



(21) 申请号 202110454740.2

(22) 申请日 2021.04.26

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113345025 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 陈彭鑫 王牧阳

(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 徐凯凯

(51) Int. Cl.
G06T 7/80 (2017.01)
G06T 7/10 (2017.01)

(56) 对比文件

CN 110223379 A, 2019.09.10

CN 110658530 A, 2020.01.07

CN 112102458 A, 2020.12.18

CN 110415342 A, 2019.11.05

CN 111929699 A, 2020.11.13

WO 2013175022 A1, 2013.11.28

陶倩文. 基于车载激光雷达与GPS数据融合
的智能车高精度定位方法.《中国优秀博硕士学
位论文全文数据库(硕士)》.2020, (第07期),

Zheng Gong et al. Mapping and Semantic
Modeling of Underground Parking Lots
Using a Backpack LiDAR System.《IEEE
TRANSACTIONS ON INTELLIGENT
TRANSPORTATION SYSTEMS》.2021, 第22卷(第2
期),

审查员 岑乾

权利要求书3页 说明书13页 附图7页

(54) 发明名称

一种基于背包式激光雷达系统的建图和地
面分割方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法,所述方法包括:获取若干激光雷达的第一点云数据;对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行时空标定,得到时空标定数据;其中,所述时空标定用于表征对点云数据的时间维度和空间维度的标定;提取所述时空标定数据的特征点集,并对所述特征点集进行点云配准,得到重建的地图;其中,所述特征点集包括第一面特征点集、第一角特征点集和边特征点集。本发明实施例通过对若干激光雷达的点云数据进行时间和空间的标定实现点云合并,然后提取所述时空标定数据的面特征点集、角特征点集和边特征点集,能提高的后续点云配准精度,同时实现快速提取地面点。



1. 一种基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法,其特征在于,所述方法包括:
 - 获取若干激光雷达的第一点云数据;
 - 对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行时空标定,得到时空标定数据;其中,所述时空标定数据用于表征对点云数据的时间维度和空间维度的标定数据;
 - 提取所述时空标定数据的特征点集,并对所述特征点集进行点云配准,得到重建的地图;其中,所述特征点集包括第一面特征点集、第一角特征点集和边特征点集;
 - 所述提取所述时空标定数据的特征点集包括:
 - 对于每一个所述时空标定数据,计算所述时空标定数据与前一个所述时空标定数据的点间距,得到第一点间距;
 - 对于每一个所述时空标定数据,计算所述时空标定数据与后一个所述时空标定数据的点间距,得到第二点间距;
 - 求解所述第一点间距和所述第二点间距的比值,或者所述第二点间距和所述第一点间距的比值,得到间距比值;
 - 将所述间距比值大于预设的比值阈值的所述时空标定数据作为间断组数据;
 - 将所述间距比值小于或者等于预设的比值阈值的所述时空标定数据作为连续组数据;
 - 将所述间断组数据中点间距小于预设距离阈值的所述时空标定数据去除后的剩余点云数据归类为边特征点集;
 - 对于每一个所述连续组数据,提取与所述连续组数据位于同一条扫描线上的奇数个相邻点,得到连续组相邻点集;
 - 求解所述连续组相邻点集的散布矩阵,并对所述散布矩阵进行奇异值分解,得到第一特征值和第二特征值;
 - 根据所述第一特征值和所述第二特征值,得到特征比值;
 - 将所述特征比值大于预设的第一特征比阈值的连续组数据归类为第一面特征点集;
 - 将所述特征比值小于预设的第二特征比阈值的连续组数据归类为第一角特征点集;其中,所述第一特征比阈值大于第二特征比阈值。
2. 根据权利要求1所述的基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法,其特征在于,所述对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行时空标定,得到时空标定数据包括:
 - 对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行空间标定,得到空间标定数据;
 - 对所述空间标定数据进行时间标定时先进行分割后进行合并,得到时空标定数据。
3. 根据权利要求1所述的基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法,其特征在于,所述提取所述时空标定数据的特征点集之后包括:
 - 获取地面扫描线的第二点云数据和中心坐标,并将所述地面扫描线中心坐标作为种子点;
 - 提取所述第二点云数据的第二面特征点集和第二角特征点集;
 - 计算所述种子点到所述第二面特征点集中的点的距离,得到距离值,并根据所述距离值得到最小距离值;
 - 将所述最小距离值对应的所述第二面特征点集中的点作为初始点;
 - 以所述初始点为出发点同时进行前后搜索,得到第一搜索点;
 - 根据所述第一搜索点和所述种子点,得到所述第一搜索点和所述种子点的竖直方向距

离；

当确定所述第一搜索点属于第二角特征点集或者所述竖直方向距离大于预设的竖直方向距离阈值时，将所述第一搜索点归类为地面点集，并根据所述地面点集，拟合地面的平面方程；

当确定所述第一搜索点不属于第二角特征点集并且所述竖直方向距离小于等于预设的竖直方向距离阈值时，将所述第一搜索点归类为地面点集，并继续执行以所述初始点为出发点同时进行前后搜索，得到第一搜索点的步骤；

重新搜索所述第二点云数据中的所有点，得到第二搜索点；

计算所述第二搜索点到所述平面方程的距离，得到点面距离值；

当所述点面距离值小于预设的点面距离阈值时，将所述第二搜索点归类为地面点集，得到地面点集，以实现在地面的分割。

4. 根据权利要求3所述的基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法，其特征在于，所述以所述初始点为出发点同时进行前后搜索，得到第一搜索点包括：

获取与所述初始点对应的地面扫描线；

以所述地面扫描线的初始点为出发点，在所述地面扫描线的前后两个方向同时进行搜索，得到第一搜索点。

5. 根据权利要求4所述的基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法，其特征在于，所述根据所述第一搜索点和所述种子点，得到所述第一搜索点和所述种子点的竖直方向距离包括：

获取所述第一搜索点的竖直方向坐标；

获取所述种子点的竖直方向坐标；

根据所述第一搜索点的竖直方向坐标和所述种子点的竖直方向坐标，得到所述第一搜索点和所述种子点的竖直方向距离。

6. 根据权利要求1所述的基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法，其特征在于，所述对所述特征点集进行点云配准，得到重建的地图包括：

获取第一点云数据的六个自由度的刚性运动变换；

基于点云配准准则，根据所述特征点集和所述刚性运动变换，得到重建的地图。

7. 根据权利要求6所述的基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法，其特征在于，所述基于点云配准准则，根据所述特征点集和所述刚性运动变换，得到重建的地图包括：

对所述特征点集和所述刚性运动变换进行空间变换操作，得到空间变换函数；

根据所述空间变换函数，构造拟合函数；

针对所述特征点集中的每一个特征点，搜索与所述特征点对应的预设数量的临近点，并根据所述临近点构造临近点集；

根据所述临近点集，得到临近点集散布矩阵；

根据所述临近点集散布矩阵，得到第一特征值、第二特征值和第三特征值；

根据所述第一特征值、所述第二特征值和所述第三特征值，得到拟合权重因子；

基于点云配准准则，根据所述拟合函数和所述拟合权重因子，确定重建的地图。

8. 一种智能终端，其特征在于，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执行如权利要求1-7中任意一项所述的方法。

9.一种非临时性计算机可读存储介质,其特征在于,当所述存储介质中的指令由电子设备的处理器执行时,使得电子设备能够执行如权利要求1-7中任意一项所述的方法。

一种基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法

技术领域

[0001] 本发明涉及三维视觉技术领域,尤其涉及的是一种基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法。

背景技术

[0002] 激光雷达是一种用于精确测量物体距离的技术。它广泛应用于导航、测绘和建图等领域。目前存在多种形式的激光雷达系统,包括地面固定站式激光雷达系统、航空机载激光雷达系统和移动测量激光雷达系统。在移动测量激光雷达系统中,根据不同的通行条件,又出现了不同的激光雷达载体,但是现有的激光雷达载体存在如下局限性:要么只能应用于户外,要么只能应用于户内,而同时应用于户外和户内的激光雷达载体对硬件空间的压缩要求高,导致传感器资源和计算资源的局限性,背包式激光雷达能虽然对硬件空间的压缩要求低,但是由于外界因素导致的机械颤动导致激光扫描传感器的激烈位姿变化,从而增加地面点提取的难度。

