



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115128552 B

(45) 授权公告日 2025.05.27

(21) 申请号 202110324401.2

(22) 申请日 2021.03.26

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115128552 A

(43) 申请公布日 2022.09.30

(73) 专利权人 希迪智驾科技股份有限公司

地址 410006 湖南省长沙市岳麓区学士路
336号湖南省检验检测特色产业园内
A3、A4栋

(72) 发明人 魏吉敏 张长隆 余咸宁 王泽涛

(74) 专利代理机构 华进联合专利商标代理有限公司 44224

专利代理师 聂榕

(51) Int. Cl.

G01S 7/40 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109597037 A, 2019.04.09

CN 110853393 A, 2020.02.28

审查员 刘仲梁

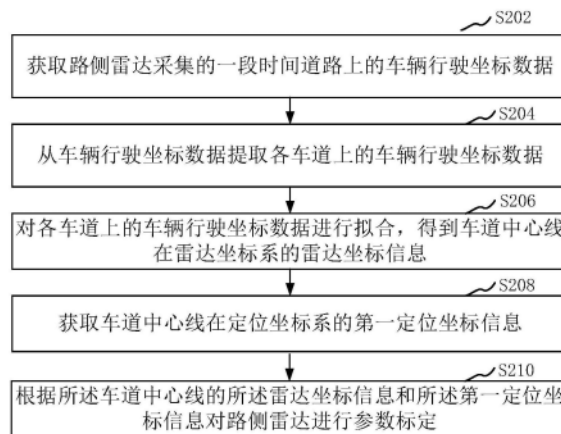
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

路侧雷达标定方法、装置、计算机设备和存储介质

(57) 摘要

本申请涉及一种路侧雷达标定方法、装置、计算机设备和存储介质。该方法包括：获取路侧雷达采集的一段时间道路上的车辆行驶坐标数据；从车辆行驶坐标数据提取各车道上的车辆行驶坐标数据；对各车道上的车辆行驶坐标数据进行拟合，得到车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息；获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息；根据车道中心线的雷达坐标信息和第一定位坐标信息对路侧雷达进行参数标定。该方法操作简单，具有便捷性。



1. 一种路侧雷达标定方法,所述方法包括:
 - 获取路侧雷达采集的一段时间道路上的车辆行驶坐标数据;
 - 从所述车辆行驶坐标数据提取各车道上的车辆行驶坐标数据;
 - 对各车道上的所述车辆行驶坐标数据进行拟合,得到车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息;
 - 获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息;
 - 根据所述车道中心线的所述雷达坐标信息和所述第一定位坐标信息对路侧雷达进行参数标定,其中,根据所述车道中心线的所述雷达坐标信息和所述第一定位坐标信息对路侧雷达进行参数标定,包括:
 - 根据所述雷达坐标信息,将所述车道中心线的坐标点转换到定位坐标系,得到该坐标点在定位坐标系的转换后定位坐标点;
 - 在所述第一定位坐标信息中获取与所述转换后定位坐标点距离最近的第一定位坐标点;
 - 以最小化所述转换后定位坐标点和所述第一定位坐标点的距离为目标,得到所述路侧雷达的标定参数。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,从所述车辆行驶坐标数据提取各车道上的车辆行驶坐标数据,包括:
 - 获取根据车道的分布特征以及车辆行驶的坐标变化划定的所述车辆行驶坐标数据中的感兴趣区域,所述感兴趣区域与车道区域对应;
 - 根据所述感兴趣区域,提取在各车道上的车辆行驶坐标数据。
3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息,包括:
 - 从高精度地图中,获取所述车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息,包括:
 - 获取定位车辆在各车道行驶采集得到的所述车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息。
5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对各车道上的所述车辆行驶坐标数据进行拟合,得到车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息,包括:
 - 对各车道上的所述车辆行驶坐标数据进行多项式拟合,得到车道中心线在路侧雷达坐标系中的轨迹;
 - 在所述车道中心线在路侧雷达坐标系中的轨迹进行采样,得到车道中心线在所述路侧雷达坐标系的雷达坐标信息。
6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述目标的目标函数满足以下约束条件:第一距离和第二距离的距离差值满足距离偏差阈值,所述第一距离为所述转换后定位坐标点与所述路侧雷达在定位坐标系的定位坐标点的距离;所述第二距离为车道中心线在雷达坐标系下雷达坐标点与雷达的距离。
7. 一种路侧雷达标定装置,其特征在于,所述装置包括:
 - 采集模块,用于获取路侧雷达采集的一段时间道路上的车辆行驶坐标数据;

车道数据提取模块,用于从所述车辆行驶坐标数据提取各车道上的车辆行驶坐标数据;

拟合模块,用于对各车道上的所述车辆行驶坐标数据进行拟合,得到车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息;

定位信息获取模块,用于获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息;

标定模块,用于根据所述车道中心线的所述雷达坐标信息和所述第一定位坐标信息对路侧雷达进行参数标定,其中,所述标定模块还用于根据所述雷达坐标信息,将所述车道中心线的坐标点转换到定位坐标系,得到该坐标点在定位坐标系的转换后定位坐标点;在所述第一定位坐标信息中获取与所述转换后定位坐标点距离最近的第一定位坐标点;以最小化所述转换后定位坐标点和所述第一定位坐标点的距离为目标,得到所述路侧雷达的标定参数。

8. 根据权利要求7所述的装置,其特征在于,所述车道数据提取模块还用于:

获取根据车道的分布特征以及车辆行驶的坐标变化划定的所述车辆行驶坐标数据中的感兴趣区域,所述感兴趣区域与车道区域对应;根据所述感兴趣区域,提取在各车道上的车辆行驶坐标数据。

