



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107192994 A

(43)申请公布日 2017.09.22

(21)申请号 201610145459.X

(22)申请日 2016.03.15

(71)申请人 山东理工大学

地址 255086 山东省淄博市高新技术产业  
开发区高创园A座313室

(72)发明人 王晓原 孔栋 高松 谭德荣  
孙亮 邵金菊 王方 孙一帆  
刘丽萍

(51)Int.Cl.

G01S 7/493(2006.01)

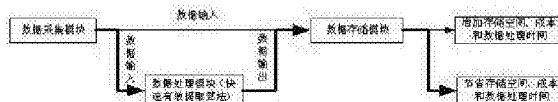
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

多线激光雷达海量点云数据快速有效提取  
及车辆、车道线特征识别方法

(57)摘要

无人驾驶车通过多线激光雷达采集三维海量点云数据(点云场)每秒达几百MB,数据存储的空间、处理的时效性对计算资源要求极高。本发明提出一种针对多线激光雷达三维点云数据快速有效提取且不影响车辆、车道线特征辨识的方法:通过自适应距离提取多线激光雷达采集的无人驾驶车感兴趣区域内车辆多层点云数据中的r层点云数据。此外,还提出了基于距离和角度矫正的回光强度提取车道线方法。本发明降低了海量点云数据处理对计算机硬件的要求,节省了存储空间和成本,加快了点云数据处理的时效性,实现了无人驾驶车感兴趣区域内车辆、车道线点云数据快速有效提取与特征辨识。本发明适用于多种城市道路,抗干扰能力较强,算法鲁棒性较好。



CN 107192994 A

1. 多线激光雷达海量三维点云数据量的快速有效提取且不影响车辆、车道线特征辨识的方法,它包括:多线激光雷达海量三维点云数据存储模式;无人驾驶车基于多线激光雷达采集的周围感兴趣区域内车辆多层点云数据中的 $r$ 层点云数据的提取;利用基于距离和角度矫正的回光强度提取车道线。

2. 根据权利要求1所述,多线激光雷达点云数据存储模式其特征在于:多线激光雷达点云数据分层(多层)存储模式。

3. 根据权利要求1所述的方法,多线激光雷达无人驾驶车周围感兴趣区域内车辆多层三维点云数据中的 $r$ 层点云数据提取特征在于:根据多线激光雷达在无人驾驶车车顶的安装位置,自适应距离计算得到无人驾驶车感兴趣区域内(前后各 $m$ 米,左右各 $n$ 米)车辆的 $R$ 层三维点云数据中的 $r$ 层点云数据( $r \leq \lfloor R/10 \rfloor$ );利用初始化数据的坐标原点与无人驾驶车感兴趣区域内车辆的三维点云数据坐标解算。

4. 根据权利要求1所述,回光强度的取值范围是 $0 \sim 255$ ,不同类别障碍物的回光强度范围是不同的,但彼此也会有交叉重合;即使同类障碍物由于激光雷达受到距离、大气衰减、扫描物体表面的几何特性等因素的影响回光强度值依然存在较大偏差;因此需要根据距离和角度矫正后确定的阈值进行目标特征提取,最后可以较准确提取车道线的回光强度范围是 $P_l = P_0 + 10 \times l (l = 1, 2, \dots, k)$ 。

## 多线激光雷达海量点云数据快速有效提取及车辆、车道线特征识别方法

### 技术领域

[0001] 本发明是一项针对无人驾驶车环境感知领域的技术,多线激光雷达旋转采集的三维点云数据量是海量的,每秒达几百MB。因此,本发明可以降低海量激光雷达点云数据处理对计算机硬件的要求,减少了对计算资源的消耗,节省了存储空间和计算时间。能够实现多线激光雷达三维海量点云数据的快速有效提取且不影响车辆的特征辨识;此外,多线激光雷达有效数据基于距离和角度矫正的回光强度提取车道线也是无人驾驶车环境感知领域的关键技术。本发明是一种信息快速有效提取及处理技术。

