



(21) 申请号 201980057927.X

(22) 申请日 2019.07.08

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112673280 A

(43) 申请公布日 2021.04.16

(30) 优先权数据

1858137 2018.09.11 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.03.04

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2019/068265 2019.07.08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/052830 FR 2020.03.19

(73) 专利权人 雷诺股份公司

地址 法国布洛涅-比扬古

(72) 发明人 F·加拉比

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

专利代理师 雷明 秘凤华

(51) Int.Cl.

G01S 17/42 (2006.01)

G01S 17/89 (2020.01)

G01S 17/931 (2020.01)

(56) 对比文件

US 2010217529 A1, 2010.08.26

US 2014081573 A1, 2014.03.20

审查员 王晓琼

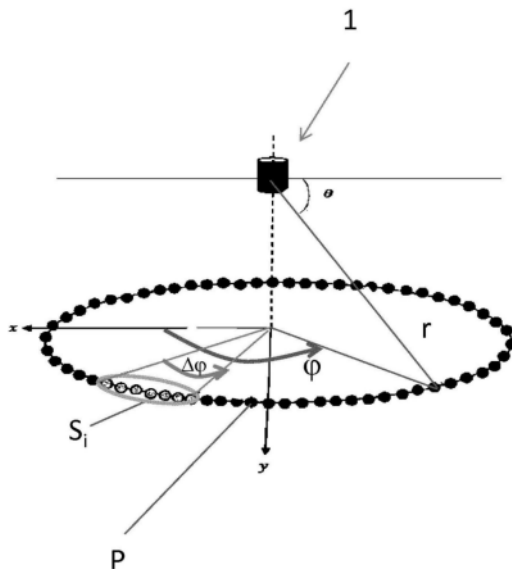
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

用于装配有LIDAR传感器的机动车辆的道路检测方法

(57) 摘要

一种用于配备有至少一个旋转多层LIDAR传感器 (1) 和至少一个数据处理装置的机动车辆的道路检测方法, 其中, 获取该机动车辆的环境的LIDAR数据; 从所获取的LIDAR数据中剔除光束相对于该车辆平面的角度大于或等于零的数据; 对于光束相对于该车辆平面的每个角度并且对于每个LIDAR数据, 特别是根据光束相对于该车辆平面的角度以及光束在该车辆平面中的角度来确定与该LIDAR数据相对应的点的理论坐标; 确定该理论坐标与该LIDAR数据的坐标之间的标准差; 并且如果该标准差低于预定义阈值, 则确定该LIDAR数据构成该道路的一部分。



1. 一种用于配备有旋转多层LIDAR传感器 (1) 和至少一个数据处理装置的机动车辆的道路检测方法, 该方法包括以下步骤:

利用该LIDAR传感器 (1) 获取该机动车辆的环境的作为极坐标的LIDAR数据,

从所获取的LIDAR数据中剔除这样的数据, 这些数据的与光束相对于该车辆平面的角度有关的极坐标大于或等于零,

对于光束相对于该车辆平面的每个角度并且对于每个LIDAR数据, 执行以下步骤:

根据光束相对于该车辆平面的角度以及光束在该车辆平面中的角度来确定与该LIDAR数据相对应的点的理论坐标,

确定该理论坐标与该LIDAR数据的坐标之间的标准差, 以及

如果该标准差低于预定义阈值, 则确定该LIDAR数据构成该道路的一部分, 其中, 一个LIDAR数据是该LIDAR传感器在旋转一周期间获取的点云中的一个点, 或者是包括由该LIDAR传感器获取的点云中的相对于该车辆平面具有相同光束角度的至少两个连续点的区段, 并且其中, 当该LIDAR数据是点云中的一个点时, 与该LIDAR数据相对应的点的理论坐标被确定为包含在以该车辆为中心的内切于道路平面的理想圆内的点的坐标。

2. 如权利要求1所述的方法, 其中, 当该LIDAR数据是包括点云中的至少两个点的区段时,

该理论坐标和这些区段的坐标被定义为笛卡尔坐标, 并且包括在该车辆平面中该车辆的移动方向上的坐标、在该车辆平面中在与该车辆的移动方向成直角的方向上的坐标、以及在该车辆平面的法线上的理论坐标,