9. 一种计算机设备,包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求1至6中任一项所述方法的步骤。

10. 一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求1至6中任一项所述的方法的步骤。

路侧雷达标定方法、装置、计算机设备和存储介质

技术领域

[0001] 本申请涉及智能交通技术领域,特别是涉及一种路侧雷达标定方法、装置、计算机设备和存储介质。

背景技术

[0002] 随着智能交通系统和智能网联汽车产业的发展,路侧感知系统发挥着越来越重要的作用,它通过在路侧布置传感器(包括摄像头、毫米波雷达、激光雷达等)实时感知道路上交通信息并实时将感知信息发送给行驶在道路上的车辆,能够有效弥补车载感知的盲区,提升交通通行的安全性。

[0003] 在智能交通场景,对于路侧雷达来说,需要获得目标的定位数据,而路侧感知的数据是用雷达坐标系表示,因此,需要对路侧雷达进行参数标定。传统的对路侧雷达进行标定的方式,需要在道路上具有定位功能的标定物(如角反射器)配合,操作繁琐,标定过程费时费力。

发明内容

[0004] 基于此,有必要针对上述技术问题,提供一种能够方便快捷的路侧雷达标定方法、装置、计算机设备和存储介质。

[0005] 一种路侧雷达标定方法,所述方法包括:

[0006] 获取路侧雷达采集的一段时间道路上的车辆行驶坐标数据;

[0007] 从所述车辆行驶坐标数据提取各车道上的车辆行驶坐标数据;

[0008] 对各车道上的所述车辆行驶坐标数据进行拟合,得到车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息;

[0009] 获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息;

[0010] 根据所述车道中心线的所述雷达坐标信息和所述第一定位坐标信息对路侧雷达进行参数标定。

[0011] 在其中一个实施例中,从所述车辆行驶坐标数据提取各车道上的车辆行驶坐标数据,包括:

[0012] 获取根据车道的分布特征以及车辆行驶的坐标变化划定的所述车辆行驶坐标数据中的感兴趣区域,所述感兴趣区域与车道区域对应;

[0013] 根据所述感兴趣区域,提取在各车道上的车辆行驶坐标数据。

[0014] 在其中一个实施例中,所述获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息,包括:

[0015] 从高精度地图中,获取所述车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息。

[0016] 在其中一个实施例中,所述获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息,包括:

[0017] 获取定位车辆在各车道行驶采集得到的所述车道中心线在定位坐标系的第一定

位坐标信息。

[0018] 在其中一个实施例中,所述对各车道上的所述车辆行驶坐标数据进行拟合,得到车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息,包括:

[0019] 对各车道上的所述车辆行驶坐标数据进行多项式拟合,得到车道中心线在路侧雷达坐标系中的轨迹;

[0020] 在所述车道中心线在路侧雷达坐标系中的轨迹进行采样,得到车道中心线在所述路侧雷达坐标系的雷达坐标信息。

[0021] 在其中一个实施例中,根据所述车道中心线的所述雷达坐标信息和所述第一定位坐标信息对路侧雷达进行参数标定,包括:

[0022] 根据所述雷达坐标信息,将所述车道中心线的坐标点转换到定位坐标系,得到该坐标点在定位坐标系的转换后定位坐标点;

[0023] 在所述第一定位坐标信息中获取与所述转换后坐标点距离最近的第一定位坐标点;

[0024] 以最小化所述转换后定位坐标点和第一定位坐标点的距离为目标,得到路侧雷达的标定参数。

[0025] 在其中一个实施例中,所述目标的目标函数满足以下约束条件:第一距离和第二距离的距离差值满足距离偏差阈值,所述第一距离为所述转换后定位点与所述路侧雷达在定位坐标系的定位坐标点的距离;所述第二距离为车道中心线在雷达坐标系下雷达坐标点与雷达的距离。

[0026] 一种路侧雷达标定装置,所述装置包括:

[0027] 采集模块,用于获取路侧雷达采集的一段时间道路上的车辆行驶坐标数据;

[0028] 车道数据提取模块,用于从所述车辆行驶坐标数据提取各车道上的车辆行驶坐标数据;

[0029] 拟合模块,用于对各车道上的所述车辆行驶坐标数据进行拟合,得到车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息;

[0030] 定位信息获取模块,用于获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息;

[0031] 标定模块,用于根据所述车道中心线的所述雷达坐标信息和所述第一定位坐标信息对路侧雷达进行参数标定。

[0032] 一种计算机设备,包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现以下步骤:

[0033] 获取路侧雷达采集的一段时间道路上的车辆行驶坐标数据;

[0034] 从所述车辆行驶坐标数据提取各车道上的车辆行驶坐标数据;

[0035] 对各车道上的所述车辆行驶坐标数据进行拟合,得到车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息;

[0036] 获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息;

[0037] 根据所述车道中心线的所述雷达坐标信息和所述第一定位坐标信息对路侧雷达进行参数标定。

[0038] 一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,所述存储器存储有计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现以下步骤:

- [0039] 获取路侧雷达采集的一段时间道路上的车辆行驶坐标数据；
- [0040] 从所述车辆行驶坐标数据提取各车道上的车辆行驶坐标数据；
- [0041] 对各车道上的所述车辆行驶坐标数据进行拟合,得到车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息；
- [0042] 获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息；
- [0043] 根据所述车道中心线的所述雷达坐标信息和所述第一定位坐标信息对路侧雷达进行参数标定。
- [0044] 上述路侧雷达标定方法、装置、计算机设备和存储介质,基于路侧雷达采集的车辆行驶坐标数据,拟合得到车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息,获取车道中心线在定位坐标信息的第一定位坐标信息,根据车道线在两个坐标系下的坐标信息,对路侧雷达进行参数标定。该方法中,车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息,根据路侧雷达采集的数据进行车道分割和拟合得到,无需辅助其它的标定物,因而可直接利用普通车辆的雷达数据进行处理得到,该方法操作简单,具有便捷性。

