



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106257242 B

(45) 授权公告日 2021.08.24

(21) 申请号 201610405237.7

(22) 申请日 2016.06.08

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106257242 A

(43) 申请公布日 2016.12.28

(30) 优先权数据  
15172367.3 2015.06.16 EP

(73) 专利权人 沃尔沃汽车公司  
地址 瑞典哥德堡

(72) 发明人 J·L·索尔斯泰德  
L·哈马尔斯特兰德 L·斯文松  
M·伦德格伦

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

代理人 刘兴鹏

(51) Int.Cl.

G01C 21/36 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2013261870 A1, 2013.10.03

JP H07253328 A, 1995.10.03

CN 103419784 A, 2013.12.04

CN 101438335 A, 2009.05.20

审查员 沈新华

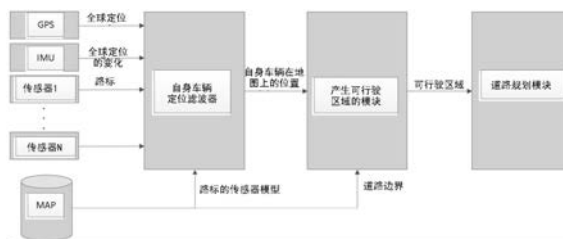
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54) 发明名称

用于调节道路边界的单元和方法

(57) 摘要

此处提出的示例实施例旨在用于调节用于自主车辆的路径规划的道路二维虚拟显示的道路边界的方法和单元。所述单元包括被构造为获取车辆相对于参照物的测量位置和测量方位角的获取单元。所述单元还包括被构造为接收测量位置、测量方位角和道路地图数据作为输入的不确定性单元。不确定性单元进一步被构造为基于所述输入确定分别表示车辆在道路上的位置和方位角的不确定性量的位置不确定性数值和方位角不确定性数值。所述单元进一步包括被构造为调节道路的二维虚拟显示的可行驶部分的宽度和方位角的调节单元,其中,分别基于位置不确定性数值和方位角不确定性数值调节宽度和方位角。



1. 一种用于调节用于自主车辆 (303) 的路径规划的道路二维虚拟显示的道路边界 (301) 的单元 (809), 所述单元 (809) 包括:

被构造为获取所述车辆 (303) 相对于参照物的测量位置和测量方位角的获取单元 (810);

被构造为接收所述测量位置、所述测量方位角和道路地图数据作为输入的不确定性单元 (811);

所述不确定性单元 (811) 进一步被构造为基于所述输入在所述道路上分别根据概率分布确定表示所述车辆 (303) 的位置和方位角的不确定性量的位置不确定性数值和方位角不确定性数值, 其中, 所述概率分布基于滤波器计算, 其中所述不确定性单元 (811) 被构造为:

- 从所述概率分布产生多个样本, 其中, 每个样本包括位置估算值和方位角估算值;
- 对于每个样本确定所述车辆 (303) 前方的哪个部分是可行驶的;
- 将被确定为是可行驶的所述部分累加起来;

- 由累加起来的被确定为是可行驶的部分计算所述道路的所述二维虚拟显示的所述可行驶部分 (302) 使所述可行驶部分是其中产生所述相应位置估算值和所述相应方位角估算值的样本的数量高于某个阈值的部分,

所述单元还包括:

被构造为调节所述道路的所述二维虚拟显示的可行驶部分 (302) 的宽度和方位角的调节单元 (812), 其中分别基于所述位置不确定性数值和所述方位角不确定性数值调节所述宽度和方位角。

2. 根据权利要求1所述的单元 (809), 其中, 所述获取单元 (810) 被构造为以预定时间间隔获取所述测量位置和所述测量方位角, 所述不确定性单元 (811) 被构造为以预定时间间隔确定所述位置不确定性数值和所述方位角不确定性数值, 并且所述调节单元 (812) 被构造为以预定时间间隔调节所述道路的所述可行驶部分 (302) 的所述宽度和角度。

3. 根据前述权利要求任意一项所述的单元 (809), 其中, 所述参照物是所述道路上的路标、卫星导航系统中的地图位置、和/或固定坐标系中的位置。

4. 根据权利要求1所述的单元 (809), 其中, 所述不确定性单元 (811) 进一步被构造为接收所述车辆 (303) 的测量速度和方向作为用于确定所述位置不确定性数值和所述方位角不确定性数值的输入。

5. 根据权利要求4所述的单元 (809), 其中, 所述滤波器计算基于形式为所述测量位置、所述测量方位角和所述道路地图数据的所述输入。

6. 根据权利要求5所述的单元 (809), 其中, 所述滤波器是贝叶斯滤波器或卡尔曼滤波器。

7. 根据权利要求1所述的单元 (809), 其中, 所述不确定性单元 (811) 被构造为:

- 确定每个位置估算值的位置不确定性数值, 其中, 所述位置不确定性数值基于产生所述相应位置估算值的样本数量;

- 确定每个方位角估算值的所述方位角不确定性数值, 其中, 所述方位角不确定性数值基于产生所述相应方位角估算值的样本数量。

8. 根据权利要求1所述的单元 (809), 其中, 所述位置不确定性数值和所述方位角不确定性数值是包含置信水平的估算值。

9. 根据权利要求1所述的单元(809), 其中, 所述位置不确定性数值和所述方位角不确定性数值受到所述车辆(303)的的环境中的环境因素和/或用于测量所述车辆(303)的所述位置和方位角的一个或多个传感器的品质和/或所述道路的所述地图数据的品质的影响。

10. 包括根据前述权利要求任意一项所述的单元(809)的车辆(303)。

11. 一种用于在单元(809)中对用于自主车辆(303)的路径规划的道路二维虚拟显示的道路边界(301)实施调节的方法, 所述方法包括:

- 在获取单元(810)中获取(S1)所述车辆(303)相对于参照物的测量位置和测量方位角;

- 在不确定性单元(811)中接收(S2)所述测量位置、所述测量方位角和道路地图数据作为输入;

- 在所述不确定性单元(811)中基于所述输入在所述道路上分别根据基于滤波器计算的概率分布确定(S3)表示所述车辆(303)的位置和方位角的不确定性量的位置不确定性数值和方位角不确定性数值;

- 从所述概率分布产生多个样本, 其中, 每个样本包括位置估算值和方位角估算值;

- 对于每个样本确定所述车辆(303)前方的哪个部分是可行驶的;

- 将被确定为是可行驶的所述部分累加起来;

- 由累加起来的被确定为是可行驶的部分计算所述道路的所述二维虚拟显示的所述可行驶部分(302)使所述可行驶部分是其中产生所述相应位置估算值和所述相应方位角估算值的样本的数量高于某个阈值的部分, 并且

- 在调节单元(812)中调节(S4)所述道路的所述二维虚拟显示的可行驶部分(302)的宽度和方位角, 其中, 分别基于所述位置不确定性数值和所述方位角不确定性数值调节所述宽度和方位角。

12. 一种计算机可读介质, 包括用于在单元(809)中对用于自主车辆(303)的路径规划的道路二维虚拟显示的道路边界(301)实施调节的程序指令, 其中, 通过计算机系统的一个或多个处理器执行所述程序指令促使一个或多个处理器执行下述步骤:

- 获取(S1)所述车辆(303)相对于参照物的测量位置和测量方位角;

- 接收(S2)所述测量位置、所述测量方位角和道路地图数据作为输入;

- 基于所述输入在所述道路上分别根据基于滤波器计算的概率分布确定(S3)表示所述车辆(303)的位置和方位角的不确定性量的位置不确定性数值和方位角不确定性数值;

- 从所述概率分布产生多个样本, 其中, 每个样本包括位置估算值和方位角估算值;

- 对于每个样本确定所述车辆(303)前方的哪个部分是可行驶的;

- 将被确定为是可行驶的所述部分累加起来;

- 由累加起来的被确定为是可行驶的部分计算所述道路的所述二维虚拟显示的所述可行驶部分(302)使所述可行驶部分是其中产生所述相应位置估算值和所述相应方位角估算值的样本的数量高于某个阈值的部分, 并且

- 调节(S4)所述道路的所述二维虚拟显示的可行驶部分(302)的宽度和方位角, 其中, 分别基于所述位置不确定性数值和所述方位角不确定性数值调节所述宽度和方位角。

