



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111380573 B

(45) 授权公告日 2022.06.10

(21) 申请号 201911391433.3

(22) 申请日 2019.12.30

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111380573 A

(43) 申请公布日 2020.07.07

(30) 优先权数据  
102018133693.4 2018.12.28 DE

(73) 专利权人 大众汽车有限公司  
地址 德国沃尔夫斯堡

(72) 发明人 N.科赫 U.凯克 C.默费尔斯

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所  
11105  
专利代理师 彭程

(51) Int.Cl.

G01D 18/00 (2006.01)

(56) 对比文件

DE 102012018012 A1, 2014.05.15

DE 102013209494 A1, 2014.11.27

DE 10122664 A1, 2002.11.14

JP 2017133861 A, 2017.08.03

CN 108614256 A, 2018.10.02

CN 102590793 A, 2012.07.18

CN 1366616 A, 2002.08.28

审查员 杜培笑

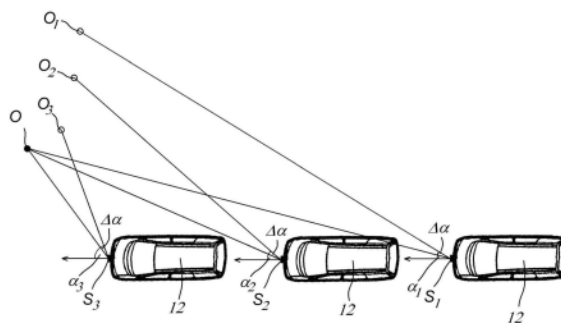
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

用于校准运动的对象传感器的取向的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于校准运动的对象传感器的取向的方法,所述方法包括以下步骤:检测对象传感器的运动;在对象传感器的位置不同的情况下,运动的对象传感器多次检测至少一个静态对象;计算静态对象相对于对象传感器的对应位置的相对位置;在假设对象传感器存在取向误差的情况下,根据相对位置来计算静态对象的预期位置;根据预期位置计算误差特征参量;通过调整对象传感器的取向误差,使误差特征参量最小。



1. 一种用于校准运动的对象传感器的取向的方法,所述方法包括以下步骤:  
检测对象传感器的运动;  
在对象传感器的位置不同的情况下,运动的对象传感器多次检测至少一个静态对象;  
计算静态对象相对于对象传感器的对应位置的相对位置;  
在假设对象传感器存在取向误差的情况下,根据相对位置来计算静态对象的预期位置;  
根据预期位置计算误差特征参量;  
通过调整对象传感器的取向误差,使误差特征参量最小。
2. 根据权利要求1所述的方法,  
其特征在于,  
对象传感器在一个平面中检测所述至少一个静态对象。
3. 根据权利要求2所述的方法,  
其特征在于,  
所述至少一个静态对象是细长的对象,其在检测平面中基本上呈点状。
4. 根据权利要求1至3中任一项所述的方法,  
其特征在于,  
对象传感器的取向误差包括方位角误差。
5. 根据权利要求4所述的方法,  
其特征在于,  
通过改变方位角误差,迭代地使误差特征参量最小。
6. 根据权利要求4所述的方法,  
其特征在于,  
通过优化方法,使误差特征参量最小。
7. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,  
其特征在于,  
根据赫尔默特点误差来计算误差特征参量。
8. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,  
其特征在于,  
检测多于一个的静态对象。
9. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,  
其特征在于,  
还检测对象传感器的绝对位置。
10. 根据前述权利要求中的任一项所述的方法,  
其特征在于,  
通过从对象传感器的位置进行极跟随,来计算静态对象的位置。
11. 根据权利要求10所述的方法,  
其特征在于,  
计算经过误差校正的静态对象的位置。
12. 根据权利要求11所述的方法,