[0003] 因此,现有技术还有待改进和发展。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的上述缺陷,提供一种基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法,旨在解决现有技术中激光雷达载体存在如下局限性:要么只能应用于户外,要么只能应用于户内,而同时应用于户外和户内的激光雷达载体对硬件空间的压缩要求高,导致传感器资源和计算资源的局限性,背包式激光雷达能虽然对硬件空间的压缩要求低,但是由于外界因素导致的机械颤动导致激光扫描传感器的激烈位姿变化,从而增加地面点提取的难度的问题。

[0005] 本发明解决问题所采用的技术方案如下:

[0006] 第一方面,本发明实施例提供一种基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法,其中,所述方法包括:

[0007] 获取若干激光雷达的第一点云数据;

[0008] 对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行时空标定,得到时空标定数据;其中,所述时空标定用于表征对点云数据的时间维度和空间维度的标定;

[0009] 提取所述时空标定数据的特征点集,并对所述特征点集进行点云配准,得到重建的地图;其中,所述特征点集包括第一面特征点集、第一角特征点集和边特征点集。

[0010] 在一种实现方式中,其中,所述对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行时空标定,得到时空标定数据包括:

[0011] 对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行空间标定,得到空间标定数据;

[0012] 基于先分割后合并的策略,对所述空间标定数据进行时间标定,得到时空标定数据。

[0013] 在一种实现方式中,其中,所述提取所述时空标定数据的特征点集包括:

- [0014] 对于每一个所述时空标定数据,计算所述时空标定数据与前一个所述时空标定数据的点间距,得到第一点间距;
- [0015] 对于每一个所述时空标定数据,计算所述时空标定数据与后一个所述时空标定数据的点间距,得到第二点间距;
- [0016] 求解所述第一点间距和所述第二点间距的比值,或者所述第二点间距和所述第一点间距的比值,得到间距比值;
- [0017] 将所述间距比值大于预设的比值阈值的所述时空标定数据作为间断组数据;
- [0018] 将所述间距比值小于或者等于预设的比值阈值的所述时空标定数据作为连续组数据;
- [0019] 将所述间断组数据中点间距小于预设距离阈值的所述时空标定数据去除后的剩余点云数据归类为边特征点集;
- [0020] 对于每一个所述连续组数据,提取与所述连续组数据位于同一条扫描线上的奇数个相邻点,得到连续组相邻点集;
- [0021] 求解所述连续组相邻点集的散布矩阵,并对所述散布矩阵进行奇异值分解,得到第一特征值和第二特征值;
- [0022] 根据所述第一特征值和所述第二特征值,得到特征比值;
- [0023] 将所述特征比值大于预设的第一特征比阈值的连续组数据归类为第一面特征点集;
- [0024] 将所述特征比值小于预设的第二特征比阈值的连续组数据归类为第一角特征点集;其中,所述第一特征比阈值大于第二特征比阈值。
- [0025] 在一种实现方式中,其中,所述提取所述时空标定数据的特征点集之后包括:
- [0026] 获取地面扫描线的第二点云数据和中心坐标,并将所述地面扫描线中心坐标作为种子点;
- [0027] 提取所述第二点云数据的第二面特征点集和第二角特征点集;
- [0028] 计算所述种子点到所述第二面特征点集中的点的距离,得到距离值,并根据所述距离值得到最小距离值;
- [0029] 将所述最小距离值对应的所述第二面特征点集中的点作为初始点;
- [0030] 以所述初始点为出发点同时进行前后搜索,得到第一搜索点;
- [0031] 根据所述第一搜索点和所述种子点,得到所述第一搜索点和所述种子点的竖直方向距离;
- [0032] 当确定所述第一搜索点属于第二角特征点集或者所述竖直方向距离大于预设的竖直方向距离阈值时,将所述第一搜索点归类为地面点集,并根据所述地面点集,拟合地面的平面方程;
- [0033] 当确定所述第一搜索点不属于第二角特征点集并且所述竖直方向距离小于等于预设的竖直方向距离阈值时,将所述第一搜索点归类为地面点集,并继续执行以所述初始点为出发点同时进行前后搜索,得到第一搜索点的步骤;
- [0034] 重新搜索所述第二点云数据中的所有点,得到第二搜索点;
- [0035] 计算所述第二搜索点到所述平面方程的距离,得到点面距离值;
- [0036] 当所述点面距离值小于预设的点面距离阈值时,将所述第二搜索点归类为地面点

集,得到地面点集,以实现在地面的分割。

[0037] 在一种实现方式中,其中,所述以所述初始点为出发点同时进行前后搜索,得到第一搜索点包括:

[0038] 获取与所述初始点对应的地面扫描线;

[0039] 以所述地面扫描线的初始点为出发点,在所述地面扫描线的前后两个方向同时进行搜索,得到第一搜索点。

[0040] 在一种实现方式中,其中,所述根据所述第一搜索点和所述种子点,得到所述第一搜索点和所述种子点的竖直方向距离包括:

[0041] 获取所述第一搜索点的竖直方向坐标;

[0042] 获取所述种子点的竖直方向坐标;

[0043] 根据所述第一搜索点的竖直方向坐标和所述种子点的竖直方向坐标,得到所述第一搜索点和所述种子点的竖直方向距离。

[0044] 在一种实现方式中,其中,所述对所述特征点集进行点云配准,得到重建的地图包括:

[0045] 获取第一点云数据的六个自由度的刚性运动变换;

[0046] 基于点云配准准则,根据所述特征点集和所述刚性运动变换,得到重建的地图。

[0047] 在一种实现方式中,其中,所述基于点云配准准则,根据所述特征点集和所述刚性运动变换,得到重建的地图包括:

[0048] 对所述特征点集和所述刚性运动变换进行空间变换操作,得到空间变换函数;

[0049] 根据所述空间变换函数,构造拟合函数;

[0050] 针对所述特征点集中的每一个特征点,搜索与所述特征点对应的预设数量的临近点,并根据所述临近点构造临近点集;

[0051] 根据所述临近点集,得到临近点集散布矩阵;

[0052] 根据所述临近点集散布矩阵,得到第一特征值、第二特征值和第三特征值;

[0053] 根据所述第一特征值、所述第二特征值和所述第三特征值,得到拟合权重因子;

[0054] 基于点云配准准则,根据所述拟合函数和所述拟合权重因子,确定重建的地图。

[0055] 第二方面,本发明实施例还提供一种基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割装置,其中,所述装置包括:

[0056] 第一点云数据获取单元,用于获取若干激光雷达的第一点云数据;

[0057] 时空标定数据获取单元,用于对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行时空标定,得到时空标定数据;其中,所述时空标定用于表征对点云数据的时间维度和空间维度的标定;

[0058] 地图重建单元,用于提取所述时空标定数据的特征点集,并对所述特征点集进行点云配准,得到重建的地图;其中,所述特征点集包括第一面特征点集、第一角特征点集和边特征点集。

[0059] 第三方面,本发明实施例还提供一种智能终端,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执行如上述任意一项所述的基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法。

[0060] 第四方面,本发明实施例还提供一种非临时性计算机可读存储介质,当所述存储介质中的指令由电子设备的处理器执行时,使得电子设备能够执行如上述中任意一项所述的基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法。

[0061] 本发明的有益效果:本发明实施例首先获取若干激光雷达的第一点云数据;然后对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行时空标定,得到时空标定数据;其中,所述时空标定用于表征对点云数据的时间维度和空间维度的标定;最后提取所述时空标定数据的特征点集,并对所述特征点集进行点云配准,得到重建的地图;其中,所述特征点集包括第一面特征点集、第一角特征点集和边特征点集;可见,本发明实施例通过对若干激光雷达的点云数据进行时间和空间的标定实现点云合并,然后提取所述时空标定数据的面特征点集、角特征点集和边特征点集,能提高的后续点云配准精度,同时实现快速提取地面点。