将该车辆平面的法线上的该理论坐标定义为由该LIDAR传感器获取的点云中的包含在该区段内的多个点在该车辆平面的法线上的坐标的平均值,

将其余理论坐标定义为以该车辆为中心的内切于该道路平面的理想圆上的点的坐标。

3. 如前述权利要求中任一项所述的方法, 其中, 在该车辆平面中确定至少两个扇区, 每个扇区与扫描该扇区的方向相关联,

对于每个扇区, 以该扫描方向扫描这些LIDAR数据, 确定每个LIDAR数据是否属于该道路, 一旦确定某LIDAR数据不属于该道路, 就中断对这些LIDAR数据的扫描, 并确定该扇区的尚未扫描的LIDAR数据不属于该道路。

4. 如权利要求3所述的方法, 其中, 对于每个扇区, 为了减小不规则性的影响, 将高斯滤波器应用于该标准差的确定结果。

5. 如权利要求3所述的方法, 其中, 该车辆的向前行驶的移动方向被定义为对应于光束在该车辆平面中的角度的角度0,

在该车辆平面中定义四个扇区,

第一扇区包括在该车辆平面中的角度从角度0延伸到角度 $\pi/2$ 的LIDAR数据, 并且其中, 在该车辆平面中从初始角度0到最终角度 $\pi/2$ 对这些LIDAR数据进行扫描,

第二扇区包括在该车辆平面中的角度从角度 $\pi/2$ 延伸到角度 π 的LIDAR数据, 并且其中, 在该车辆平面中从初始角度 π 到最终角度 $\pi/2$ 对这些LIDAR数据进行扫描,

第三扇区包括在该车辆平面中的角度从角度 π 延伸到角度 $3\pi/2$ 的LIDAR数据, 并且其中, 在该车辆平面中从初始角度 π 到最终角度 $3\pi/2$ 对这些LIDAR数据进行扫描, 并且

第四扇区包括在该车辆平面中的角度从角度 $3\pi/2$ 延伸到角度0的LIDAR数据, 并且其

中,在该车辆平面中从该车辆平面中的初始角度0到最终角度 $3\pi/2$ 对这些LIDAR数据进行扫描。

6.如权利要求3所述的方法,其中,与各个扇区有关的步骤是经由不同的处理装置执行的。

7.如权利要求1-2、4-6中任一项所述的方法,其中,对于光束相对于该车辆平面的每个角度,如果该LIDAR传感器所感知的反射光强度低于预定阈值,则确定属于该道路的LIDAR数据对应于地面上的标记。

8.如权利要求1-2、4-6中任一项所述的方法,其中,该机动车辆是自主车辆。

9.根据权利要求4所述的方法,其中,所述高斯滤波器是大小为3核且标准差为5的高斯滤波器。

用于装配有LIDAR传感器的机动车辆的道路检测方法

技术领域

[0001] 本发明的技术领域是对自主车辆的控制,并且更具体地,是用于控制此类车辆的对行车道的检测。

背景技术

[0002] 当前使用的卫星定位系统是全球导航卫星系统GNSS,其可获得精确到几米以内的位置。应该注意的是,具有实时动态RTK校正的GNSS系统的精度约为5cm。然而,此类系统非常昂贵并且不能用于批量生产的车辆。

[0003] 在其他方面,将商业GNSS系统与附加传感器结合在一起使得可以填补其中的空白。附加传感器可以是加速度计、陀螺仪或里程表。商业GNSS系统这样辅以附加传感器(诸如“u-blox”传感器)而获得的精度约为2m至3m。

[0004] 该精度仍然不足以实现对车辆所处的行车道的定位(“车道级”)。

[0005] 较低的相机价格和改进的识别算法已经使得可以通过使用相机检测标记线并因此识别行驶车道来解决此问题。但是,该检测并不完美。由于相机是无源传感器,因此它不会产生自己的光源,并且因此在没有光的情况下无法工作。此外,相机的原理依赖于3D环境在2D平面上的投影几何,从而导致环境3D信息的丢失。这使得在只有单个相机的情况(单眼情况)下难以进行环境的3D重建任务。

