



(12) 发明专利申请



(10) 申请公布号 CN 117203109 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 08

(21) 申请号 202280030423.0

(22) 申请日 2022.12.06

(30) 优先权数据

102021132711.3 2021.12.10 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.10.23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2022/084511 2022.12.06

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/104764 EN 2023.06.15

(71) 申请人 法雷奥开关和传感器有限责任公司

地址 德国比蒂希海姆-比辛根

(72) 发明人 G·纳德利

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

专利代理师 王蕊瑞

(51) Int.Cl.

B60W 40/072 (2006.01)

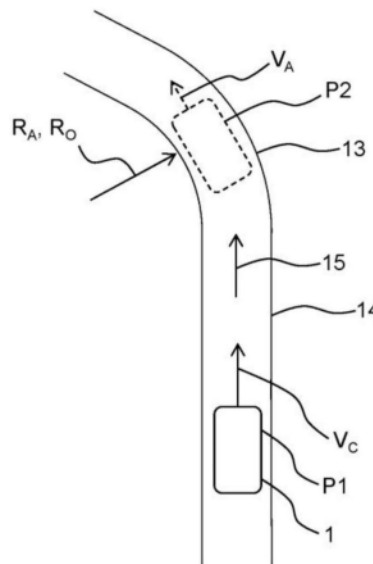
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

用于操作车辆的方法、计算机程序、控制系统和车辆

(57) 摘要

一种用于操作车辆(1)的方法,包括:接收(S1)车辆(1)的传感器系统(3)的传感器数据(S),传感器数据(S)包括在具有弯道(13)的道路(14)上行驶的车辆(1)的当前转向角(δ)和转向角速度(W),基于基于里程计的前方半径 R_0 、通过以下等式确定(S2)车辆(1)将在预定时间跨度T内到达的前方位置(P2)处的弯道(13)的前方半径 R_A : $R_A:R_0=R_C-T[(L \cdot W)/(\sin^2(\delta))]$,其中L是车辆(1)的前轮和后轮(17,18)之间的距离, R_C 是车辆(1)的当前位置(P1)处的道路(14)的半径,并且基于所确定的前方半径 R_A 执行(S6)曲率控制功能。



1. 一种用于操作车辆(1)的方法,包括以下步骤:

接收(S1)所述车辆(1)的传感器系统(3)的传感器数据(S),所述传感器数据(S)包括在具有弯道(13)的道路(14)上行驶的所述车辆(1)的当前转向角 δ 和转向角速度W,

基于基于里程计的前方半径 R_0 、通过以下等式确定(S2)所述车辆(1)将在预定时间跨度T内到达的前方位置(P2)处的所述弯道(13)的前方半径 R_A :

$$R_0 = R_C - T[(L \cdot W) / (\sin^2(\delta))],$$

其中, δ 是转向角,W是转向角速度,L是所述车辆(1)的前轮(17)和后轮(18)之间的距离, R_C 是在所述车辆(1)的当前位置(P1)处的所述道路(14)的半径,以及

基于所确定的前方半径 R_A 执行(S6)曲率控制功能。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中

基于所确定的前方半径 R_A 和预定的最大侧向加速度 A_{MAX} ,通过以下等式来确定(S5)所述车辆(1)在所述前方位置(P2)处的额定速度 V_A :

$$V_A = (A_{MAX} \cdot R_A)^{1/2}, \text{ 并且}$$

基于所确定的额定速度 V_A 执行(S6)曲率控制功能。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中

基于所述车辆(1)的当前速度 V_C 和所述车辆(1)在所述前方位置(P2)处的额定速度 V_A 来确定所述车辆(1)在所述前方位置(P2)处的预期加速度(A_A),

检测所述道路(14')的车道标线(19)的存在,并且基于所述传感器数据(S)确定所检测的车道标线(19)的轨道质量,

基于所检测到的车道标线(19),确定(S3)所述前方位置(P2)处的所述弯道(13')的基于车道的半径 R_L ,以及

基于所述基于里程计的前方半径 R_0 和所述基于车道的半径 R_L ,执行(S6)所述曲率控制功能,使得

当所确定的轨道质量高于预定的轨道质量阈值并且所确定的预期加速度对应于所述车辆(1)的制动时,所述前方半径 R_A 被设定为等于所述基于车道的半径 R_L 和所述基于里程计的前方半径 R_0 中的最小值,

当所确定的轨道质量高于所述预定的轨道质量阈值并且所确定的预期加速度对应于所述车辆(1)的正加速度时,所述前方半径 R_A 被设定为等于所述基于车道的半径 R_L 和所述基于里程计的前方半径 R_0 中的最大值,并且

