



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110376604 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 15

(21) 申请号 201910735279.0

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2019.08.09

G01S 17/88 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110376604 A

审查员 公羽

(43) 申请公布日 2019.10.25

(73) 专利权人 北京智行者科技股份有限公司  
地址 100096 北京市昌平区回龙观镇东大街338号创客广场B4-006

(72) 发明人 汪涛 熊祺 杨潇潇 张放  
李晓飞 张德兆 王肖 霍舒豪

(74) 专利代理机构 北京慧诚智道知识产权代理  
事务所(特殊普通合伙)  
11539

专利代理师 李楠

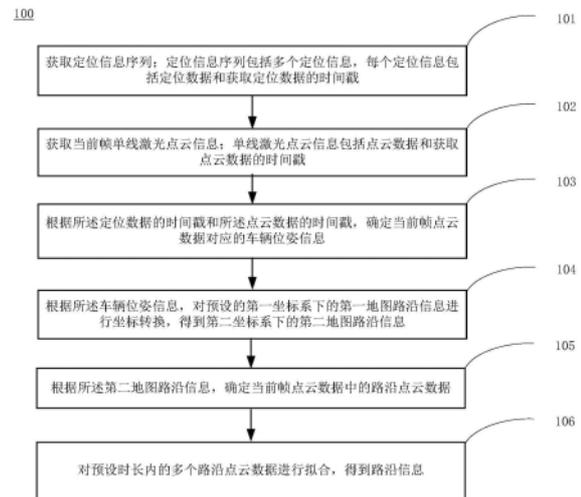
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

基于单线激光雷达的路沿检测方法

(57) 摘要

本发明提供了一种基于单线激光雷达的路沿检测方法,包括:获取定位信息序列;每个定位信息包括定位数据和获取定位数据的时间戳;获取当前帧单线激光点云信息;单线激光点云信息包括点云数据和获取点云数据的时间戳;根据定位数据的时间戳和点云数据的时间戳,确定当前帧点云数据对应的车辆位姿信息;根据车辆位姿信息,对预设的第一坐标系下的第一地图路沿信息进行坐标转换,得到第二坐标系下的第二地图路沿信息;根据第二地图路沿信息,确定当前帧点云数据中的路沿点云数据;对预设时长内的多个路沿点云数据进行拟合,得到路沿信息。本申请的基于单线激光雷达的路沿检测方法对环境要求较低,鲁棒性高,且计算复杂度低,能够满足实时性要求。



1. 一种基于单线激光雷达的路沿检测方法,其特征在于,所述方法包括:

获取定位信息序列;所述定位信息序列包括多个定位信息,每个所述定位信息包括定位数据和获取定位数据的时间戳;

获取当前帧单线激光点云信息;所述单线激光点云信息包括点云数据和获取点云数据的时间戳;

根据所述定位数据的时间戳和所述点云数据的时间戳,确定当前帧点云数据对应的车辆位姿信息;

根据所述车辆位姿信息,对预设的第一坐标系下的第一地图路沿信息进行坐标转换,得到第二坐标系下的第二地图路沿信息;

根据所述第二地图路沿信息,确定当前帧点云数据中的路沿点云数据;

对预设时长内的多个路沿点云数据进行拟合,得到路沿信息;

其中,所述根据所述第二地图路沿信息,确定当前帧点云数据中的路沿点云数据,具体包括:

以所述第二地图路沿信息中任意相邻的两个路点作为矩形的角点,得到多个矩形滑窗;

通过所述矩形滑窗,提取所述当前帧点云数据中的原始路沿点云数据;

将所述原始路沿点云数据中的点云依据x坐标进行排序,并设置过滤百分比;

选取处于所述过滤百分比确定的范围内的原始路沿点云数据作为路沿点云数据;

所述选取处于所述过滤百分比确定的范围内的原始路沿点云数据作为路沿点云数据,具体包括:

选取 $[x_{\min} + \text{filter\_percent} * (x_{\max} - x_{\min}), x_{\max} - \text{filter\_percent} * (x_{\max} - x_{\min})]$ 之间的点云作为路沿点云数据;