附图说明

- [0045] 图1为一个实施例中路侧雷达标定方法的应用环境图；
- [0046] 图2为一个实施例中路侧雷达标定方法的流程示意图；
- [0047] 图3为一个实施例中车辆行驶坐标数据的示意图；
- [0048] 图4为一个实施例中车辆行驶坐标数据中感兴趣区域的示意图；
- [0049] 图5为一个实施例中根据图4的感兴趣区域提取的车道上的车辆行驶坐标数据的示意图；
- [0050] 图6为一个实施例中路侧雷达标定的结构示意图；
- [0051] 图7为一个实施例中计算机设备的内部结构图。

具体实施方式

[0052] 为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本申请进行进一步详细说明。应当理解,此处描述的具体实施例仅仅用以解释本申请,并不用于限定本申请。

[0053] 本申请提供的路侧雷达标定方法,可以应用于如图1所示的应用环境中。如图1所示,包括设置在道路102一侧的路侧单元104,与路侧单元104通过网络连接的边缘计算单元106,以及行驶在道路上的车辆108。标定时,路侧雷达采集一段时间道路上行驶车辆的车辆行驶坐标数据,发送至边缘计算单元106,由边缘计算单元处理实现路侧雷达标定方法。

[0054] 在一个实施例中,如图2所示,提供了一种路侧雷达标定方法,以该方法应用于图1中的边缘计算单元为例进行说明,包括以下步骤:

[0055] 步骤202,获取路侧雷达采集的一段时间道路上的车辆行驶坐标数据。

[0056] 路侧雷达可以为毫米波雷达和激光雷达。路侧雷达采集的目标的位置信息以路侧雷达坐标系为基础,如毫米波雷达坐标系或激光雷达坐标系。路侧雷达采集一段时间道路上的车辆的雷达数据,将各时间的车辆的坐标数据在雷达坐标系以数据点形式表示,得到车辆行驶坐标数据,即车辆行驶坐标数据为车辆在路侧雷达坐标系下的车辆行驶运动的坐

标数据,根据在路侧雷达坐标系下以数据点形式表示的车辆行驶坐标数据,通过车辆的坐标点变化的连续性,可以得到车辆在该时间段的行驶轨迹。一个实施例中的车辆行驶坐标数据如图3所示,以数据点表示车辆的坐标位置。

[0057] 其中,车辆为在道路上行驶的车辆,可以为普通车辆,无需为标定清理道路环境,也无需为标定设置特定的网联车配合。传统的标定方法需要标定时只有唯一的网联车在路口或者道路上行驶,而开放路口或者道路上的交通情况无法控制。本申请的标定方法对路口或者道路上的交通情况无特殊要求,只需要路口或者道路正常有车行驶即可,降低了标定时对交通管控的要求,提高了操作便捷性,从而使得该方法适用于城市路口及高速公路各种交通路段,不受路侧雷达所在路段的交通流影响。

[0058] 步骤204,从车辆行驶坐标数据提取各车道上的车辆行驶坐标数据。

[0059] 道路具有车道划分,车道,又称行车线、车行道,是用在供车辆行经的道路。在一般公路和高速公路都有设置。如一条道路为三车道,则具有三个车道,车辆可以三个车道行驶。

[0060] 通过对车辆行驶坐标数据,识别车道上的车辆行驶坐标数据。

[0061] 一种实施方式中,可将路侧雷达数据与车道线的位置数据融合,在车辆行驶坐标数据上标识车道线,以提取车道上的车辆行驶坐标数据。

[0062] 一种实施方式中,获取根据车道的分布特征以及车辆行驶的坐标变化划定的车辆行驶坐标数据中的感兴趣区域,感兴趣区域与车道区域对应;根据感兴趣区域,提取在各车道上的车辆行驶坐标数据。

[0063] 其中,车道的分布特征包括车道数量和车道曲线特征。车道数量是指道路上的车道数量,如,两车道对应的车道数量为2,或三车道对应的车道数量为3。车道曲线特征是指路侧雷达的探测范围对应的车道的形状。车道形状通常与道路形状一致。车道曲线特征体现车道的车道线条的曲度上,如,一个区域的车道为直线,一个区域的车道为具有一定曲率的曲线。

[0064] 然而车辆的车道的分布特征只能够大致确定车道数据以及形状,并不能够实现车道的车辆行驶坐标数据的分割。

[0065] 进一步地,本实施例中,根据在路侧雷达坐标系下以数据点形式表示的车辆行驶坐标数据,通过车辆的坐标点变化的连续性,可以得到车辆在该时间段的行驶轨迹。因此,结合车辆行驶坐标数据所体现的车辆行驶的坐标变化以及车道的分布特征,在车辆行驶坐标数据中划定与沿固定车道行驶的车辆行驶坐标数据范围对应的感兴趣区域,沿固定车道行驶的车辆行驶坐标数据是一定在车道区域内的,因而,感兴趣区域与车道区域对应,具体地,感兴趣区域在车道区域范围内。