其特征在于，

根据经过误差校正的静态对象的位置和已知的静态对象的绝对位置，来确定对象传感器的绝对位置。

13. 根据前述权利要求中任一项所述的方法，

其特征在于，

对象传感器包括雷达传感器、超声波传感器、激光传感器或者图像传感器。

14. 根据前述权利要求中任一项所述的方法，

其特征在于，

对象传感器安装在车辆中。

## 用于校准运动的对象传感器的取向的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于校准运动的对象传感器的取向的方法,所述运动的对象传感器尤其是在车辆中运动的对象传感器,例如安装在车辆中的对象传感器。

### 背景技术

[0002] 在现代的机动车中,尤其是在半自主或者自主行驶的机动车中,安装有各种各样的传感器,这些传感器用于使车辆相对于车辆环境进行自定位。为此,通过特殊的传感器系统,在车辆的周围环境中检测独特的静态结构和图案(Muster),即所谓的位置特征,并且使用这些静态结构和图案相对于这些位置特征对车辆进行定位。典型的传感器是照相机、雷达、超声波或者激光扫描仪设备。在行驶期间,可以通过处理传感器系统检测到的传感器数据,来识别感兴趣的特征,并且与地图中的相应的条目相关联,以便计算车辆的车辆位置和取向。在行驶期间自动运行的这种定位的质量,主要取决于位置特征的检测精度,并且其与例如事先已知的地图对象的关联也非常重要。测量的精度又取决于相应地使用的传感器系统及其校准。

[0003] 传感器系统的校准很复杂,需要时间,并且应当定期地重复,理想情况下在行驶期间也应当定期地重复,因为校准过程产生的参数始终仅与传感器特性的瞬时记录有关,传感器特性的瞬时记录例如可能由于机械上的影响或者热影响而随着时间变化。

[0004] 在校准过程中,确定传感器的外部参数和固有参数。在每个传感器的固有参数描述传感器的特殊的特性和测量过程的偏差的同时,主要利用外部参数来确定传感器在车辆中的具体安装位置和取向,例如传感器相对于车辆纵轴的取向。尤其是关于传感器的取向,即使取向最小的变化也可能对远距离上的测量产生大的影响,这严重地影响定位。

[0005] 在此,一个方面是传感器的实际位置相对于车辆轴线的横向偏差。通常,在安装期间已经可以以高的精度确定车辆传感器的横向位置,从而可以与相应的车辆型号的尺寸有关地,来可靠地确定传感器位置相对于车辆纵轴或者车辆使用的车道的横向偏差。测量安装位置时的可能的误差,或者随后在车辆中使用传感器期间出现的关于横向偏差的误差,一对一地传播到在车辆环境中检测到的对象的位置误差。因此,由于横向偏差引起的位置确定的误差通常很小,可以忽略不计。

[0006] 更大的问题是传感器在空间上的定向,因为与传感器和检测到的对象之间的距离有关地,角度误差对位置确定有不同程度的影响。在例如1度的方位角误差的情况下,距离60米的测量点处的横向误差已经大约为1米。在此,传感器距离对象越远,误差越大。即使在安装传感器时格外小心,在持续运行时,也经常出现传感器在空间上的定向的偏差。

[0007] 从现有技术中,例如从机器人技术领域,已知例如关于传感器的取向对传感器进行校准的方法。至少在现有技术中描述的解决方案完全自动地工作。经常也需要随后对找到的校准参数进行验证。校准过程经常也非常耗时,并且需要经过专门培训的人员,因为尤其是校准方法的验证通常仅能够利用特殊的技术辅助设备来进行。

[0008] 例如,在美国专利申请US2010/0165102 A1中,描述了一种通过图像处理来确定车

辆照相机的倾斜角的方法,其中,在安装在车辆中的运动的照相机的多个图像上检测静态对象,并且通过改变静态对象在各个图像中的位置来推导出照相机偏差。在此,假设车辆在专用线上运动。此外,检测车辆的转向角,以便随后能够排除车辆轴线的取向对测量的影响。

[0009] 在US2016/02267657 A1中描述了一种用于对车辆照相机进行动态校准的方法,其中,安装在车辆中的照相机沿直线运动,并且根据在图像中检测到的多个对象,确定对象轨迹,又根据对象轨迹来确定对象轨迹的消失点。然后,可以根据消失点的位置变化来确定照相机的可能的错误取向。