其中,filter\_percent为过滤百分比, $x_{\min}$ 为所述原始路沿点云数据中的最小值, $x_{\max}$ 为所述原始路沿点云数据中的最大值。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取当前帧单线激光点云信息之前,还包括:

获取第三坐标系下,当前帧原始单线激光点云信息;

根据单线激光雷达与所述车辆的位置关系,对所述当前帧原始单线激光点云信息进行坐标转换,得到第二坐标系下,当前帧单线激光点云信息。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述定位数据的时间戳和所述点云数据的时间戳,确定当前帧点云数据对应的车辆位姿信息,具体包括:

当当前帧点云数据的时间戳晚于定位数据的时间戳时,取时间戳最晚的定位数据作为当前帧点云数据对应的车辆位姿信息;或者,

当当前帧点云数据的时间戳早于定位数据的时间戳时,对所述当前帧点云数据的时间戳前后相邻的两个时间戳对应的定位数据进行线性插值,将插值后的定位数据作为当前帧点云数据对应的车辆位姿信息。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对预设时长内的多个路沿点云数据进行拟合,得到路沿信息,具体包括:

通过随机抽样一致算法,对所述路沿点云数据进行过滤;

通过最小二乘法,对过滤后的所述路沿点云数据进行拟合,得到路沿信息。

5.根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述路沿点云数据还包括激光雷达的扫描角度,所述根据所述第二地图路沿信息,确定当前帧点云数据中的路沿点云数据之后,还包括:

根据单线激光雷达的扫描角度,对所述路沿点云数据进行时间补偿。

6.一种基于单线激光雷达的路沿检测设备,包括存储器和处理器,所述存储器用于存储程序,所述处理器用于执行权利要求1-5任一所述的方法。

7.一种包含指令的计算机程序产品,当所述计算机程序产品在计算机上运行时,使得所述计算机执行权利要求1-5任一所述的方法。

8.一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权利要求1-5任一所述的方法。

## 基于单线激光雷达的路沿检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及数据处理技术领域,尤其涉及一种基于单线激光雷达的路沿检测方法。

### 背景技术

[0002] 近年来自动驾驶技术的飞速发展,环境感知是自动驾驶系统中的重要组成部分,道路边界信息提取是环境感知的重要研究内容,路沿是一种典型的道路边界信息。准确地识别路沿信息为自动驾驶车辆隔离了可行驶区域和非可行驶区域,从而有利于车辆更加安全、可靠地进行路径规划,完成更多复杂的功能和任务。

[0003] 为了实现路沿检测的功能,研究者提出了多种解决方案,根据使用传感器的不同,可以将解决方案分为两类,基于摄像头的路沿检测和基于激光雷达的路沿检测。

[0004] 在《智能车辆视觉导航中道路检测算法》中,刘化胜等人提出了基于摄像头的路沿检测算法,但是基于摄像头的路沿检测算法,容易受到天气、光照、裂缝、水迹等因素的影响。

[0005] 在《基于3D激光雷达的实时道路边沿检测算法》中,刘梓提出了基于多线激光雷达的路沿检测算法,该算法计算出来的道路边界精度不高,且无法适用于曲线路沿。

[0006] 在《Development of Patrol Robot using DGPS and Curb Detection》(使用DGPS和路沿检测的巡逻机器人的发展)中,Rho提出了基于Hough变换的路沿检测算法,通过提取线段的断点,提取出路沿信息,该方法要求地面平整,算法鲁棒性较差。

[0007] 现有基于视觉信息和激光雷达信息的路沿检测算法,对路面环境要求较高,鲁棒性较差,不能适应路面上存在障碍物的情况。而且对路沿检测精度要求不高,算法计算复杂度较高,对系统性能要求较高,不能满足实时性的要求。

### 发明内容

[0008] 本发明实施例的目的是提供一种基于单线激光雷达的路沿检测方法,以解决现有技术中路沿检测所存在的易受到天气、光照、裂缝、水迹等因素的影响、精度低、对系统性能要求较高,不能满足实时性的要求的问题。