[0006] 然而,存在涉及目前市场上可获得的有源传感器的解决方案,这些传感器提供环境的3D表示,并且诸如是LIDAR(全拼为“Light Detection and Ranging(光检测和测距)”)传感器,其基于光来检测和确定距离。这种传感器能够收集非常密集的点云,对于传感器的每次完整旋转,点云中可以达到70万个点。这样获得的点云能表示定期刷新的大量数据。实时处理这些数据是一项真正的技术挑战。

[0007] 在这种特定情况下,一个目标是对道路进行分割,以减少要处理的数据量并加快数据处理速度。

[0008] 实际上,道路仅表示全部LIDAR数据的子集。

[0009] 根据现有技术,使用传感器来获得车辆附近的道路表面是已知的。在使用传感器重新获得对道路的测量之后,通过应用滤波器来剔除表示道路的数据以便仅保留道路标记。这涉及两个滤波器,一个用于检测车道边界的差分滤波器和一个高斯滤波器。然后,将滤波后的数据与预期车道标记进行比较。有关预期车道标记的信息存在于大量数据中,这些数据包括有关道路区段的数据,诸如特定点处的车道宽度、车道的位置以及车道之间的关系。

[0010] 然而,该文件没有描述如何识别道路以便能够与道路标记区分开,并且采用表示道路的数据。该文件还依赖于事先识别车道以简化处理,这需要事先进行工作才能使系统可用。

[0011] 因此,要解决的技术问题是有效且高效地界定道路。

发明内容

[0012] 本发明的主题是一种用于配备有旋转多层LIDAR传感器和至少一个数据处理装置的机动车辆的道路检测方法,该方法包括以下步骤:

[0013] 利用该LIDAR传感器获取该机动车辆的环境的作为极坐标的LIDAR数据,

[0014] 从所获取的LIDAR数据中剔除这样的数据,这些数据的与光束相对于该车辆平面的角度有关的极坐标大于或等于零,

[0015] 对于光束相对于该车辆平面的每个角度并且对于每个LIDAR数据,执行以下步骤:

[0016] 特别是根据光束相对于该车辆平面的角度以及光束在该车辆平面中的角度来确定与该LIDAR数据相对应的点的理论坐标,

[0017] 确定该理论坐标与该LIDAR数据的坐标之间的标准差,以及

[0018] 如果该标准差低于预定义阈值,则确定该LIDAR数据构成该道路的一部分。

[0019] LIDAR数据可以是该LIDAR传感器在旋转一周期间获取的点云中的一个点,或者是包括由该LIDAR传感器获取的点云中的相对于该车辆平面具有相同光束角度的至少两个连续点的区段。

[0020] 当该LIDAR数据是点云中的一个点时,可以将与该LIDAR数据相对应的点的理论坐标确定为包含在以该车辆为中心的内切于道路平面的理想圆中的点的坐标。

[0021] 当该LIDAR数据是包括点云中的至少两个点的区段时,该理论坐标和这些区段的坐标被定义为笛卡尔坐标,并且包括在该车辆平面中该车辆的移动方向上的坐标、在该车辆平面中在与该车辆的移动方向成直角的方向上的坐标、以及在该车辆平面的法线上的理论坐标,

[0022] 可以将该车辆平面的法线上的该理论坐标定义为由该LIDAR传感器获取的点云中的包含在该区段内的多个点在该车辆平面的法线上的坐标的平均值,

[0023] 能够将其余理论坐标定义为以该车辆为中心的内切于该道路平面的理想圆上的点的坐标。

[0024] 可以在该车辆平面中确定至少两个扇区,每个扇区与扫描该扇区的方向相关联,

[0025] 对于每个扇区,可以执行以下步骤:

[0026] 以该扫描方向扫描这些LIDAR数据,确定每个LIDAR数据是否属于该道路,一旦确定某LIDAR数据不属于该道路,就中断对这些LIDAR数据的扫描,并确定该扇区的尚未扫描的LIDAR数据不属于该道路。