附图说明

[0062] 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。

[0063] 图1为本发明实施例提供的基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法流程示意图。

[0064] 图2为本发明实施例提供的两个激光雷达的空间标定方法示意图。

[0065] 图3为本发明实施例提供的两个激光雷达的时间标定方法示意图。

[0066] 图4为本发明实施例提供的点云特征点划分以及“边”特征和“角”特征的区别示意图。

[0067] 图5为本发明实施例提供的是背包式激光雷达系统的地面分割方法示意图。

[0068] 图6为本发明实施例提供的维多利亚港场景实验下的轨迹对比图。

[0069] 图7为本发明实施例提供的维多利亚港场景实验下的实时地面分割效果图。

[0070] 图8为本发明实施例提供的维多利亚港场景实验下的地图重建效果。

[0071] 图9为本发明实施例提供的校园场景实验下的轨迹对比图。

[0072] 图10为本发明实施例提供的校园场景实验下的实时地面分割效果图。

[0073] 图11为本发明实施例提供的校园场景实验下的地图重建效果图。

[0074] 图12为本发明实施例提供的建筑物楼层场景实验下LOAM方法、LeGO-LOAM方法和本发明实施例的轨迹图。

[0075] 图13为本发明实施例提供的建筑物楼层场景实验下的LOAM方法实现的建图效果前视图。

[0076] 图14为本发明实施例提供的建筑物楼层场景实验下的本发明方法实现的建图效果前视图。

[0077] 图15为本发明实施例提供的LOAM方法、本发明实施例的地图重建、地图重建效果细节图。

[0078] 图16为本发明实施例提供的基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割装置的原理框图。

[0079] 图17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

[0080] 本发明公开了基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法、智能终端、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。

[0081] 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”包括一个或更多个相关联的列出项的全部或任一单元和全部组合。

[0082] 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。

[0083] 由于现有技术中,激光雷达载体存在如下局限性:要么只能应用于户外,要么只能应用于户内,而同时应用于户外和户内的激光雷达载体对硬件空间的压缩要求高,导致传感器资源和计算资源的局限性,背包式激光雷达能虽然对硬件空间的压缩要求低,但是由于外界因素导致的机械颤动导致激光扫描传感器的激烈位姿变化,从而增加地面点提取的难度。

[0084] 为了解决现有技术的问题,本实施例提供了一种基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法,本发明实施例通过对若干激光雷达的点云数据进行时间和空间的标定实现点云合并,然后提取所述时空标定数据的面特征点集、角特征点集和边特征点集,能提高的后续点云配准精度,同时实现快速提取地面点。具体实施时,先获取若干激光雷达的第一点云数据;然后对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行时空标定,得到时空标定数据;其中,所述时空标定用于表征对点云数据的时间维度和空间维度的标定;最后提取所述时空标定数据的特征点集,并对所述特征点集进行点云配准,得到重建的地图;其中,所述特征点集包括第一面特征点集、第一角特征点集和边特征点集。

[0085] 示例性方法

[0086] 本实施例提供一种基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法,该方法可以应用于三维视觉技术的智能终端。具体如图1所示,所述方法包括:

[0087] 步骤S100、获取若干激光雷达的第一点云数据;

[0088] 实际中激光雷达的个数在1到4个都是满足条件的,本发明实施例采用的是两个激光雷达,两个激光雷达的角度可以是30度到60度之间,一个雷达处于水平位置,另一个雷达处于倾斜位置,并且,一个雷达不能遮挡另一个雷达的扫描射线。每一个雷达在扫描后都

会产生点云数据,故要获取这两个雷达的点云数据,为后续数据处理做准备。

[0089] 得到点云数据之后,就可以执行如图1所示的如下步骤:S200、对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行时空标定,得到时空标定数据;其中,所述时空标定用于表征对点云数据的时间维度和空间维度的标定;

[0090] 具体地,由于点云数据具有空间维度的信息和时间维度的信息,故要对所示点云数据进行时空标定,为后续数据处理做准备。

[0091] 相应的,所述对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行时空标定,得到时空标定数据包括如下步骤:

[0092] S201、对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行空间标定,得到空间标定数据;

[0093] S202、对所述空间标定数据进行时间标定,得到时空标定数据。

[0094] 具体地,如图2所示,先对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行空间标定,得到空间标定数据;例如:为了获取两个激光雷达之间的空间变换参数(即外部参数,或空间外参),在两个激光雷达的周围放置三个平面板,并确保每个平面板都可以被两个激光雷达部分观测到。将两个激光雷达产生的一帧点云数据分别标记为 \mathcal{P}_A 和 \mathcal{P}_B ,从而可以根据 \mathcal{P}_A 和 \mathcal{P}_B 建立三对共面方程。然后,改变三个平面板的位置(但依然确保每个平面板都被两个激光雷达部分观测到)来获取更多共面方程。这样,通过求解共面方程组可以得到两个激光雷达的空间变换参数,记作 T_{ex} 。若增加第三个激光雷达,则可以在前两个激光雷达中任选一个激光雷达与第三个激光雷达按上述方式建立共面方程组,从而求解出第三个激光雷达与前两个激光雷达之间的空间变换参数。若继续增加激光雷达,则从前若干个激光雷达中任选一个激光雷达与新增加的激光雷达按上述方式建立共面方程组,从而求解出新增激光雷达与前若干个激光雷达之间的空间变换参数。

[0095] 得到空间标定数据后,然后对所述空间标定数据进行时间标定,得到时空标定数据。空间变换矩阵 T_{ex} 提供了激光雷达之间在空间维度上的约束,但是如果合并多个激光雷达之间产生的点云数据,但是缺乏激光雷达之间的时间维度上的信息。激光雷达虽然单帧扫描周期虽然相同,但是开始扫描的时刻却有差异,故无法将各激光雷达产生的单帧点云数据直接合并,故需要对空标定数据进行时间标定。例如,在本实施例中,以两个激光雷达为例,待合并的点云数据为 \mathcal{P}_A 和 \mathcal{P}_B ,扫描生成 \mathcal{P}_A 和 \mathcal{P}_B 的时刻为 t_{an} 和 t_{bn} ,在 \mathcal{P}_A 中, t_{ai} 到 t_{ai+1} 为 \mathcal{P}_A 的一帧数据时间长度,如100毫秒, t_{bi} 到 t_{bi+1} 为 \mathcal{P}_B 的一帧数据时间长度,如100毫秒。如图3所示, \mathcal{P}_A 和 \mathcal{P}_B 中颜色相同的区域表示相同的时间域,也即处于同一帧数据中。本发明实施例基于先分割后合并的策略,先分割后合并的策略将分割的时刻为 \mathcal{P}_A 中每一帧数据的结束时刻为参考,对 \mathcal{P}_B 进行分割,将 \mathcal{P}_B 的每帧数据分成两部分(分割前半部分和分割后半部分),将 \mathcal{P}_B 中每一帧的分割前半部分合并到 \mathcal{P}_A 中与 \mathcal{P}_B 帧对应的同一帧数据中,将 \mathcal{P}_B 中每一帧的分割后半部分合并到 \mathcal{P}_A 中与 \mathcal{P}_B 帧对应的后一帧数据中。举例说明,如图3所示, \mathcal{P}_A 的第一帧是 t_{a0} 到 t_{a1} , \mathcal{P}_B 的第一帧是 t_{b0} 到 t_{b1} ,以 t_{a1} 时刻为基准,对 \mathcal{P}_B 中的第一帧数据进行分割,分割线也即split对应的线,也即 t_{a1} 时刻对应的线,将 t_{b0} 到

split时刻的帧数据合并到 t_{a0} 到 t_{a1} 中,将split时刻到 t_{b1} 时刻的数据和并到 t_{a1} 到 t_{a2} 中,后续帧数据的合并方法同理,在此不再赘述。在一种实现方式中,空间标定是线下完成的,且仅需操作一次。在另一种实现方式中,时间标定是实时在线进行的,对于到来的没一对 \mathcal{P}_A 和 \mathcal{P}_B 点云数据都要进行一次时间标定。最终将 \mathcal{P}_A 和 \mathcal{P}_B 融合。