[0009] 为解决上述问题,第一方面,本发明提供了一种基于单线激光雷达的路沿检测方法,所述方法包括:

[0010] 获取定位信息序列;所述定位信息序列包括多个定位信息,每个所述定位信息包括定位数据和获取定位数据的时间戳;

[0011] 获取当前帧单线激光点云信息;所述单线激光点云信息包括点云数据和获取点云数据的时间戳;

[0012] 根据所述定位数据的时间戳和所述点云数据的时间戳,确定当前帧点云数据对应的车辆位姿信息;

[0013] 根据所述车辆位姿信息,对预设的第一坐标系下的第一地图路沿信息进行坐标转

换,得到第二坐标系下的第二地图路沿信息;

[0014] 根据所述第二地图路沿信息,确定当前帧点云数据中的路沿点云数据;

[0015] 对预设时长内的多个路沿点云数据进行拟合,得到路沿信息。

[0016] 在一种可能的实现方式中,所述获取当前帧单线激光点云信息之前,还包括:

[0017] 获取第三坐标系下,当前帧原始单线激光点云信息;

[0018] 根据单线激光雷达与所述车辆的位置关系,对所述当前帧原始单线激光点云信息进行坐标转换,得到第二坐标系下,当前帧单线激光点云信息。

[0019] 在一种可能的实现方式中,所述根据所述定位数据的时间戳和所述点云数据的时间戳,确定当前帧点云数据对应的车辆位姿信息,具体包括:

[0020] 当当前帧点云数据的时间戳晚于定位数据的时间戳时,取时间戳最晚的定位数据作为当前帧点云数据对应的车辆位姿信息;或者,

[0021] 当当前帧点云数据的时间戳早于定位数据的时间戳时,对所述当前帧点云数据的时间戳前后相邻的两个时间戳对应的定位数据进行线性插值,将插值后的定位数据作为当前帧点云数据对应的车辆位姿信息。

[0022] 在一种可能的实现方式中,所述根据所述第二地图路沿信息,确定当前帧点云数据中的路沿点云数据,具体包括:

[0023] 以所述第二地图路沿信息中任意相邻的两个路点作为矩形的角点,得到多个矩形滑窗;

[0024] 通过所述矩形滑窗,提取所述当前帧点云数据中的原始路沿点云数据;

[0025] 将所述原始路沿点云数据中的点云依据x坐标进行排序,并设置过滤百分比;

[0026] 选取处于所述过滤百分比确定的范围内的原始路沿点云数据作为路沿点云数据。

[0027] 在一种可能的实现方式中,所述选取处于所述过滤百分比确定的范围内的原始路沿点云数据作为路沿点云数据,具体包括:

[0028] 选取 $[x_{\min} + \text{filter\_percent} * (x_{\max} - x_{\min}), x_{\max} - \text{filter\_percent} * (x_{\max} - x_{\min})]$ 之间的点云作为路沿点云数据;

[0029] 其中,filter\_percent为过滤百分比, $x_{\min}$ 为所述原始路沿点云数据中的最小值, $x_{\max}$ 为所述原始路沿点云数据中的最大值。在一种可能的实现方式中,所述对预设时长内的多个路沿点云数据进行拟合,得到路沿信息,具体包括:

[0030] 通过随机抽样一致算法,对所述路沿点云数据进行过滤;

[0031] 通过最小二乘法,对过滤后的所述路沿点云数据进行拟合,得到路沿信息。

[0032] 在一种可能的实现方式中,所述路沿点云数据还包括激光雷达的扫描角度,所述根据所述第二地图路沿信息,确定当前帧点云数据中的路沿点云数据之后,还包括:

[0033] 根据单线激光雷达的扫描角度,对所述路沿点云数据进行时间补偿。

[0034] 第二方面,本发明提供了一种设备,包括存储器和处理器,所述存储器用于存储程序,所述处理器用于执行第一方面任一所述的方法。

[0035] 第三方面,本发明提供了一种包含指令的计算机程序产品,当所述计算机程序产品在计算机上运行时,使得所述计算机执行如第一方面任一所述的方法。

[0036] 第四方面,本发明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第一方面任一所述的方法。

[0037] 通过应用本发明实施例提供的基于单线激光雷达的路沿检测方法,能够准确提取出路沿信息。本申请的基于单线激光雷达的路沿检测方法对环境要求较低,鲁棒性高,且计算复杂度低,能够满足实时性要求。

### 附图说明

[0038] 图1为本发明实施例一提供的基于单线激光雷达的路沿检测方法流程示意图;

[0039] 图2为本发明实施例一提供的矩形滑窗示意图;

[0040] 图3为本发明实施例一提供的曲线拟合示意图。

### 具体实施方式

[0041] 下面结合附图和实施例对本申请作进一步的详细说明。可以理解的是,此处所描述的具体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,为便于描述,附图中仅示出了与有关发明相关的部分。

[0042] 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。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本申请。

[0043] 图1为本发明实施例一提供的基于单线激光雷达的路沿检测方法流程示意图,该方法的应用场景为无人驾驶车辆,该方法的执行主体为无人驾驶车辆中的处理器。如图1所示,本申请包括以下步骤:

[0044] 步骤101,获取定位信息序列;定位信息序列包括多个定位信息,每个定位信息包括定位数据和获取定位数据的时间戳。

[0045] 具体的,定位数据包括车辆坐标系下,车辆的位置信息和航向角。

[0046] 车辆可以通过车载传感器,得到定位数据,比如,可以通过全球定位系统(Global Positioning System,GPS)得到全球坐标系下,车辆的位置信息和航向角,再进行坐标转换后,得到车辆坐标系下的车辆的位置信息和航向角。或者,车辆也可以通过惯性测量单元(英文:Inertial measurement unit,IMU)直接得到车辆坐标系下的车辆位置信息和航向角。随后,给定位数据添加上时间戳后,可以得到定位信息。

[0047] 步骤102,获取当前帧单线激光点云信息;单线激光点云信息包括点云数据和获取点云数据的时间戳。

[0048] 具体的,先可以通过单线激光雷达,得到第三坐标系下,当前帧原始单线激光点云信息;后根据单线激光雷达在车辆上的安装位置,进行坐标系转换,将激光坐标系下的原始单线激光点云信息转换为车辆坐标系下的单线激光点云信息。其中,第三坐标系为激光坐标系。

[0049] 其中,单线激光点云信息包括点云数据、获取该点云数据的时间,还包括获取该每个点云数据时激光雷达的角度。

[0050] 步骤103,根据定位数据的时间戳和点云数据的时间戳,确定当前帧点云数据对应的车辆位姿信息。

[0051] 由于获取定位数据所用的传感器与激光雷达不同,因此,定位信息的更新频率和激光雷达点云数据的更新频率可能存在不一致的情况,而且即使频率一致也存在数据时间错开的问题,因此不同信息之间的时间同步是非常有必要的。本申请通过比较两种信息的

时间戳进行数据对齐:维护一定长度的队列来存储车辆定位数据。

[0052] 在一个示例中,当当前帧点云数据的时间戳晚于定位数据的时间戳时,取时间戳最晚的定位数据作为当前帧点云数据对应的车辆位姿信息。

[0053] 比如,定位信息序列中包括3个定位数据,时间戳分别为10:30、10:31、10:32,当前帧点云数据的时间戳为10:33,则将10:32时的定位数据作为车辆位姿信息。

[0054] 在另一个示例中,当当前帧点云数据的时间戳早于定位数据的时间戳时,对当前帧点云数据的时间戳前后相邻的两个时间戳对应的定位数据进行线性插值,将插值后的定位数据作为当前帧点云数据对应的车辆位姿信息。

[0055] 比如,定位信息序列中包括3个定位数据,时间戳分别为10:30、10:32、10:34,当前帧点云数据的时间戳为10:33,则将10:32的定位数据和10:34的定位数据进行线性插值后,将插值后的定位数据作为车辆位姿信息。