[0027] 对于每个扇区,为了减小不规则性的影响,可以将高斯滤波器、特别是大小为3核且标准差为5的高斯滤波器应用于该标准差的确定结果。

[0028] 可以将该车辆的向前行驶的移动方向定义为对应于光束在该车辆平面中的角度的角度0,

[0029] 可以在该车辆平面中定义四个扇区,

[0030] 第一扇区包括在该车辆平面中的角度从角度0延伸到角度 $\pi/2$ 的LIDAR数据,并且其中,在该车辆平面中从初始角度0到最终角度 $\pi/2$ 对这些LIDAR数据进行扫描,

[0031] 第二扇区包括在该车辆平面中的角度从角度 $\pi/2$ 延伸到角度 π 的LIDAR数据,并且其中,在该车辆平面中从初始角度 π 到最终角度 $\pi/2$ 对这些LIDAR数据进行扫描,

[0032] 第三扇区包括在该车辆平面中的角度从角度 π 延伸到角度 $3\pi/2$ 的LIDAR数据,并且

其中,在该车辆平面中从初始角度 π 到最终角度 $3\pi/2$ 对这些LIDAR数据进行扫描,并且

[0033] 第四扇区包括在该车辆平面中的角度从角度 $3\pi/2$ 延伸到角度0的LIDAR数据,并且其中,在该车辆平面中从初始角度0到最终角度 $3\pi/2$ 对这些LIDAR数据进行扫描。

[0034] 与各个扇区有关的步骤可以经由不同的处理装置执行。

[0035] 对于光束相对于该车辆平面的每个角度,如果该LIDAR传感器所感知的反射光强度低于预定阈值,则可以确定属于该道路的LIDAR数据对应于地面上的标记。

[0036] 当道路至少部分地受到遮挡时,可以使用跟踪方法来确保对道路的跟踪。

[0037] 该机动车辆可以是自主车辆。

附图说明

[0038] 通过阅读单纯作为非限定性示例并参考附图所给出的以下说明将明了本发明的其他目标、特征和优点,在附图中:

[0039] -图1展示了针对激光束相对于车辆平面的角度而获得的LIDAR数据的极坐标视图,以及

[0040] -图2展示了该方法所扫描的扇区的示例。

具体实施方式

[0041] 该道路检测方法使得可以通过使用旋转多层LIDAR传感器来确定道路相对于车辆的位置。

[0042] 应记得的是,LIDAR是这样的传感器,其使得可以通过以规律的间隔发射激光束来确定该传感器与障碍物之间的距离,其中这些激光束会被环境中的物体反射。LIDAR会检测这样反射的光束以估计反射该光束的物体的位置。

[0043] 还可以通过(尤其是 360° 的)旋转移动来驱动LIDAR传感器,以检测其环境中各个点的位置。

[0044] 这种LIDAR传感器(在图1中以附图标记1表示)包括若干激光器,每个激光器相对于车辆平面以不同的角度定向。通过转动并通过在一次旋转期间执行多次采集,LIDAR传感器可确定各个激光束在表面上的反射点的位置并生成点云,该点云中的点的坐标对应于这些反射点相对于LIDAR传感器的相对位置。

[0045] 反射点P的坐标通常表示为呈 (r, θ, φ) 形式的极坐标,其中, r 表示传感器与反射点之间的距离, θ 表示光束相对于车辆平面的角度,并且 φ 表示光束在车辆平面中的角度。图1展示了这种参考系。车辆平面应理解为车辆的底盘所在的平面或与车辆的底盘平行的平面。还应该注意的是,与车辆关联的参考系是与LIDAR的参考系关联的,使得从一个参考系切换到另一个参考系不需要进行旋转变换。

[0046] 由于LIDAR传感器在每次完整旋转后都会生成非常大的点云,因此有必要对该点云进行分割以限制计算时间。在说明书的剩余部分中,点云中的点被视为LIDAR数据。

[0047] 在分割的第一步骤期间,唯一考虑的数据是角度 θ 为负的LIDAR数据,也就是说,从以穿过传感器且平行于车辆平面的平面下方的角度发射的激光束得到的LIDAR数据。实际上,只有这些光束可能与道路相互作用。