### 背景技术

[0002] 实时准确地识别无人驾驶车前方行驶车辆位置、速度信息以及车道线是汽车防碰撞预警、自适应巡航控制等驾驶安全系统实现的前提。激光雷达采集的原始数据信息主要包括:激光束扫描所在的id、激光发射点到目标的距离、回光强度等。通过激光发射点到目标的距离和系统 GPS、INS 的记录解算出无人驾驶车周围感兴趣区域内被扫描目标的空间三维坐标,即得到无人驾驶车感兴趣区域内目标的三维点云数据。这些点云数据包含大量影响车辆目标辨识的冗余信息和噪声,在利用三维点云数据进行障碍物识别与分类前需要对点云数据进行预处理。点云数据的预处理主要包括误差校正以及去除点云的噪声数据等。多线激光雷达原始的每个数据包有12组多束激光被激发所得到的数据,得到一个数据包的时间为 $46.08 \times 12 = 552.96$  微秒,所以每秒钟可以得到的点数据为 $1000000 \div 552.96 \times 32 \times 12 \approx 694292$  个。因而激光雷达数据在获取周围障碍物位置、速度等信息的过程中产生的数据量达到GB甚至TB级别,如何降低激光雷达海量点云数据处理对计算机硬件的要求、减少计算资源的消耗和如何快速对海量三维点云数据实时有效提取处理对无人驾驶车感兴趣区域内障碍物识别尤为重要。车道线位置的准确识别以及准确拟合,对车道偏离警示、车辆安全辅助等系统也尤为重要。目前,车道线的检测主要基于视觉系统,抗干扰能力差,极易受环境等因素的影响;而基于多线雷达的车道线检测不仅抗干扰能力较强、受环境等因素的影响较小而且精度较高、实时性较强。

### 发明内容

[0003] 本发明目的在于解决现有技术所存在的不足问题,提出了一种多线激光雷达海量三维点云数据快速有效提取且不影响车辆特征辨识的方法和基于距离和角度矫正的回光强度提取车道线的方法。本发明能直接对多线激光雷达采集的无人驾驶车感兴趣区域内车辆多层三维海量点云数据进行自适应距离快速有效提取及车辆特征、车道线的辨识。节省了计算存储资源,降低了计算存储成本,提高了数据处理时效性,能够在较低的计算机硬件上实现。

### 附图说明

图1是本发明点云数据快速有效提取实施技术的流程图。

图2是本发明车道线识别实施技术的流程图。

图3是本发明点云数据节省存储的原理流程图。

图4是本发明自适应距离有效提取方法应用效果图。

图5本发明根据距离和角度对回光强度矫正后识别车道线效果图。

## 具体实施方式

[0004] 如图1所示,本发明提出一种激光雷达海量点云数据的快速有效提取且不影响车辆、车道线特征辨识的方法,它包括:激光雷达点云数据的三维存储模式,在点云数据三维坐标的基础上自适应距离计算出无人驾驶车感兴趣区域内车辆多层点云数据中的 $r$ 层点云数据且不影响车辆特征的辨识以及根据距离和角度矫正的回光强度识别车道线。完整的技术流程如下:

建立激光雷达点云数据的三维存储矩阵:每个激光雷达点云数据包含着一定空间参照系下的三维空间位置坐标 $(x, y, z)$ 以及回光强度(density)、回波次数等信息,其中三维空间坐标位置信息是激光雷达海量三维点云数据的较为重要信息。首先根据 $x, y$ 坐标确定周围车辆与无人驾驶车的距离,然后再根据无人驾驶车前保险杠,将周围车辆在无人驾驶车的位置划分为6个感兴趣区域:左前、左后、正前、正后、右前、右后;根据激光雷达在无人驾驶车车顶的安装高度,由三角几何知识得出,无人驾驶车车体前方每层射线最远距离公式: $D_{max}(\theta) = H / \tan(\theta)$ ,也就是雷达射线圆环的最大半径;相邻 $r$ 条射线角度之间的距离差值公式: $\Delta Z_r = \tan(\theta_r) \times D(\theta_r) - \tan(\theta_{r-1}) \times D(\theta_{r-1})$ ,也就是计算得到的多层扫描线中 $r$ 层扫描线所在的高程。公式中 $H$ 是雷达安装在无人驾驶车的高度, $\theta_r$ 是 $i$ 层射线与水平垂直夹角。首先根据 $D_{max}$ 找到雷达的扫描盲区,将盲区滤掉。多线激光雷达是旋转扫描探测障碍物的,扫描线在地面上是成圆环状的,在每个扫描角度上,根据垂直方向排序,从上到下对多层扫描射线重新标号,分别记为 $i(i = 1, 2, \dots, n)$ 。根据激光雷达扫描得到的三维点云数据投影到X-Y平面的数值,计算得到多层扫描线中 $r$ 层扫描线,公式:

$$D(\theta_r) = L_r \times \tan(\theta_r)$$

$$\Delta Z_r = \tan(\theta_r) \times D(\theta_r) - \tan(\theta_{r-1}) \times D(\theta_{r-1}) \quad r = 1, 2, \dots, k$$

