



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113959362 A

(43) 申请公布日 2022. 01. 21

(21) 申请号 202111107578.3

(22) 申请日 2021.09.22

(71) 申请人 杭州申昊科技股份有限公司

地址 311121 浙江省杭州市余杭区仓前街道长松街6号

(72) 发明人 邓成呈 张猛 丁祥宇 蔡晓君

(74) 专利代理机构 北京易捷胜知识产权代理事务所(普通合伙) 11613

代理人 齐胜杰

(51) Int. Cl.

G01B 11/25 (2006.01)

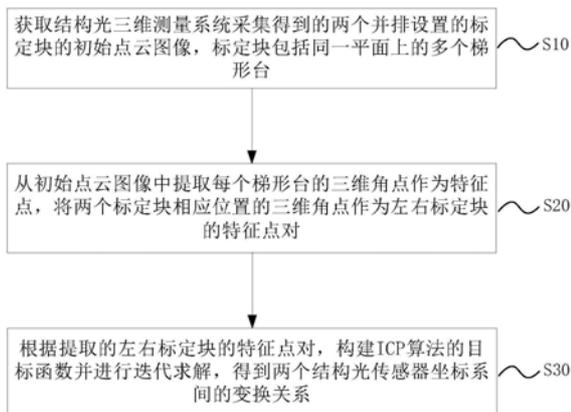
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

结构光三维测量系统标定方法、巡检数据处理方法

(57) 摘要

本申请属于轨道检测技术领域,具体涉及一种巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法,结构光三维测量系统包括设置于巡检机器人两侧的两个结构光传感器;该方法包括:S10、获取结构光三维测量系统采集得到的两个并排设置的标定块的初始点云图像,标定块包括同一平面上的多个梯形台;S20、从初始点云图像中提取每个梯形台的三维角点作为特征点,将两个标定块相应位置的三维角点作为左右标定块的特征点对;S30、根据提取的左右标定块的特征点对,构建ICP算法的目标函数并进行迭代求解,得到两个结构光传感器坐标系间的变换关系。通过本申请的方法可准确、高效地标定结构光传感器,提高了结构光测量的准确率和效率。



1. 一种巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法,其特征在于,所述结构光三维测量系统包括设置于所述巡检机器人两侧的两个结构光传感器,该方法包括:

S10、获取结构光三维测量系统采集得到的两个并排设置的标定块的初始点云图像,所述标定块包括同一平面上的多个梯形台;

S20、从所述初始点云图像中提取每个梯形台的三维角点作为特征点,将两个标定块对应位置的三维角点作为左右标定块的特征点对;

S30、根据提取的左右标定块的特征点对,构建ICP算法的目标函数并进行迭代求解,得到两个结构光传感器坐标系间的变换关系。

2. 根据权利要求1所述的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法,其特征在于,在S10之前还包括:

将巡检机器人放置在标定平台上,以保证巡检机器人行走的左右一致性;

通过巡检机器人中左右两侧结构光传感器扫描固定在所述标定平台上的两个并排设置的标定块,其中,两个标定块设置在左右两侧结构光传感器的工作范围内;

通过左右两侧结构光传感器采集两个标定块的点云图像。

3. 根据权利要求2所述的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法,其特征在于,所述标定块为设置于一个基准平面上的呈阵列排布的16个梯形台。

4. 根据权利要求3所述的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法,其特征在于, S20中从所述初始点云图像中提取每个梯形台的三维角点包括:

S21、采用预设的点云图像分割算法从所述初始点云图像中提取得到梯形台的侧面、上表面和底面的平面数学模型;

S22、针对每个梯形台的三维角点,基于各三维角点相邻三个面的平面数据模型求解得到每个标定块的128个三维角点坐标。

5. 根据权利要求1所述的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法,其特征在于, S30包括:

S31、通过solidWorks构建两个并排设置的标定块的标准stl模型,并生成的两个标定块的标准点云图像;

S32、基于ICP算法进行两个结构光传感器采集的两个初始点云图像分别和所述标准点云图像配准,得到旋转和平移矩阵,所述旋转和平移矩阵包括左标定块旋转矩阵、左标定块平移矩阵、右标定块旋转矩阵、右标定块平移矩阵;

S33、根据旋转和平移矩阵和两个标定块的相对位置关系,得到两组结构光坐标系间的变换关系。

6. 根据权利要求1所述的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法,其特征在于,所述目标函数为:

$$E(R, t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|q_i - (Rp_i + t)\|^2$$

其中, n 为最邻近点对的个数, p_i 为目标点云 P 中的一点, q_i 为源点云 Q 中与 p_i 对应的最近点, R 为旋转矩阵, t 为平移向量。

7. 根据权利要求1所述的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法,其特征在于,两

个结构光传感器坐标系间的变换关系包括到左侧结构光传感器中相机坐标系到右侧结构光传感器中相机坐标系的旋转矩阵和平移矩阵。

8. 一种轨道线路巡检机器人的巡检数据处理方法,其特征在于,该方法包括:

采用权利要求1至7任一项所述的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法得到两个结构光传感器坐标系间的变换关系;