[0048] 在分割的第二步骤期间,根据LIDAR数据相对于车辆平面的角度 θ 来分离这些

LIDAR数据。实际上,发明人已经认识到,以相对于车辆平面给定角度 θ 发射的激光束会在被认为是平滑、连续且几乎平坦的道路上形成理想圆。

[0049] 相比之下,当激光束经过道路以外的其他东西(诸如路边)时,会产生围绕理想圆的位置离散。

[0050] 为了识别道路中的点,针对与相对于车辆平面的角度 θ 相关联的每组LIDAR数据执行以下子步骤。

[0051] 特别根据相对于车辆平面的角度 θ 确定理想圆的各点的理论坐标 (x_{th}, y_{th}, z_{th}) 。

[0052] 对于相对于车辆平面的给定角度 θ 以及对于车辆平面中的每个角度 Φ ,通过应用以下等式1来确定对于同一角度 Φ ,理论坐标 (x_{th}, y_{th}, z_{th}) 与LIDAR数据的坐标 (x_i, y_i, z_i) 之间的标准差 σ 。

$$[0053] \quad \sum_{n=0}^i \sqrt{(x_{th} - x_i)^2 + (y_{th} - y_i)^2 + (z_{th} - z_i)^2} = \sigma \quad (\text{等式1})$$

[0054] 尽管上面进行了分割,但是要处理的数据量仍然很大。注意,对于相对于车辆平面的给定角度 θ ,LIDAR传感器关于车辆平面中的角度 Φ 扫描 360° 或 2π 。

[0055] 为了改进对从LIDAR传感器获得的点云的分割,提出减少与车辆平面中的角度 Φ 有关的点的数量。

[0056] 为了实现这一点,认为可以在不会严重影响道路检测能力的情况下降低LIDAR传感器的分辨率。

[0057] 然后,在区段 S_i 内,将相对于车辆平面具有同一个角度 θ 、并且在车辆平面中的角度 Φ 连续且在预定角度间隔 $\Delta\Phi$ 内延伸的若干点分组在一起。该预定角度间隔可以取介于 1° 至 5° 之间的值。图1展示了这样的区段 S_i 。可以通过确定该区段的点的坐标的平均值来执行将点分组在一起。因此,区段 S_i 形成对从LIDAR传感器获得的点云中的多个点的一个替代性LIDAR数据。

[0058] 这样的在区段 S_i (i 从1到 n , n 为区段的总数)内将点分组在一起是对于相对于车辆平面具有同一角度 θ 的所有点来执行的,并且这是在确定标准差 σ 之前完成的。

[0059] 在替代性实施例中,当将区段 S_i 视为多个LIDAR数据时,对于每个区段 S_i ,用点云中的包含在区段 S_i 中的多个点的高度 z_i 的平均值 z_μ 代替理想圆上的点的理论高度 z_{th} 。然后使用等式1的修改版本来确定标准差 σ 。

$$[0060] \quad \sum_{n=0}^i \sqrt{(x_{th} - x_i)^2 + (y_{th} - y_i)^2 + (z_\mu - z_i)^2} = \sigma \quad (\text{等式2})$$

[0061] 等式1和等式2是以笛卡尔坐标表示的。然而,将这些等式变换成在极坐标系中表示的等式是本领域技术人员的常识的一部分。因此可以针对该方法的所有步骤保留极坐标系。

[0062] 与所考虑的LIDAR数据(即点云中的点或区段 S_i)无关,确定标准差 σ 低于预定阈值的LIDAR数据构成道路的一部分,其他区段则不构成道路的一部分。

[0063] 为了进一步减少要处理的数据量,提出在确定标准差 σ 时不扫描具有同一角度 θ 的所有LIDAR数据。

[0064] 为此,将车辆平面中与角度 Φ 相对应的空间细分为多个扇区。在图2所展示的一个实施例中,可以定义车辆左前方的第一扇区Q1、车辆左后方的第二扇区Q2、车辆右后方的第

