



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111724472 B

(45) 授权公告日 2024.07.02

(21) 申请号 201910210053.9

G06T 7/73 (2017.01)

(22) 申请日 2019.03.19

G06F 16/29 (2019.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111724472 A

(56) 对比文件

CN 108230379 A, 2018.06.29

CN 105069843 A, 2015.11.18

(43) 申请公布日 2020.09.29

审查员 盛壮

(73) 专利权人 北京四维图新科技股份有限公司

地址 100094 北京市海淀区丰豪东路四维

图新大厦A座10层

(72) 发明人 曹亮 李兴涛 刘晓泉 岳顺强

吕杲蓬

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理

有限公司 11205

专利代理师 张晓霞 刘芳

(51) Int. Cl.

G06T 17/05 (2011.01)

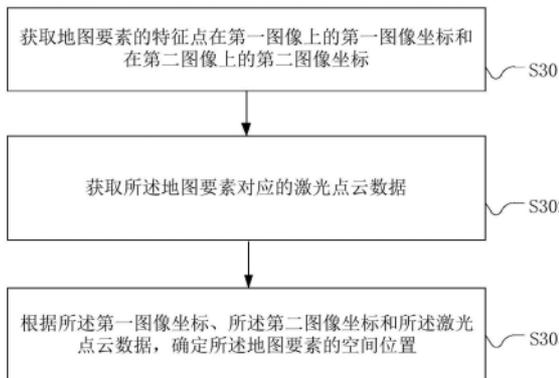
权利要求书2页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

地图要素空间位置的确定方法和装置

(57) 摘要

本发明提供一种地图要素空间位置的确定方法和装置。该方法包括：获取地图要素的特征点在第一图像上的第一图像坐标和在第二图像上的第二图像坐标；获取所述地图要素对应的激光点云数据；根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标和所述激光点云数据，确定所述地图要素的空间位置。激光点云数据具有精度高且受测量距离影响小等特点，结合激光点云数据来确定地图要素的空间位置可提高精确度。



1. 一种地图要素空间位置的确定方法,其特征在于,包括:
 - 获取地图要素的特征点在第一图像上的第一图像坐标和在第二图像上的第二图像坐标;
 - 获取所述地图要素对应的激光点云数据;
 - 根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标和所述激光点云数据,确定所述地图要素的空间位置;
 - 所述根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标和所述激光点云数据,确定所述地图要素的空间位置,包括:
 - 获取所述第一图像和所述第二图像的外方位元素;
 - 获取相机的标定参数;
 - 根据所述激光点云数据,确定所述地图要素所构成的空间平面;
 - 根据所述外方位元素、所述标定参数、所述空间平面、所述第一图像坐标以及所述第二图像坐标,确定所述地图要素的特征点的空间坐标;
 - 根据所述地图要素的特征点的空间坐标,确定所述地图要素的空间位置;
 - 所述根据所述外方位元素、所述标定参数、所述空间平面、所述第一图像坐标以及所述第二图像坐标,确定所述地图要素的特征点的空间坐标,包括:
 - 根据所述外方位元素、所述标定参数和所述空间平面,构建附加平面约束的前方交会方程;
 - 根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标以及所述附加平面约束的前方交会方程,采用最小二乘优化解法确定所述地图要素的特征点的空间坐标。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取地图要素的特征点在第一图像上的第一图像坐标和在第二图像上的第二图像坐标之前,还包括:
 - 通过双目相机采集所述第一图像和所述第二图像,所述第一图像和所述第二图像为所述双目相机的两个相机所拍摄的图像;
 - 或者;
 - 通过单目相机采集所述第一图像和所述第二图像,所述第一图像和所述第二图像为所述单目相机连续拍摄的两个图像。
3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述获取所述地图要素对应的激光点云数据,包括:
 - 通过激光雷达采集原始点云数据;
 - 对所述原始点云数据进行解算,得到所述激光点云数据。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取所述第一图像和所述第二图像的外方位元素,包括:
 - 通过全球定位系统GPS和惯性测量单元IMU获取原始定位定姿数据;
 - 根据所述原始定位定姿数据和所述标定参数,通过视觉辅助SLAM技术或运动恢复结构SFM技术确定所述第一图像和所述第二图像的外方位元素。
5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述激光点云数据,确定所述地图要素所构成的空间平面,包括:
 - 根据所述第一图像、所述第二图像和所述激光点云数据,通过空间匹配及形状匹配技

术确定所述地图要素所构成的空间平面。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,还包括:

根据所述地图要素的空间位置,对高精地图进行更新。

7. 一种地图要素空间位置的确定装置,其特征不在于,包括:

获取模块,用于获取地图要素的特征点在第一图像上的第一图像坐标和在第二图像上的第二图像坐标;

所述获取模块,还用于获取所述地图要素对应的激光点云数据;

计算模块,用于根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标和所述激光点云数据,确定所述地图要素的空间位置;

所述计算模块,具体用于获取所述第一图像和所述第二图像的外方位元素,所述外方位元素表示所述第一图像和所述第二图像拍照时刻的绝对位置和姿态;

获取相机的标定参数;

根据所述激光点云数据,确定所述地图要素所构成的空间平面;

根据所述外方位元素、所述标定参数、所述空间平面、所述第一图像坐标以及所述第二图像坐标,确定所述地图要素的特征点的空间坐标;

根据所述地图要素的特征点的空间坐标,确定所述地图要素的空间位置;