[0010] 在JP 2008 222 345 A中也描述了一种基于照相机的方法,其中,根据照相机检测到的多个静态对象的位置随着时间的变化,来反算车辆运动。

[0011] 在US 2013/0218398 A1中描述了一种用于确定对象传感器的错误取向的方法,其中,在直线的车辆运动期间,检测一个或多个对象,并且将在车辆运动时检测到对象的角度随着时间的变化曲线,与根据车辆运动预期的角度进行比较。然后,根据测量值的和预期的值之间的偏差,来推断出传感器的可能的错误取向。

[0012] 在US 2015/0276923 A1中描述了一种类似的方法,其中,在至少两个不同的时间检测静态对象,并且通过根据车辆运动预期的采集角度与检测到的采集角度之间的偏差,来反算传感器的错误取向。

[0013] 最后,从W02016/198563 A1中已知一种方法,其中,确定雷达传感器的错误取向,其中,在车辆运动期间多次检测至少一个静态对象,将检测到的位置在包括校正因子的情况下换算到全球坐标系中,并且通过使用校正因子,来使误差最小。

## 发明内容

[0014] 本发明要解决的技术问题是,更鲁棒地设计从现有技术中已知的方法,从而使得能够通过很少的计算开销,在车辆运行期间定期地校准对象传感器。

[0015] 上述技术问题通过本发明的方法来解决。根据本发明的方法的有利的扩展方案是下面的描述的主题。

[0016] 因此,本发明涉及一种用于校准运动的对象传感器的取向的方法,所述方法包括以下步骤:检测对象传感器的运动;通过运动的对象传感器,在对象传感器的位置不同的情况下,多次检测至少一个静态对象;计算静态对象相对于对象传感器的对应位置的相对位置;在假设对象传感器存在取向误差的情况下,根据相对位置,计算静态对象的预期位置;根据预期位置,计算误差特征参量;以及通过调整对象传感器的取向误差,使误差特征参量最小。

[0017] 也就是说,本发明提出基于对象传感器的取向误差来进行传感器校准。通过与此相关联地将传感器校准所需的数据检测或者数据处理,减少到几个可鲁棒地检测的特征,不仅可能的取向误差的确定的鲁棒性提高,而且运行中的计算速度也提高。

[0018] 根据本发明的方法从以下考虑出发:在没有误差地检测到静态对象的情况下,所计算的静态对象相对于对象传感器的对应位置的相对位置,仅与对象传感器的运动有关。因此,在考虑对象传感器的运动时,静态对象的位置应当不改变。然而,考虑到对象传感器的取向误差,检测到的静态对象相对于对象传感器的对应位置的相对位置,将偏离静态对

象的预期位置。因此,根据本发明提出,在假设对象传感器存在取向误差的情况下,来计算预期位置。如果假设的取向误差对应于对象传感器的实际的取向误差,则在考虑对象传感器的运动的情况下,静态对象的预期位置应当不改变。如果假设的取向误差不对应于实际的取向误差,则对于各个预期位置,确定彼此之间的偏差。可以根据这些偏差来确定预期位置的误差特征参量。然后,调整假设的取向误差,使得误差特征参量最小。然后,误差特征参量最小的取向误差,对应于对象传感器的实际取向误差。

[0019] 根据本发明的方法可以通过检测各种各样的静态对象来实现。例如,可以检测平面对象,其中,例如可以检查,在考虑取向误差的情况下,在不同时间检测到的平面彼此重合的程度。例如也可以通过适当的图像处理,例如边缘检测,从平面的对象中提取各个特征,在根据本发明的方法中对这些特征进行进一步处理。

[0020] 为了减少出现的数据,提出,对象传感器在一个平面中检测至少一个静态对象。因此,特别优选根据本发明的方法二维地工作。即使对象传感器提供的数据是三维数据,在根据本发明的方法的一个变形方案中,也可以从三维数据组中相应地提取一个二维平面,来进行进一步处理。