[0056] 步骤104,根据车辆位姿信息,对预设的第一坐标系下的第一地图路沿信息进行坐标转换,得到第二坐标系下的第二地图路沿信息。

[0057] 具体的,第一坐标系为全局坐标系,第二坐标系为车辆坐标系,在全局地图中,包括第一地图路沿信息。

[0058] 在进行坐标转换后,得到车辆坐标系下的第二地图路沿信息。

[0059] 具体的,本申请中的地图中,第一地图路沿信息由若干路点组成,路点的地图坐标表示为 $P_g$ ,车辆在地图中旋转矩阵为 $R$ 和,平移矩阵为 $t$ 。由上述信息可以推导出第二地图路沿信息中的路点在车辆坐标系下的坐标 $P_1$ 为:

$$[0060] \quad P_1 = R \cdot P_g + t$$

[0061] 步骤105,根据第二地图路沿信息,确定当前帧点云数据中的路沿点云数据。

[0062] 真实道路场景相比图2中的理想道路模型往往要复杂得多,比如可以预见的路沿破损、残缺、有杂草覆盖、路沿特征不明显等情况。通过第二地图路沿信息来确定路沿点云数据,会减少很多干扰,也为最终检测结果的滤波提供参考,提高本申请的鲁棒性,具体的,参见图2,图2中的路点为第二地图路沿信息中的路点,滑窗内的激光点云即为原始路沿点云数据对应的激光点云。

[0063] 下面对如何得到当前帧点云数据中的路沿点云数据,进行说明。

[0064] 首先,以第二地图路沿信息中任意相邻的两个路点作为矩形的角点,得到多个矩形滑窗;

[0065] 然后,通过矩形滑窗,提取当前帧点云数据中的原始路沿点云数据;

[0066] 接着,将原始路沿点云数据中的点云依据x坐标进行排序,并设置过滤百分比;

[0067] 最后,选取处于过滤百分比确定的范围内的原始路沿点云数据作为路沿点云数据。

[0068] 本申请中,第二地图路沿信息由若干路点组成,以相邻两路点为矩形的角点,并在横向宽度上做适当膨胀。膨胀值应充分考虑地图参考线的作图误差,做到能完全覆盖实际路沿。将上述矩形滑窗沿着路沿参考线由近及远滑动,保留这个过程中处于窗口内的当前帧点云数据,作为原始路沿点云数据。通过矩形滑窗的方法能够过滤掉大部分障碍物点云和被障碍物遮挡的点云。

[0069] 进一步的,上述得到的原始路沿点云数据依然包含很多地面点,将原始路沿点云

数据依照 $x$ 坐标值进行排序,得到原始路沿点云数据中的最小值 $x_{\min}$ 和最大值 $x_{\max}$ ,设置过滤百分比 $filter\_percent$ ,选取 $x$ 坐标值在 $[x_{\min}+filter\_percent*(x_{\max}-x_{\min}), x_{\max}-filter\_percent*(x_{\max}-x_{\min})]$ 之间的点云作为路沿点云数据。

[0070] 进一步的,路沿点云数据还包括激光雷达的扫描角度。

[0071] 在步骤105之后还包括:

[0072] 根据单线激光雷达的扫描角度,对路沿点云数据进行时间补偿。

[0073] 具体的,本申请中所用单线激光雷达为机械旋转式激光雷达,激光雷达点云旋转一圈后返回的时间戳并非路沿点云数据所对应的时间戳,为尽可能保证路沿点云数据的累积效果,在提取出路沿点云数据后,可以根据路沿点云数据所对应的激光扫描角度进行时间补偿。

[0074] 比如,路沿点云数据为激光雷达的扫描角度为45度到90度进行扫描时得到的,而激光雷达扫描一圈为360度,该路沿点云数据对应的时间戳为10:33,可以根据角度换算,将10点33分转换为10点32分125毫秒-10点32分250毫秒,然后取中间值10点32分187.5毫秒作为该路沿点云数据的时间戳。