所述计算模块,具体用于根据所述外方位元素、所述标定参数和所述空间平面,构建附加平面约束的前方交会方程;

根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标以及所述附加平面约束的前方交会方程,采用最小二乘优化解法确定所述地图要素的特征点的空间坐标。

8. 一种更新测量系统,其特征不在于,包括:权利要求7所述的确定装置和更新采集设备;

所述更新采集设备包括:双目相机、激光雷达、全球定位系统GPS以及惯性测量单元IMU;

或者;

所述更新采集设备包括:单目相机、激光雷达、全球定位系统GPS以及惯性测量单元IMU。

地图要素空间位置的确定方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及自动驾驶领域,尤其涉及一种地图要素空间位置的确定方法和装置。

背景技术

[0002] 高精地图是自动驾驶领域不可或缺的重要支撑技术,可以为自动驾驶汽车提供准确的定位、导航以及控制功能。和传统电子地图相比,高精地图包含的地图要素更为细化,比如,高精地图包含的地图要素可以有:车道线、路边地标、防护栏、高架物体、下水道口等。为了保证自动驾驶汽车的安全行驶,高精地图不仅要保证对地图信息覆盖精准而全面,还需保证后期数据能够快速准确地更新。因此,如何提高地图要素测量准确度成为亟待解决的问题。

[0003] 目前采用如下方法确定地图要素的空间位置:首先,通过双目相机采集地图要素的立体像对,然后利用图像识别技术获取左右图像上地图要素的特征点,对左右图像上同名特征点进行自动匹配,最后利用立体交会技术得到同名特征点的地理坐标,根据同名特征点的地理坐标确定地图要素的空间位置。然而,利用上述方法得到地图要素的空间位置精确度不高。

发明内容

[0004] 本发明提供一种地图要素空间位置的确定方法和装置,用以提高地图要素空间位置的精确度。

[0005] 第一方面,本发明提供一种地图要素空间位置的确定方法,包括:

[0006] 获取地图要素的特征点在第一图像上的第一图像坐标和在第二图像上的第二图像坐标;

[0007] 获取所述地图要素对应的激光点云数据;

[0008] 根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标和所述激光点云数据,确定所述地图要素的空间位置。

[0009] 可选的,所述获取地图要素的特征点在第一图像上的第一图像坐标和在第二图像上的第二图像坐标之前,还包括:

[0010] 通过双目相机采集所述第一图像和所述第二图像,所述第一图像和所述第二图像为所述双目相机的两个相机所拍摄的图像;

[0011] 或者;

[0012] 通过单目相机采集所述第一图像和所述第二图像,所述第一图像和所述第二图像为所述单目相机连续拍摄的两个图像。

[0013] 可选的,所述获取所述地图要素对应的激光点云数据,包括:

[0014] 通过激光雷达采集原始点云数据;

[0015] 对所述原始点云数据进行解算,得到所述激光点云数据。

[0016] 可选的,所述根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标和所述激光点云数据,确

定所述地图要素的空间位置,包括:

[0017] 获取所述第一图像和所述第二图像的外方位元素;

[0018] 获取相机的标定参数;

[0019] 根据所述激光点云数据,确定所述地图要素所构成的空间平面;

[0020] 根据所述外方位元素、所述标定参数、所述空间平面和所述第一图像坐标以及所述第二图像坐标,确定所述地图要素的特征点的空间坐标;

[0021] 根据所述地图要素的特征点的空间坐标,确定所述地图要素的空间位置。

[0022] 可选的,所述获取所述第一图像和所述第二图像的外方位元素,包括:

[0023] 通过全球定位系统GPS和惯性测量单元IMU获取原始定位定姿数据;

[0024] 根据所述原始定位定姿数据和所述标定参数,通过视觉辅助SLAM技术或运动恢复结构SFM技术确定所述第一图像和所述第二图像的外方位元素。

[0025] 可选的,所述根据所述激光点云数据,确定所述地图要素所构成的空间平面,包括:

[0026] 根据所述第一图像、所述第二图像和所述激光点云数据,通过空间匹配及形状匹配技术确定所述地图要素所构成的空间平面。

[0027] 可选的,所述根据所述外方位元素、所述标定参数、所述空间平面和所述第一图像坐标以及所述第二图像坐标,确定所述地图要素的特征点的空间坐标,包括:

[0028] 根据所述外方位元素、所述标定参数和所述空间平面,构建附加平面约束的前方交会方程;

[0029] 根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标以及所述附加平面约束的前方交会方程,采用最小二乘优化解法确定所述地图要素的特征点的空间坐标。

[0030] 可选的,上述方法,还包括:

[0031] 根据所述地图要素的空间位置,对高精地图进行更新。

[0032] 第二方面,本发明提供一种地图要素空间位置的确定装置,包括:

[0033] 获取模块,用于获取地图要素的特征点在第一图像上的第一图像坐标和在第二图像上的第二图像坐标;

[0034] 所述获取模块,还用于获取所述地图要素对应的激光点云数据;

[0035] 计算模块,用于根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标和所述激光点云数据,确定所述地图要素的空间位置。

[0036] 可选的,所述获取模块,还用于:

[0037] 通过双目相机采集所述第一图像和所述第二图像,所述第一图像和所述第二图像为所述双目相机的两个相机所拍摄的图像;

[0038] 或者;

[0039] 通过单目相机采集所述第一图像和所述第二图像,所述第一图像和所述第二图像为所述单目相机连续拍摄的两个图像。

[0040] 可选的,所述获取模块,具体用于:

[0041] 通过激光雷达采集原始点云数据;

[0042] 对所述原始点云数据进行解算,得到所述激光点云数据。

[0043] 可选的,所述计算模块,具体用于:

- [0044] 获取所述第一图像和所述第二图像的外方位元素；
- [0045] 获取相机的标定参数；
- [0046] 根据所述激光点云数据,确定所述地图要素所构成的空间平面；
- [0047] 根据所述外方位元素、所述标定参数、所述空间平面和所述第一图像坐标以及所述第二图像坐标,确定所述地图要素的特征点的空间坐标；
- [0048] 根据所述地图要素的特征点的空间坐标,确定所述地图要素的空间位置。
- [0049] 可选的,所述计算模块,具体用于：
- [0050] 通过全球定位系统GPS和惯性测量单元IMU获取原始定位定姿数据；
- [0051] 根据所述原始定位定姿数据和所述标定参数,通过视觉辅助SLAM技术或运动恢复结构SFM技术确定所述第一图像和所述第二图像的外方位元素。
- [0052] 可选的,所述计算模块,具体用于：
- [0053] 根据所述第一图像、所述第二图像和所述激光点云数据,通过空间匹配及形状匹配技术确定所述地图要素所构成的空间平面。
- [0054] 可选的,所述计算模块,具体用于：
- [0055] 根据所述外方位元素、所述标定参数和所述空间平面,构建附加平面约束的前方交会方程；
- [0056] 根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标以及所述附加平面约束的前方交会方程,采用最小二乘优化解法确定所述地图要素的特征点的空间坐标。
- [0057] 可选的,上述装置,还包括：
- [0058] 更新模块,用于根据所述地图要素的空间位置,对高精地图进行更新。
- [0059] 第三方面,本发明提供一种更新测量系统,包括上述确定装置和更新采集设备；
- [0060] 所述更新采集设备包括:双目相机、激光雷达、全球定位系统GPS以及惯性测量单元IMU；
- [0061] 或者；
- [0062] 所述更新采集设备包括:单目相机、激光雷达、全球定位系统GPS以及惯性测量单元IMU。
- [0063] 本发明提供的地图要素空间位置的确定方法和装置,在获取到地图要素的特征点在第一图像上的第一图像坐标和在第二图像上的第二图像坐标,以及获取到地图要素对应的激光点云数据的基础上,根据该第一图像坐标、第二图像坐标和激光点云数据确定地图要素的空间位置,激光点云数据具有精度高且受测量距离影响小等特点,结合激光点云数据来确定地图要素的空间位置可提高精确度。

附图说明

[0064] 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一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0065] 图1为本发明提供的立体交会示意图一；

[0066] 图2为本发明提供的地图要素空间位置的确定方法的应用场景图；

- [0067] 图3为本发明提供的地图要素空间位置的确定方法的实施例一的流程示意图；
[0068] 图4为本发明提供的地图要素空间位置的确定方法的实施例二的流程示意图；
[0069] 图5为本发明提供的立体交会示意图二；
[0070] 图6为本发明提供的地图要素空间位置的确定装置的结构示意图。

具体实施方式

[0071] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,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,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作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。

[0072] 本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”、“第三”“第四”等(如果存在)是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本发明的实施例例如能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。

[0073] 此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0074] 为了提高无人驾驶汽车的行驶安全水平,需保证高精地图快速准确的更新,这就需要提高地图要素空间位置的测量准确度,通常采用如下方法确定地图要素的空间位置:

[0075] 首先,通过双目相机采集地图要素的立体像对,然后利用图像识别技术获取左右图像上地图要素的特征点,对左右图像上同名特征点进行自动匹配,最后利用立体交会技术得到同名特征点的空间坐标,进而根据同名特征点的空间坐标确定地图要素的空间位置。

[0076] 下面对上述方法的精确度进行分析:

[0077] 参见图1所示,图1为本发明提供的立体交会示意图一,图1中, O_l 和 O_r 分别表示双目相机的左右两边相机的位置,左边相机采集的左图像 I_l 和右边相机采集的右图像 I_r 构成立体像对,利用图像识别技术对左图像 I_l 和右图像 I_r 上地图要素进行识别和匹配,得到地图要素在左图像 I_l 和右图像 I_r 上的同名特征点,同名特征点在左图像 I_l 上的图像坐标为 (x_l, y_l) ,在右图像 I_r 上的图像坐标为 (x_r, y_r) ,利用立体交会技术,得到同名特征点对应的空间坐标为空间点P的坐标,该点P的坐标的误差计算公式为:

$$[0078] \quad \Delta = \frac{\sqrt{2} * s * L^2}{B * f}$$

[0079] 其中, Δ 表示误差, s 表示相机的像元尺寸, L 表示测量距离(点P到双目相机中心的距离), B 表示双目相机基线长度(左右相机中心的距离), f 表示双目相机焦距。

[0080] 由上述误差计算公式可知,根据上述方法确定的空间坐标的误差和测量距离 L 的平方成正比,由于,在确定地面要素的空间位置时,比如车道线和道路边线等,由于测量距离 L 较小,根据上述方法得到的地面要素的空间位置尚且能满足高精地图的精度需求,但是,在确定地上要素的空间位置时,比如标牌和路灯杆等,测量距离 L 较大,根据上述方法确

定的空间位置不能满足高精地图的精度需求。

[0081] 基于上述技术问题,本发明提供一种地图要素空间位置的确定方法,结合地图要素的图像数据和激光点云数据来确定其空间位置,激光点云数据具有精度高且受测量距离影响小等特点,结合激光点云数据确定地图要素的空间位置精确度较高。