获取轨道线路巡检机器人通过结构光三维测量系统进行线路检测时采集得到的两个点云图像;

基于所述变换关系调整两个点云图像;

基于调整后的点云图像进行三维重建。

9. 一种电子设备,其特征在于,包括:存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述计算机程序被所述处理器执行时实现如上权利要求1至7任一项所述的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法的步骤。

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权利要求1至7任一项所述的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法的步骤。

结构光三维测量系统标定方法、巡检数据处理方法

技术领域

[0001] 本申请属于轨道检测技术领域,具体涉及一种巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法。

背景技术

[0002] 巡检机器人采用左右结构光分别对钢轨截面进行检测,进而计算轨距值。由于机械加工精度和人工安装误差的原因,左右两个激光摄像组件的空间位置关系未知,无法判断左右两个激光平面是否共面安装,常常导致左右结构光测量点在行走方向是错位的,进而引入测量误差。

[0003] CN112785654A专利通过轨道几何检测系统中左右两侧激光摄像组件中相机采集多幅标定靶标不同姿态下的平面标定板图像,得到左右两侧激光摄像组件中相机坐标系之间的变换关系。但是该方式需要保证左右两侧相机能够同时拍摄到完整的对应平面标定板的情况下,且需要采集多幅标定靶标沿运动坐标系的三个轴平移,绕三个轴旋转不同姿态下的平面标定板图像。该过程中往往由于无法满足左右结构光同时拍摄照片而无法得到满足。

[0004] 现有方法无法准确、高效地标定激光摄像组件,降低了结构光测量的准确率和效率。

发明内容

[0005] (一)要解决的技术问题

[0006] 鉴于现有技术的上述缺点、不足,本申请提供一种结构光三维测量系统标定方法、巡检数据处理方法。

[0007] (二)技术方案

[0008] 为达到上述目的,本申请采用如下技术方案:

[0009] 第一方面,本申请实施例提供一种巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法,所述结构光三维测量系统包括设置于所述巡检机器人两侧的两个结构光传感器,该方法包括:

[0010] S10、获取结构光三维测量系统采集得到的两个并排设置的标定块的初始点云图像,所述标定块包括同一平面上的多个梯形台;

[0011] S20、从所述初始点云图像中提取每个梯形台的三维角点作为特征点,将两个标定块对应位置的三维角点作为左右标定块的特征点对;

[0012] S30、根据提取的左右标定块的特征点对,构建ICP算法的目标函数并进行迭代求解,得到两个结构光传感器坐标系间的变换关系。

[0013] 可选地,在S10之前还包括:

[0014] 将巡检机器人放置在标定平台上,以保证巡检机器人行走的左右一致性;

[0015] 通过巡检机器人中左右两侧结构光传感器扫描固定在所述标定平台上的两个并

排设置的标定块,其中,两个标定块设置在左右两侧结构光传感器的工作范围内;

[0016] 通过左右两侧结构光传感器采集两个标定块的点云图像。

[0017] 可选地,所述标定块为设置于一个基准平面上的呈阵列排布的16个梯形台。

[0018] 可选地,S20中从所述初始点云图像中提取每个梯形台的三维角点包括:

[0019] S21、采用预设的点云图像分割算法从所述初始点云图像中提取得到梯形台的侧面、上表面和底面的平面数学模型;

[0020] S22、针对每个梯形台的三维角点,基于各三维角点相邻三个面的平面数据模型求解得到每个标定块的128个三维角点坐标。

[0021] 可选地,S30包括:

[0022] S31、通过solidWorks构建两个并排设置的标定块的标准stl模型,并生成的两个标定块的标准点云图像;

[0023] S32、基于ICP算法进行两个结构光传感器采集的两个初始点云图像分别和所述标准点云图像配准,得到旋转和平移矩阵,所述旋转和平移矩阵包括左标定块旋转矩阵、左标定块平移矩阵、右标定块旋转矩阵、右标定块平移矩阵;

[0024] S33、根据旋转和平移矩阵和两个标定块的相对位置关系,得到两组结构光坐标系间的变换关系。

[0025] 可选地,所述目标函数为:

$$[0026] \quad E(R, t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \| q_i - (Rp_i + t) \|^2$$

[0027] 其中,n为最邻近点对的个数, p_i 为目标点云P中的一点, q_i 为源点云Q中与 p_i 对应的最近点,R为旋转矩阵,t为平移向量。

[0028] 可选地,两个结构光传感器坐标系间的变换关系包括到左侧结构光传感器中相机坐标系到右侧结构光传感器中相机坐标系的旋转矩阵和平移矩阵。

[0029] 第二方面,本申请实施例提供一种轨道线路巡检机器人的巡检数据处理方法,该方法包括,

[0030] 采用如上第一方面任一项所述的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法得到两个结构光传感器坐标系间的变换关系;

[0031] 获取轨道线路巡检机器人通过结构光三维测量系统进行线路检测时采集得到的两个点云图像;

[0032] 基于所述变换关系调整两个点云图像;