[0075] 步骤106,对预设时长内的多个路沿点云数据进行拟合,得到路沿信息。

[0076] 其中,参见图3,图3中的当前检测路沿点,指的是当前帧点云数据中的路沿点云数据对应的路沿点。累积路沿点,指的是预设时长内,累积的多个路沿点云数据对应的路沿点。拟合的曲线,指的是路沿信息。

[0077] 具体的,在一个示例中,可以通过随机抽样一致算法,对路沿点云数据进行过滤;通过最小二乘法,对过滤后的路沿点云数据进行拟合,得到路沿信息;

[0078] 在另一个示例中,直接通过最小二乘法,对路沿点云数据进行拟合,得到路沿信息。

[0079] 可以理解的是,该方法也可以应用在安装了单线激光雷达的机器人上。

[0080] 通过应用本发明实施例一提供的基于单线激光雷达的路沿检测方法,能够准确提取出路沿信息。本申请的基于单线激光雷达的路沿检测方法对环境要求较低,鲁棒性高,且计算复杂度低,能够满足实时性要求,检测出来的路沿信息可以辅助自动驾驶系统完成可行驶区域计算、局部路径规划、车辆定位和贴边清扫等功能。

[0081] 本发明实施例二提供了一种设备,包括存储器和处理器,存储器用于存储程序,存储器可通过总线与处理器连接。存储器可以是非易失存储器,例如硬盘驱动器和闪存,存储器中存储有软件程序和设备驱动程序。软件程序能够执行本发明实施例提供的上述方法的各种功能;设备驱动程序可以是网络和接口驱动程序。处理器用于执行软件程序,该软件程序被执行时,能够实现本发明实施例一提供的方法。

[0082] 本发明实施例三提供了一种包含指令的计算机程序产品,当计算机程序产品在计算机上运行时,使得计算机执行本发明实施例一提供的方法。

[0083] 本发明实施例四提供了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本发明实施例一提供的方法。

[0084] 专业人员应该还可以进一步意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、计算机软件或者二者的结合来实现,为了清楚地说明硬件和软件的可互换性,在上述说明中已经按照功能一般性地描述了各示例的组成及步骤。

这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

[0085] 结合本文中所公开的实施例描述的方法或算法的步骤可以用硬件、处理器执行的软件模块,或者二者的结合来实施。软件模块可以置于随机存储器(RAM)、内存、只读存储器(ROM)、电可编程ROM、电可擦除可编程ROM、寄存器、硬盘、可移动磁盘、CD-ROM、或技术领域内所公知的任意其它形式的存储介质中。