[0066] 对图3的车辆行驶坐标数据,结合车辆行驶坐标数据所体现的车辆行驶的坐标变化以及车道的分布特征,在车辆行驶坐标数据中划定的感兴趣区域如图图4所示。其中,根据车辆行驶的坐标变化,区域A和区域B表示存在车道变更,根据车道分布特征可车辆行驶的坐标变化,可确定图4中的两个感兴趣区域C和D,两个感兴趣区域的形状一致,表示道路上的两条车道,在该感兴趣区域内的坐标点为沿固定车道行驶的车辆行驶坐标数据。从感兴趣区域提取的相应车道的车辆行驶坐标数据如图5所示,相对于图4完整的车辆行驶坐标数据而言,剔除了变道的车辆的坐标数据。

[0067] 在实际应用中,由工作人员在车辆行驶坐标数据的基础上,根据对路侧雷达探测范围的车道的分布特征,结合经验划定沿固定车道行驶的车辆行驶坐标数据范围,得到感兴趣区域。

[0068] 通常而言,提取路侧雷达坐标系中多条车道中心线的坐标需要对路侧雷达检测的目标的坐标进行聚类。常见的聚类方法有k-means、DBSCAN聚类等,由于路侧雷达检测的目标区域的不规则无法采用k-means方法聚类,同时不同车道由于车辆变道导致其在路侧雷达坐标系中是存在连接因而无法用DBSCAN聚类方法区分。针对在路侧雷达坐标系中提取车道中心线存在的难点,本实施例中,通过根据车道的分布特征以及车辆行驶的坐标变化划定的车辆行驶坐标数据中的感兴趣区域,进而根据感兴趣区域提取车道上的车辆行驶坐标数据,能够剔除变道的车道的坐标数据,得到至少一个车道车辆行驶坐标数据。采用该方法,无需对路侧雷达检测的目标的坐标进行聚类,只需根据感兴趣区域提取沿固定车道行驶的车辆行驶坐标数据,即可得到至少一个分割出来的车道上的车辆的坐标数据。

[0069] 步骤206,对各车道上的车辆行驶坐标数据进行拟合得到车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息。

[0070] 其中,拟合方式可以为多项式拟合。具体地,对各车道上的车辆行驶坐标数据进行多项式拟合,得到车道中心线在路侧雷达坐标系中的轨迹;在车道中心线在路侧雷达坐标系中的轨迹进行采样,得到车道中心线在路侧雷达坐标系的雷达坐标信息。具体地,通过对每个车道对应的路侧坐标数据进行多项式拟合可获得车道中心线在路侧雷达坐标系中的轨迹。

$$[0071] \quad y_{\text{radar}} = a + b * x_{\text{radar}} + c * x_{\text{radar}}^2 + d * x_{\text{radar}}^3$$

[0072] 其中,公式中的多项式参数a、b、c、d可以通过最小二乘法获得。获得每个车道的多项式轨迹后在每个车道均匀选取N(N为大于3的整数)采样点,实现车道中心线在路侧雷达坐标系中的采样,每条车道中心线获得N个路侧雷达坐标点 $(x_{\text{radar}_i}, y_{\text{radar}_i}), i = 1, 2, \dots, N$ 。

[0073] 步骤208,获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息。

[0074] 定位坐标系是指实现定位功能的坐标系,如定位坐标系可以为实现GPS定位的GPS坐标系,GPS坐标系为WGS-84坐标系(World Geodetic System 1984Coordinate System,一种国际上采用的地心坐标系),定位坐标系还可以为实现北斗定位的北斗坐标系,还可以为GLONASS坐标系。

[0075] 一种实施方式中,从高精度地图中,获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息。目前国内的高精度地图采用OpenDRIVE格式标准,在OpenDRIVE格式标准包含了每个车道或者虚拟车道(路口)中心线对应的WGS-84坐标。

[0076] 一种实施方式中,获取定位车辆在各车道行驶采集得到的车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息。定位车辆具有定位功能,如RTK定位功能的网联车,可使用具备RTK定位功能的网联车在每个车道行驶一遍即可获取每条车道中心线的WGS-84坐标(包含经度和纬度)。

[0077] 步骤210,根据车道中心线的雷达坐标信息和第一定位坐标信息对路侧雷达进行参数标定。

[0078] 具体地,雷达坐标信息是车道中心线在路侧雷达坐标系下的表示,第一定位坐标信息是车道中心线在定位坐标系下的表示,根据二者之间的映射关系,可实现路侧雷达相

对于定位系统的参数标定,从而利用参数可将路侧雷达采集的目标的位置信息转换到定位系统坐标系下,直接输入目标在定位坐标系下的坐标。也就是说,路侧雷达标定最终是要获得目标的定位位置(如GPS定位)

[0079] 具体地,根据雷达坐标信息,将车道中心线的坐标点转换到定位坐标系,得到该坐标点在定位坐标系的转换后定位坐标点;转换到定位坐标系后,在第一定位坐标信息中获取与转换后坐标点距离最近的第一定位坐标点;以最小化转换后定位坐标点和第一定位坐标点的距离为目标,得到路侧雷达的标定参数。

[0080] 其中,路侧雷达坐标系与定位坐标系的映射关系如下所示:

$$[0081] \quad \begin{cases} lon_i = x_{radar_i} * a_1 + y_{radar_i} * b_1 + c_1 \\ lat_i = x_{radar_i} * a_2 + y_{radar_i} * b_2 + c_2 \end{cases}$$

[0082] 其中, x_{radar_i}, y_{radar_i} 分别表示车道中心线第*i*个点雷达坐标点的x坐标和y坐标,单位为m, lon_i 表示车道中心线第*i*个雷达坐标点映射的定位坐标系中的经度,单位为deg; lat_i 表示车道中心线第*i*个雷达坐标映射的定位坐标系中的纬度, $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2$ 为标定参数。标定的过程关键是如何求取上述公式中的标定参数 $x = [a_1 \ b_1 \ c_1 \ a_2 \ b_2 \ c_2]$, 让车道中心线的雷达坐标与第一定位坐标信息对应起来。