[0082] 图2为本发明提供的地图要素空间位置的确定方法的应用场景图。图2示出一种可选的更新测量系统:该更新测量系统包括:更新采集设备和电子设备。其中,更新采集设备用于室外数据采集,电子设备用于室内数据处理。

[0083] 其中,更新采集设备包括以下设备:双目相机(或者单目相机)、激光雷达、全球定位系统(Global Positioning System,简称GPS)、惯性测量单元(Inertial measurement unit,简称IMU)以及同步控制系统等。这些设备均安装于地图更新采集车内部或者车顶平台上。

[0084] 可选的,用于室内数据处理的电子设备可以是台式电脑或者笔记本等具有相应处理能力的硬件设备。

[0085] 其中,双目相机(或者单目相机)用于采集道路上地图要素的图像;激光雷达用于采集原始点云数据;GPS用于测量无人驾驶汽车在各个时刻的位置;IMU用于测量无人驾驶汽车在各个时刻的姿态;同步控制系统用于将上述各部件采集或测量得到的数据以时间为依据进行对齐。电子设备用于执行本发明提供的空间位置的确定方法。

[0086] 下面以具体地实施例对本发明的技术方案以及本申请的技术方案如何解决上述技术问题进行详细说明。下面这几个具体的实施例可以相互结合,对于相同或相似的概念或过程可能在某些实施例中不再赘述。下面将结合附图,对本发明的实施例进行描述。

[0087] 图3为本发明提供的地图要素空间位置的确定方法的实施例一的流程示意图。如图3所示,本实施例提供的地图要素空间位置的确定方法,包括:

[0088] S301、获取地图要素的特征点在第一图像上的第一图像坐标和在第二图像上的第二图像坐标。

[0089] 其中,地图要素可以包括:道路车道线、红绿灯、导流带、人行横道线、停止线、护栏、路缘石、路灯杆、标牌以及过街天桥等。

[0090] 可选的,可通过双目相机采集第一图像和第二图像,这种情况下的第一图像和第二图像为双目相机的两个相机所拍摄的图像;也可通过单目相机采集第一图像和第二图像,这种情况下的第一图像和第二图像为单目相机连续拍摄的两个图像。

[0091] 具体的,上述地图要素的特征点可以为从第一图像和第二图像中匹配得到的同名特征点,同名特征点的匹配过程可参见现有技术,本发明在此不再赘述。

[0092] 具体的,第一图像坐标为地图要素的特征点在第一图像上的坐标,第二图像坐标为地图要素的特征点在第二图像上的坐标。以图1为例,可将 (x_1, y_1) 作为第一图像坐标,将 (x_r, y_r) 作为第二图像坐标。

[0093] S302、获取所述地图要素对应的激光点云数据。

[0094] 可选的,获取地图要素对应的激光点云数据的可实现方式为:

[0095] 通过激光雷达采集原始点云数据,对所述原始点云数据进行解算,得到所述激光点云数据。

[0096] 具体的,对激光雷达采集原始点云数据进行解析,获取每个激光点的时间和局部

三维坐标,然后利用激光雷达外标定参数将局部坐标转换至GPS/IMU坐标系下,再进一步利用时间信息在定位定姿文件中插值得到姿态参数,将点云转换至真实坐标系下,从而得到地图要素对应的激光点云数据。

[0097] S303、根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标和所述激光点云数据,确定所述地图要素的空间位置。

[0098] 具体的,结合S301获取到的图像坐标和S302获取到的激光点云数据确定地图要素的空间位置,提高了空间位置的精确度。

[0099] 本实施例提供的地图要素空间位置的确定方法,在获取到地图要素的特征点在第一图像上的第一图像坐标和在第二图像上的第二图像坐标,以及获取到地图要素对应的激光点云数据的基础上,根据该第一图像坐标、第二图像坐标和激光点云数据确定地图要素的空间位置,激光点云数据具有精度高且受测量距离影响小等特点,结合激光点云数据来确定地图要素的空间位置可提高精确度。

[0100] 下面结合具体的实施例对上述实施例S303中确定地图要素的空间位置的过程进行详细的描述。

[0101] 图4为本发明提供的地图要素空间位置的确定方法的实施例二的流程示意图。如图4所示,本实施例提供的地图要素空间位置的确定方法,包括:

[0102] S401、获取地图要素的特征点在第一图像上的第一图像坐标和在第二图像上的第二图像坐标。

[0103] S402、获取所述地图要素对应的激光点云数据。

[0104] 具体的,S401-S402的实现方式可参见上述实施例S301-S302,本发明在此不再赘述。

[0105] S403、获取所述第一图像和所述第二图像的外方位元素。

[0106] 可选的,获取第一图像和第二图像的外方位元素的可实现方式为:

[0107] 首先,通过GPS和IMU获取原始定位定姿数据;然后获取拍摄第一图像和第二图像所使用的相机的标定参数,该标定参数用于指示相机和GPS,以及相机和IMU之间的关系;然后根据上述原始定位定姿数据和上述标定参数,通过视觉辅助SLAM技术或运动恢复结构SFM技术确定第一图像和第二图像的外方位元素。外方位元素代表了第一图像和第二图像拍照时刻的绝对位置和姿态。