13. 根据前一权利要求所述的计算机可读介质, 还包括使一个或多个处理器运行权利要求12所述的步骤的可执行指令。

## 用于调节道路边界的单元和方法

### 技术领域

[0001] 此处提出的示例实施例旨在用于调节用于自主车辆的路径规划的道路二维虚拟显示的道路边界的方法和单元。

### 背景技术

[0002] 自主车辆是能够感应其环境并且不使用人工输入来导航的车辆。想象这种车辆能够在自动驾驶模式与其中驾驶员手动操作车辆的手动驾驶模式之间切换。进一步想象仅在预先批准或证实的道路或区域上允许这种自动驾驶。因此,车辆最初驾驶路段需要人类驾驶员控制车辆并且随后切换为自动驾驶模式。虽然在自动驾驶模式下,车辆的驾驶员可能忙于车辆处于手动驾驶模式时不可能的动作。这种动作的示例是睡眠、工作或使用多媒体应用。通过驾驶员接管对车辆的控制来启动最终路段从而离开所述证实的道路并且手动驾驶直至到达目的地。

[0003] US2013261870A公开了一种自主机器控制系统,包括测量位置和定向的定位单元,以及存储包括沿车道的期望行进路径的路径规划的导航单元。车道具有通过左手侧边界和右手侧界限定的宽度。导航单元接收与位置或定向相关的不确定性数值并且基于实际的机器足迹和不确定性数值形成虚拟二维足迹。导航单元还模拟虚拟足迹沿期望行进路径的移动,计算通过虚拟足迹和左手侧界限定的左手侧边距值(margin value),并且计算通过虚拟足迹和右手侧界限定的右手侧边距值。将边距值与预定值相比,并且如果任一边距值低于预定值则控制机器的速度或行进方向。

[0004] US6393362公开了根据与车辆的特定任务相关的预定轨迹完成并且通过车内GPS和双向通信硬件由引导系统实施的露天矿(surface mine)中每个自主车辆的功能。车辆的当前位置被连续地监控并且与沿其路径的潜在危险位置相关,因此通过实施适当的预定控制策略可进行校正作用。每个车辆被分配一个代表车辆物理存在和操作公差的安全包络面(safety envelope)。安全包络面是每个车辆特有的并且被围绕车辆的变量空间所限定,其中当车辆沿其指定轨迹移动时其可物理存在。安全包络面的形状和尺寸动态地变化从而当沿其预定路径完成其自主功能时满足面对车辆的当前轨迹条件的安全要求。安全包络面根据车辆特定的预定规则组变化。通过监控当前交通条件并建立沿接近轨迹行进的车辆安全包络面可能重叠的位置,动态地识别沿矿场地产内路径和道路的预定车辆轨迹之间的交点。

[0005] W02008089966公开了对道路上车辆做出视频为基础的道路偏移警告的方法和系统。道路偏移警告涉及从视频成像器(video imager)接收车辆前方道路的图像,并且检测图像中对应于道路上标记的一个或多个路标。随后,分析图像区域超出检测标记的特征以确定对应于所述图像区域的道路的可行等级并且基于检测的路标检测车辆相对于道路上标记的横向偏移。产生警报信号作为所述横向偏移和所述等级的功能。

[0006] US20080243378公开了用于车辆中的导航系统。除了附加传感器例如摄像机、激光扫描器或雷达之外,所述系统包括绝对位置传感器例如GPS。所述系统进一步包括数字地图

或数据库,其包括用于至少一些车辆周围物体的记录。这些记录可包括相对位置属性和传统的绝对位置。当车辆移动时,传感器感知这些物体中至少一些物体的存在,并且测量车辆与这些物体的相对位置。该信息连同绝对位置信息和添加的地图资料可用于确定车辆的位置,并且支持特征例如增强行驶方向、冲突避免或自主辅助驾驶。根据实施例,系统还允许使用相对位置而不求助于存储的绝对位置信息来定义一些物体的属性。

## 发明内容

[0007] 公开了一种用于调节用于自主车辆路径规划的道路二维虚拟显示的道路边界的单元。所述单元包括被构造为获取车辆相对于参照物的测量位置和测量方位角(heading angle)的获取单元。所述单元还包括被构造为接收测量位置、测量方位角和道路地图数据作为输入的不确定性单元。不确定性单元进一步被构造为基于所述输入确定分别表示车辆在道路上的位置和方位角的不确定性量的位置不确定性数值和方位角不确定性数值。所述单元进一步包括被构造为调节所述道路的所述二维虚拟显示的可行部分的宽度和方位角的调节单元,其中分别基于所述位置不确定性数值和所述方位角不确定性数值调节所述宽度和方位角。

[0008] 因此,一个优点是所述单元能够计算车辆位置和方位角的估算值或测量值以及反映位置和方位角的所述估算值精确度的相应不确定性测量值或数值。因此当车辆沿道路行驶时,可规律地或连续地确定和调节车辆前方道路的可行部分。当确定了可行部分实际上是可行的确定性或可能性时,车辆可在该确定的可行部分中安全行驶,并且,可调节确定性或可能性的水平或阈值。藉此,道路曲率、天气、传感器性能等等的变化情况能被考虑在内。

[0009] 一个优点是当表示道路的可行部分时车辆定位和方位角自身不精确的估算值或测量值具有考虑在内的相应不确定性或置信度测量值。因此在道路可行部分的定义或确定内包含了位置不确定性。

[0010] 一个优点是所述单元提供了对于自我车辆定位估算中不确定性将蔓延至所产生的可行区域的问题的解决方案。

[0011] 该问题的原因是可在自我车辆的局部坐标系中表示可行区域并且由于自我车辆的确切位置不是已知的,所以可行区域的确切位置也不是已知的。该问题的解决方案是定位不确定性影响可行区域的尺寸。因此如果不确定性较大,则可行区域的尺寸较小,并且如果不确定性较低,则可行区域的尺寸将较大。可行区域由此能被计算为使得区域内的所有点具有在道路边界之间的可能性,并且该可能性必须高于某个可能性阈值。

[0012] 自主车辆可为自我行驶(self-driven)汽车或其它车辆,例如卡车、摩托车等等。

[0013] 二维虚拟显示的道路边界能被表示为用于每个边界的整体坐标列表或参数化曲线例如样条曲线。

[0014] 道路边界限定了用于车辆的道路的可行部分。

[0015] 道路的二维虚拟显示可为网格显示。

[0016] 可选地,道路的二维虚拟显示可为多边形链路显示。

[0017] 道路边界的二维(2D)虚拟显示被构造为为车辆的路径规划部件或单元提供道路边界。二维显示是存储在地图上的道路物理边界的确切位置。

[0018] 位置和方位角可通过使用车辆内/上的内部传感器和/或外部传感器,藉由来自卫星导航系统(例如全球定位系统(GPS)或类似于GPS的系统)的数据、藉由来自惯性测量装置(IMU)的数据、藉由来自地图的数据来测量或估算。

[0019] 因此,可藉由传感器确定或测量车辆的位置和方位角的不确定性。

[0020] 传感器本身包括其测量值中固有的不确定性。传感器的不确定性取决于位置和环境。

[0021] 可事先(即在车辆开始行驶之前)例如在车辆被卖给其所有人之前的车辆制造商处确定传感器的不确定性,或在车辆中以规律地间隔完成,例如每次起动车辆时或例如每天一次或例如车辆已经行驶了每100千米、每500千米、每1000千米等等。

[0022] 传感器的不确定性可通过基准传感器确定,即可根据基准传感器模拟不确定性。

[0023] 每个传感器的不确定性不仅是传感器特定的,而且取决于环境例如光线条件、天气条件等等。例如,如果例如在夜里很黑、如果下雨或雪等等则传感器的不确定性更高。

[0024] 传感器不确定性还取决于车辆的位置,例如取决于传感器能检测到的路标等等的数量和/或尺寸。

[0025] 地图可以是标准地图或包括更多信息的扩展或专用地图,例如密集地图、高清(HD)地图、高分辨率地图、增强地图等等,其为包括有关环境例如路标、导轨、道路车道等等的更多数据和信息的地图。地图可存储在车辆中,例如车辆内的单元或GPS单元中,或地图可存储在远程存储器例如云存储器中。