[0096] 得到时空标定数据后,就可以执行如图1所示的如下步骤:S300、提取所述时空标定数据的特征点集,并对所述特征点集进行点云配准,得到重建的地图;其中,所述特征点集包括第一面特征点集、第一角特征点集和边特征点集。

[0097] 在本发明的一种实施方式中,先提取所述时空标定数据的特征点集:第一面特征点集、第一角特征点集和边特征点集。为了得到特征点集,所述提取所述时空标定数据的特征点集包括如下步骤:对于每一个所述时空标定数据,计算所述时空标定数据与前一个所述时空标定数据的点间距,得到第一点间距;对于每一个所述时空标定数据,计算所述时空标定数据与后一个所述时空标定数据的点间距,得到第二点间距;求解所述第一点间距和所述第二点间距的比值,或者所述第二点间距和所述第一点间距的比值,得到间距比值;将所述间距比值大于预设的比值阈值的所述时空标定数据作为间断组数据;将所述间距比值小于或者等于预设的比值阈值的所述时空标定数据作为连续组数据;将所述间断组数据中点间距小于预设距离阈值的所述时空标定数据去除后的剩余点云数据归类为边特征点集;对于每一个所述连续组数据,提取与所述连续组数据位于同一条扫描线上的奇数个相邻点,得到连续组相邻点集;求解所述连续组相邻点集的散布矩阵,并对所述散布矩阵进行奇异值分解,得到第一特征值和第二特征值;根据所述第一特征值和所述第二特征值,得到特征比值;将所述特征比值大于预设的第一特征比阈值的连续组数据归类为第一面特征点集;将所述特征比值小于预设的第二特征比阈值的连续组数据归类为第一角特征点集;其中,所述第一特征比阈值大于第二特征比阈值。

[0098] 具体地,对所述时空标定数据进行分组,得到分组数据;其中,所述分组数据包括间断组数据和连续组数据;在本实施例中,先将点云数据中的每个点都标记上标签,如图4所示,一共分成两组:间断组数据和联系组数据,其中间断组数据包括边特征点集,连续组数据包括角特征点集和面特征点集。边特征点集、角特征点集和面特征点集是用来表述点云的空间几何特征的。记 $\mathcal{P}_t = \{\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \dots, \mathbf{p}_n\}$ 是时刻 t 得到的经时空标定合并后的点云数据 \mathbf{p}_i 表示 \mathcal{P}_t 中的一个点。根据扫描线上的点间距是否发生跳跃,将点集分为间断组数据和连续组数据。具体方法为先计算一点和其同一扫描线上的前一个点的间距与该点与其同一扫描线上的后一个点的间距比值(记作 r_{ps}^i), r_{ps}^i 用作间断组数据和连续组数据的分组依据。在一种实现方式中, r_{ps}^i 的计算如公式(1):

$$[0099] \quad r_{ps}^i = \frac{\|\mathbf{p}_{i+1} - \mathbf{p}_i\|_2}{\|\mathbf{p}_i - \mathbf{p}_{i-1}\|_2} \prec 1 \quad (1)$$

[0100] 如果 $r_{ps}^i > \tau_{ps}$,则该点被归为间断组数据,否则被归为连续组数据, τ_{ps} 是给定的一个标量阈值,例如可以取值为0.1。如果 $r_{ps}^i < 1$,则应该将 r_{ps}^i 赋值为 r_{ps}^i 的倒数,确保其

值大于或等于1。将所述间断组数据中点间距小于预设距离阈值的所述时空标定数据去除后的剩余点云数据归类为边特征点集。在间断组数据中,有些间断点彼此距离很近(也即间断组数据中点间距小于预设距离阈值的所述时空标定数据,其中,预设距离阈值为0.01),故认为这些点是由于遮挡导致的不稳定点(也即由于雷达系统经历快速且不规律的机械颤动引起的激光扫描传感器的激烈位姿变化,最终导致点云数据的抖动),需要将这些点从间断点集中去除,将间断组数据中去除不稳定点后剩下的点集则被提取为边特征点集。在另一种实现方式中,对于每一个所述连续组数据,提取与所述连续组数据位于同一条扫描线上的奇数个相邻点,得到连续组相邻点集;求解所述连续组相邻点集的散布矩阵,并对所述散布矩阵进行奇异值分解,得到第一特征值和第二特征值;根据所述第一特征值和所述第二特征值,得到特征比值;将所述特征比值大于预设的第一特征比阈值的连续组数据归类为第一面特征点集;将所述特征比值小于预设的第二特征比阈值的连续组数据归类为第一角特征点集;其中,所述第一特征比阈值大于第二特征比阈值。实际中按照如下步骤执行:

[0101] 步骤1:对于连续组点集中的一点 p_i ,选取同一条扫描线上的奇数个相邻点,记作相邻点集 $C = \{p_i, p_{i\pm 1}, p_{i\pm 2}, \dots, p_{i\pm n}\}$,通过公式(2)归一化相邻点之间的距离,只保留相邻点之间的方向信息。保留相邻点之间的方向信息具体为将两点之间的距离向量除以距离的模值得到单位向量。将单位向量再加上前一个点的数据向量得到当前点数据向量。

$$[0102] \quad \tilde{p}_{i\pm j} = p_{i\pm(j-1)} + \frac{p_{i\pm j} - p_{i\pm(j-1)}}{\|p_{i\pm j} - p_{i\pm(j-1)}\|_2}, j \in \mathbb{Z}^+ \quad (2)$$

[0103] 步骤2:对于每一点 \tilde{p}_i ,通过公式(3)计算其相邻点集的散布矩阵 Σ 。

$$[0104] \quad \Sigma = \frac{1}{2n+1} \sum_{\tilde{p} \in C} (\tilde{p} - \mu)(\tilde{p} - \mu)^T, \mu = \frac{1}{2n+1} \sum_{\tilde{p} \in C} \tilde{p} \quad (3)$$

[0105] 步骤3:通过公式(4),计算散布矩阵 Σ 的特征比,记作 r_{eg}^i 。在公式(4)中, λ_1 和 λ_2 指代对散布矩阵矩形SVD分解得到的第一特征值和第二特征值。而特征比为散布矩阵的第一特征值 λ_1 和第二特征值 λ_2 的特征比值。特征比的取值范围是 $[0, 1]$,设置第一特征比阈值(可以为0.1)和第二特征比阈值(可以为0.01),其中第一特征比阈值大于第二特征比阈值,然后将特征比值大于第一特征比阈值的点云数据提取为第一角特征点集,将特征比值小于第二特征比阈值的点云数据提取为第一面特征点集。

$$[0106] \quad r_{eg}^i = \lambda_2 / \lambda_1 \quad (4)$$

[0107] 步骤4:对第一角特征点集进行非极大值抑制,也即,进行局部最大值搜索,确保对应空间中的一个角落,每条扫描线在此角落只保留一个具有局部最大值的角特征点。如图4所示描述了边特征点集和角特征点集的区别,具体地,角特征点集为两平面相交的特征,而边特征点集指的是单个平面的边缘特征,并且与另一个平面没有相交的特征。

[0108] 在本发明的另一种实施方式中,所述提取所述时空标定数据的特征点集之后包括如下步骤:获取地面扫描线的第二点云数据和中心坐标,并将所述地面扫描线中心坐标作为种子点;提取所述第二点云数据的第二面特征点集和第二角特征点集;计算所述种子点到所述第二面特征点集中的点的距离,得到距离值,并根据所述距离值得到最小距离值;将所述最小距离值对应的所述第二面特征点集中的点作为初始点;以所述初始点为出发点同