[0021] 当在二维性能的情况下,至少一个静态对象是细长的对象,然后该细长的对象在检测平面中基本上呈点状时,得出用于传感器校准的特别鲁棒的数据。即使在数据有噪声的情况下,也可以特别可靠地检测并且在车辆运动时很好地跟踪来自用于传感器校准的静态对象的点状数据。经常位于车辆环境中的合适的细长的杆状的对象,例如是交通标志、交通信号灯、街灯、路标等。但是在进行三维检测的情况下,道路标记、建筑物外墙、围栏、护栏等平面也可以用于进行数据评估。

[0022] 按照根据本发明的方法的一个变形方案,对象传感器的取向误差包括方位角误差。在传感器校准中,方位角误差通常是对静态对象的位置检测影响最大的误差,因为特别是随着对象与传感器的距离增大,方位角误差产生越来越大的影响。在根据本发明的方法的在二维平面中工作的变形方案中,可以认为,其余空间角度方向上的取向误差也可能以较小的部分对检测到的方位角误差做出贡献。如果评估仅减少到方位角误差,则误差校正实际上涉及“伪方位角”,因为假定所有误差是由于方位角引起的。根据其余角度误差对方位角的影响的程度,通过根据本发明的方法确定的伪方位角,不能在任意情况下用于校正/进一步处理其余传感器数据的校正角,因为所确定的伪方位角于是不对应于实际的方位角误差。在这些情况下,根据本发明的方法至少可以用作对象传感器的取向误差的指示,并且可以用于生成相应的警告消息。

[0023] 按照根据本发明的方法的一个变形方案,通过改变方位角误差,迭代地使误差特征参量最小。为此,例如假设方位角的可能最大误差。在考虑可能的最大误差的情况下,来确定静态对象的位置。借助合适的终止标准,可以通过巧妙地改变方位角误差,重新计算对象位置,并且确定误差特征参量,来确定实际的方位角误差。终止标准例如可以包含:随着方位角误差的变化变得越来越小,误差特征参量不再显著地变化。

[0024] 按照根据本发明的方法的一个变形方案,可以通过优化方法,来使误差特征参量最小。例如,可以制定优化问题,使得误差特征参量关于方位角误差变为最小。合适的优化方法例如是本身已知的例如基于高斯-马尔可夫模型的(Gauß-Markov-Modellen)平差计算(Ausgleichsrechnung)方法。

[0025] 作为合适的要最小化的误差特征参量,可以使用不同的值。对于点状的静态对象,例如可以将静态对象的预期位置的平均值用作误差特征参量。

[0026] 例如,也可以根据赫尔默特点误差(Helmert'schen Punktfehler)来得出合适的误差特征参量。在两个维度上,由对象的x坐标的标准偏差的平方和对象的y坐标的标准偏差的平方之和的根,得到对象的赫尔默特点误差。这可以用下面的等式来表示:

$$[0027] \quad s_{P_i}^H = \sqrt{s_{x_i}^2 + s_{y_i}^2}$$

[0028] 在此:

[0029]  $s_{P_i}^H$  = 第 i 个对象的赫尔默特点误差,

[0030]  $s_{x_i}^2$  = 第 i 个对象的 X 坐标的标准偏差, 以及

[0031]  $s_{y_i}^2$  = 第 i 个对象的 Y 坐标的标准偏差。

[0032] 优选检测一个以上的静态对象。在这种情况下,作为两个维度上的点状静态对象的误差特征参量,可以使用赫尔默特点误差的总和  $s_{sum}^H$  来作为误差特征参量,并且可以通过适当地改变方位角误差,来使该总和最小:

$$[0033] \quad s_{sum}^H = \sum_{i=1}^n (s_{P_i}^H)$$

[0034] 赫尔默特点误差也适合作为重复检测的对象的检测的关联的紧性(Kompaktheit)或者质量的度量。如果在连续测量中多次检测到多个对象,则可以借助跟踪方法,将这些重复检测到的对象彼此相关联。这种关联尤其是经常可以通过传感器处理来进行。