[0026] 地图可用于查找例如查找车辆的位置。当车辆移动时,可连续地查找地图。

[0027] 可藉由横向位置和纵向位置限定所述位置。

[0028] 方位角是车辆的角度,即车辆纵轴相对于行驶车道的角度。因此方位角对应于方向、定向等等。

[0029] 车辆的测量位置和测量方位角是相对于参照物的,并且参照物可为道路上的路标、GPS地图位置、固定坐标系例如局部或整体坐标系中的位置。

[0030] 路标可以是具有确切位置例如精确GPS的交通标志、建筑物等等。路标可具有用于测量车辆的确切位置的优点。藉由车辆中的内部和/或外部传感器例如形式为摄像机、激光、激光雷达的传感器并且藉由地图数据的路标位置的知识来识别路标。

[0031] 输入至所述单元的输入数据因此可包括有关路标例如路标形状和位置、路标的类型等等的数据。当车辆沿道路行驶时,可通过车辆内的传感器连续地检测新路标或其它路标。

[0032] 不确定性数值反映了测量位置和方位角的精确度。不确定性越低,测量位置和方位角的精确度越高,不确定性越高则测量位置和方位角的精确度越低。

[0033] 可行驶部分是道路的可行驶区域或部分。

[0034] 可驾驶部分的宽度和方位角的调节能被执行为使得确定性例如是99.9%是可驾驶部分是可驾驶道路。

[0035] 可行驶部分能被调节的宽度可以是对车辆在道路上的横向位置的调节。

[0036] 所述单元可以是中央处理器(CPU)、处理单元、处理器、路径规划部件的控制部件和/或其它类似装置。

[0037] 在一些实施例中,获取单元被构造为以预定时间间隔获取所述测量位置和所述测

量方位角,并且在一些实施例中,不确定性单元被构造为以预定时间间隔确定所述位置不确定性数值和所述方位角不确定性数值,并且在一些实施例中,所述调节单元被构造为以预定时间间隔调节所述道路的所述可行驶部分的宽度和角度。

[0038] 因此,一个优点是这些获取、确定和调节的步骤可以规律的时间间隔发生。用于不同步骤的时间间隔可能不同或相同。时间间隔是预定的,并且可发生在例如每1毫秒(ms)、每2ms、每5ms、每10ms、每15ms、每20ms、每25ms、每30ms、每40ms、每50ms、每100ms一次等等。

[0039] 在一些实施例中,所述参照物是所述道路上的路标、卫星导航系统例如GPS中的地图位置和/或固定坐标系中的位置。

[0040] 在一些实施例中,不确定性单元进一步被构造为根据概率分布确定位置不确定性数值和方位角不确定性数值,其中概率分布基于滤波器计算。

[0041] 形成概率分布的输入和数据是测量位置、测量方位角和道路地图数据。概率分布是滤波器的输出。概率分布可为高斯分布即正态分布等等。

[0042] 在一些实施例中,不确定性单元进一步被构造为接收车辆的测量速度和方向作为用于确定位置不确定性数值和方位角不确定性数值的输入。

[0043] 可通过车辆内的内部传感器测量车辆的测量速度和方向。可通过车轮转速传感器测量车辆的测量速度。通过提供车辆偏航率(yaw rate)等等的惯性测量装置(IMU)测量车辆的测量方向。

[0044] 在一些实施例中,滤波器计算是基于形式为测量位置、测量方位角和道路地图数据的输入。

[0045] 在一些实施例中,滤波器计算的滤波器是贝叶斯滤波器例如粒子滤波器,或卡尔曼滤波器例如常规的卡尔曼滤波器、扩展卡尔曼滤波器或无迹卡尔曼滤波器。

[0046] 一个优点是滤波器(例如贝叶斯滤波器)使用输入(即例如来自GPS、IMU、相对于路标的测量值和地图的测量值)来计算概率分布。根据该概率分布,有可能计算位置和方位角的估算值以及位置和方位角的相关不确定性数值。

[0047] 在一些实施例中,不确定性单元被构造为由概率分布产生多个样本,其中每个样本包括位置估算值和方位角估算值。不确定性单元进一步被构造为确定每个位置估算值的所述位置不确定性数值,其中所述位置不确定性数值基于产生所述相应位置估算值的样本数量。不确定性单元也被构造为确定每个方位角估算值的所述方位角不确定性数值,其中所述方位角不确定性数值产生相应方位角估算值的样本数量。

[0048] 一个优点是由概率分布产生样本,因为样本可提供比实际测量更正确和精确的位置和方位角的测量值。

[0049] 样本将不包含任何不确定性数值。通过根据分布描绘样本,人们将获得很少不可能的样本并且多个可能样本的拷贝。随后通过分别由特定位置和方位角数值产生的样本数量描述位置不确定性数值和方位角不确定性数值。例如,当带有相应的位置和方位角测量值的样本的数量或量极多时,位置不确定性数值和方位角不确定性数值较低,并且当用于相应的位置和方位角测量值的样本的数量或量较低时,位置不确定性数值和方位角不确定性数值极高。

[0050] 根据上述从概率分布产生的样本对于在本发明中可使用的若干方法是常见的。这些方法可称为蒙特卡罗方法(Monte Carlo method)和确定抽样法(deterministic

sampling method)。可使用多种模式来表示道路,例如网格显示和多边形链路显示。因此方法和道路显示可以是带有多边形链路显示的确定抽样,或带有网格显示的确定抽样,或最佳抽样例如选择带有多边形链路显示的最佳样本等等。可基于多个预定参数等等确定哪个样本最佳。因此,可确定地选择或产生样本,例如使用或基于确定抽样来产生样本。可选地,使用或基于蒙特卡罗网格显示产生样本。

[0051] 样本可针对每1m道路、每50cm、每25cm、或每1.5m道路等等产生。

[0052] 在一些实施例中,调节单元被构造为针对每个样本确定车辆前方的可行驶部分。调节单元进一步被构造为累加被确定为可行驶的部分。调节单元还被构造为根据所累加的被确定为可行驶的部分计算所述道路的所述二维虚拟显示的所述可行驶部分,其中通过所述相应的位置估算值和所述相应的方位角估算值产生的样本数量高于某个阈值。

[0053] 一个优点是对于每个样本评估车辆前方的哪个区域或部分是可行驶的。通过从所有样本累加所有这些区域或部分,能使用阈值来确定车辆前方的哪个区域或部分是可行驶的。

[0054] 其中产生相应位置估算值和相应方位角估算值的样本的数量高于某个阈值的部分对应于其中不确定性数值低于某个阈值的部分。因此,为了所述部分可行驶,不确定性数值必须低于某个阈值。可选地,可以说为了所述部分可行驶,确定性数值必须高于某个阈值,其中确定性数值基于产生相应位置估算值和相应方位角估算值的样本数量。

[0055] 在一些实施例中,位置不确定性数值和方位角不确定性数值是包括置信度或精确度水平或间隔的估算值。

[0056] 一个优点是位置不确定性数值和方位角不确定性数值能被设置为带有置信度或精确度水平或间隔的估算值。

[0057] 因此,带有置信度或精确度水平或间隔的这种估算值是如上所述从概率分布抽取样本的可选方案。

[0058] 位置不确定性数值的估算值可表示为用于横向或x-轴位置的 $\epsilon_x$ ,和用于纵向或y-轴的 $\epsilon_y$ 。因此,位置 $x_{pos}$ 、 $y_{pos}$ 可表示为 $x_{pos} = x \pm \epsilon_x$ ,  $y_{pos} = y \pm \epsilon_y$ 。

[0059] 方位角不确定性数值的估算值可表示为 $\epsilon_a$ 。因此方位角 $a_{pos}$ 可表示为 $a_{pos} = a \pm \epsilon_a$ 。

[0060] 在一些实施例中,所述位置不确定性数值和所述方位角不确定性数值受到所述车辆环境中环境因素和/或用于测量所述车辆的所述位置和方位角的一个或多个传感器品质和/或所述道路的所述地图数据品质的影响。

[0061] 环境因素例如可以是天气例如雨、雪;光线状况,例如白天或夜晚;温度例如冰冻温度、热浪等等。

[0062] 根据一个方面,公开了包括根据前述任一实施例的单元的车辆。

[0063] 根据一个方面,公开了在单元内执行的用于调节用于自主车辆路径规划的道路二维虚拟显示的道路边界的方法。所述方法包括在获取单元内获取相对于参照物的车辆测量位置和测量方位角。所述方法进一步包括在不确定性单元内接收测量位置、测量方位角和道路地图数据作为输入。所述方法还包括在不确定性单元内基于所述输入确定分别表示车辆在道路上的位置和方位角的不确定性量的位置不确定性数值和方位角不确定性数值。所述方法额外地包括在调节单元中调节所述道路的所述二维虚拟显示的可行驶部分的宽度