时进行前后搜索,得到第一搜索点;根据所述第一搜索点和所述种子点,得到所述第一搜索点和所述种子点的竖直方向距离;当确定所述第一搜索点属于第二角特征点集或者所述竖直方向距离大于预设的竖直方向距离阈值时,将所述第一搜索点归类为地面点集,并根据所述地面点集,拟合地面的平面方程;当确定所述第一搜索点不属于第二角特征点集并且所述竖直方向距离小于等于预设的竖直方向距离阈值时,将所述第一搜索点归类为地面点集,并继续执行以所述初始点为出发点同时进行前后搜索,得到第一搜索点的步骤;重新搜索所述第二点云数据中的所有点,得到第二搜索点;计算所述第二搜索点到所述平面方程的距离,得到点面距离值;当所述点面距离值小于预设的点面距离阈值时,将所述第二搜索点归类为地面点集,得到地面点集,以实现地面的分割。

[0109] 实际中,先获取地面扫描线的第二点云数据和中心坐标,并将所述地面扫描线中心坐标作为种子点;由于激光雷达的坐标原点处于第一个激光雷达的机械中心位置(在附图5中标记为黑色点 p_a),若携带背包的用户的身高已知,则在激光雷达坐标系下该用户的足部位置,以及地面上的扫描线中心位置可以近似估计出来。用户的足部位置在附图5中标记为黑色点 p_b ,地面上扫描线的中心位置在附图5中标记为黑色点 p_c 。在具体实施方式中,假设背包用户身高为1.8米,第一个激光雷达处于用户头部上方0.1米,则地面扫描下的中心位置 p_c 的坐标可以粗略估计为(-1,0,-1.9)米,将这个估计的中心坐标作为种子点进行地面点的快速搜索。然后根据所述第二点云数据和所述种子点,得到地面点集,以实现地面的分割。相应的,所述根据所述第二点云数据和所述种子点,得到地面点集,以实现地面的分割包括如下步骤:提取所述第二点云数据的第二面特征点集和第二角特征点集;根据所述第二面特征点集和所述种子点,得到初始点;根据所述第二点云数据、所述初始点和所述第二角特征点集,得到地面点集,以实现地面的分割。

[0110] 具体地,先提取所述第二点云数据的第二面特征点集和第二角特征点集。实际中,第二点云数据来自于激光雷达的每一条扫描线,故可以对每一条扫描线进行如下操作:

[0111] 步骤1:提取该扫描线的第二点云数据的第二面特征点集,并搜索距离种子点最近的第二面特征点集中的点云数据,将这符合上述条件的点云数据作为起始点;也即根据所述第二面特征点集和所述种子点,得到初始点;

[0112] 得到初始点后,以所述初始点为出发点同时进行前后搜索,得到第一搜索点。相应的,所述以所述初始点为出发点同时进行前后搜索,得到第一搜索点包括如下步骤:获取与所述初始点对应的地面扫描线;以所述地面扫描线的初始点为出发点,在所述地面扫描线的前后两个方向同时进行搜索,得到第一搜索点。然后根据所述第一搜索点和所述种子点,得到所述第一搜索点和所述种子点的竖直方向距离,相应的,所述根据所述第一搜索点和所述种子点,得到所述第一搜索点和所述种子点的竖直方向距离包括如下步骤:获取所述第一搜索点的竖直方向坐标;获取所述种子点的竖直方向坐标;根据所述第一搜索点的竖直方向坐标和所述种子点的竖直方向坐标,得到所述第一搜索点和所述种子点的竖直方向距离。当确定所述第一搜索点属于第二角特征点集或者所述竖直方向距离大于预设的竖直方向距离阈值时,将所述第一搜索点归类为地面点集,并根据所述地面点集,拟合地面的平面方程;当确定所述第一搜索点不属于第二角特征点集并且所述竖直方向距离小于等于预设的竖直方向距离阈值时,将所述第一搜索点归类为地面点集,并继续执行以所述初始点为出发点同时进行前后搜索,得到第一搜索点的步骤;重新搜索所述第二点云数据中的所

有点,得到第二搜索点;计算所述第二搜索点到所述平面方程的距离,得到点面距离值;当所述点面距离值小于预设的点面距离阈值时,将所述第二搜索点归类为地面点集,得到地面点集,以实现地面的分割。举例说明,如步骤2-4所示:

[0113] 步骤2:从初始点出发,在扫描线上同时向前和向后的两个方向进行搜索,如果当前的第一搜索点属于第二角特征点集,或者将第一搜索点的竖直方向坐标减去种子点的竖直方向坐标,得到第一搜索点与种子点的竖直方向距离,当前第一搜索点与种子点的竖直方向距离(也即Z轴方向距离)大于预设的竖直方向距离阈值(该竖直方向距离阈值根据激光雷达传感器的质量和精度来设定。例如,对于Velodyne HiRes激光雷达,该竖直方向距离阈值可设置为0.06m;而对于精度更低的激光雷达,则需要增大该竖直方向距离阈值。而具体需要增大或降低多少,则需要根据工程经验设置),则跳转至步骤3;否则,将当前搜索点加入到地面点集,继续向前和向后搜索,直至本步骤的搜索点都满足当前搜索点属于第二角特征点集,或者当前搜索点与种子点在竖直方向距离大于预设的竖直方向距离阈值的条件则结束步骤2的操作,执行步骤3的步骤。

[0114] 步骤3:利用步骤2所得到的地面点集,拟合地面的平面方程。

[0115] 步骤4:重新搜索第二点云数据中的所有点云数据,若某一个点云数据到步骤3所拟合的平面方程的距离小于给定距离阈值(该给定距离阈值同样要根据激光雷达传感器的质量和精度来设定。本例中设置为0.1m),则将该点云数据加入至地面点集。最终完成地面点的提取,实现对地面的分割。

[0116] 在本发明的另一种实施方式中,提取所述时空标定数据的特征点集后,对所述特征点集进行点云配准,得到重建的地图;其中,所述特征点集包括第一面特征点集、第一角特征点集和边特征点集。相应的,所述对所述特征点集进行点云配准,得到重建的地图包括如下步骤:获取第一点云数据的六个自由度的刚性运动变换;基于点云配准准则,根据所述特征点集和所述刚性运动变换,得到重建的地图。

[0117] 具体地,获取第一点云数据的六个自由度的刚性运动变换;例如:先获取沿空间三个正交坐标轴方向的平移量 $[t_x, t_y, t_z]$,然后获取绕空间三个正交坐标轴方向的旋转量 $[\alpha, \beta, \gamma]$,将平移量 $[t_x, t_y, t_z]$ 和旋转量 $[\alpha, \beta, \gamma]$ 融合在一起,得到第一点云数据的六个自由度的刚性运动变换 $\xi = [t_x, t_y, t_z, \alpha, \beta, \gamma]^T$ 。然后基于点云配准准则,根据所述特征点集和所述刚性运动变换,得到重建的地图。在一种实现方式中,根据第一点云数据的六个自由度的刚性运动变换 $\xi = [t_x, t_y, t_z, \alpha, \beta, \gamma]^T$,结合点云的运动方向,就可以得到点云数据在移动过程中的里程计轨迹。相应的,所述基于点云配准准则,根据所述特征点集和所述刚性运动变换,得到重建的地图包括如下步骤:对所述特征点集和所述刚性运动变换进行空间变换操作,得到空间变换函数;根据所述空间变换函数,构造拟合函数;针对所述特征点集中的每一个特征点,搜索与所述特征点对应的预设数量的临近点,并根据所述临近点构造临近点集;根据所述临近点集,得到临近点集散布矩阵;根据所述临近点集散布矩阵,得到第一特征值、第二特征值和第三特征值;根据所述第一特征值、所述第二特征值和所述第三特征值,得到拟合权重因子;基于点云配准准则,根据所述拟合函数和所述拟合权重因子,确定重建的地图。

[0118] 在一种配准实践的实施方式中,给定点云数据 S 和 M , 则可以根据公式(5)将配准问题描述为求解最小二乘问题,也即公式(5)为基于点云配准准则。其中点云数据 S 和地