[0086] 以上的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

100

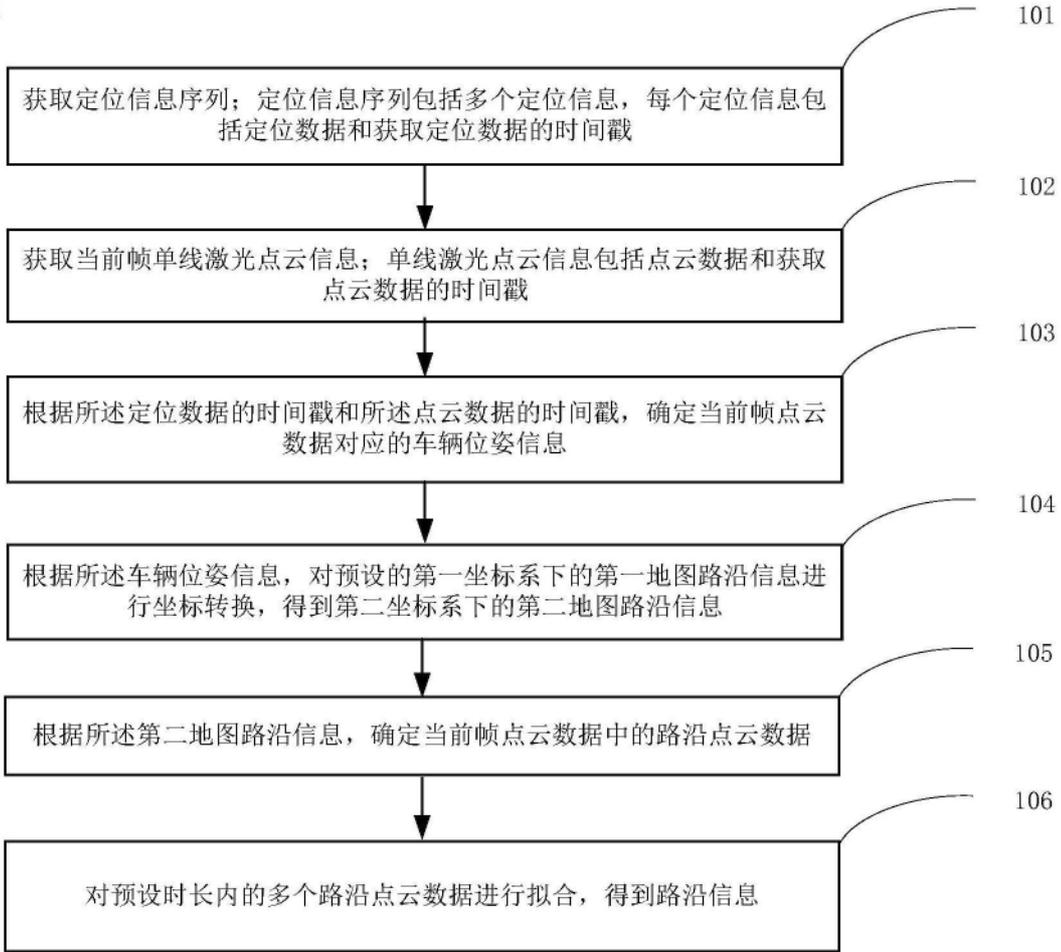


图1

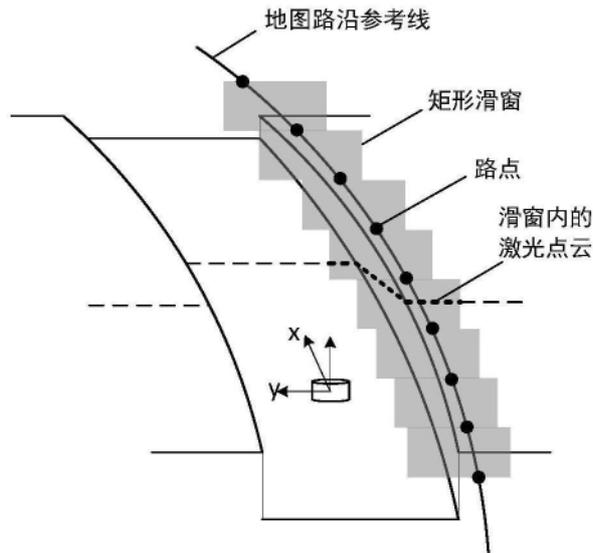


图2

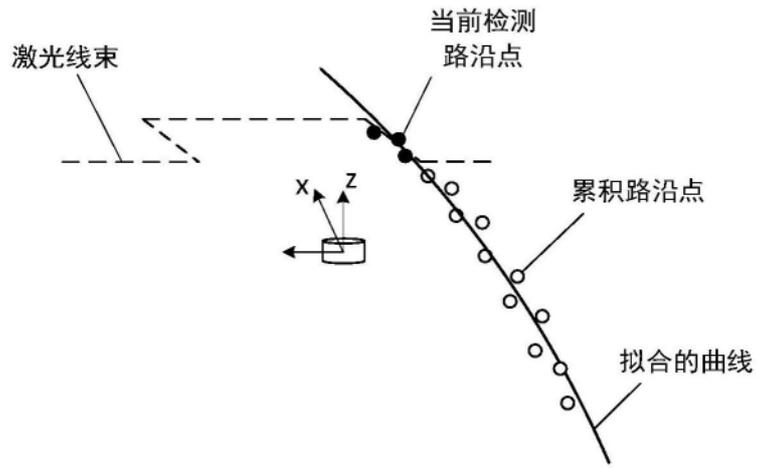


图3