[0083] 具体地,定义了如下目标的目标函数:

$$[0084] \quad \min f(x) = \sum_{i=1}^{M*N} dist(gps_{radar_i}(x), gps_{closest_i}),$$

[0085] 或

$$[0086] \quad \min f(x) = \sum_{i=1}^{M*N} dist(gps_{radar_i}(x), gps_{closest_i})^2$$

[0087] 其中, gps_{radar_i} 是通过映射关系计算获得的雷达坐标数据中车道中心线的点在定位坐标系的转换后定位坐标点, $gps_{closest_i}$ 为转换后定位坐标点 (gps_{radar_i}) 离车道中心线中最近的一定位坐标点(包含经度和纬度),即第一定位点坐标点, N 为选取的每条车道中心线对应路雷达坐标总数量, M 为车道的总数量。

[0088] 同时目标函数的参数需要满足如下的距离约束条件:第一距离和第二距离的距离差值满足距离偏差阈值,第一距离为转换后定位点与路侧雷达在定位坐标系的定位坐标点的距离;第二距离为车道中心线在雷达坐标系雷达坐标点与雷达的距离。

[0089] 距离约束条件具体为:

$$[0090] \quad s.t. \quad \begin{cases} dist(gps_{radar_i}(x), gps_r) - dist_{radar_i} < dist_{th_{max}} \\ dist(gps_{radar_i}(x), gps_r) - dist_{radar_i} > dist_{th_{min}} \end{cases}$$

[0091] 其中, $dist_{radar_i} = \sqrt{x_{radar_i}^2 + y_{radar_i}^2}$ 表示第二距离,即车道中心线第*i*个雷达坐标点至雷达的距离,单位为m, gps_r 为路侧雷达所在位置在定位坐标系的定位坐标点(包含经度和纬度),该坐标在雷达安装时通过GPS采集工具获得。 $dist(gps_{radar_i}(x), gps_r)$ 表示第一距离,即转换后定位点与路侧雷达在定位坐标系的定位坐标点的距离。 $dist_{th_{max}}$ 和 $dist_{th_{min}}$ 分别为距离偏差的上下限阈值,根据实际情况调整。

[0092] 通过上述目标函数和距离约束采用非线性优化方法(如有效集法、序列二次规划法、内点法、遗传算法、粒子群优化等)可以求解出最优的路侧雷达标定参数 x ,从而获得路侧雷达坐标系与定位坐标系之间的映射关系,实现路侧雷达的标定。该方法可适用于路侧激光雷达的标定,或是路侧毫米波雷达的标定。

[0093] 上述的路侧雷达标定方法,基于路侧雷达采集的车辆行驶坐标数据,拟合得到车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息,获取车道中心线在定位坐标信息的第一定位坐标信息,根据车道线在两个坐标系下的坐标信息,对路侧雷达进行参数标定。该方法中,车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息,根据路侧雷达采集的数据进行车道分割和拟合得到,无需辅助其它的标定物,因而可直接利用普通车辆的雷达数据进行处理得到,该方法操作简单,具有便捷性。

[0094] 在实际应用中,在智慧高速项目和城市路口智能化项目中存在路侧雷达因为损坏更换、震动及安装不牢固、热胀冷缩等原因导致路侧雷达等路侧传感器在安装时的标定参数无法适用于传感器变动后的情况,导致传感器检测目标的位置误差偏大,影响多传感器融合的效果。而采用本申请的方法,当路侧雷达因为重新安装、松动、热胀冷缩需要重新标定时,只需采集调整后的路侧雷达检测的一段时间的普通车辆的数据及该路段高精度地图信息即可实现路侧雷达的标定。

[0095] 应该理解的是,虽然图2的流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示,但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明,这些步骤的执行并没有严格的顺序限制,这些步骤可以以其它的顺序执行。而且,图2中的至少一部分步骤可以包括多个步骤或者多个阶段,这些步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成,而是可以在不同的时刻执行,这些步骤或者阶段的执行顺序也不必然是依次进行,而是可以与其它步骤或者其它步骤中的步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

[0096] 在一个实施例中,如图6所示,提供了一种路侧雷达标定装置,包括:

[0097] 采集模块602,用于获取路侧雷达采集的一段时间道路上的车辆行驶坐标数据;

[0098] 车道数据提取模块604,用于从车辆行驶坐标数据提取各车道上的车辆行驶坐标数据;

[0099] 拟合模块606,用于对各车道上的车辆行驶坐标数据进行拟合,得到车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息;

[0100] 定位信息获取模块608,用于获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息;

[0101] 标定模块610,用于根据车道中心线的雷达坐标信息和第一定位坐标信息对路侧雷达进行参数标定。

[0102] 上述路侧雷达标定装置,基于路侧雷达采集的车辆行驶坐标数据,拟合得到车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息,获取车道中心线在定位坐标信息的第一定位坐标信息,根据车道线在两个坐标系下的坐标信息,对路侧雷达进行参数标定。该方法中,车道中心线在雷达坐标系的雷达坐标信息,根据路侧雷达采集的数据进行车道分割和拟合得到,无需辅助其它的标定物,因而可直接利用普通车辆的雷达数据进行处理得到,该方法操作简单,具有便捷性。

[0103] 在另一个实施例中,车道数据提取模块,用于获取根据车道的分布特征以及车辆行驶的坐标变化划定的车辆行驶坐标数据中的感兴趣区域,感兴趣区域与车道区域对应;