图M仅保留提取到的第一面特征点集、第一角特征点集和边特征点集。 ρ_i 是权重因子,用来衡量直线与平面的拟合质量的指标。 p_i 表示点云数据S中的一个特征点,运算符 $T(\cdot)$ 则表示一次空间变换操作。

$$[0119] \quad \min_{\xi \in \mathbb{R}^6} f = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \|\rho_i \cdot D(T(p_i, \xi))\|^2 : \mathbb{R}^6 \rightarrow \mathbb{R} \quad (5)$$

[0120] 将“点云数据-地图”配准的问题构造成最小二乘问题, $D(T(p_i, \xi))$ 为拟合函数,残差单元包含了拟合函数。在本实施例中,对残差单元中的拟合函数设置权重 ρ_i ,拟合权重也即拟合质量。在一种实现方式中,直线与平面的拟合质量通过以下方式得到:

[0121] 步骤1:对于点云中的每一个特征点,在地图中搜索指定数量的临近点,构成临近点集,其中,所述临近点集为现有技术。

[0122] 步骤2:计算临近点集的散布矩阵,通过奇异值分解得到散布矩阵的三个特征值 λ_1 、 λ_f 和 λ'_f 。

[0123] 步骤3:若该特征点为边特征点集中的点或者该特征点为第一角特征点集中的点,则临近点集被拟合成直线;若该特征点为第一面特征点集中的点,则临近点集被拟合成平面。 λ_1 表示散布矩阵的第一特征值;若临近点集被拟合成直线,则 λ_f 表示散布矩阵的第二特征值;得到直线的拟合质量 $\rho_i = \sqrt{(\lambda_1^2 - \lambda_f'^2)/(\lambda_1^2)}$,若临近点集被拟合成平面,则 λ'_f 表示

散布矩阵的第三特征值,得到平面的拟合质量 $\rho_i = \sqrt{(\lambda_1^2 - \lambda_f^2)/(\lambda_1^2)}$ 。其中, ρ_i 表示直线或平面的拟合质量,取值范围为[0,1]。经过上述配准实践后就能将点云数据配准到地图中,得到重建的地图。

[0124] 为了验证本发明的效果,本发明实施例分别在四种场景下进行实验,并与现有方法进行比较。

[0125] 四种场景包括两个室外场景和两个室内场景,分别为:维多利亚港、校园、建筑物楼层和楼梯。

[0126] 对于维多利亚港场景的实验,图6展示了本发明实施例的算法所生成的里程计轨迹图,和现有的两种同类方法(LOAM和LEGO-LOAM)的里程计轨迹图进行比较。可以看出本发明实施例的轨迹漂移最小,图7展示了本发明的实时地面分割效果图,图8展示了本发明的地图重建效果图,并将重建的地图与谷歌地球进行对齐,证明本发明实施例的方法与之有一致性。

[0127] 对于校园场景的实验,图9同样展示了本发明实施例的方法与现有两种同类方法(LOAM和LEGO-LOAM)的里程计轨迹的对比。依然可以看出本发明实施例的方法具备最小的里程及轨迹漂移。图10展示了校园场景下本发明实施例的实时地面分割效果图。图11展示了本发明的地图重建效果图,地图颜色通过点云的反射率渲染。地面上的油漆字体,甚至砖块之间的缝隙均可见,体现了本发明实施例的方法在建图方面的精度。

[0128] 对于建筑物楼层场景的实验,图12(a)和图12(b)分别展示了两种现有同类方法(LOAM和LEGO-LOAM)的里程计轨迹图,图12(c)展示了本发明实施例方法实现的里程计轨迹图。三张里程计轨迹图的视角均为鸟瞰图。通过对比鸟瞰视角下的轨迹图发现,本发明所提

方法和LOAM方法的里程计轨迹误差均低于LEGO-LOAM方法的里程计轨迹误差。另外,图13和图14以主视图视角对比了LOAM方法和本发明所提方法实现的建图效果,图中黑色虚线表示水平面。可以发现LOAM方法所建之图有明显的向下漂移,而本发明所提方法未见明显漂移。

[0129] 对于楼梯场景下的实验,图15(a)和15(b)对比了LOAM方法和本发明实施例方法的建图效果。可以看出,本发明所提方法实现的建图效果具有更清晰的建筑框架,尤其在图中黑色框选区域。图15(c)和15(d)展示了更明显的细节对比,通过对比墙壁上的楼层数字,更加可以看出本发明实施例的方法实现的建图效果精度更高。

[0130] 最后,通过实验得到,本发明所提特征提取方法和地面分割方法在OpenMP库的帮助下共计耗时不超过10ms每帧(2个Velodyne VLP-16激光雷达传感器,Intel NUC10i7FNH)。

[0131] 示例性设备

[0132] 如图16中所示,本发明实施例提供一种基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割装置,该装置包括第一点云数据获取单元401,时空标定数据获取单元402,地图重建单元403,其中:

[0133] 第一点云数据获取单元401,用于获取若干激光雷达的第一点云数据;

[0134] 时空标定数据获取单元402,用于对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行时空标定,得到时空标定数据;其中,所述时空标定用于表征对点云数据的时间维度和空间维度的标定;

[0135] 地图重建单元403,用于提取所述时空标定数据的特征点集,并对所述特征点集进行点云配准,得到重建的地图;其中,所述特征点集包括第一面特征点集、第一角特征点集和边特征点集。

[0136] 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17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背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法。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。

[0137] 本领域技术人员可以理解,图17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。

[0138] 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:

[0139] 获取若干激光雷达的第一点云数据;

[0140] 对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行时空标定,得到时空标定数据;其中,所述时空标定用于表征对点云数据的时间维度和空间维度的标定;

[0141] 提取所述时空标定数据的特征点集,并对所述特征点集进行点云配准,得到重建

的地图;其中,所述特征点集包括第一面特征点集、第一角特征点集和边特征点集。

[0142] 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。

[0143] 综上所述,本发明公开了基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法、智能终端、存储介质,所述方法包括:获取若干激光雷达的第一点云数据;对每一个激光雷达的所述第一点云数据进行时空标定,得到时空标定数据;其中,所述时空标定用于表征对点云数据的时间维度和空间维度的标定;提取所述时空标定数据的特征点集,并对所述特征点集进行点云配准,得到重建的地图;其中,所述特征点集包括第一面特征点集、第一角特征点集和边特征点集。本发明实施例通过对若干激光雷达的点云数据进行时间和空间的标定实现点云合并,然后提取所述时空标定数据的面特征点集、角特征点集和边特征点集,能提高的后续点云配准精度,同时实现快速提取地面点。

[0144] 基于上述实施例,本发明公开了一种基于背包式激光雷达系统的建图和地面分割方法,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。