[0108] S404、根据所述激光点云数据,确定所述地图要素所构成的空间平面。

[0109] 可选的,可根据S401中的第一图像和第二图像,以及S402中的激光点云数据,通过空间匹配及形状匹配技术确定所述地图要素所构成的空间平面。

[0110] S405、根据所述外方位元素、标定参数、所述空间平面和所述第一图像坐标以及所述第二图像坐标,确定所述地图要素的特征点的空间坐标。

[0111] 可选的,可采用如下方法确定地图要素的特征点的空间坐标。

[0112] 步骤1、根据所述外方位元素、所述标定参数和所述空间平面,构建附加平面约束的前方交会方程。

[0113] 假设S403获取的第一图像和第二图像的外方位元素为R和T,其中,R为 3×3 旋转矩阵,T为 3×1 摄影中心向量,矩阵R和向量T的具体表达如下:

$$[0114] \quad R = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix} \quad T = \begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{bmatrix}$$

[0115] 假设标定参数为 (x_0, y_0) , 其中, x_0 和 y_0 表示像主点, f 表示相机的焦距。

[0116] 构建如下摄影测量共线方程(式1):

$$[0117] \quad \left. \begin{aligned} (x - x_0)[a_3(X - X_T) + b_3(Y - Y_T) + c_3(Z - Z_T)] &= \\ -f[a_1(X - X_T) + b_1(Y - Y_T) + c_1(Z - Z_T)] & \\ (y - y_0)[a_3(X - X_T) + b_3(Y - Y_T) + c_3(Z - Z_T)] &= \\ -f[a_2(X - X_T) + b_2(Y - Y_T) + c_2(Z - Z_T)] & \end{aligned} \right\} \text{(式 1)}$$

[0118] 其中, (x, y) 表示特征点的图像坐标, (X, Y, Z) 表示特征点的空间坐标。

[0119] 对式1进行整理,得到式2:

$$[0120] \quad \left. \begin{aligned} l_1 X + l_2 Y + l_3 Z - l_x &= 0 \\ l_4 X + l_5 Y + l_6 Z - l_y &= 0 \end{aligned} \right\} \text{(式 2)}$$

[0121] 其中,

$$[0122] \quad l_1 = fa_1 + (x - x_0) a_3, l_2 = fb_1 + (x - x_0) b_3, l_3 = fc_1 + (x - x_0) c_3$$

$$[0123] \quad l_x = fa_1 X_T + fb_1 Y_T + fc_1 Z_T + (x - x_0) a_3 X_T + (x - x_0) b_3 Y_T + (x - x_0) c_3 Z_T$$

$$[0124] \quad l_4 = fa_2 + (y - y_0) a_3, l_5 = fb_2 + (y - y_0) b_3, l_6 = fc_2 + (y - y_0) c_3$$

$$[0125] \quad l_y = fa_2 X_T + fb_2 Y_T + fc_2 Z_T + (y - y_0) a_3 X_T + (y - y_0) b_3 Y_T + (y - y_0) c_3 Z_T$$

[0126] 假设S401中,第一图像坐标和第二图像坐标分别为 $p_1(x_1, y_1)$ 、 $p_r(x_r, y_r)$,将该第一图像坐标和第二图像坐标带入方程式2,得到:

$$[0127] \quad \left. \begin{aligned} l_{11} X + l_{12} Y + l_{13} Z - l_{1x} &= 0 \\ l_{14} X + l_{15} Y + l_{16} Z - l_{1y} &= 0 \end{aligned} \right\} \text{(式 3)}$$

$$[0128] \quad \left. \begin{aligned} l_{r1} X + l_{r2} Y + l_{r3} Z - l_{rx} &= 0 \\ l_{r4} X + l_{r5} Y + l_{r6} Z - l_{ry} &= 0 \end{aligned} \right\} \text{(式 4)}$$

[0129] 其中:

$$[0130] \quad l_{11} = fa_1 + (x_1 - x_0) a_3, l_{12} = fb_1 + (x_1 - x_0) b_3, l_{13} = fc_1 + (x_1 - x_0) c_3$$

$$[0131] \quad l_{1x} = fa_1 X_T + fb_1 Y_T + fc_1 Z_T + (x_1 - x_0) a_3 X_T + (x_1 - x_0) b_3 Y_T + (x_1 - x_0) c_3 Z_T$$

$$[0132] \quad l_{14} = fa_2 + (y_1 - y_0) a_3, l_{15} = fb_2 + (y_1 - y_0) b_3, l_{16} = fc_2 + (y_1 - y_0) c_3$$

$$[0133] \quad l_{1y} = fa_2 X_T + fb_2 Y_T + fc_2 Z_T + (y_1 - y_0) a_3 X_T + (y_1 - y_0) b_3 Y_T + (y_1 - y_0) c_3 Z_T$$

$$[0134] \quad l_{r1} = fa_1 + (x_r - x_0) a_3, l_{r2} = fb_1 + (x_r - x_0) b_3, l_{r3} = fc_1 + (x_r - x_0) c_3$$

$$[0135] \quad l_{rx} = fa_1 X_T + fb_1 Y_T + fc_1 Z_T + (x_r - x_0) a_3 X_T + (x_r - x_0) b_3 Y_T + (x_r - x_0) c_3 Z_T$$

$$[0136] \quad l_{r4} = fa_2 + (y_r - y_0) a_3, l_{r5} = fb_2 + (y_r - y_0) b_3, l_{r6} = fc_2 + (y_r - y_0) c_3$$

$$[0137] \quad l_{ry} = fa_2 X_T + fb_2 Y_T + fc_2 Z_T + (y_r - y_0) a_3 X_T + (y_r - y_0) b_3 Y_T + (y_r - y_0) c_3 Z_T$$