[0033] 基于调整后的点云图像进行三维重建。

[0034] 第三方面,本申请实施例提供一种电子设备,包括:存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述计算机程序被所述处理器执行时实现如上第一方面任一项所述的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法的步骤。

[0035] 第四方面,本申请实施例提供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第一方面任一项所述的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法的步骤。

[0036] (三)有益效果

[0037] 本申请的有益效果是:本申请提出了一种巡检机器人的结构光三维测量系统标定

方法,结构光三维测量系统包括设置于巡检机器人两侧的两个结构光传感器;该方法包括:S10、获取结构光三维测量系统采集得到的两个并排设置的标定块的初始点云图像,标定块包括同一平面上的多个梯形台;S20、从初始点云图像中提取每个梯形台的三维角点作为特征点,将两个标定块相应位置的三维角点作为左右标定块的特征点对;S30、根据提取的左右标定块的特征点对,构建ICP算法的目标函数并进行迭代求解,得到两个结构光传感器坐标系间的变换关系。通过该方法可准确、高效地标定结构光传感器。

[0038] 进一步地,本申请还提出了一种轨道线路巡检机器人的巡检数据处理方法,该方法包括:采用上述的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法得到两个结构光传感器坐标系间的变换关系;获取轨道线路巡检机器人通过结构光三维测量系统进行线路检测时采集得到的两个点云图像;基于变换关系调整两个点云图像;基于调整后的点云图像进行三维重建。通过该方法大大降低了由于左右结构光测量点在行走方向是错位而引入的测量误差,提高了结构光测量的准确率和效率。

附图说明

[0039] 本申请借助于以下附图进行描述:

[0040] 图1为本申请一个实施例中的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法流程图示意图;

[0041] 图2为本申请一个实施例中的标定块的结构示意图;

[0042] 图3为本申请一个实施例中的梯形台面和角点示意图;

[0043] 图4为本申请另一个实施例中的轨道线路巡检机器人的巡检数据处理方法流程图示意图;

[0044] 图5为本申请又一实施例中的电子设备的架构示意图。

具体实施方式

[0045] 为了更好的解释本发明,以便于理解,下面结合附图,通过具体实施方式,对本发明作详细描述。可以理解的是,以下所描述的具体的实施例仅仅用于解释相关发明,而非对该发明的限定。另外还需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合;为了便于描述,附图中仅示出了与发明相关的部分。

[0046] 实施例一

[0047] 图1为本申请一个实施例中的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法流程图示意图。如图1所示,本实施例的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法中,结构光三维测量系统包括设置于巡检机器人两侧的两个结构光传感器,该方法包括:

[0048] S10、获取结构光三维测量系统采集得到的两个并排设置的标定块的初始点云图像,标定块包括同一平面上的多个梯形台;

[0049] S20、从初始点云图像中提取每个梯形台的三维角点作为特征点,将两个标定块相应位置的三维角点作为左右标定块的特征点对;

[0050] S30、根据提取的左右标定块的特征点对,构建ICP算法的目标函数并进行迭代求解,得到两个结构光传感器坐标系间的变换关系。

[0051] 本实施例的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法,可以准确、高效地标定

结构光传感器,提高了结构光测量的准确率和效率。

[0052] 为了更好地理解本发明,以下对本实施例中的各步骤进行展开说明。

[0053] S10中,巡检机器人可以是铁路线路巡检机器人。

[0054] S10中,标定块包括同一平面上的多个梯形台,梯形台的数量至少为2个。具体地,本实施例中,标定块可以是设置于一个基准平面上的呈阵列排布的16个梯形台。图2为本申请一个实施例中的标定块的结构示意图,如图2所示,4*4个标准梯形台共置在一个基准平面上,16个梯形台呈等间隔的阵列分布。

[0055] 需要说明的是,本实施例仅仅是对梯形台的数量作示例性说明,并不构成对梯形台数量的具体限定。

[0056] 图3为本申请一个实施例中的梯形台面和角点示意图,如图3所示,取标定块的左上角梯形台示意,其中,A是基准平面,B、C、D、E分别是梯形台的四个侧面,F为梯形台上表面且与A基准面平行。a为A、B、E三个面的唯一交点,b为A、B、C三个面的唯一交点;c为A、D、C三个面的唯一交点;d为A、D、E三个面的唯一交点;e为E、B、F三个面的唯一交点;f为C、B、F三个面的唯一交点;g为E、D、F三个面的唯一交点;h为D、C、F三个面的唯一交点。

[0057] 本实施例中,S20中从初始点云图像中提取每个梯形台的三维角点包括:

[0058] S21、采用预设的点云图像分割算法从初始点云图像中提取得到梯形台的侧面、上表面和底面的平面数学模型;

[0059] 具体地,预设的点云图像分割算法可以是随机采样一致性算法。

[0060] 使用随机采样一致性算法从初始点云图像中分别提取各平面,即梯形台的侧面、上表面和底面;具体包括:

[0061] S211、从样本中随机抽选出一个样本子集,然后使用最小方差估计算法对这个子集计算模型参数;