和方位角,其中分别基于所述位置不确定性数值和所述方位角不确定性数值调节所述宽度和方位角。

[0064] 根据一个方面,公开了一种计算机可读介质,包括在单元中执行的用于调节用于自主车辆的路径规划的道路二维虚拟显示的道路边界的程序指令,其中通过计算机系统的的一个或多个处理器执行所述程序指令促使一个或多个处理器执行下述步骤:获取所述车辆相对于参照物的测量位置和测量方位角;接收所述测量位置、所述测量方位角和所述道路地图数据作为输入;基于所述输入确定分别表示所述车辆在所述道路上的位置和方位角的不确定性量的位置不确定性数值和方位角不确定性数值;并且调节所述道路的所述二维虚拟显示的可行部分的宽度和方位角,其中分别基于所述位置不确定性数值和所述方位角不确定性数值调节所述宽度和方位角。

[0065] 在一些实施例中,计算机可读介质进一步包括促使一个或多个处理器执行上述方法步骤的可执行指令。

### 附图说明

[0066] 上述内容将根据如附图所示的以下示例实施例的更特定描述而更为清楚,其中类似的附图标记指的是不同示意图中相同的部件。附图不一定是按比例,重点要放在示出示例实施例上。

[0067] 图1示出如何产生可行部分的系统结构。

[0068] 图2示出以曲线坐标系表示自我车辆位置的示例。

[0069] 图3示出可行部分如何受到自我车辆的定向或方位角中不确定性影响的示例。

[0070] 图4示出可行部分如何受到自我车辆的横向位置中不确定性影响的示例。

[0071] 图5示出可行部分如何受到自我车辆的纵向位置中不确定性影响的示例。

[0072] 图6示出将自我车辆前方的区域分隔为网格并且计算网格中每个格子位于由道路边界示出的道路上的可能性的方法。

[0073] 图7示出使用一对多边形链路的可行部分,一个多边形链路用于左侧边界并且另一个多边形链路用于右侧边界。

[0074] 图8示出被构造为用于调节用于自主车辆的路径规划的道路二维虚拟显示的道路边界的单元的说明性示例。

[0075] 图9示意性地示出包括被构造为用于调节用于自主车辆的路径规划的道路二维虚拟显示的道路边界的单元的车辆的说明性示例。

[0076] 图10示出用于调节用于自主车辆的路径规划的道路二维虚拟显示的道路边界的方法的流程图。

### 具体实施方式

[0077] 在下面的描述中,出于说明而非限制的目的,阐述细节例如特定模块、元件、技术等等从而提供对示例实施例的彻底了解。然而,本来有技术人员显而易见,可以除这些细节之外的其它方式实施示例实施例。其它情况下,省略对已知的方法和元件的详细说明以便易于理解示例实施例的描述。此处使用的术语是出于描述示例实施例的目的而非意图限定此处提出的实施例。借助形式为汽车的车辆描述此处提出的示例实施例。应当理解,此处提

出的示例实施例可应用于任何形式的车辆或运输工具,例如包括汽车、卡车、公交车和施工设备以及飞机、船舶、轮船和航天飞船。

[0078] 自动驾驶允许车辆的乘员特别是驾驶员从事当车辆处于手动驾驶模式时不可能从事的动作。因而,此处描述的一些示例实施例的至少一个示例目标是提供其中驾驶员和/或车辆的乘员可以在自动驾驶模式期间安排在手动驾驶模式期间不可能从事的动作的系统。

[0079] 自主或自我行驶车辆必须始终能够确保乘员和其它道路使用者的安全性。该目标的重要部分是沿着道路在正确的车道内安全地导航车辆。导航任务包括两个步骤:首先是路径规划步骤,其选择车辆的安全轨迹;第二是控制部分,其沿选定的路径行驶车辆。为了形成车辆轨迹的安全规划,路径规划算法需要前方道路的详细说明。常见的方法是将该详细的道路描述存储在精确的地图中然后令系统确定地图中车辆的位置。使用车辆的估算位置,可从地图提取对前方道路的描述。此处该描述被称为“可行驶部分”或“可行驶区域”,并且图1示出如何产生可行驶区域的系统结构。

[0080] 从图1的左侧开始,是测量车辆的动态特性和周围路标的位置和特性的多个传感器,传感器1……传感器N。定位的滤波器通过将路标的传感器测量值与存储在地图(附图中MAP)中的路标的确切位置相匹配来估算车辆位置。

[0081] 车辆的动态特性可以是速度、加速度、旋转、偏航率估算值、定向或方位角等等。

[0082] 测量车辆动态特性以及周围路标位置和特性的传感器可以是外部传感器和/或车辆中的内部传感器。传感器可以是与太空卫星导航系统通信的装置,例如全球定位系统(GPS)、惯性测量单元(IMU)、摄像机、雷达传感器、激光雷达传感器、加速度计、回转仪等等。

[0083] 传感器例如摄像机可用于感应或捕获环境中的路标例如交通标志,和/或可用于感应或捕获道路上的线条等等。传感器例如摄像机能被构造为感应或捕获环境中的一些东西例如建筑物等等。

[0084] 传感器例如激光或激光扫描器可用于感应、扫描、捕获物体例如道路挡板、交通标志等等。

[0085] 传感器例如雷达例如可用于感应或捕获道路挡板等等。

[0086] 外部传感器例如摄像机、激光、雷达等等可以预定时间间隔例如每40毫秒捕获和/或发送数据至定位滤波器或自我车辆的定位滤波器。

[0087] 内部传感器例如车速传感器、IMU、回转仪、加速度计等等可连续地或恒定地或以预定时间间隔例如每1毫秒捕获和/或发送数据至定位滤波器或自我车辆的定位滤波器。因而内部传感器数据可比外部传感器数据更频繁地被捕获和/或发送。路标可为在附图中表示的固定物体,例如独特的物体,如建筑物、山脉、隧道、路标、交通标志等等。

[0088] 地图可为存储在车内GPS单元中的二维(2D)地图,可能为高分辨率(HD)地图,包括比标准地图更多的有关道路及其环境的信息等等。

[0089] 定位滤波器的参数化法和输出如下所述。

[0090] GPS为自我车辆的定位滤波器提供了车辆的全球定位。IMU为自我车辆的定位滤波器提供了车辆的全球定位的改变。传感器(传感器1……传感器N)为自我车辆的定位滤波器提供了路标的信息和位置。地图为自我车辆的定位滤波器提供了路标的传感器模型。基于该输入,自我车辆的定位滤波器估算自我车辆的地图定位,其提供给产生可行驶区域的单

元或模块。来自地图的有关道路的道路边界的信息也提供给产生可行驶区域的模块。产生可行驶区域的模块的输出是可行驶区域,并且该可行驶区域被输入到路径规划模块或单元中。

[0091] 因此,图1中被称为“产生可行驶区域”的模块或单元将定位估算与存储在地图中的道路物理边界的确切位置结合起来。这些边界能以很多不同的方式表示,例如用于每个边界的整体坐标列表或参数化曲线例如样条曲线。定位估算是不精确的,但具有相关的不确定性/置信度测量值,当表达可行驶部分时需要考虑该测量值。权利要求和该说明书中描述的单元和方法提出了如何在可行驶区域的估算或测量中包括定位不确定性的方案。有关可行驶区域的更多细节如下所述。

[0092] 自我车辆定位(Ego vehicle positioning)

[0093] 参见图1,自我车辆定位滤波器的任务是计算车辆位置的估算值和反映估算值精确度的相应不确定性测量值。能使用很多不同的参数化法和坐标系表示所述位置。同样,存在用于计算位置估算值的多种方法,并且例如使用实施例中公用的后验概率分布(posterior probability distribution)或置信水平来表示不确定性测量值。

[0094] 自我车辆位置可在曲线坐标系 $(x_t; y_t)$ 中表示,如图2所示。此处, $x_t$ 是沿道路的纵向位置,并且 $y_t$ 是车道内的横向位置。此外,自我车辆定位滤波器或定位滤波器估算相对于车道的方位角 $\alpha_t$ 和对应于自我车辆所在车道的离散参数 $La_t$ 。因此方位角 $\alpha_t$ 是相对于车道的方向或定向并且方位角 $\alpha_t$ 可对应于定向、方向等等。 $La_t=1$ 对应于一个或第一车道,并且 $La_t=2$ 对应于另一个或第二车道。