当所确定的轨道质量处于或低于所述预定的轨道质量阈值时,所述前方半径 R_A 被设定为等于所述基于里程计的前方半径 R_0 。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述基于车道的半径 R_L 由以下等式确定:

$$R_L = 1 / [(6 \cdot a \cdot T) + (2 \cdot b)],$$

其中,a和b是三次多项式的前两个系数,T是所述预定时间跨度。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中,执行(S6)所述曲率控制功能包括基于所述车辆(1)在当前位置(P1)的当前速度 V_C 和所述车辆(1)在所述前方位置(P2)的额定速度 V_A 来控制所述车辆(1)的加速度(A)和/或急动度(J)。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中,控制所述车辆(1)的加速度(A)和/或急动度(J)包括对所述加速度(A)和/或所述急动度(J)的比例和/或微分控制,并且所述车辆(1)在所述

前方位置 (P2) 的额定速度 V_A 是所述比例和/或微分控制中的设定值 (28), 并且所述车辆 (1) 的当前速度 V_C 是所述比例和/或微分控制的过程变量 (29)。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中, 执行 (S6) 所述曲率控制功能包括基于所述车辆 (1) 在当前位置 (P1) 的当前速度 V_C 和所述车辆 (1) 在所述前方位置 (P2) 的额定速度 V_A 确定负急动度 (J) 的第一时间阶段 (T1)、零急动度 (J) 的第二时间阶段 (T2) 和正急动度 (J) 的第三时间阶段 (T3), 所述第一时间阶段 (T1)、所述第二时间阶段 (T2) 和所述第三时间阶段 (T3) 彼此连续。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其中, 执行 (S6) 所述曲率控制功能包括将所述车辆 (1) 的加速度 (A) 控制在预定加速度阈值 (A_{th}) 以下和/或将所述车辆 (1) 的急动度 (J) 控制在预定急动度阈值 (J_{th}) 以下。

9. 一种包括指令的计算机程序, 当所述程序被计算机执行时, 所述指令使得所述计算机执行根据前述权利要求中任一项所述的方法。

10. 一种用于车辆 (1) 的控制系统 (2), 配置为执行根据权利要求1至8中任一项所述的方法。

11. 一种车辆 (1), 包括根据权利要求10所述的控制系统 (2)。

用于操作车辆的方法、计算机程序、控制系统和车辆

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于操作车辆的方法、计算机程序、控制系统和具有这种控制系统的车辆。

背景技术

[0002] 现代车辆,例如客车,现在通常配备有若干个驾驶员辅助系统。示例有自适应巡航控制(ACC)系统、车道保持辅助(LKA)系统、高速公路辅助(HWA)系统、交通堵塞辅助(TJA)系统和交通堵塞导航(TJP)系统。这些系统的一个重要方面是曲率控制。这包括对接近的弯道的曲率的预期和相应的适应速度。通常,道路的曲率是基于由车辆的摄像头检测到的车道标线(lane markings)来确定的。如果道路上不存在车道标线或者如果表示车道标线的图像数据的质量差,则替代地使用由里程计数据确定的当前路径。例如,WO 2020/001346 A1提出,如果从道路表面图像中没有识别出道路表面标记,则获取车辆的当前方向盘角度信息。

发明内容

[0003] 本发明的一个目的是提供一种操作车辆的改进方法。

[0004] 因此,提供了一种操作车辆的方法。该方法包括以下步骤:

[0005] 接收车辆的传感器系统的传感器数据,该传感器数据包括在具有弯道的道路上行驶的车辆的当前转向角 δ 和转向角速度 W ,

[0006] 基于由以下等式给出的基于里程计的前方半径 R_0 ,确定车辆将在预定时间跨度 T 内到达的前方位置 P_2 处的弯道的曲率半径 R_A :

[0007] $R_0 = R_c - T[(L \cdot W) / (\sin^2(\delta))]$,

[0008] 其中, δ 是转向角, W 是转向角速度, L 是车辆前轮和后轮之间的距离, R_c 是车辆的当前位置处的道路的半径,以及

[0009] 基于所确定的前方半径 R_A 执行曲率控制功能。

[0010] 因此,基于车辆的转向角传感器的传感器数据,特别是基于车辆的所测得的当前转向角和转向角速度,确定车辆行驶的道路的弯道的曲率半径 R_A ,该半径 R_A 是车辆的前方位置处的半径。因此,基于里程计数据确定车辆行驶的道路的曲率。这允许更好地预测曲率。此外,在道路上不存在车道标线和/或在车辆的摄像头的图像数据中没有检测到车道标线的情况下,也可以确定道路的曲率。对道路曲率的更好预测允许对车辆的更好曲率控制。特别地,可以改善在进入弯道之前和/或过程中对提前制动的控制,从而提高车辆乘客的安全性和舒适性。