根据感兴趣区域,提取在各车道上的车辆行驶坐标数据。

[0104] 在另一个实施例中,定位信息获取模块,用于从高精度地图中,获取车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息。

[0105] 在另一个实施例中,定位信息获取模块,用于获取定位车辆在各车道行驶采集,得到的车道中心线在定位坐标系的第一定位坐标信息。

[0106] 在另一个实施例中,拟合模块,用于对各车道上的车辆行驶坐标数据进行多项式拟合,得到车道中心线在路侧雷达坐标系中的轨迹;在车道中心线在路侧雷达坐标系中的轨迹进行采样,得到车道中心线在路侧雷达坐标系的雷达坐标信息。

[0107] 在另一个实施例中,标定模块,用于根据雷达坐标信息,将车道中心线的坐标点转换到定位坐标系,得到该坐标点在定位坐标系的转换后定位坐标点;在第一定位坐标信息中获取与转换后坐标点距离最近的第一定位坐标点;以最小化转换后定位坐标点和第一定位坐标点的距离为目标,得到路侧雷达的标定参数。

[0108] 其中,目标的目标函数满足以下约束条件:第一距离和第二距离的距离差值满足距离偏差阈值,第一距离为转换后定位点与路侧雷达在定位坐标系的定位坐标点的距离;第二距离为车道中心线在雷达坐标系下雷达坐标点与雷达的距离。

[0109] 关于路侧雷达标定装置的具体限定可以参见上文中对于路侧雷达标定方法的限定,在此不再赘述。上述路侧雷达标定装置中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于计算机设备中的处理器中,也可以以软件形式存储于计算机设备中的存储器中,以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。

[0110] 在一个实施例中,提供了一种计算机设备,该计算机设备可以是边缘计算单元,其内部结构图可以如图7所示。该计算机设备包括通过系统总线连接的处理器、存储器和通信接口。其中,该计算机设备的处理器用于提供计算和控制能力。该计算机设备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。该计算机设备的通信接口用于与外部的终端进行有线或无线方式的通信,无线方式可通过WIFI、运营商网络、NFC(近场通信)或其他技术实现。该计算机程序被处理器执行时以实现一种路侧雷达标定方法。

[0111] 本领域技术人员可以理解,图7中示出的结构,仅仅是与本申请方案相关的部分结构的框图,并不构成对本申请方案所应用于其上的计算机设备的限定,具体的计算机设备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。

[0112] 在一个实施例中,提供了一种计算机设备,包括存储器和处理器,存储器中存储有计算机程序,该处理器执行计算机程序时实现上述各实施例的方法。

[0113] 在一个实施例中,提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,计算机程序被处理器执行时实现上述各实施例的方法。

[0114] 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,的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读存储介质中,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,本申请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

非易失性和易失性存储器中的至少一种。非易失性存储器可包括只读存储器 (Read-Only Memory, ROM)、磁带、软盘、闪存或光存储器等。易失性存储器可包括随机存取存储器 (Random Access Memory, RAM) 或外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限, RAM可以是多种形式, 比如静态随机存取存储器 (Static Random Access Memory, SRAM) 或动态随机存取存储器 (Dynamic Random Access Memory, DRAM) 等。

[0115] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合, 为使描述简洁, 未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述, 然而, 只要这些技术特征的组合不存在矛盾, 都应当认为是本说明书记载的范围。

[0116] 以上实施例仅表达了本申请的几种实施方式, 其描述较为具体和详细, 但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是, 对于本领域的普通技术人员来说, 在不脱离本申请构思的前提下, 还可以做出若干变形和改进, 这些都属于本申请的保护范围。因此, 本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