[0095] 定位滤波器的状态向量被定义为 $x_t = [x_t \ y_t \ \alpha_t \ La_t]^T$ ,并且在时间 $t_i$ 时收集自传感器 $i$ 的测量值存储在矢量 $z^i_t$ 中。在时间 $t$ 获取的所有传感器观察结果用 $Z_{0:t}$ 表示。贝叶斯分析法可用于定位滤波器计算后验分布 $p(x_t | Z_{0:t}; M)$ ,其中 $M$ 是地图。该实施 $p(x_t | Z_{0:t}; M)$ 可用于计算位置状态向量 $x_t$ 的估算值 $\hat{x}_t$ 和对估算值的相关不确定性描述。

[0096] 在贝叶斯统计中,随机事件或不确定问题的后验概率是考虑了相关证据或背景后分配的条件概率。类似地,后验概率分布是取决于从实验或调查取得的证据的作为随机变量处理的未知数量的概率分布。

[0097] 可行驶区域

[0098] 产生可行驶区域或可行驶部分的模块或单元的任务是为路径规划模块提供自我车辆前方可安全驶入的区域的描述或信息,并且以车辆的局部直角坐标系 $(x_{ego}; y_{ego})$ 表示。通过本申请的单元和方法还解决了一个复杂情况,即自我车辆定位估算值的不确定性将传送至产生的可行驶区域。这是因为可行驶区域是在自我车辆的局部坐标系中表示并且由于自我车辆的确切位置不是已知的,所以可行驶区域的确切位置也不是已知的。由于大多数路径规划算法不能处理可行驶区域的非决定性的描述,因此本申请的一个目的是定位不确定性可影响可行驶区域的尺寸。如果定位不确定性较大或过高,可行驶区域的尺寸将过小,反之亦然,即如果定位不确定性较低,则可行驶区域或可行驶部分的尺寸较大。一般概念是计算可行驶区域使得区域内部的所有点位于道路边界之间的可能性高于某个阈值。作为示例,考虑附图3-5,示出位置和航向的不确定性是如何影响可行驶区域的。在图3-5中,通过短划线表示存储在地图中的真实道路边界301,并且得到的可行驶区域302位于点线之间。

[0099] 图3示出可行驶区域302受到自我车辆303的弯曲箭头所示的定向或方位角的不确定性的影响。因此靠近车辆303的可行驶区域302几乎与存储在地图中的道路边界301所示的真实区域一样宽,同时它进一步减少。

[0100] 图4示出可行驶区域302受到通过自我车辆303的横向箭头所示的横向位置不确定性的影响。可行驶区域302相对于沿道路的道路边界301减少了相同的尺寸。

[0101] 图5示出可行驶区域302受到自我车辆303的纵向箭头所示的纵向位置的不确定性的影响。因此靠近车辆303的可行驶区域302几乎与存储在地图中的道路边界301所示的真实区域一样宽,同时它进一步减少。

[0102] 在下文中,提供了如果给出精确的地图和不确定位置估算值时如何计算可行驶区域的更详细的方法。应注意到,本文献提出的所有示例中,仅一个可行驶区域与自我车辆前方的车道相关,但应理解所述方法能被概括为可具有与彼此相邻的多车道相关的多个可行驶区域。

[0103] 用网格显示的蒙特卡罗法(A Monte Carlo method)

[0104] 图6示出了一种方法,例如蒙特卡罗法,其将自我车辆303前方的区域分隔为网格604并且计算网格604中每个格子605位于由道路边界301(短划线)示出的道路上的可能性。使用蒙特卡罗法计算所述可能性,其中从后验分布抽取大量独立样本 $x(i) \sim p(x_t | Z_{0:t}; M)$ ,其中 $i=1, \dots, N$ 。对于每个样本 $x(i)$ ,评估网格604中的哪些格子605位于道路上并且哪些没有。通过累加来自所有样本的结果,可构造网格,其中每个格子含有用于评估哪个特定格子位于道路上的样本数量。该结果类似于图6所示。通过设定每个格子605被认为是道路一部分需要多大可能性的阈值,能产生通过点线示出的确定性可行驶区域302。

[0105] 每个格子605被认为是道路301一部分所需多大可能性的阈值例如可为99%如99.9%,因为安全性对于自主车辆来说是最重要的。通过网格604中的暗格示出99.9%的可能性。通过网格中的灰格示出99%的可能性。

[0106] 蒙特卡罗法或蒙特卡罗试验是依赖于重复随机抽样的算法的大类;典型地多次进行模拟以获得未知随机实体的分布。

[0107] 用网格显示的确定性抽样法

[0108] 该第二方法使用与参见图6的第一方法相同的网格显示,但使用小得多的样本组计算概率值, $x(i)$ , $i=1, \dots, n$ 。此外,不是随机地从后验分布 $p(x_t | Z_{0:t}; M)$ 抽取它们,而是例如通过选择后验分布的等高线上的样本来确定地选择它们。除了这些区别外,它与图6中所示的第一方法的步骤相同:对于每个样本,评估哪些格子605位于道路301上,然后根据产生哪些可行驶区域来形成累加的网格。

[0109] 用多边形链路显示的确定性抽样法

[0110] 该第三方法类似于如上所述的第二方法,它确定地从概率分布 $p(x_t | Z_{0:t}; M)$ 中选择了一组样本 $x(i)$ , $i=1, \dots, n$ 。然而,第三方法不是使用图6所示的网格显示,而是使用一对多边形链路表示可行驶区域302,一个或第一多边形链路706用于左侧边界并且一个或第二多边形链路707用于右侧边界,参见图7。通过被称为 $(x_j^{\text{ego}}; y_j^{\text{ego}})$ 的坐标对708的序列限定每个线条706、707; $j=1, \dots, L$ ,其中例如通过对纵轴y前方一定距离等距离抽样来预选纵坐标 $x_j^{\text{ego}}$ ; $j=1, \dots, L$ 。为了找到横坐标, $y_j^{\text{ego}}$ ; $j=1, \dots, L$ ,对每个样本 $x(i)$ , $i=1, \dots, n$ 通过将地图中的道路边界301转换为样本的局部坐标系来计算一对多

边形链路。所有样本具有不同的局部坐标系,因为它们具有不同的值 $x_t = [x_t \ y_t \ \alpha_t \ La_t]T$ 。通过从所有样本中选择得到最窄可行驶区域302的横坐标来决定横坐标 $y_j \ ego; j = 1, \dots, L$ 。在图7中,示出简化的示例,其中短划线是道路边界301示出的真实可行驶区域并且点线706y、706a、707y、707a是使用 $\alpha_t$ 的两个不同的值和 $y_t$ 的两个不同的值转换这些边界的结果,藉此获得计算出的可行驶区域302。

[0111] 用多边形链路显示的最佳抽样法

[0112] 该第四方法使用与参见图7的第三方法相同的多边形链路显示,但是没有确定地选择样本。相反,这样计算它们:对于每个纵坐标,找到位于概率分布 $p(x_t | Z_{0:t}; M)$ 的选定等高线上且具有距左侧道路边界的最小横向距离或距右侧道路边界的最大横向距离的最佳样本 $x(i) t$ 。

[0113] 图8示出被构造为一个单元的说明性示例,所述单元用于调节用于自主车辆的路径规划的道路二维虚拟显示的道路边界。

[0114] 用于调节道路边界的单元809包括被构造为获取测量位置和车辆相对于参照物的测量方位角的获取单元810。

[0115] 单元809包括被构造为接收测量位置、测量方位角和道路地图数据作为输入的不确定性单元811。不确定性单元811进一步被构造为基于所述输入确定分别表示车辆在道路上的位置和方位角的不确定性量的位置不确定性数值和方位角不确定性数值。

[0116] 单元809包括被构造为调节道路的二维虚拟显示的可行部分的宽度和方位角的调节单元812,其中分别基于位置不确定性数值和方位角不确定性数值调节宽度和方位角。

[0117] 图9示意性地示出包括单元809的车辆303,所述单元被构造为用于调节用于自主车辆的路径规划的道路二维虚拟显示的道路边界。单元809可放置在车辆303中除图上所示之外的其它位置。

[0118] 图10示出用于在单元中对用于自主车辆的路径规划的道路二维虚拟显示的道路边界实施调节的方法的流程图。所述方法包括:

[0119] 在S1中,在获取单元中获取车辆相对于参照物的测量位置和测量方位角。

[0120] 在S2中,在不确定性单元中接收测量位置、测量方位角和道路地图数据作为输入。

[0121] 在S3中,基于所述输入确定不确定性单元中的位置不确定性数值和方位角不确定性数值,所述位置不确定性数值和方位角不确定性数值分别表示车辆在道路上的位置和方位角的不确定量。

[0122] 在S4中,在调节单元中调节道路的二维虚拟显示的可行部分的宽度和方位角,其中分别基于位置不确定性数值和方位角不确定性数值调节宽度和方位角。

[0123] 此处对示例实施例的描述是为了说明的目的。所述描述不是穷尽的或意图将示例实施例限定为所公开的确切形式,而是可根据上述教导进行改进和变化并且从实施例对所提供实施例的各种可选方案获得改进和变化。选择和描述此处论述的示例是为了解释示例实施例的原理和特性以及其实际应用从而使得本领域技术人员能够以各种方式使用示例实施例并且预计适于特定使用的各种改进。此处描述的实施例的特征可与组合为方法、仪器、模块、系统和计算机程序产品的所有可能的组合。应当理解,此处提出的示例实施例可以任何彼此组合实施。

[0124] 应注意到,单词“包括”不一定排除除列出之外其它元件或步骤的存在,并且“一

个”前述元件不排除多个这种元件的存在。应当进一步注意到,任何附图标记不限定权利要求的范围,至少可部分地通过硬件和软件实施示例实施例,硬件的相同项目可表示若干“工具”、“单元”或“装置”。

[0125] 此处描述的各种示例实施例在方法步骤或过程的常规上下文中描述,一方面可通过体现为计算机可读介质的计算机程序产品实施,所述介质包括计算机可执行指令例如网络环境中计算机执行的程序代码。计算机可读介质可包括可移除和不可移除的存储装置,包括而不限于只读存储器 (ROM)、随机存取存储器 (RAM)、光盘 (CD)、数字通用盘 (DVD) 等等。通常,程序模块可包括执行特定任务或实施特定抽象数据类型的例行程序、程序、目标、模块、数据结构等等。计算机可执行指令、关联数据结构和程序模块表示用于执行此处公开方法步骤的程序代码示例。这种可执行指令或关联数据结构的特定序列表示用于实施这种步骤或过程中所述功能的相应动作的示例。

[0126] 在附图和说明书中,已经公开了示例实施例。但是,可对这些实施例做出很多变化和改进。因此,虽然采用了专用名词,但它们仅用于通用和描述的意义而非限制,实施例的范围受到以下权利要求的限定。