[0062] 平面模型适应于假设的局内点,即所有的未知参数都能从假设的且足够多的局内点计算得出。

[0063] S212、计算所有样本与该模型的偏差,再用一个预先设定好的阈值与偏差进行比较,当偏差小于阈值时,则该点标记为局内点,否则剔除;

[0064] 用S211中得到的模型去测试所有的其它数据,如果某个点适用于估计的模型,认为它也是局内点。如果有足够多的点被归类为假设的局内点,那么估计的模型就足够合理。

[0065] S213、用所有假设的局内点去重新估计模型,进一步求取更为精确的模型参数。

[0066] S214、通过估计局内点与模型的错误率来评估模型。

[0067] S215、重复S211-S214,直至满足结束条件,得到的模型参数即为最佳平面模型;其中,结束条件包括:模型符合假设的约束条件,即错误率小于期望的误差率、迭代次数达到预设的次数。

[0068] 通过随机采样一致性算法从初始点云图像中分别提取得到梯形台的侧面、上表面和底面的模型。

[0069] S22、针对每个梯形台的三维角点,基于各三维角点相邻三个面的平面数据模型求解得到每个标定块的128个三维角点坐标。

[0070] 本实施例中,梯形台的三维角点由相邻三个面的公共交点唯一确定,以下对求解相邻三个面的唯一公共交点的过程进行说明。

[0071] 三个平面方程假设如下所示：

$$[0072] \quad a_1x+b_1y+c_1z+d_1=0$$

$$[0073] \quad a_2x+b_2y+c_2z+d_2=0$$

$$[0074] \quad a_3x+b_3y+c_3z+d_3=0$$

[0075] 其中, a_1 、 a_2 、 a_3 、 b_1 、 b_2 、 b_3 、 c_1 、 c_2 、 c_3 、 d_1 、 d_2 、 d_3 分别为平面方程系数。

[0076] 建立矩阵方程：

$$[0077] \quad \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -d_1 \\ -d_2 \\ -d_3 \end{bmatrix}$$

[0078] 可解：

$$[0079] \quad x = \frac{\begin{vmatrix} -d_1 & b_1 & c_1 \\ -d_2 & b_2 & c_2 \\ -d_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}}{d}, \quad y = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & -d_1 & c_1 \\ a_2 & -d_2 & c_2 \\ a_3 & -d_3 & c_3 \end{vmatrix}}{d}, \quad z = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 & -d_1 \\ a_2 & b_2 & -d_2 \\ a_3 & b_3 & -d_3 \end{vmatrix}}{d}$$

[0080] 其中，

$$[0081] \quad d = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

[0082] 通过上述方式可分别求取多个面面交点的8*16个角点。同时由于是标定块128个角点的绝对位置是已知的,这样就可以获知128组对应的序列点。

[0083] S30中,包括：

[0084] S31、通过solidWorks构建两个并排设置的标定块的标准stl模型,并生成的两个标定块的标准点云图像；

[0085] 本实施例中,由于两个标定块是并排设置,因此两个标准点云——左侧标准点云和右侧标准点云理想状态是完全平行,只存在x方向上的平移量,故有：

$$[0086] \quad P_{Lbase} = P_{Rbase} + T_{base}$$

[0087] 其中, P_{Lbase} 为左侧标准点云, P_{Rbase} 为右侧标准点云, T_{base} 为两个标准点云间的平移向量。

[0088] S32、基于最近点 (Iterative Closest Point, ICP) 点云匹配算法进行两个结构光传感器采集的两个初始点云图像分别和标准点云图像配准,得到旋转和平移矩阵,旋转和平移矩阵包括左标定块旋转矩阵、左标定块平移矩阵、右标定块旋转矩阵、右标定块平移矩阵。

[0089] 配准算法ICP被广泛应用在各个领域,原始的ICP算法计算开销大,对初始变换敏感,容易陷入局部最优解。针对面的点过多,如果经过降采样措施,虽然可以降低面上点的数量来提高计算速度,但是降采用方式会降低配准原始点位置,增大了匹配误差。本实施例中考虑到配准速度和配准精度,采用标定块的16*8三维角点作为anchor特征点,加速收敛,而这个128中每个角点的提取是通过提取每个角点相关联的三个面的交点产生的,进而保

证了提取角点的精度和配准的精度。

[0090] 以下对ICP算法进行说明。

[0091] 点云配准的最终目的是通过一定的旋转和平移变换将不同坐标系下的两组或者多组点云数据统一到同一参考坐标系下。这个过程,可以通过一组映射来完成。假设映射变换为刚性变换矩阵H,刚性变换矩阵中需要求取六个未知数 α 、 β 、 γ 、 t_x 、 t_y 、 t_z 。求解六个未知参数,需要六个线性方程,即至少需要找到3组待匹配点云对应点对,且3组对应点对不能共线,S20中可得总共得到128组数据点,进而完成刚性矩阵的参数估计,大于3组的数据点对进一步提高刚性变换矩阵的参数估计精度。

[0092] ICP算法的基本原理是:分别在带匹配的目标点云P和源点云Q中,按照一定的约束条件,找到最邻近点 (p_i, q_i) ,然后计算出最优匹配参数R和t,目标函数为使得误差函数最小。误差函数为 $E(R, t)$ 为:

$$[0093] \quad E(R, t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|q_i - (Rp_i + t)\|^2$$