[0035] 如果检测到多个静态对象,则在静态对象的相对位置保持不变的前提下,尤其是根据对静态对象的跟踪,可以通过进行传感器数据处理,来计算对象传感器本身的运动。

[0036] 在根据本发明的方法的一个替换方案中,例如通过在对象传感器上或者在安装对象传感器的车辆上存在的合适的另外的传感器,例如速度传感器、例如可以通过转向角传感器来检测的方向传感器等,在每次检测的时刻单独检测车辆位置和行驶方向。

[0037] 还经常存在基于卫星的导航传感器,利用这些导航传感器,可以在每次检测时,检测对象传感器的绝对位置。为了提高传感器运动的检测精度,也可以将绝对位置确定方法、例如卫星导航方法和相对运动信息组合。

[0038] 与在每次检测的各个时刻利用对象传感器的绝对位置、还是利用对象传感器的相对位置工作无关,可以通过根据对象传感器的位置进行极跟随(polares Anhängen),来计算静态对象的相对或者绝对位置。这种方法是特别优选的,因为在进行极跟随时,方向误差直接进入所确定的静态对象的位置中。

[0039] 如果已经通过根据本发明的方法确定了方位角误差,则也可以根据如此测量的静态对象的位置,来计算经过误差校正的静态对象的实际位置。因此,根据本发明的方法也适用于在对象传感器的绝对位置已知时,确定经过误差校正的静态对象的绝对位置,这例如可以用于测绘任务。

[0040] 相反,也可以将经过误差校正的静态对象的绝对位置,与例如从地图数据中已知的静态对象的绝对位置进行比较,因此也可以在没有辅助手段(例如卫星辅助导航)的情况下,确定对象传感器的绝对位置。

[0041] 作为对象传感器,可以使用各种各样的传感器,尤其是使得能够进行角度和距离测量的传感器,例如雷达传感器、超声波传感器、激光传感器(激光扫描仪)或者图像传感器。

[0042] 特别优选对象传感器安装在车辆、例如机动车上,或者在该车辆中使用。车辆优选是自主或者部分自主行驶的车辆。

### 附图说明

[0043] 下面,参考在附图中示出的示意性实施例更详细地解释本发明。

[0044] 在附图中:

[0045] 图1示出了传感器错误取向的示意图;

[0046] 图2示出了通过安装在运动的车辆上的对象传感器对对象的检测;

[0047] 图3示出了在假设的传感器错误取向,对象的相对位置与传感器的几何关系。

### 具体实施方式

[0048] 图1示出了对象传感器S,其可以检测传感器周围环境中的对象。为了计算所检测的传感器数据,假设传感器在沿箭头10的传感器的运动方向上取向。但是实际的传感器朝向与假设的传感器取向10横向地偏离,并且由箭头11表示。因此,假设的传感器取向10和实际的传感器取向11之间的角度 $\Delta\alpha$ 是方位角误差,在所示出的例子中,对象数据检测在图示平面中进行。也就是说,方位角误差 $\Delta\alpha$ 是传感器S在横向取向上的误差。

[0049] 图2示出了通过安装有传感器S的运动的车辆12对对象0进行检测的示意图。在第一次测量时,传感器处于位置 $S_1$ 。对象0看起来在方位角 $\alpha_1$ 下。但是由于传感器误差 $\Delta\alpha$ ,对象实际上看起来在角度 $\alpha_1 + \Delta\alpha$ 下的位置 $O_1$ 处。

[0050] 在第二时刻,车辆12已经进一步运动到图2所示的中间位置。但是在更大的角度 $\alpha_2$ 下从传感器位置 $S_2$ ,静态对象0看起来仍然处于同一位置。但是由于方位角误差 $\Delta\alpha$ ,对象似乎看起来在方位角 $\alpha_2 + \Delta\alpha$ 下的位置 $O_2$ 。

[0051] 在第三次测量时,车辆12已经进一步向左运动,并且传感器位于位置 $S_3$ 。这里,实际对象位置0看起来在进一步更大的角度 $\alpha_3$ 下。在第三次测量时,表观位置 $O_3$ 看起来在 $\alpha_3 + \Delta\alpha$ 的角度下。