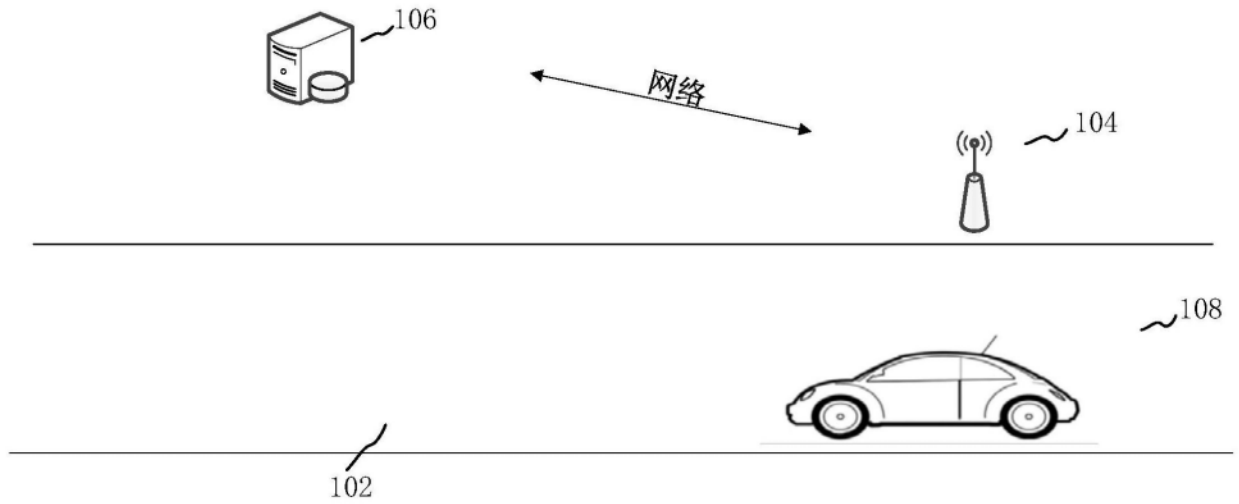


图1

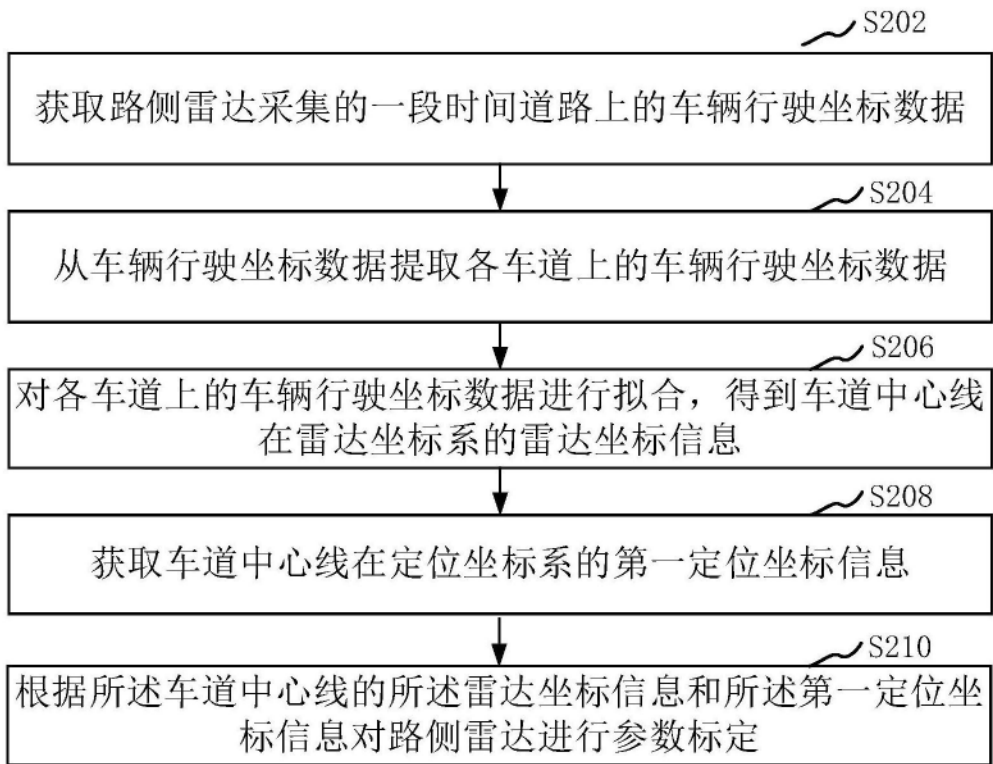


图2

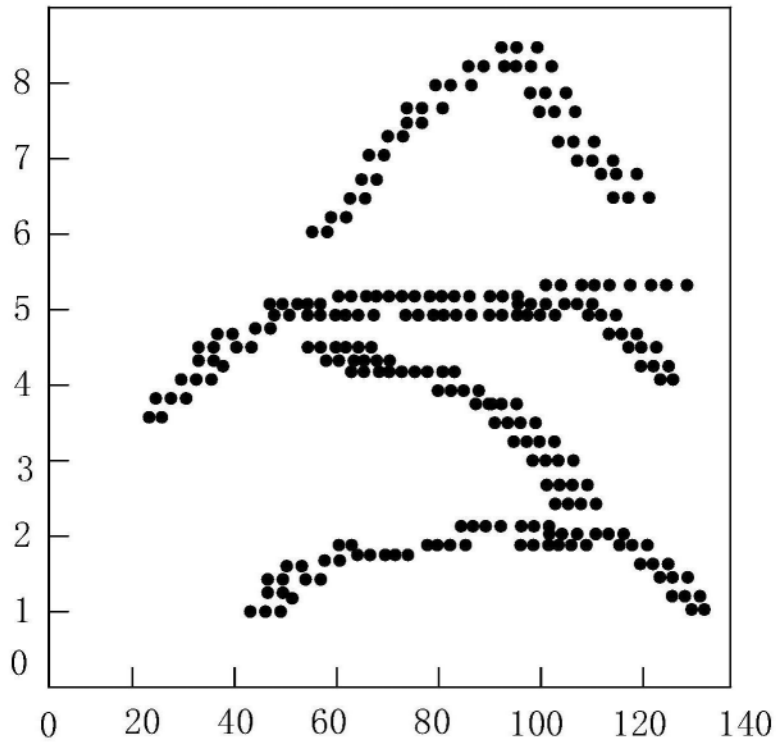


图3

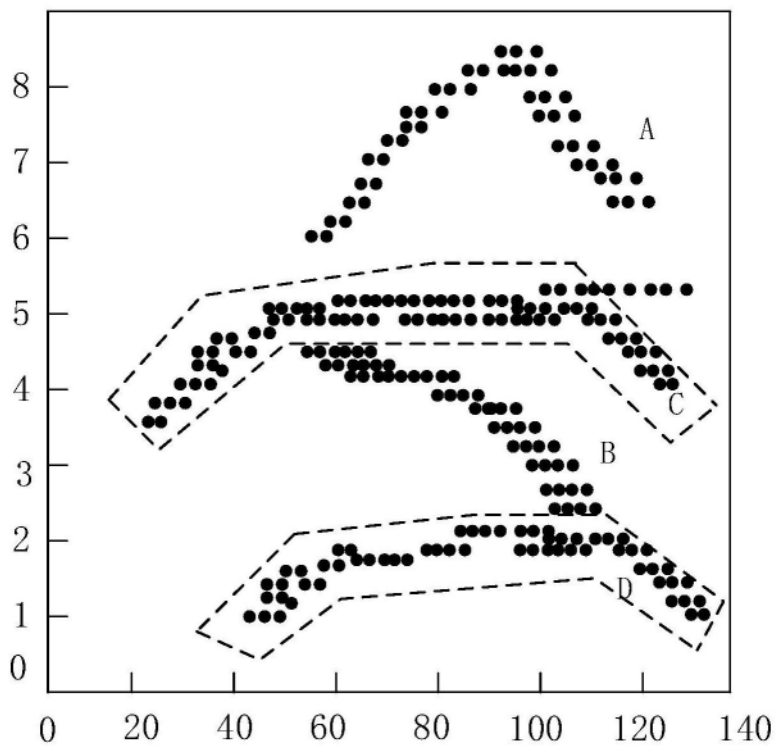