[0138] 假设S404确定的空间平面的表达式为式5:

$$[0139] \quad aX + bY + cZ = d \text{(式5)}$$

[0140] 结合式3、式4和式5,得到附加平面约束的前方交会方程(式6):

$$[0141] \quad \begin{bmatrix} l_{11} + l_{r1} & l_{12} + l_{r2} & l_{13} + l_{r3} \\ l_{14} + l_{r4} & l_{15} + l_{r5} & l_{16} + l_{r6} \\ a & b & c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{1x} + l_{rx} \\ l_{1y} + l_{ry} \\ d \end{bmatrix} \text{(式 6)}$$

[0142] 步骤2、根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标以及所述附加平面约束的前方交会方程,采用最小二乘优化解法确定所述地图要素的特征点的空间坐标。

[0143] 具体的,将式6记为式7:

[0144] $A \cdot B = Y$ (式7)

[0145] 式7的最小二乘形式可以表示为式8:

[0146] $\min \|AB - Y\|_2$ (式8)

[0147] 则式8最优解可表示为:

[0148] $\hat{B} = (A^T A)^{-1} \cdot A^T Y$ (式9)

[0149] 在得到第一图像坐标、第二图像坐标以及空间平面的具体值以后,将该具体值带入式6,用最小二乘优化求解式8,即可得到特征点的空间坐标。

[0150] 参见图5所示,图5为本发明提供的立体交会示意图二,假设地图要素的特征点在第一图像上的对应点为 p_l ,在第二图像上的对应点为 p_r , p_l 的坐标为 (x_l, y_l) , p_r 的坐标为 (x_r, y_r) ,将 (x_l, y_l) 作为第一图像坐标,将 (x_r, y_r) 作为第二图像坐标,根据激光点云数据确定的空间平面为S。上述步骤1和步骤2的方法可将特征点的空间坐标约束在空间平面S上,由于空间平面S可代表地图要素实际所在的空间平面,上述方法可得到特征点的最优空间坐标解,提高了空间坐标的精度。

[0151] S406、根据所述地图要素的特征点的空间坐标,确定所述地图要素的空间位置。

[0152] 具体的,针对地图要素的所有特征点做上述S401-S405相同的操作,可得到地图要素所有特征点的空间坐标,依据所有特征点的空间坐标可确定地图要素的空间位置。

[0153] S407、根据所述地图要素的空间位置,对高精地图进行更新。

[0154] 本实施例提供的地图要素空间位置的确定方法,描述了根据第一图像坐标、所述第二图像坐标和所述激光点云数据,确定所述地图要素的空间位置的具体实现方式,首先,根据所述外方位元素、所述标定参数和所述空间平面,构建附加平面约束的前方交会方程;然后,采用最小二乘优化解法确定所述地图要素的特征点的空间坐标。提高了空间坐标的精度。

[0155] 图6为本发明提供的地图要素空间位置的确定装置的结构示意图。如图6所示,本发明提供的地图要素空间位置的确定装置,包括:

[0156] 获取模块601,用于获取地图要素的特征点在第一图像上的第一图像坐标和在第二图像上的第二图像坐标;

[0157] 所述获取模块601,还用于获取所述地图要素对应的激光点云数据;

[0158] 计算模块602,用于根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标和所述激光点云数据,确定所述地图要素的空间位置。

[0159] 可选的,所述获取模块601,还用于:

[0160] 通过双目相机采集所述第一图像和所述第二图像,所述第一图像和所述第二图像为所述双目相机的两个相机所拍摄的图像;

[0161] 或者;

[0162] 通过单目相机采集所述第一图像和所述第二图像,所述第一图像和所述第二图像为所述单目相机连续拍摄的两个图像。

[0163] 可选的,所述获取模块601,具体用于:

- [0164] 通过激光雷达采集原始点云数据；
- [0165] 对所述原始点云数据进行解算,得到所述激光点云数据。
- [0166] 可选的,所述计算模块602,具体用于:
- [0167] 获取所述第一图像和所述第二图像的外方位元素；
- [0168] 获取相机的标定参数；
- [0169] 根据所述激光点云数据,确定所述地图要素所构成的空间平面；
- [0170] 根据所述外方位元素、所述标定参数、所述空间平面和所述第一图像坐标以及所述第二图像坐标,确定所述地图要素的特征点的空间坐标；
- [0171] 根据所述地图要素的特征点的空间坐标,确定所述地图要素的空间位置。
- [0172] 可选的,所述计算模块602,具体用于:
- [0173] 通过全球定位系统GPS和惯性测量单元IMU获取原始定位定姿数据；
- [0174] 根据所述原始定位定姿数据和所述标定参数,通过视觉辅助SLAM技术或运动恢复结构SFM技术确定所述第一图像和所述第二图像的外方位元素。
- [0175] 可选的,所述计算模块602,具体用于:
- [0176] 根据所述第一图像、所述第二图像和所述激光点云数据,通过空间匹配及形状匹配技术确定所述地图要素所构成的空间平面。
- [0177] 可选的,所述计算模块602,具体用于:
- [0178] 根据所述外方位元素、所述标定参数和所述空间平面,构建附加平面约束的前方交会方程；
- [0179] 根据所述第一图像坐标、所述第二图像坐标以及所述附加平面约束的前方交会方程,采用最小二乘优化解法确定所述地图要素的特征点的空间坐标。
- [0180] 可选的,上述装置,还包括:
- [0181] 更新模块603,用于根据所述地图要素的空间位置,对高精地图进行更新。
- [0182] 本发明提供的地图要素空间位置的确定装置,可用于执行上述任一实施例描述的地图要素空间位置的确定方法,其实现原理和技术效果类似,在此不再赘述。
- [0183] 本发明还提供一种更新采集设备,包括:双目相机(或者单目相机)、激光雷达、全球定位系统GPS以及惯性测量单元IMU。
- [0184] 本发明还提供一种更新测量系统,包括图6所示确定装置和上述更新采集设备。
- [0185] 在本发明所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的装置和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,所述单元的划分,仅仅为一种逻辑功能划分,实际实现时可以有另外的划分方式,例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统,或一些特征可以忽略,或不执行。另一点,所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通信连接,可以是电性,机械或其它的形式。
- [0186] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。
- [0187] 另外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以