[0052] 图3示出了如何通过极跟随从传感器位置 $S_i$ 得到表观对象位置 $O_i$ 。在传感器 $S_i$ 与对象0之间的距离 $d$ 已知(距离 $d$ 例如可以通过测量超声波或者雷达脉冲的传播时间或者通过立体图像评估来确定)的情况下,通过下式在笛卡尔坐标中得到传感器与表观对象位置之间的距离。

$$[0053] \quad \Delta x_i = d * \sin(\alpha_i + \Delta\alpha)$$

$$[0054] \quad \Delta y_i = d * \cos(\alpha_i + \Delta\alpha)$$

[0055] 如果与车辆运动对应地考虑传感器位置 $S_i$ ,则通过对传感器S的位置的极跟随,得到对象0的位置:

[0056]  $x_0 = x_s + d \cdot \sin(\alpha + \Delta\alpha)$

[0057]  $y_0 = y_s + d \cdot \cos(\alpha + \Delta\alpha)$

[0058] 如果在考虑实际方位角误差  $\Delta\alpha$  的情况下,根据所确定的对象位置  $O_i$ ,确定对象位置  $O$ ,则当传感器运动时,静态对象的对象位置应当不改变。如果假设的方位角误差  $\Delta\alpha$  不对应于实际方位角误差,则计算的实际对象位置  $O$  将与实际对象位置  $O$  或多或少具有大的偏差,即,根据值  $O_i$  反算的对象位置将不同。然后,可以通过适当的最小化/优化方法,根据由此确定的误差特征参量,例如检测到的多个对象  $O$  的赫尔默特点误差的总和,来确定实际方位角误差  $\Delta\alpha$ 。

[0059] 因此,借助合适的终止标准,通过巧妙地改变角度  $\Delta\alpha$ ,重新计算对象位置,并且确定赫尔默特点误差的总和,可以确定伪方位角。终止标准例如可以包含:由于  $\Delta\alpha$  的变化越来越小,赫尔默特点误差的总和不再显著变化。例如,假设可能的最大方位角误差为  $2^\circ$ ,则可以针对值  $\Delta\alpha = 2^\circ$ ,  $\Delta\alpha = 0^\circ$  和  $\Delta\alpha = -2^\circ$ ,计算赫尔默特点误差的总和。在下一个迭代步骤中,针对值  $\Delta\alpha = 1^\circ$  和  $\Delta\alpha = -1^\circ$ ,计算赫尔默特点误差的总和。如果对于  $\Delta\alpha = 1^\circ$ ,赫尔默特点误差的总和较小,则在下一个迭代步骤中,继续以  $\Delta\alpha = 0.5^\circ$  和  $\Delta\alpha = 1.5^\circ$  进行计算。这持续地进行,直到赫尔默特点误差的总和不再显著地变化,由此接近正确的伪方位角位置。

[0060] 替换地,可以制定优化问题,使得考虑  $s_{sum}^H$  变得最小,来优化/寻找  $\Delta\alpha$ 。平差计算方法(例如高斯-马尔可夫模型)适合于此。

[0061] 在传感器坐标系中的不同的位置,由其它角度实际引起的误差的比例也可能不同。这意味着,理论上可以例如以保持更准确并且更稳定的任意大的矩阵的形式,针对传感器坐标系中的不同的区域,来确定伪方位角。

[0062] 所述方法的最大的优点是,在行驶期间,不需要大的开销即可使用。此外,这是一种需要较少的资源的快速的方法。在许多已知方法中不是这种情况。使用“伪方位角”计算的对象位置可以用于进行测绘,也可以用于通过地图来进行定位。尽管所述方法在其最简单的实施方式中不提供绝对校准,但是例如可以使用所述方法来至少提供所使用的校准不合适的警告。这可能使随后需要准确的传感器数据的应用转变为受限的或不再起作用的模式。