图4

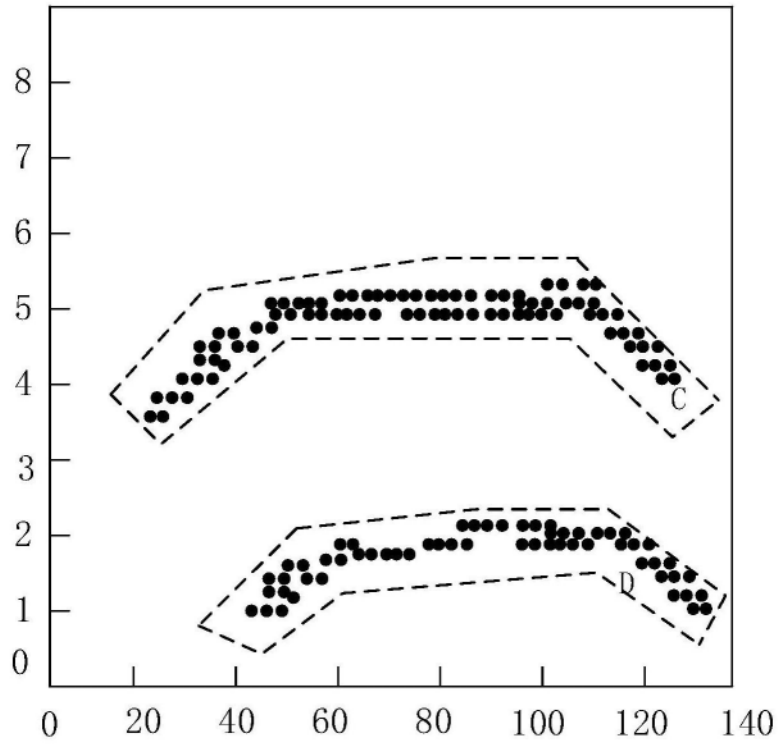


图5

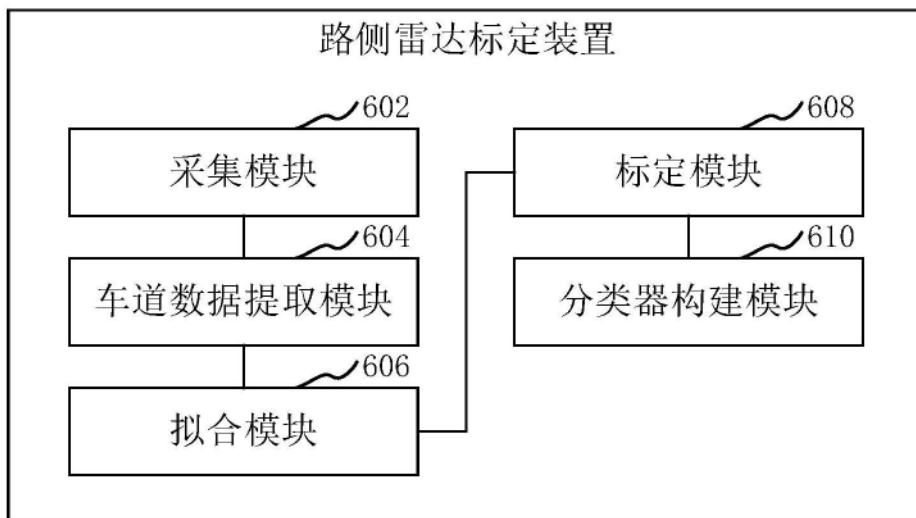


图6

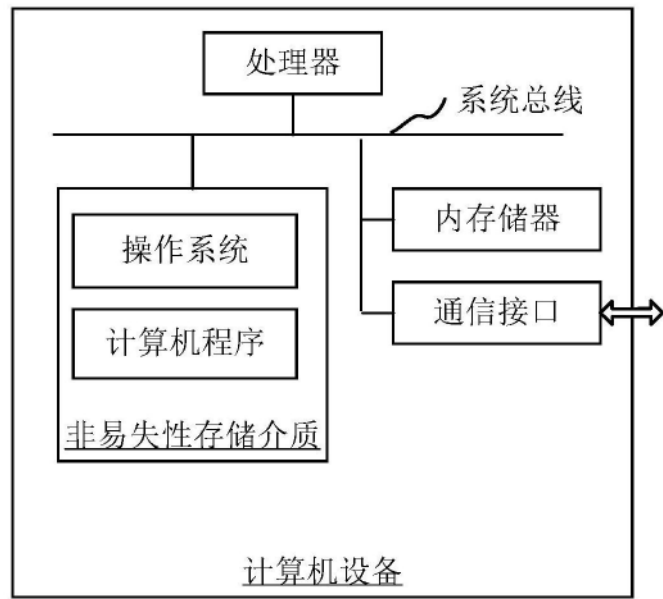


图7