是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用硬件加软件功能单元的形式实现。

[0188] 上述以软件功能单元的形式实现的集成的单元,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。上述软件功能单元存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备)或处理器(英文:processor)执行本发明各个实施例所述方法的部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(英文:Read-Only Memory,简称:ROM)、随机存取存储器(英文:Random Access Memory,简称:RAM)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0189] 应理解,上述处理器可以是中央处理单元(英文:Central Processing Unit,简称:CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(英文:Digital Signal Processor,简称:DSP)、专用集成电路(英文:Application Specific Integrated Circuit,简称:ASIC)等。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。结合本申请所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件处理器执行完成,或者用处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。

[0190] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

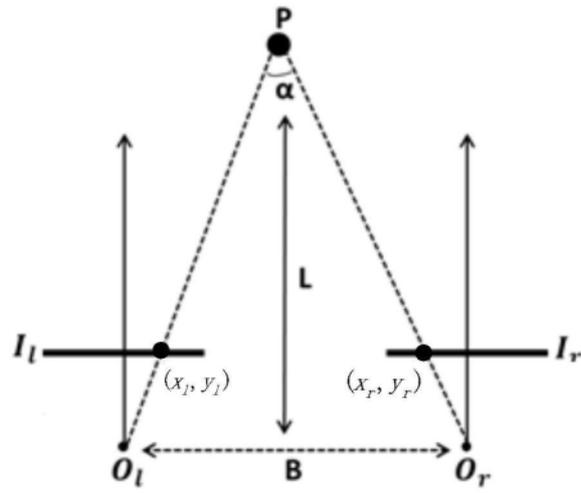


图1

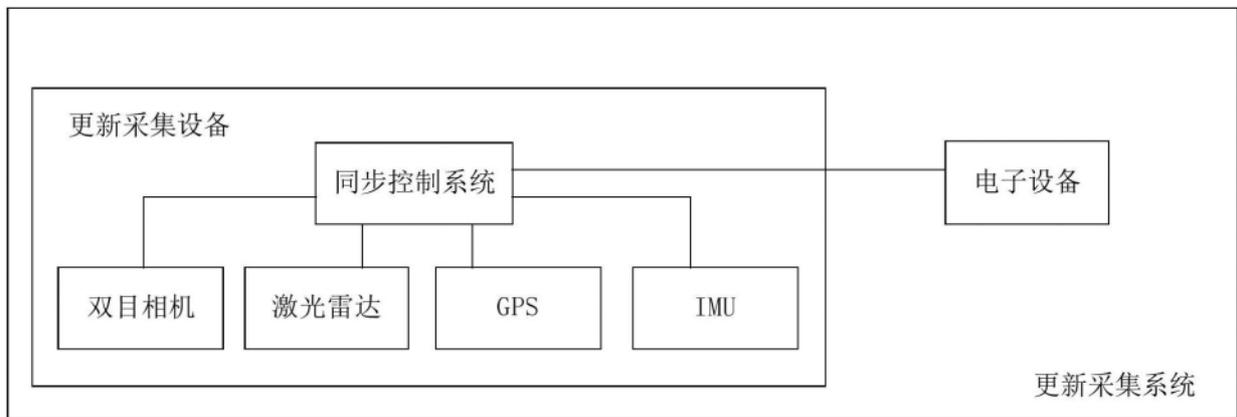


图2

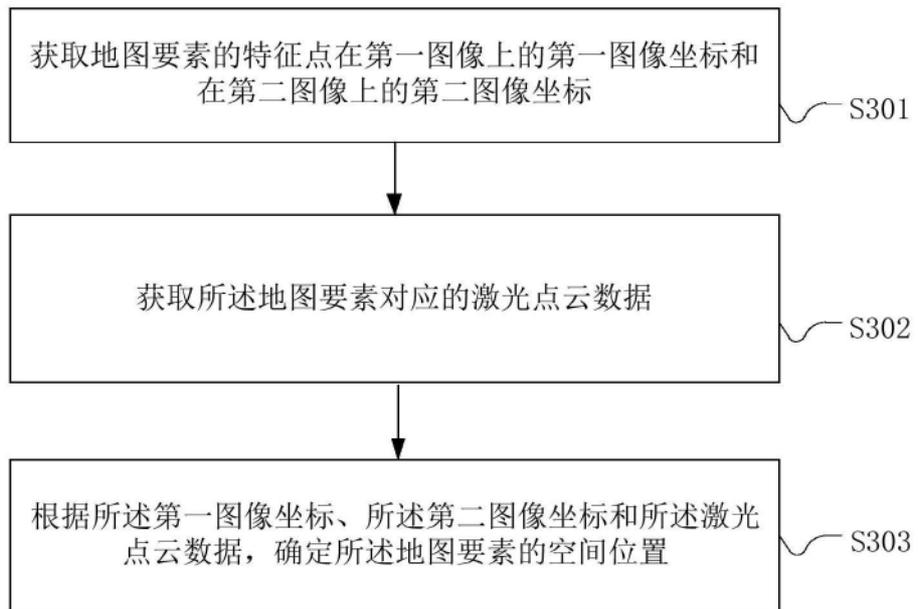


图3

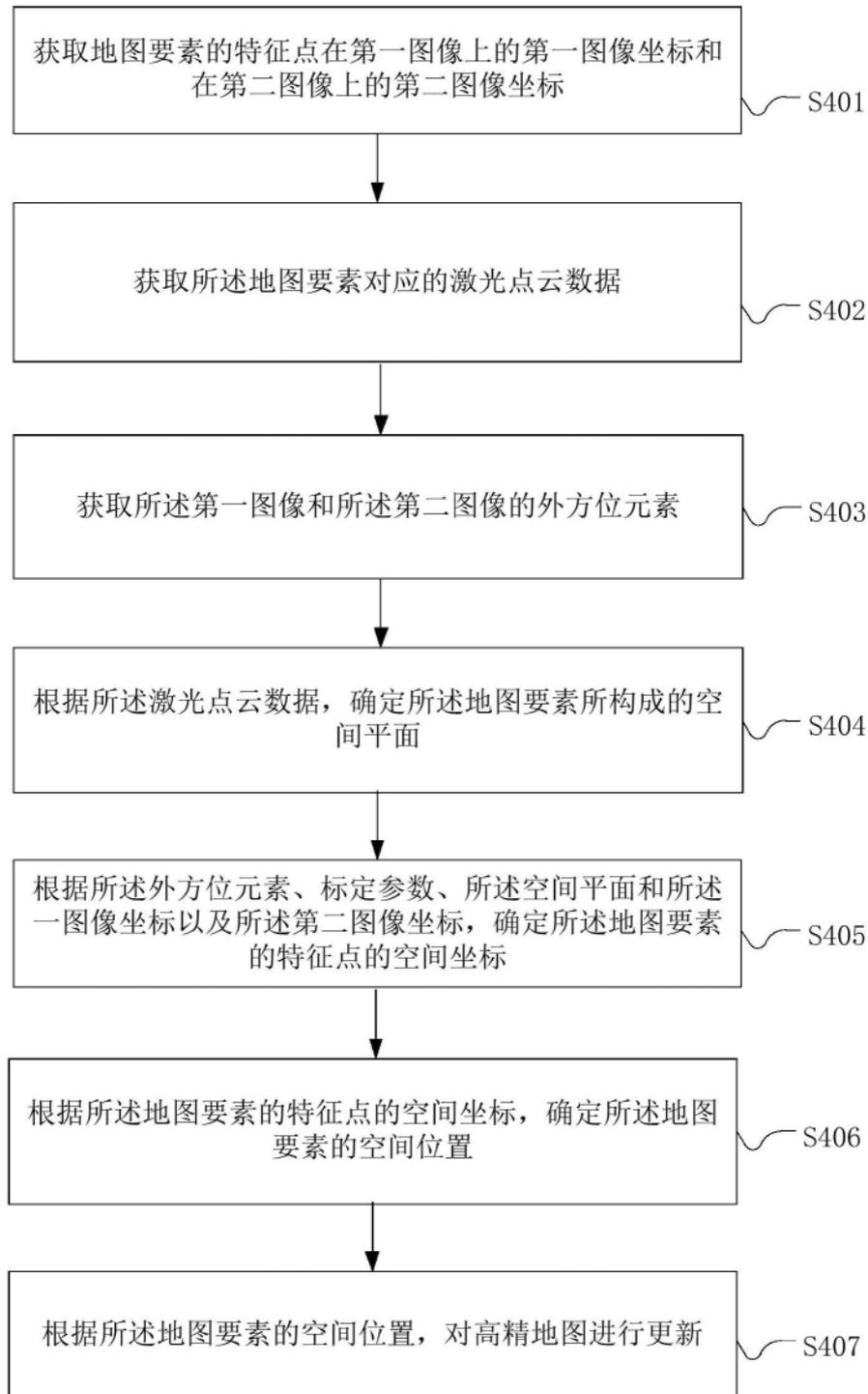


图4

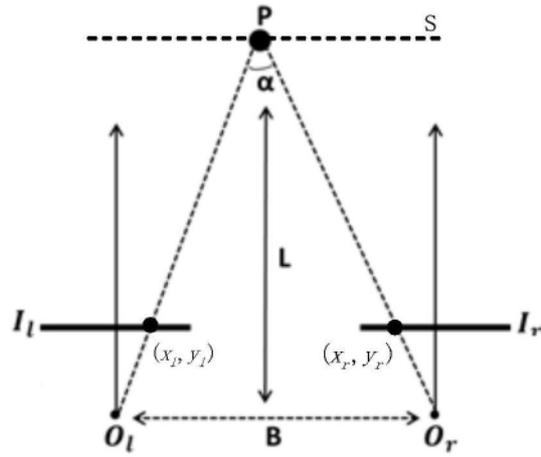


图5



图6