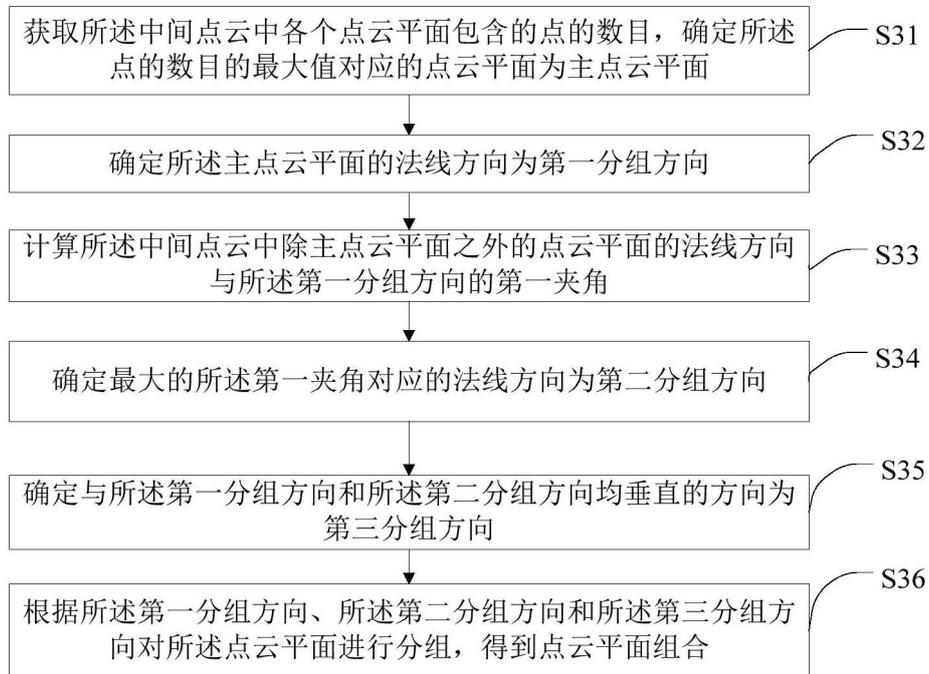


图2

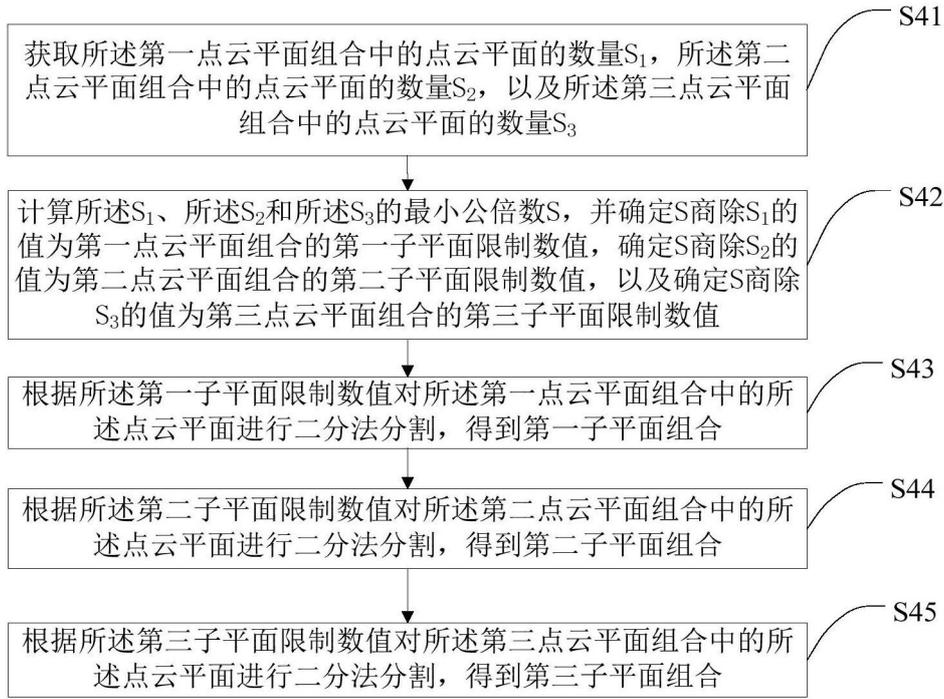


图3

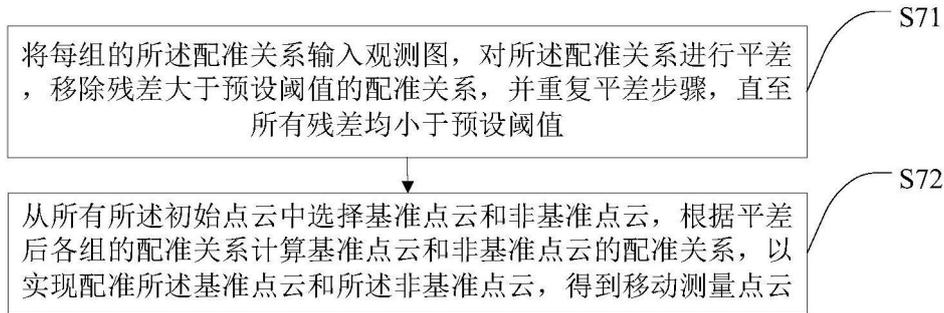


图4

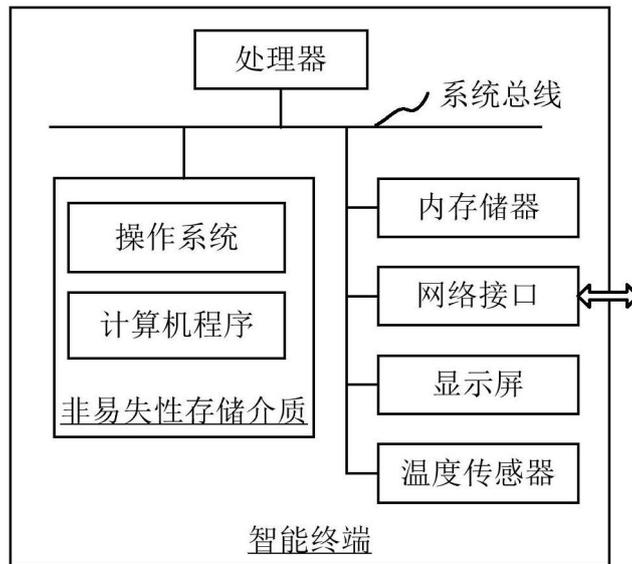


图5