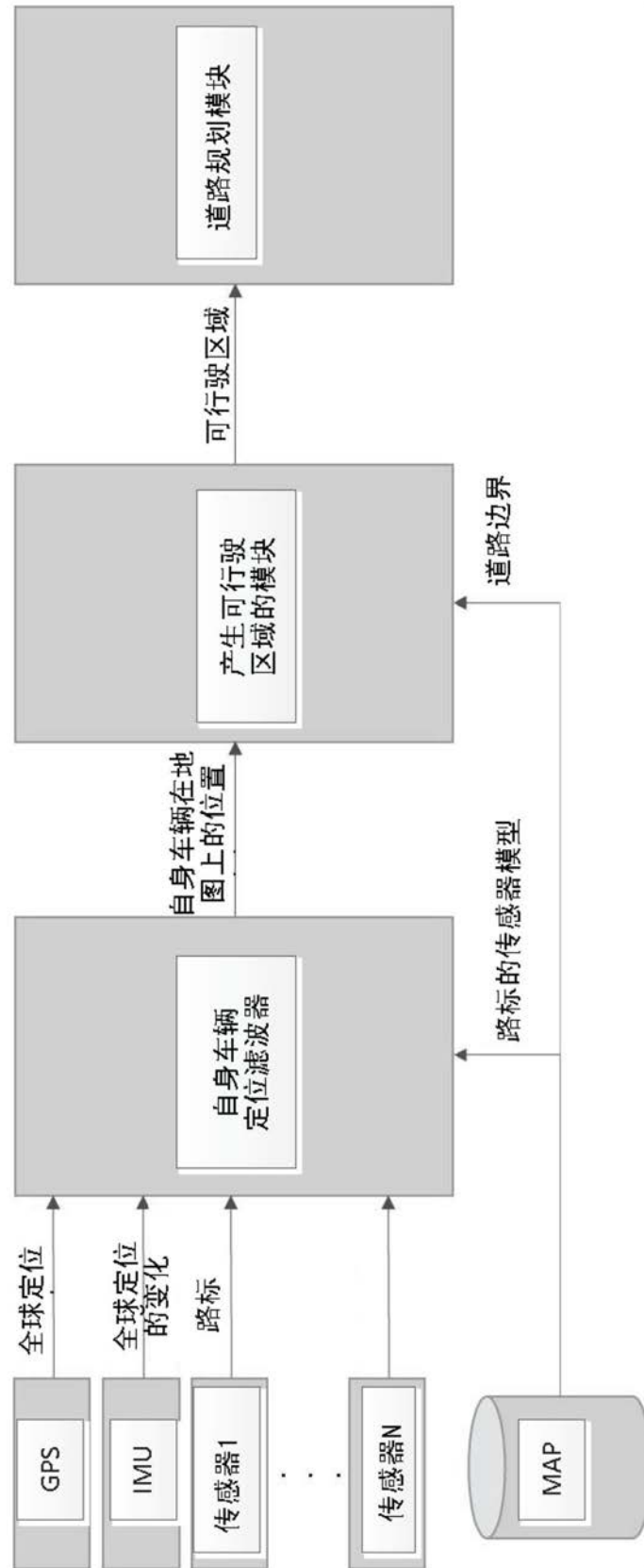


图1

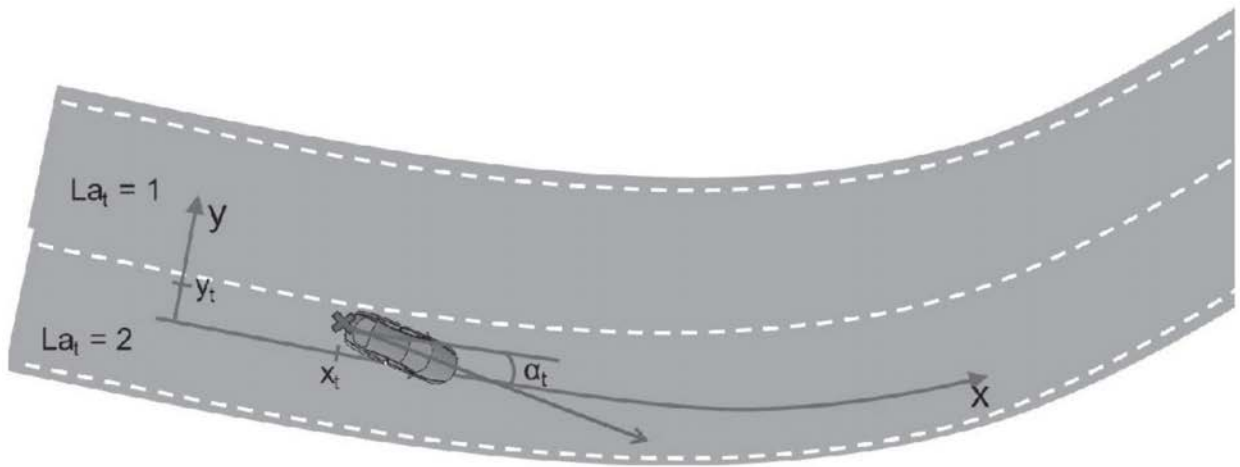


图2

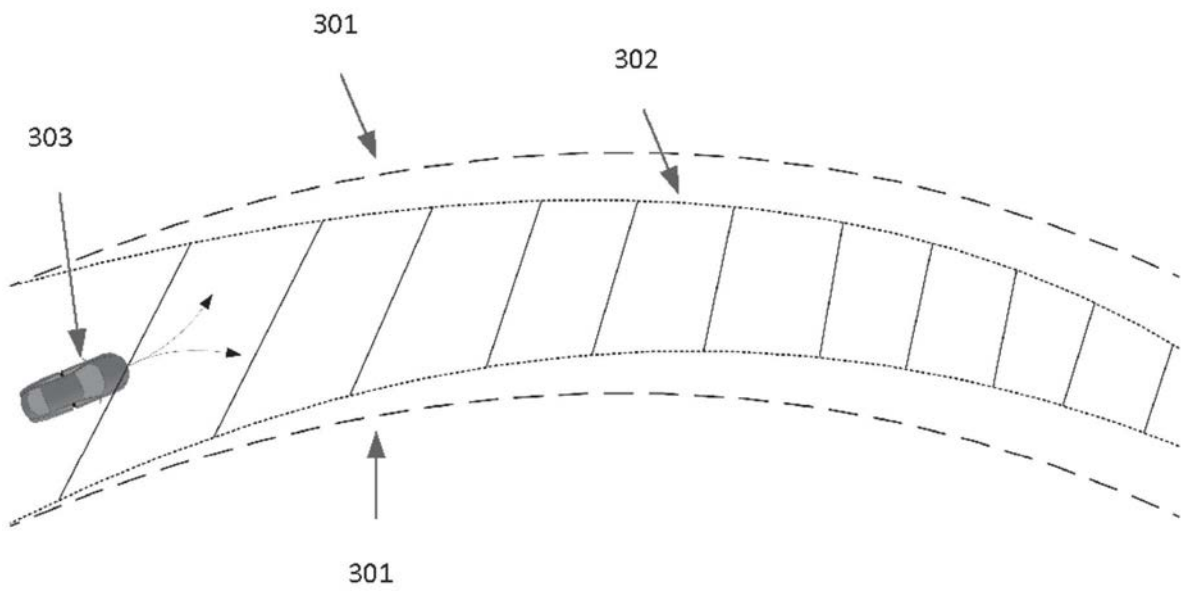


图3

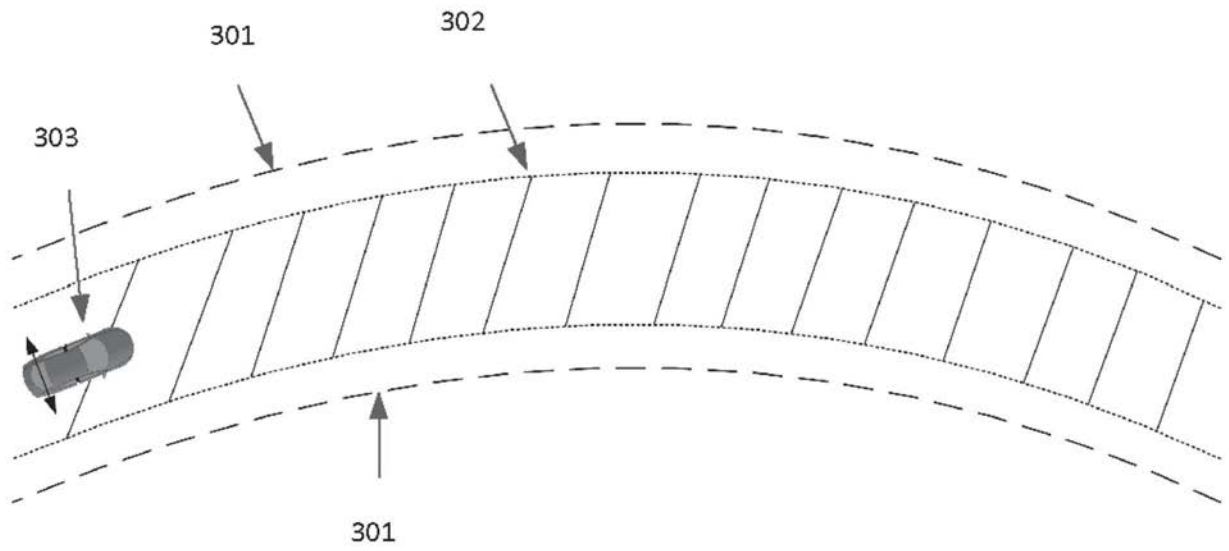


图4

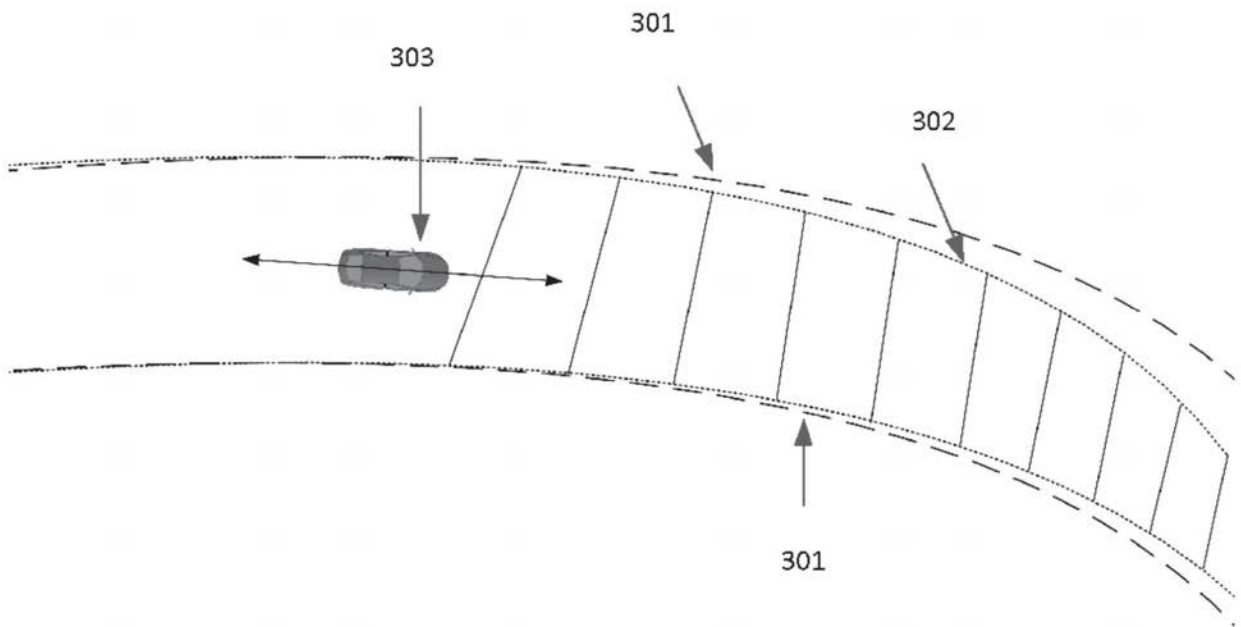


图5