三扇区Q3和车辆右前方的第四扇区Q4。扇区还可以关于它们的极限角 Φ 来定义。因此,第一扇区Q1从角度 $\varphi = 0$ 延伸到角度 $\varphi = \pi/2$,第二扇区Q2从角度 $\varphi = \pi/2$ 延伸到 $\varphi = \pi$,第三扇区Q3从角度 $\varphi = \pi$ 延伸到 $\varphi = 3\pi/2$,并且第四扇区Q4从 $\varphi = 3\pi/2$ 延伸到 $\varphi = 0$,其中 $\varphi = 0$ 与车辆的向前行驶的移动方向相一致。

[0065] 当试图确定哪些具有同一角度 θ 的LIDAR数据属于道路时,对于第一扇区Q1,从角度 Φ 为0到 $\pi/2$ 对LIDAR数据进行扫描,对于第二扇区Q2,从 π 到 $\pi/2$ 进行扫描,对于第三扇区Q3,从 π 到 $3\pi/2$ 进行扫描,并且对于第四扇区,从0到 $3\pi/2$ 进行扫描。这样的扫描顺序使得可以优先检测车辆前方和后方的道路,这些是车辆的优先移动方向。

[0066] 当扫描扇区时,寻找不与道路相对应的LIDAR数据,即标准差 σ 高于预定阈值的LIDAR数据。针对以上所述的角度之间的每个扇区并按以上所述的方向进行搜索,直到达到标准差变得大于或等于预定阈值的角度。然后,停止对扇区的LIDAR数据的扫描。尚未扫描的其余LIDAR数据被视为不构成道路的一部分。

[0067] 在对四个扇区进行了搜索之后,剔除不与道路相对应的LIDAR数据,以便仅保留道路的LIDAR数据。

[0068] 取决于计算单元的数量和能力,可以顺序地或同时地执行对扇区的处理。

[0069] 在特定实施例,在寻找属于道路的点或区段之前,将标准差为 σ 的高斯滤波器应用于每个扇区Q1、Q2、Q3、Q4,以便减小不规则性的影响。大小为3核且标准差为5的滤波器特别适合此用途。

[0070] 在特定的实施例,根据每个点反射的激光束的强度来寻找车道标记。实际上,LIDAR传感器使得可以基于返回的光的强度来检测不同的材料。因此,可以使用地面上的标记的反射率来识别道路上的车道边界。