[0094] 其中,n为最邻近点对的个数, p_i 为目标点云P中的一点, q_i 为源点云Q中与 p_i 对应的最近点,R为旋转矩阵,t为平移向量。

[0095] ICP算法步骤,包括:

[0096] (1) 在目标点云P中取点集 $p_i \in P$;

[0097] (2) 找出源点云Q中的对应点集 $q_i \in Q$,使得 $\min = \|q_i - p_i\|$;

[0098] (3) 计算旋转矩阵R和平移矩阵t,使得误差函数最小;

[0099] (4) 对 p_i 使用上一步求得的旋转矩阵R和平移矩阵t进行旋转和平移变换,得到新的对应点集 $p_i' = \{p_i' = Rp_i + t, p_i \in P\}$;

[0100] (5) 计算 p_i 与对应点集 q_i 的平均距离d;

$$[0101] \quad d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \|p_i' - q_i\|^2$$

[0102] (6) 如果d小于某一给定的阈值或者大于预设的最大迭代次数,则停止迭代计算。否则返回第2步,直到满足收敛条件为止。

[0103] 两个结构光传感器中的每个传感器采集世界坐标系的两个标定块点云图像,每个标定块有128个角点,然后同左右标定块绝对平行下的理想点云进行上述配准操作,即可分别获取实时采集标定块姿态和标定块标准姿态的旋转和平移矩阵,包括:左标定块旋转矩阵 R_L 、左标定块平移矩阵 T_L 、右标定块旋转矩阵 R_R 、右标定块平移矩阵 T_R 。

[0104] S33、根据旋转和平移矩阵和两个标定块的相对位置关系,得到两组结构光坐标系间的变换关系。

[0105] 本实施例中,两个结构光传感器坐标系间的变换关系包括到左侧结构光传感器中相机坐标系到右侧结构光传感器中相机坐标系的旋转矩阵和平移矩阵。

[0106] 本实施例中,由于:

$$[0107] \quad P_{Rbase} = Q_{Rbase} R_{Rinit} + T_{pc_{Rbase}}$$

$$[0108] \quad P_{Lbase} = Q_{Lbase} R_{Linit} + T_{pc_{Lbase}}$$

[0109] 其中, P_{Rbase} 、 P_{Lbase} 分别为左、右侧初始点云基于标准点云进行旋转平移变换后点云, Q_{Rbase} 、 Q_{Lbase} 分别为左、右侧初始点云, R_{Rinit} 、 R_{Linit} 分别为左、右侧点云法向量构成的旋

转向量初始化矩阵, $T_{pc_{Rbase}}$ 、 $T_{pc_{Lbase}}$ 分别为左、右侧初始化平移向量。

[0110] 结合标准点云的坐标关系: $P_{Lbase} = P_{Rbase} + T_{base}$

[0111] 则,

[0112] $P_{Lbase} = Q_{Lbase} R_{Linit} + T_{pc_{Lbase}} = P_{Rbase} + T_{base} = Q_{Rbase} R_{Rinit} + T_{pc_{Rbase}} + T_{base}$

[0113] 即:

[0114] $Q_{Lbase} R_{Linit} + T_{pc_{Lbase}} = Q_{Rbase} R_{Rinit} + T_{pc_{Rbase}} + T_{base}$

[0115] 如上式可得两组结构光坐标系间的变换关系。

[0116] 优选地, S30中, S31之前还包括:

[0117] 点云质心坐标计算公式如下:

[0118]
$$P_c = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=0}^n x_i, \sum_{i=0}^n y_i, \sum_{i=0}^n z_i \right)$$

[0119] 其中 P_c 为点云质心坐标, n 为点云中点个数, x_i 、 y_i 、 z_i 分别为第 i 个点坐标。

[0120] 根据上面公式分别提取角点质心和点云法向量, 并进行平移和旋转作为配准初始姿态。

[0121] $P_{Rbase} = Q_{Rbase} R_{Rinit} + T_{pc_{Rbase}}$

[0122] $P_{Lbase} = Q_{Lbase} R_{Linit} + T_{pc_{Lbase}}$

[0123] 其中, P_{Rbase} 、 P_{Lbase} 分别为左、右侧基于标准点云进行旋转平移变换后点云, Q_{Rbase} 、 Q_{Lbase} 分别为左、右侧原始点云, R_{Rinit} 、 R_{Linit} 分别为左右侧点云法向量构成的旋转向量初始化矩阵, $T_{pc_{Rbase}}$ 、 $T_{pc_{Lbase}}$ 分别为左右侧初始化平移向量。

[0124] 由于标定块角点的唯一性和位置确定性, 且在 ICP 比较依赖于变换初值, 通过对 128 角点的质心位置可给配准的初值, 进一步增强了配准的约束性。

[0125] 本实施例中, 在 S10 之前还可以包括:

[0126] 将巡检机器人放置在标定平台上, 以保证巡检机器人行走的左右一致性; 同时也可保证标定块之间的绝对位置;