公式中 $L_r$ 代表雷达的第层激光到扫描目标的 $y$ 坐标, $\Delta Z_r$ 代表相邻 $r$ 层扫描线的垂直距离(一般 $\Delta Z_r$ 在车辆腰线附近上下波动),由于车辆外形与轮廓是识别车辆的主要特征,根据自适应距离计算提取出激光雷达扫描的周围车辆多层三维点云数据中的 $r$ 层点云数据,这 $r$ 层点云数据足以识别出车辆的特征(L形)。将提取的 $r$ 层点云数据投影到X-Y平面即可清晰看到L形(无人驾驶车右前区域),但是由于障碍物的遮挡L形可能会被分割,因此要用聚类合并的方法进行处理,进而可以提高车辆特征的识别率。根据自适应距离公式提取的 $r$ 层车辆点云数据正好是车辆腰线部位,不仅可以明显代表投影到X-Y平面的车辆特征(L形)而且即使聚类合并有缺陷还可以结合回光强度进行综合聚类合并矫正。

[0005] 同样地,在根据距离和角度矫正的障碍物立体面回光强度前,需要在每个扫描角

度上,根据垂直方向排序,从上到下对多层扫描射线重新标号,分别记为 $j(j=0,1\dots k)$ 。根据距离和角度矫正的障碍物立体面回光强度公式:

$$P_j = \frac{K_1}{R_j^2} + K_2 \cos \alpha_j + w (j=0, 1\dots k)$$

$$R_j = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} (j=0, 1\dots k)$$

$$\alpha_j = 90^\circ - \beta_j (j=0, 1\dots k)$$

$x, y, z$  表示激光雷达扫描的障碍物的三维空间位置坐标,  $R_j = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} (j=0, 1\dots k)$  表示雷达的某 $j$ 束激光到扫描目标的距离,  $\beta_j$  表示每层激光射线与水平垂直夹角,  $\alpha_j$  表示雷达的某 $j$ 束激光到扫描目标的入射角,  $P_j$  表示雷达的某 $j$ 束激光扫描目标的回光强度,  $K_1$ 、 $K_2$  为根据多线激光雷达三维点云数据待拟合的参数。最后利用K领域算法对 $P_j$  聚类提取车道线回光强度。本发明具体实例如图4所示:左图代表原始多线激光雷达三维海量点云数据投影到X-Y平面所成的点云图像;右图代表本发明自适应距离有效提取多线激光雷达三维点云数据后投影到X-Y平面所成的车辆特征(L形)。对比分析发现:右图点云数据明显少于左图原始点云数据,降低了多线激光雷达海量原始数据对计算资源的要求,节省了计算存储资源空间(左图计算机采集的原始一帧三维海量点云数据所需存储空间大约16.8M左右,而右图经过本发明提出的快速有效提取点云数据方法后一帧三维点云数据所需存储空间大约1.2M左右),降低了计算存储成本,提高了激光雷达障碍物检测的时效性(左图计算机处理原始海量三维点云数据所需时间大约3s左右,而右图经过本发明提出的快速有效提取点云数据方法后计算时间缩短为大约0.8s左右);本发明提取车道线实例如图5所示:左图代表多线雷达采集的原始数据并对数据预处理后投影到X-Y平面所成的点云图像(无法准确清晰辨识车道线);右图代表本发明基于多线雷达距离和角度矫正的回光强度识别的车道线,红色矩形框表示根据回光强度阈值对车道线回光强度的聚类;虚线表示多线激光雷达盲区内车道线的弥补拟合。

[0006] 以上说明针对激光雷达海量点云数据的快速有效提取且不影响车辆的特征辨识以及根据距离和角度矫正的回光强度识别车道线进行了详细描述,但本领域的技术人员都能够意识到,在本发明范围的各种改进、添加和替换都是可能的,并且都在本发明的权利要求所限定的保护范围内。