[0071] 为此,将与对应于道路的每个点相关联的强度同预定阈值进行比较。地面上的标记是属于道路的强度低于预定阈值的点。

[0072] 在特定实施例,当道路界限受到遮挡(例如,被车辆遮挡)时,使用跟踪方法来确保对道路界限的跟踪。

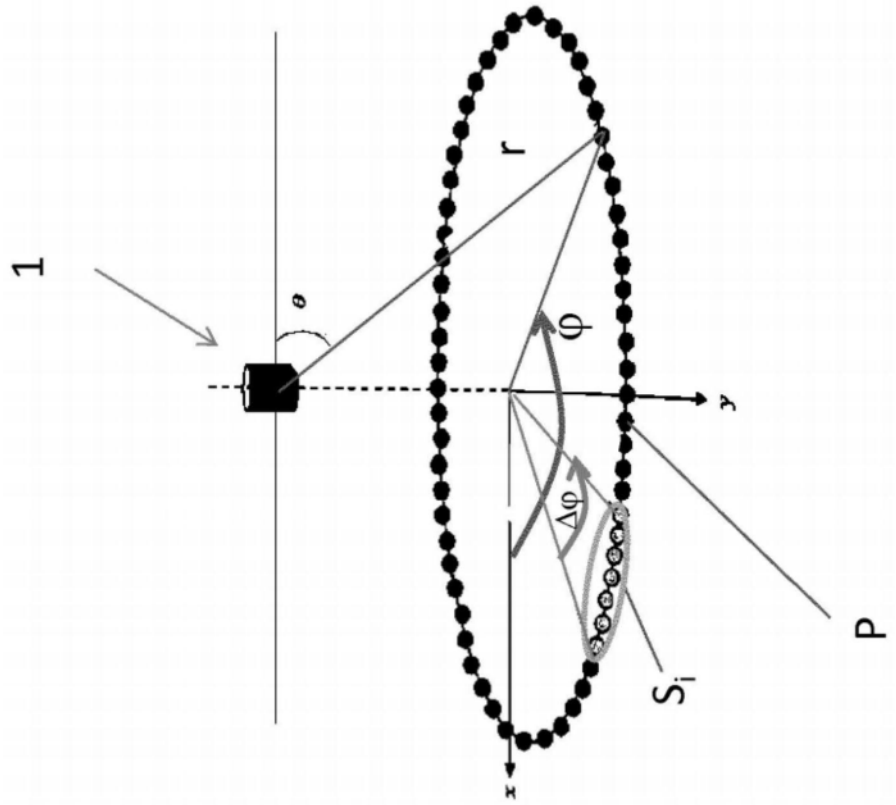


图1

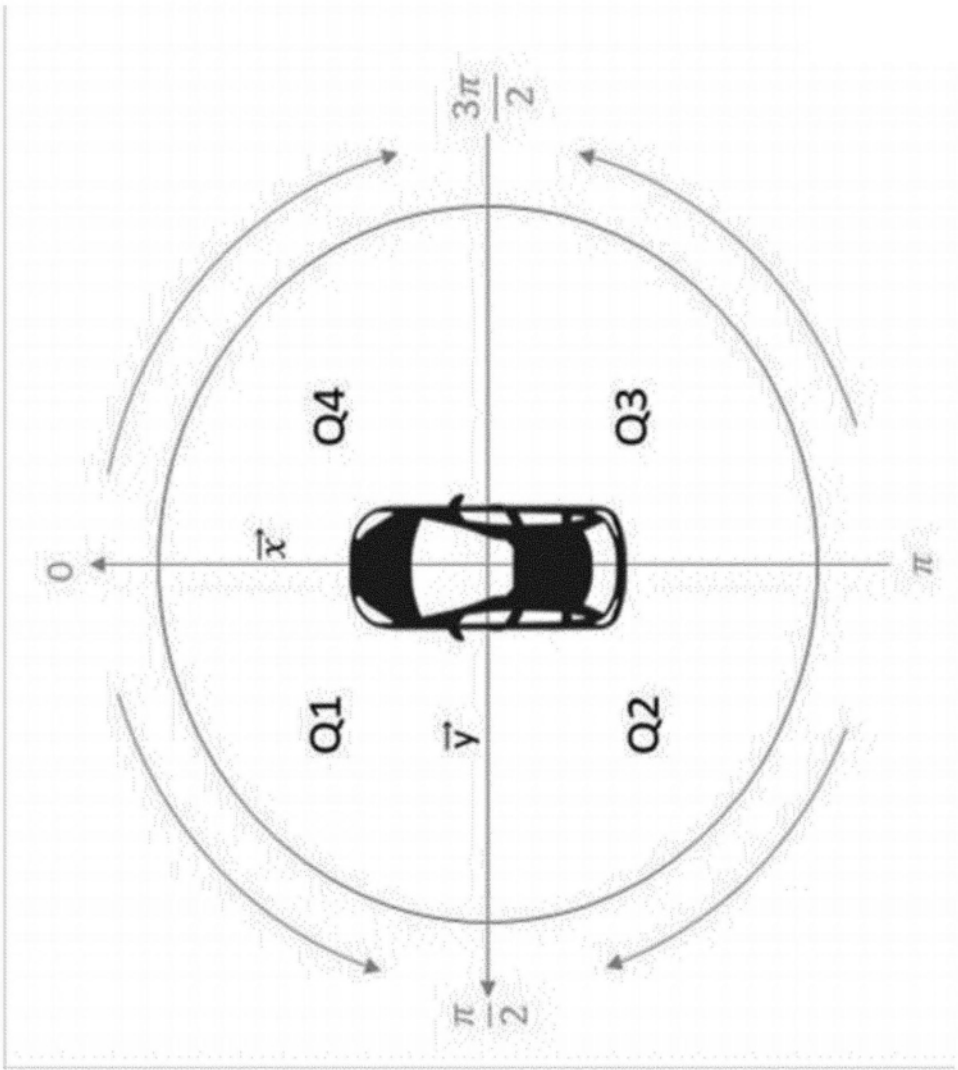


图2