[0127] 通过巡检机器人中左右两侧结构光传感器扫描固定在标定平台上的两个并排设置的标定块, 其中, 两个标定块设置在左右两侧结构光传感器的工作范围内;

[0128] 通过左右两侧结构光传感器采集两个标定块的点云图像。

[0129] 采集过程需要一个标定平台, 两个高精度标定块, 且标定块的相对位置和各自三维形态已知。由于左右结构光姿态和距离总是保持恒定, 通过左右相机分别获取各自参考坐标系下一组点云数据, 且这两组点云是成对关联在一起的。因此, 两个相机坐标系的标定问题可以转化成两组点云数据的配准问题。

[0130] 本实施例通过线路巡检机器人中左右两侧结构光传感器组件采集固定在加工精度较高的标定台上的两组标准标定梯台, 标准标定梯台设置在左右两侧结构光传感器组件的工作范围内, 提取三维 4*4 个梯台相邻三个面的交点, 共计 4*4*8 个角点特征点, 根据提取的左右基准梯台的特征点对, 构建 ICP 目标函数进行高精度迭代求解, 标定无共同视野的左右两侧结构光传感器组件坐标系之间的变换关系, 即在巡检机器人坐标系中的绝对位置, 实现了准确、高效地标定结构光传感器, 从而可解决线路巡检机器人左右结构光在安装时位置姿态不一致的问题。

[0131] 实施例二

[0132] 本申请第二方面通过另一个实施例提供了一种轨道线路巡检机器人的巡检数据处理方法,图4为本申请另一个实施例中的轨道线路巡检机器人的巡检数据处理方法流程图示意图,如图4所示,该法包括,

[0133] S100、采用实施例一的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法得到两个结构光传感器坐标系间的变换关系;

[0134] S200、获取轨道线路巡检机器人通过结构光三维测量系统进行线路检测时采集得到的两个点云图像;

[0135] S300、基于变换关系调整两个点云图像;

[0136] S400、基于调整后的点云图像进行三维重建。

[0137] 通过本实施例的巡检数据处理方法可以标定左右两结构光坐标系之间的变换关系,进而可以获取两组结构光在线路巡检机器人坐标系中相对姿态,解决无公共视野的相对坐标系问题,提高了巡检机器人跨视野结构光测量的准确率和效率。

[0138] 实施例三

[0139] 本申请第三方面通过实施例三提供了一种电子设备,包括:存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,计算机程序被处理器执行时实现如上实施例中任意一项所述的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法的步骤。

[0140] 图5为本申请又一实施例中的电子设备的架构示意图。

[0141] 图5所示的电子设备可包括:至少一个处理器101、至少一个存储器102、至少一个网络接口104和其他的用户接口103。电子设备中的各个组件通过总线系统105耦合在一起。可理解,总线系统105用于实现这些组件之间的连接通信。总线系统105除包括数据总线之外,还包括电源总线、控制总线和状态信号总线。但是为了清楚说明起见,在图5中将各种总线都标为总线系统105。

[0142] 其中,用户接口103可以包括显示器、键盘或者点击设备(例如,鼠标,轨迹球(trackball)或者触感板等。

[0143] 可以理解,本实施例中的存储器102可以是易失性存储器或非易失性存储器,或可包括易失性和非易失性存储器两者。其中,非易失性存储器可以是只读存储器(Read-OnlyMemory,ROM)、可编程只读存储器(ProgrammableROM,PROM)、可擦除可编程只读存储器(ErasablePROM,EPROM)、电可擦除可编程只读存储器(ElectricallyEPROM,EEPROM)或闪存。易失性存储器可以是随机存取存储器(RandomAccessMemory,RAM),其用作外部高速缓存。通过示例性但不是限制性说明,许多形式的RAM可用,例如静态随机存取存储器(StaticRAM,SRAM)、动态随机存取存储器(DynamicRAM,DRAM)、同步动态随机存取存储器(SynchronousDRAM,SDRAM)、双倍数据速率同步动态随机存取存储器(DoubleDataRateSDRAM,DDRSDRAM)、增强型同步动态随机存取存储器(EnhancedSDRAM,ESDRAM)、同步连接动态随机存取存储器(SynchlinkDRAM,SLDRAM)和直接内存总线随机存取存储器(DirectRambusRAM,DRRAM)。本文描述的存储器62旨在包括但不限于这些和任意其它适合类型的存储器。

[0144] 在一些实施方式中,存储器102存储了如下的元素,可执行单元或者数据结构,或者他们的子集,或者他们的扩展集:操作系统1021和应用程序1022。

[0145] 其中,操作系统1021,包含各种系统程序,例如框架层、核心库层、驱动层等,用于

实现各种基础业务以及处理基于硬件的任务。应用程序622,包含各种应用程序,例如工业控制设备运行管理系统,用于实现各种应用业务。实现本发明实施例方法的程序可以包含在应用程序1022中。

[0146] 在本发明实施例中,处理器101通过调用存储器102存储的程序或指令,具体的,可以是应用程序1022中存储的程序或指令,处理器101用于执行第一方面所提供的方法步骤。