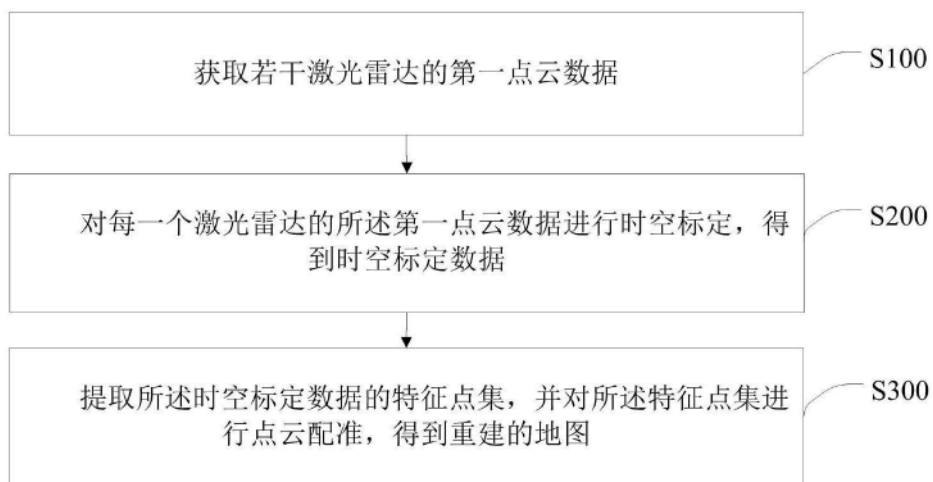


图1

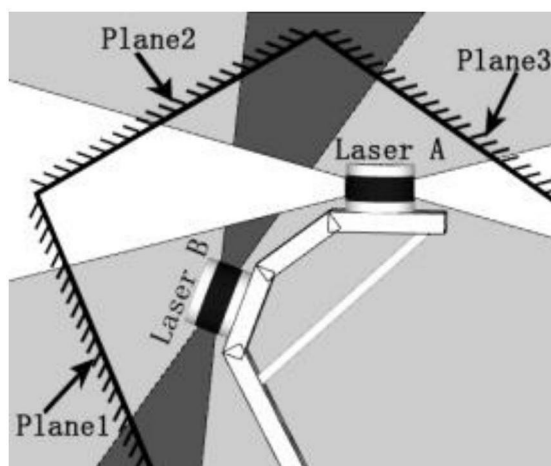


图2

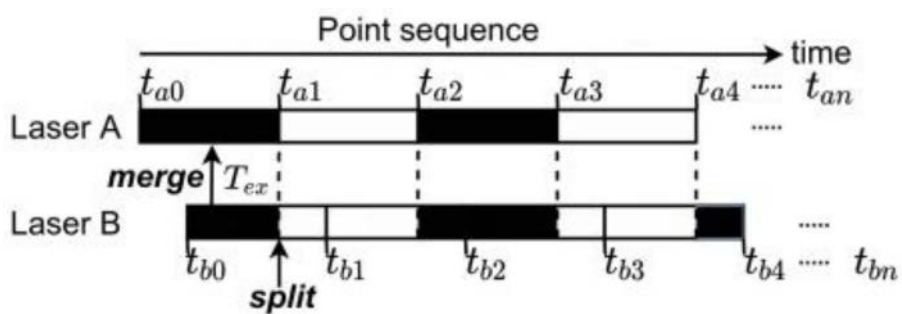


图3

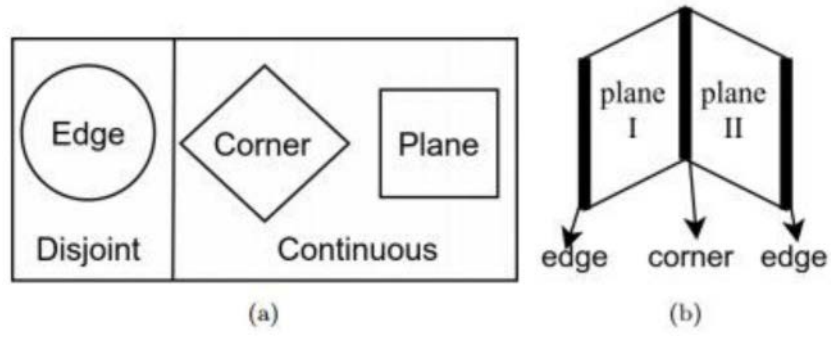


图4

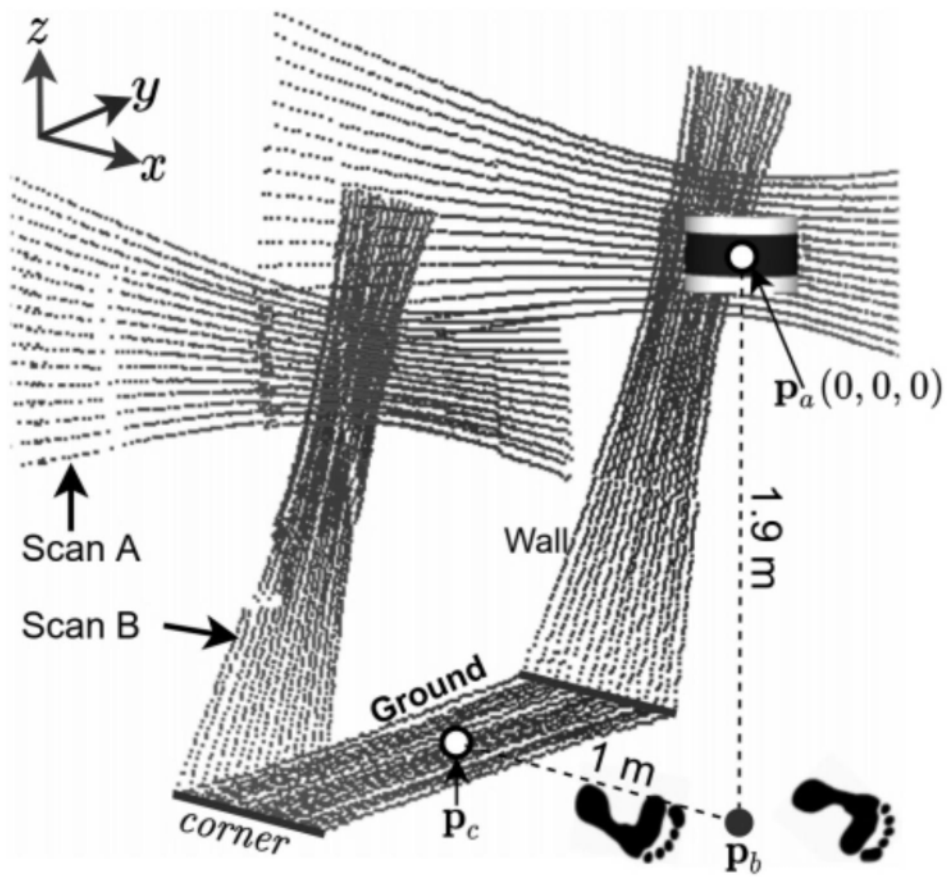


图5

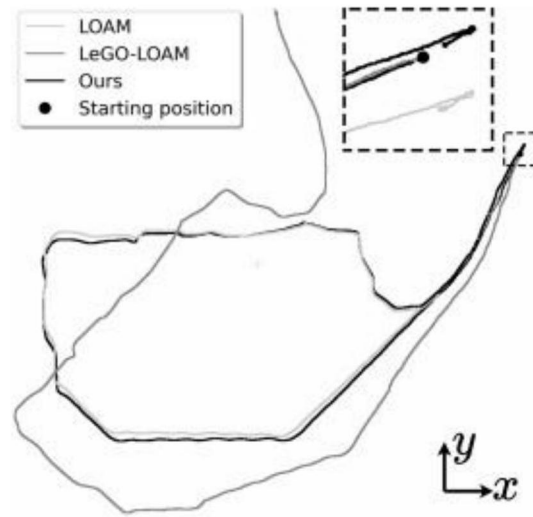


图6

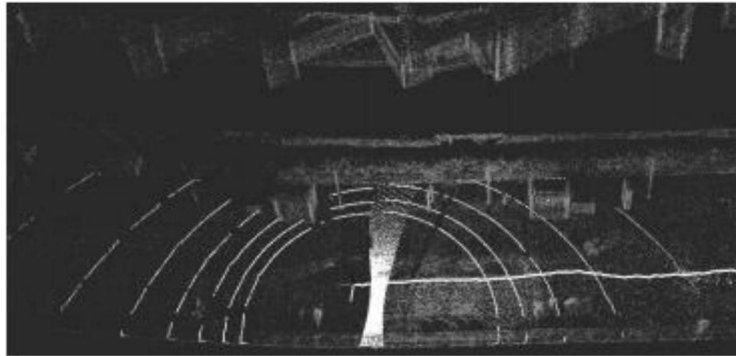


图7



图8