[0063] 附图标记列表

[0064] 10 箭头、传感器的运动方向、假设的传感器朝向

[0065] 11 箭头、实际的传感器朝向

[0066] 12 车辆

[0067] S 传感器

[0068]  $S_i$  不同的传感器位置 ( $i = 1, 2, 3$ )

[0069] O 对象

[0070]  $O_i$  不同的表观位置

[0071]  $\Delta\alpha$  方位角误差

[0072]  $\alpha_i$  不同的传感器位置的方位角 ( $i = 1, 2, 3$ )

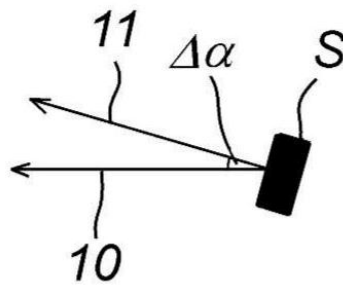


图1

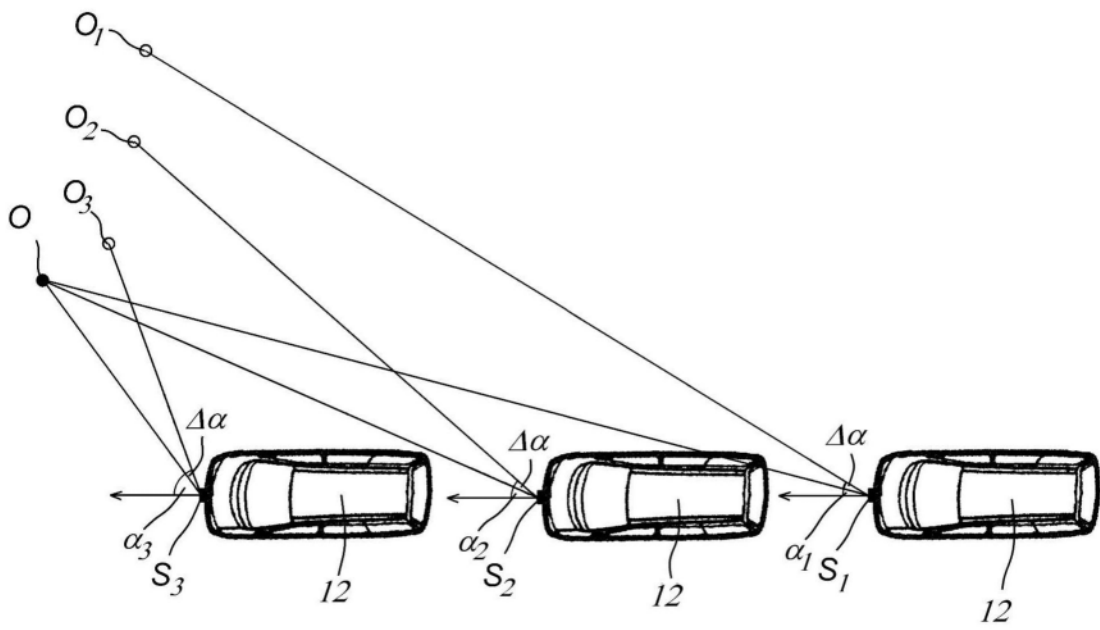


图2

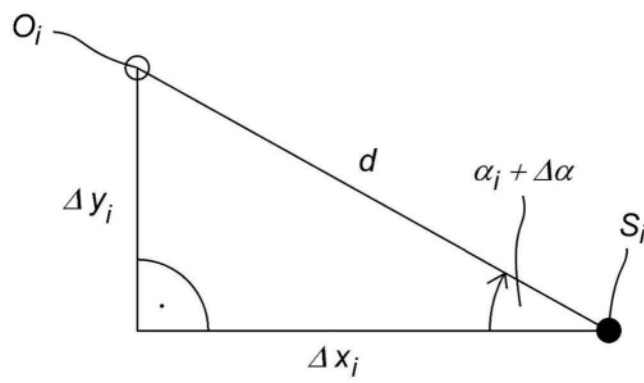


图3