[0147] 上述本发明实施例揭示的方法可以应用于处理器101中,或者由处理器101实现。处理器101可能是一种集成电路芯片,具有信号的处理能力。在实现过程中,上述方法的各步骤可以通过处理器101中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。上述的处理器101可以是通用处理器、数字信号处理器、专用集成电路、现成可编程门阵列或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。可以实现或者执行本发明实施例中的公开的各方法、步骤及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。结合本发明实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件译码处理器执行完成,或者用译码处理器中的硬件及软件单元组合执行完成。软件单元可以位于随机存储器,闪存、只读存储器,可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器102,处理器101读取存储器102中的信息,结合其硬件完成上述方法的步骤。

[0148] 另外,结合上述实施例中的巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法,本发明实施例可提供一种计算机可读存储介质,计算机可读存储介质上存储有计算机程序,计算机程序被处理器执行时实现如上方法实施例中的任意一种巡检机器人的结构光三维测量系统标定方法。

[0149] 应当注意的是,在权利要求中,不应将位于括号之间的任何附图标记理解成对权利要求的限制。词语“包含”不排除存在未列在权利要求中的部件或步骤。位于部件之前的词语“一”或“一个”不排除存在多个这样的部件。本发明可以借助于包括有若干不同部件的硬件以及借助于适当编程的计算机来实现。词语第一、第二、第三等的使用,仅是为了表述方便,而不表示任何顺序。可将这些词语理解为部件名称的一部分。

[0150] 此外,需要说明的是,在本说明书的描述中,术语“一个实施例”、“一些实施例”、“实施例”、“示例”、“具体示例”或“一些示例”等的描述,是指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0151] 尽管已描述了本发明的优选实施例,但本领域的技术人员在得知了基本创造性概念后,则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以,权利要求应该解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

[0152] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种修改和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也应该包含这些修改和变型在内。