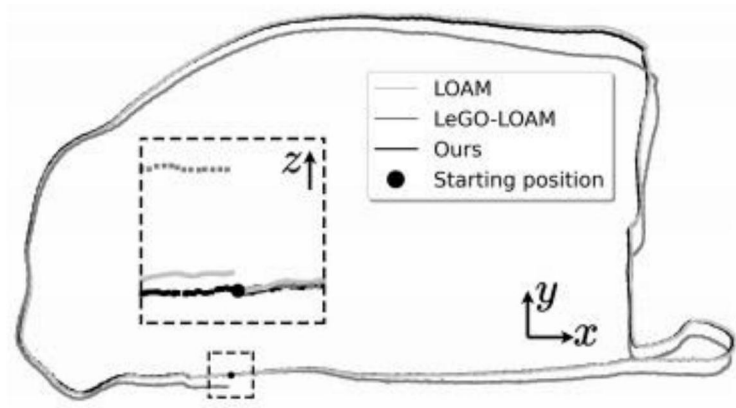


图9

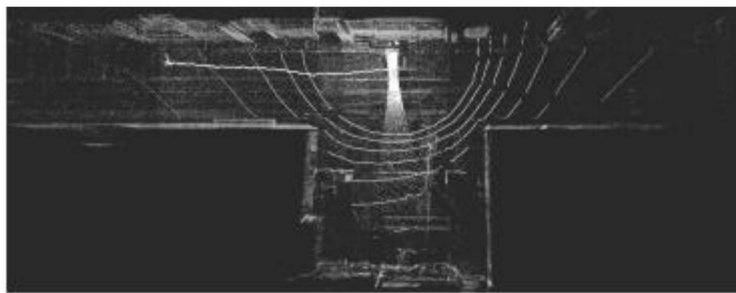


图10

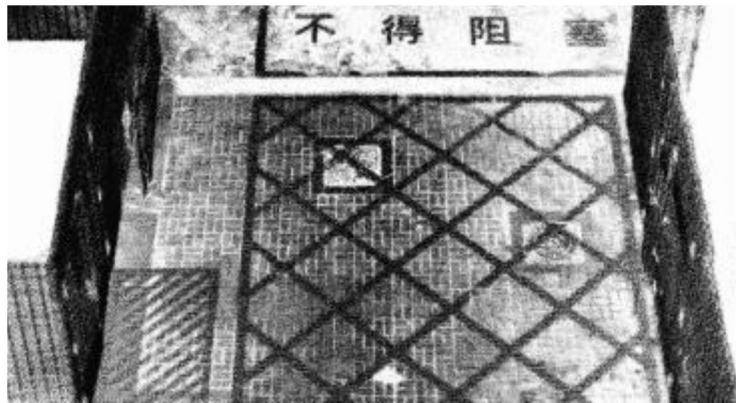


图11

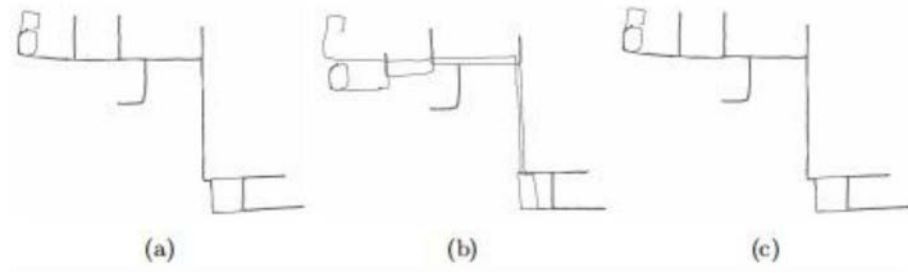


图12



图13



图14

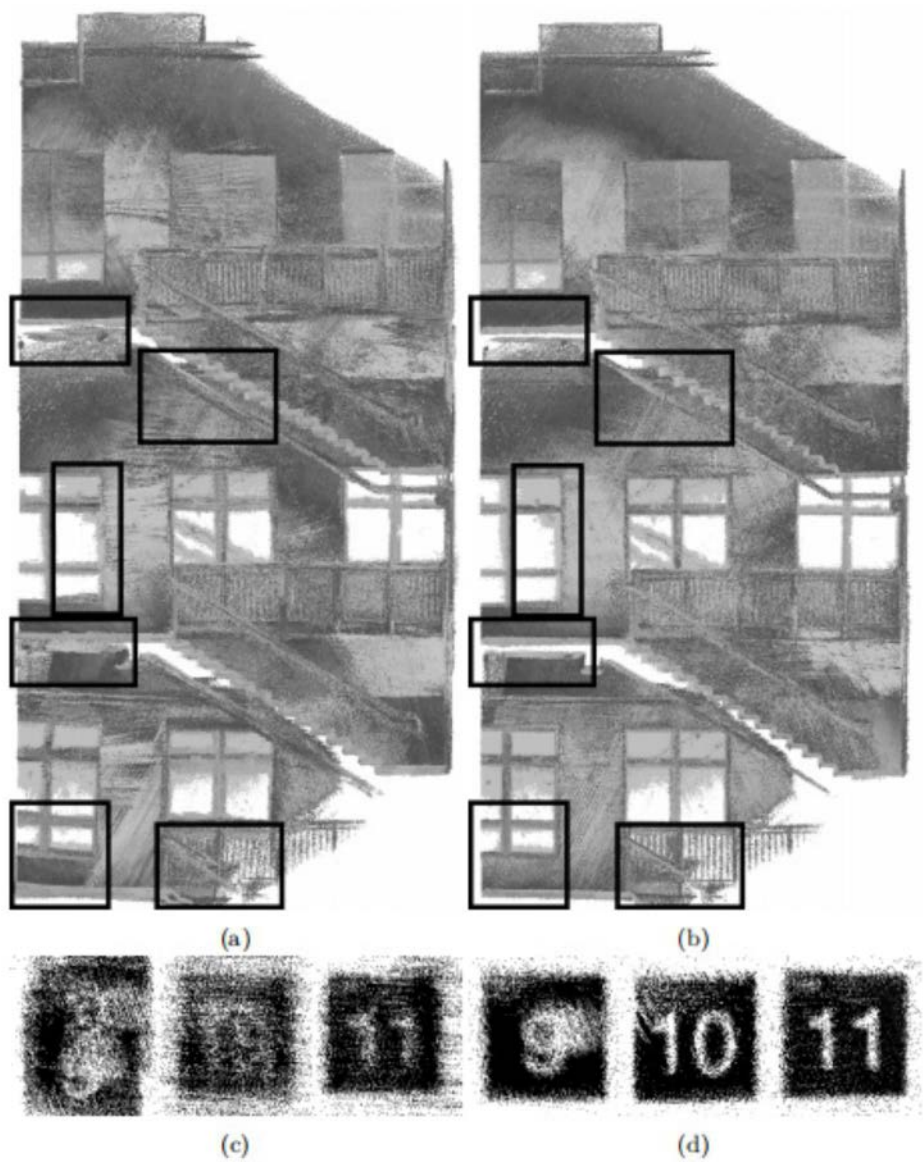


图15

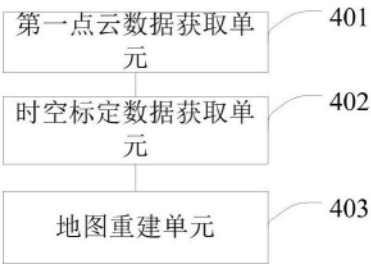


图16

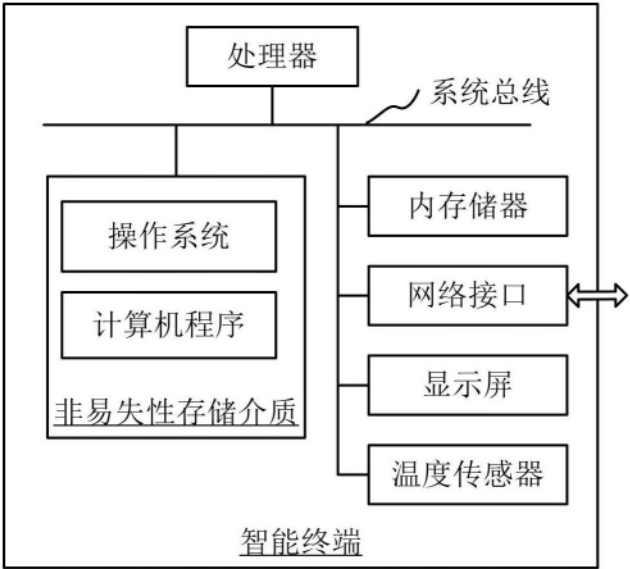


图17