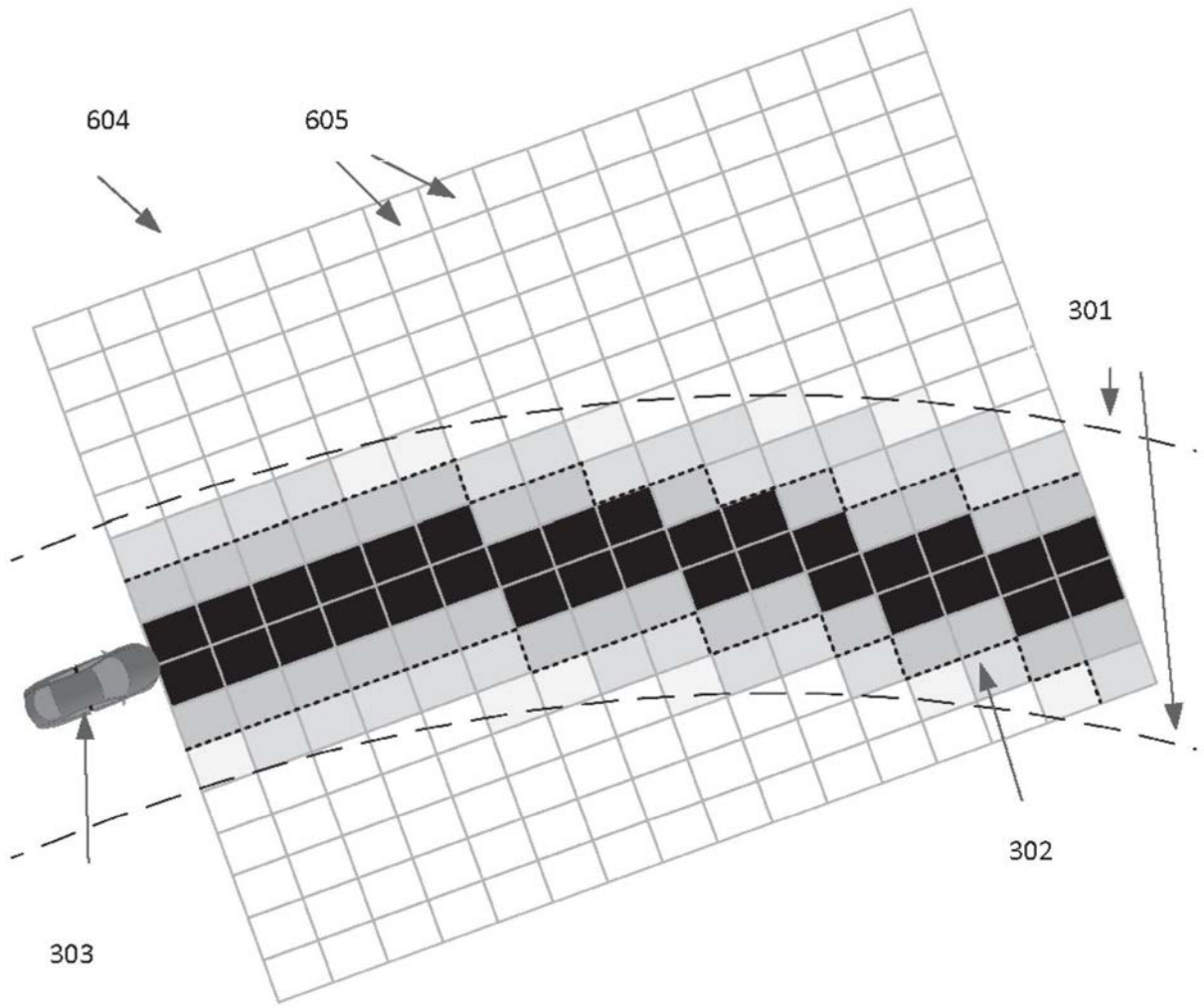


图6

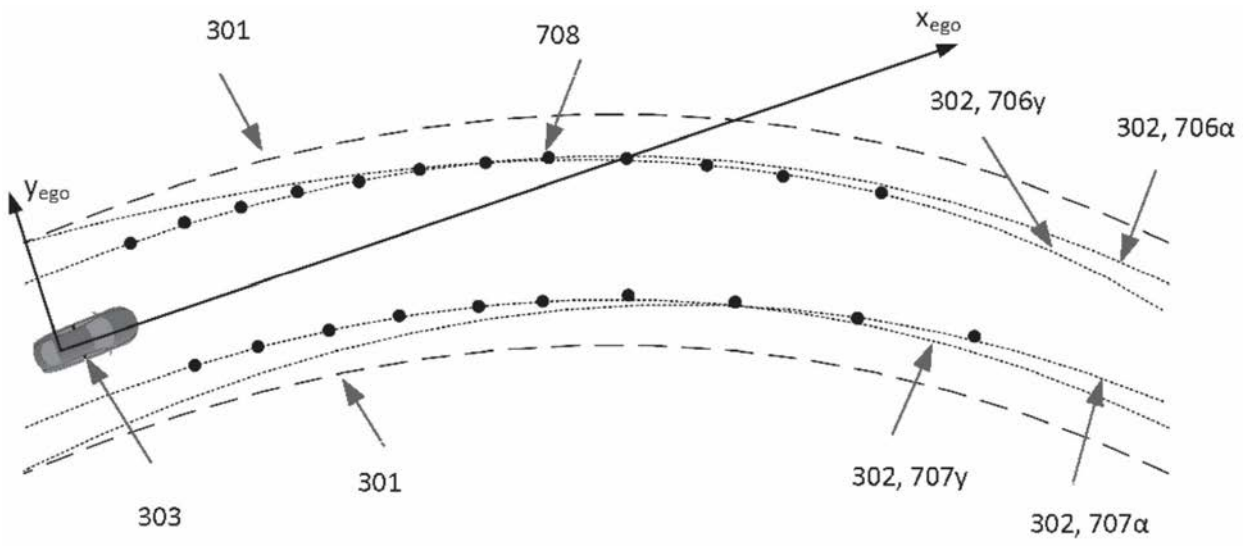


图7

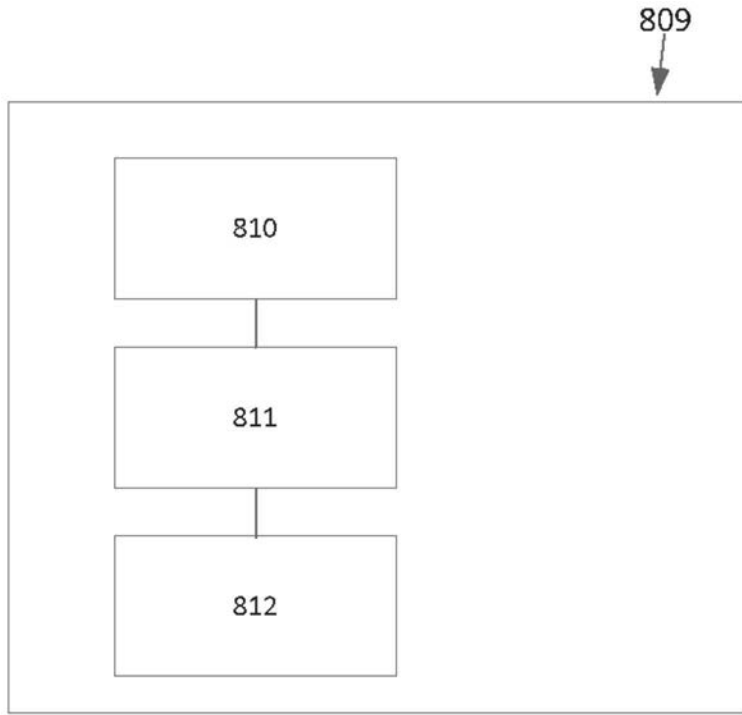


图8

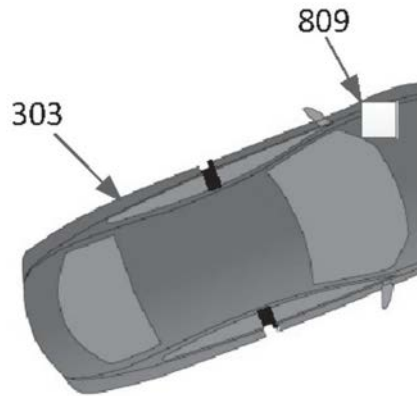


图9

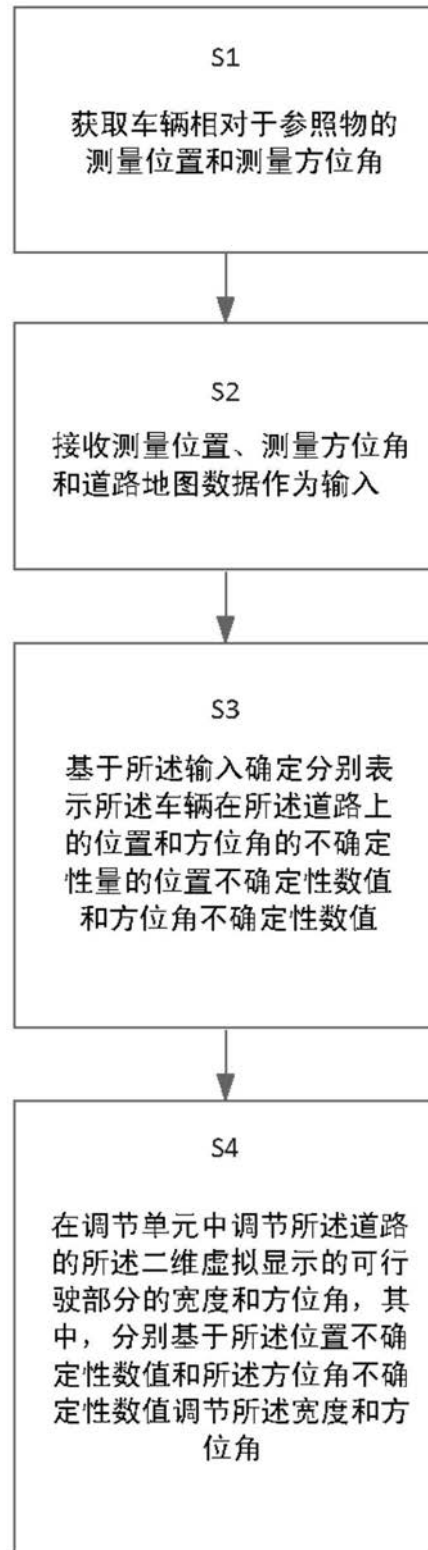


图10