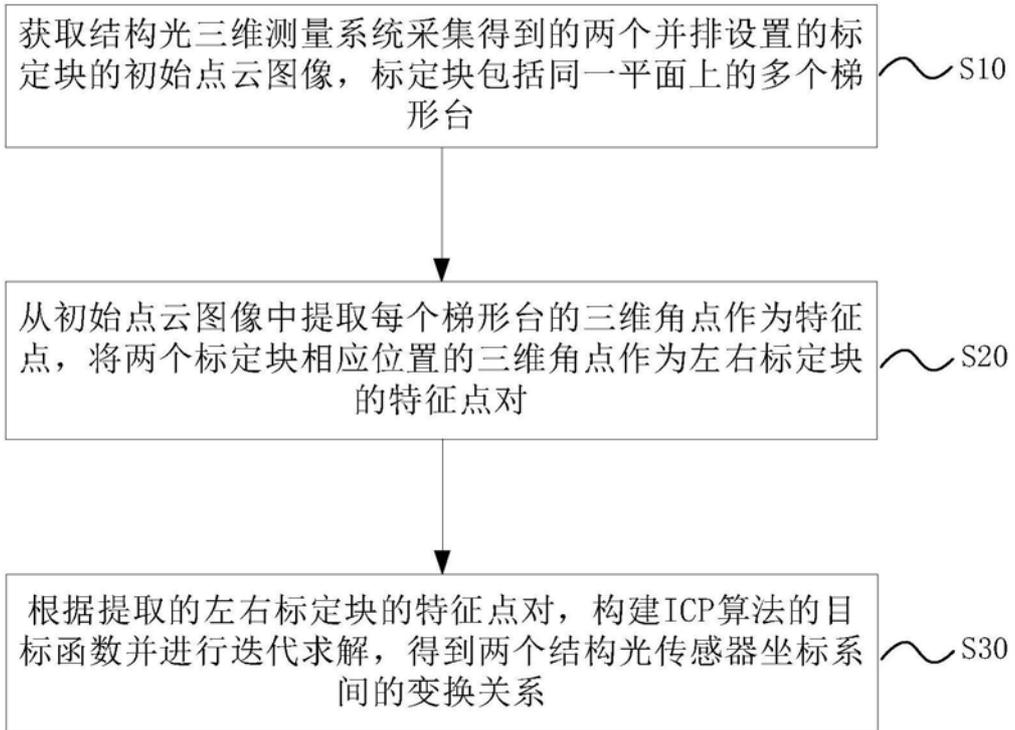


图1

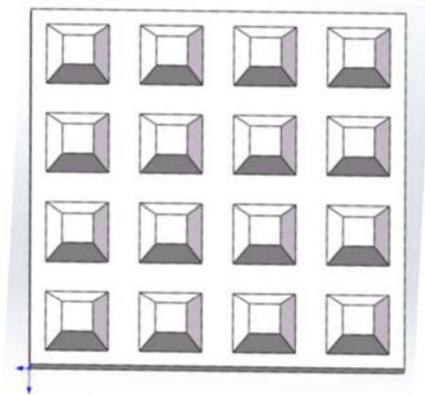


图2

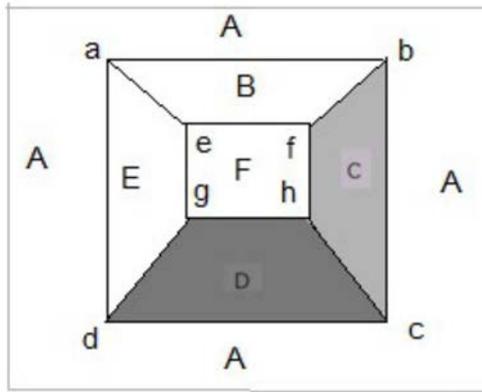


图3

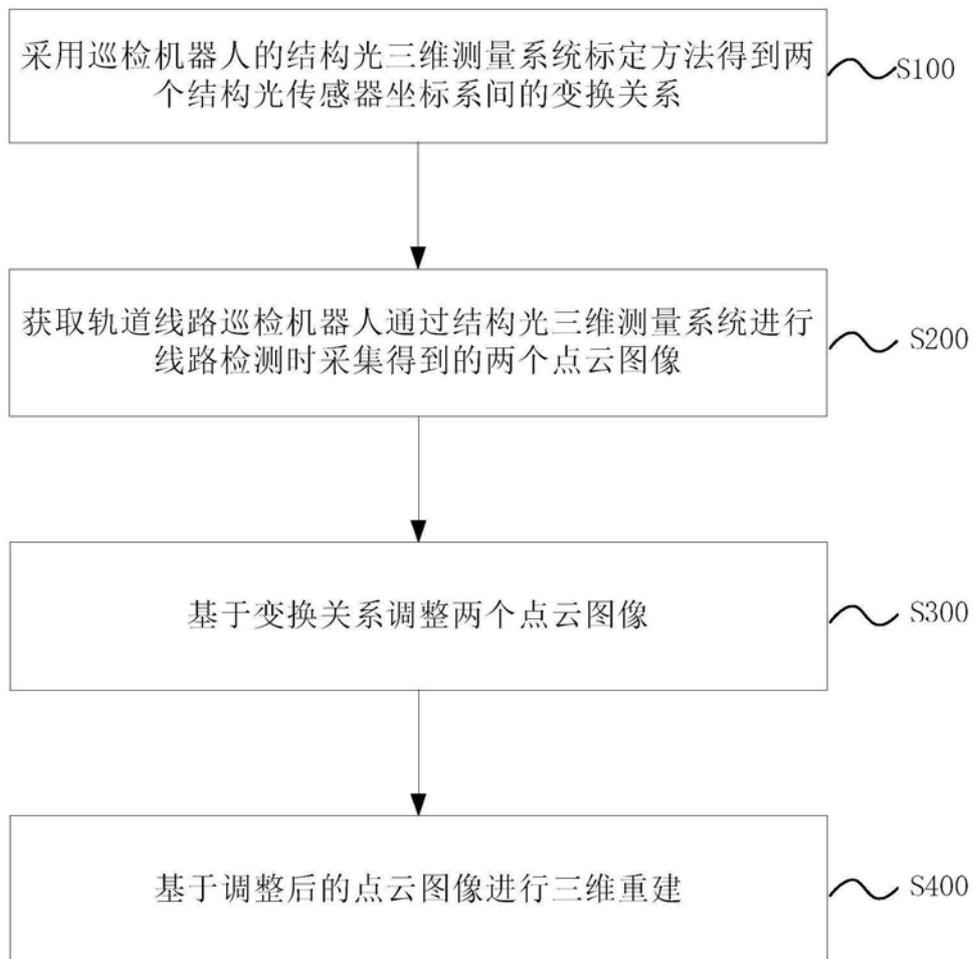


图4

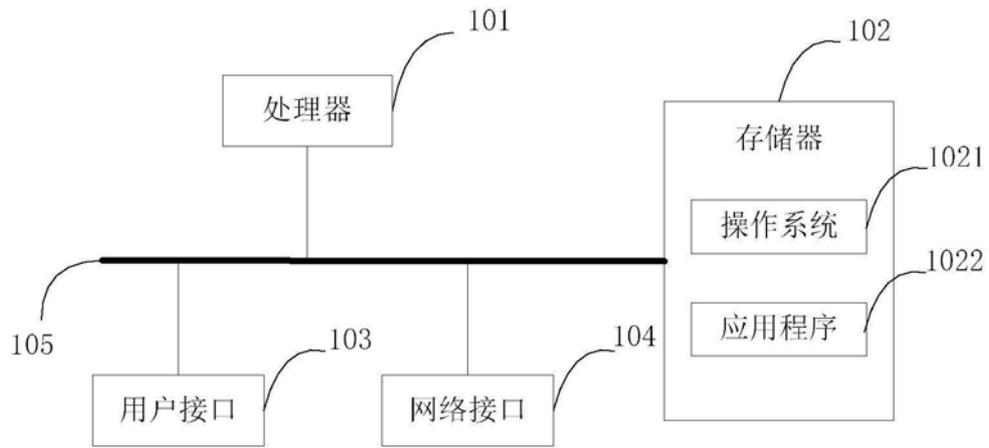


图5