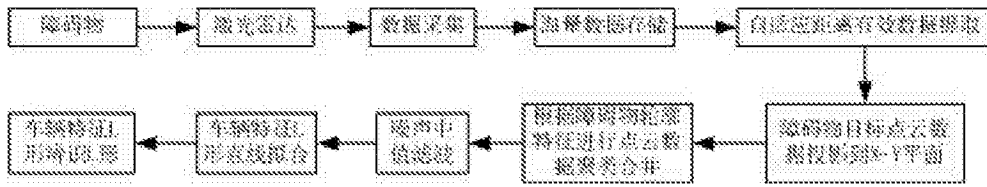


图1

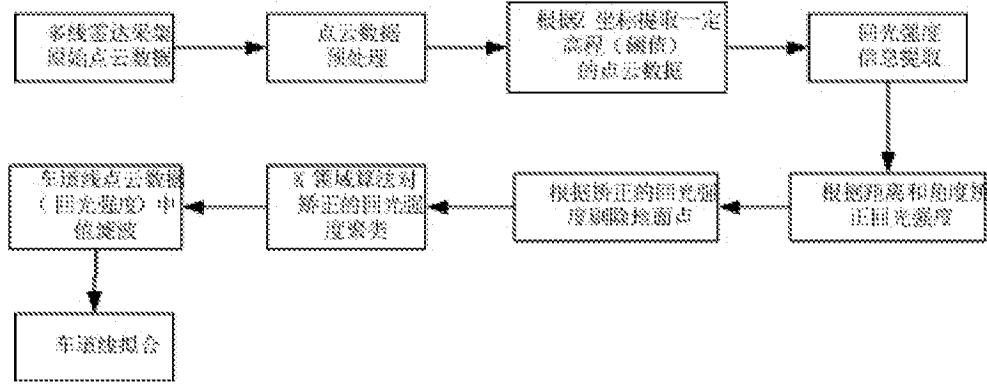


图2

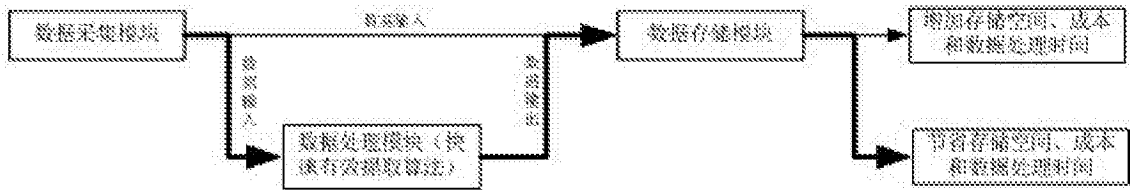


图3

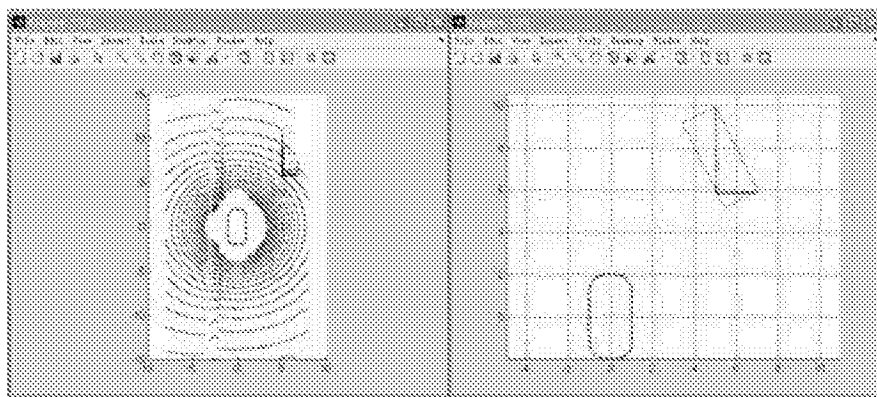


图4

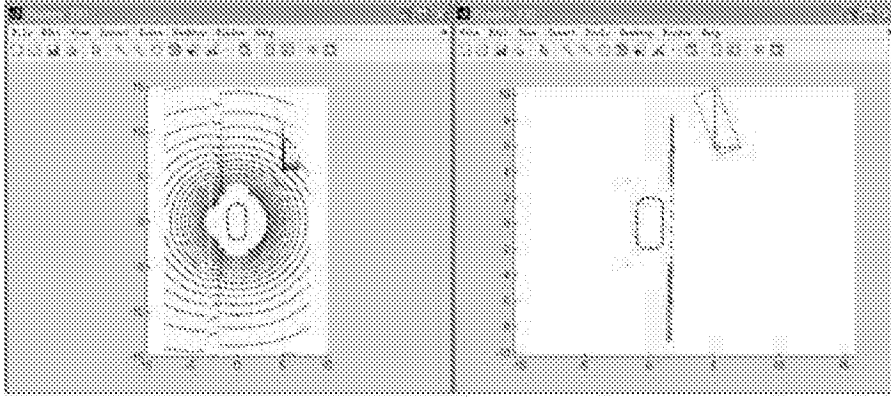


图5