[0011] 通过确定车辆将在预定时间跨度 T 内到达的前方位置 P_2 处的弯道曲率的前方半径 R_A ,可以预测车辆在预定时间跨度 T 已经过去的时间点的行驶状况、预期状态和/或额定状态。预定时间跨度 T 可以是例如0.5至2.5秒范围内的一个值或任何值。特别地,预定时间跨度 T 可以例如具有大约0.5秒、1秒、1.5秒、2秒或2.5秒的值。

[0012] 转向角例如是车辆转向轴的旋转角。转向角例如是车辆的一个或多个驱动轮的角度。转向角速度例如是转向角对时间的一阶导数。

[0013] 基于里程计的前方半径 R_0 例如是基于转向角 δ 和转向角速度 $W=d\delta/dt$ 通过以下关系计算的：

[0014] $R_c=L/\tan(\delta)$ ，基于直角三角形中的三角关系，

[0015] $dR_c/dt=L \cdot d/dt[1/\tan(\delta)]$ ，

[0016] $dR_c/dt=-L \cdot d\delta/dt/(\sin^2(\delta))$ ，

[0017] $R_0=R_c+dR_c/dt$ ，以及

[0018] $R_0=R_c-T[(L \cdot W)/(\sin^2(\delta))]$ ，其中 $W=d\delta/dt$ 。

[0019] 车辆行驶的道路包括例如一条或多条车道。可以有限制车道的车道标线，因此是有标记的车道。在另一种情况下，例如，不存在用于一个或多个车道的车道标线，因此是无标记的车道。例如，车辆行驶在道路的一条（例如，有标记或无标记的）车道上。道路的弯道例如是车辆行驶的（例如，有标记或无标记的）车道的弯道。道路的曲率半径例如是车辆行驶的（例如，有标记或无标记的）车道的曲率半径。

[0020] 该传感器系统尤其包括转向角传感器单元。转向角传感器单元例如基于诸如巨磁阻技术（GMR元件）的磁阻技术。转向角传感器例如固定在车辆的转向轴上。例如，传感器的轮毂齿轮将轴的旋转运动传递给两个测量齿轮。例如，在每个测量齿轮中安装有磁体，其磁场根据旋转运动改变方向。在每个磁体下方，可以放置GMR传感器元件来检测上方磁体的角度位置。例如，GMR元件的模拟值被转换成数字信息。例如，转向角传感器提供整个转向角范围内的绝对转向角值。

[0021] 车辆的传感器系统包括例如另外的传感器单元，例如一个或多个环境传感器单元。环境传感器单元被配置成检测车辆的行驶状态和/或车辆的环境。这种传感器单元的例子是用于捕获周围图像的摄像头装置、用于获得雷达数据的雷达装置（无线电探测和测距）以及用于获得激光雷达数据的激光雷达装置（光探测和测距）。传感器系统还可以包括超声波传感器、位置传感器、雨传感器、温度传感器和/或光传感器。

[0022] 车辆的传感器单元分别被配置成向例如驾驶辅助系统或驻车辅助系统输出传感器信号，该驾驶辅助系统或驻车辅助系统例如根据检测到的传感器信号来执行辅助驾驶或（半）自动驾驶。特别地，传感器单元可以各自被配置成向控制系统和/或曲率控制系统/单元输出传感器信号，该控制系统和/或曲率控制系统/单元根据检测到的传感器信号来执行曲率控制。

[0023] 该方法步骤尤其由车辆的控制系统执行。

[0024] 根据一个实施例，基于所确定的前方半径 R_A 和预定的最大侧向加速度 A_{MAX} ，通过以下等式确定前方位置处的车辆的额定速度 V_A ：

[0025] $V_A=(A_{MAX} \cdot R_A)^{1/2}$ 。

[0026] 此外，基于所确定的额定速度 V_A 来执行曲率控制功能。

[0027] 通过基于所确定的前方半径 R_A 和预定的最大侧向加速度 A_{MAX} 来计算前方位置处的额定速度 V_A ，可以执行车辆的曲率控制，使得车辆在前方位置处的速度等于（或低于）所计算的额定速度。因此，可以避免车辆拉出和/或制动出弯道。

[0028] 最大侧向加速度 A_{MAX} 具有例如 $2.5m/s^2$ 和 $3.5m/s^2$ 之间的一个值或任何值。最大侧向

加速度 A_{MAX} 可以具有例如大约 2.5m/s^2 、 3m/s^2 或 3.5m/s^2 、 2m/s^2 或更小、 2.5m/s^2 或更小或 3m/s^2 或更小的值。最大侧向加速度 A_{MAX} 的值取决于车辆的速度。

[0029] 根据另一实施例,基于车辆的当前速度 V_c 和车辆在前方位的额定速度 V_A 来确定车辆在前方位的预期加速度。此外,检测道路的车道标线的存在,并且基于传感器数据确定检测到的车道标线的轨道质量,并且基于检测到的车道标线确定前方位处的弯道的基于车道的前方半径 R_L 。此外,基于基于里程计的前方半径 R_0 和基于车道的前方半径 R_L 来执行曲率控制功能,使得:

[0030] 当所确定的轨道质量高于预定的轨道质量阈值并且所确定的预期加速度对应于车辆的制动时,前方半径 R_A 被设定为等于基于车道的前方半径 R_L 和基于里程计的前方半径 R_0 中的最小值,

[0031] 当所确定的轨道质量高于预定的轨道质量阈值并且所确定的预期加速度对应于车辆的正加速度时,前方半径 R_A 被设定为等于基于车道的前方半径 R_L 和基于里程计的前方半径 R_0 中的最大值,并且

[0032] 当所确定的轨道质量处于或低于预定的轨道质量阈值时,前方半径 R_A 被设定为等于基于里程计的前方半径 R_0 。

[0033] 因此,当检测到的车道标线的轨道质量太差(即,等于或低于预定轨道质量阈值)时,车辆行驶的道路的弯道的前方半径 R_A 可以有利地仅基于基于里程计的前方半径 R_0 来确定。

[0034] 此外,当检测到的车道标线的轨道质量在期望的范围内(即,高于预定轨道质量阈值)时,取决于车辆的加速状态(制动或正加速),车辆行驶的道路的弯道的前方半径 R_A 可以有利地设定为等于基于车道的前方半径 R_L 或基于里程计的前方半径 R_0 。

[0035] 车辆的当前速度 V_c 是车辆在当前位置的速度。

[0036] 车辆的传感器系统尤其包括一个或多个用于捕获车辆周围图像的摄像头装置。此外,基于车辆的一个或多个摄像头装置的图像数据(作为传感器数据的示例),检测道路的车道标线的存在或不存在。摄像头装置包括,例如,布置在车辆前挡风玻璃处并被配置成监测车辆前方区域的前摄像头。然而,一个或多个摄像头装置也可以布置在车辆的不同窗口和/或监测不同区域,例如在车辆的侧面或后面。

[0037] 确定检测到的车道标线的轨道质量包括,例如,确定检测到的车道标线的当前轨道质量的等级。检测到的车道标线的轨道质量(等级)例如对应于由一个或多个摄像头装置提供的图像数据的图像质量。检测到的车道标线的轨道质量等级和/或由一个或多个摄像头装置提供的图像数据的图像质量等级例如由一个或多个摄像头装置确定和提供。预定轨道质量阈值例如是轨道质量等级的预定阈值。

[0038] 在实施例中,该方法包括确定所确定的基于车道的前方半径 R_L 的误差 ΔR_L 的步骤。误差 ΔR_L 例如是检测到的车道标线的轨道质量的度量。此外,在这种情况下,曲率控制功能可以基于基于里程计的前方半径 R_0 和基于车道的前方半径 R_L 来执行,使得:

[0039] 当所确定的误差 ΔR_L 低于预定阈值并且所确定的预期加速度对应于车辆制动时,前方半径 R_A 被设定为等于基于车道的前方半径 R_L 和基于里程计的前方半径 R_0 中的最小值,

[0040] 当所确定的误差 ΔR_L 低于预定阈值并且所确定的预期加速度对应于正加速度时,前方半径 R_A 被设定为等于基于车道的前方半径 R_L 和基于里程计的前方半径 R_0 中的最大值,

并且

[0041] 当所确定的误差 ΔR_L 等于或高于预定阈值时,前方半径 R_A 被设定为等于基于里程计的前方半径 R_0 。

[0042] 因此,当所确定的基于车道的前方半径 R_L 的误差 ΔR_L 太大(即,等于或高于预定阈值)时,车辆行驶的道路的弯道的前方半径 R_A 可以有利地仅基于基于里程计的前方半径 R_0 来确定。

[0043] 此外,当所确定的基于车道的前方半径 R_L 的误差 ΔR_L 在期望的范围内(即,低于预定阈值)时,取决于车辆的加速状态(制动或正加速),车辆行驶的道路的弯道的前方半径 R_A 可以有利地设定为等于基于车道的前方半径 R_L 或基于里程计的前方半径 R_0 。

[0044] 根据另一实施例,基于车道的前方半径 R_L 由以下等式确定:

$$[0045] \quad R_L = 1 / [(6 \cdot a \cdot T) + (2 \cdot b)],$$

[0046] 其中 a 和 b 是多项式的前两个系数, T 是预定的时间跨度。

[0047] 特别地,多项式是多项式函数。特别地,多项式在数学上表示感知的车道。例如,多项式是三阶或更高阶的多项式函数。例如,基于车道的前方半径 R_L 基于三次多项式的前两个系数 a 和 b 来确定:

$$[0048] \quad P(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d。$$

[0049] 此外,前方曲率可以表示为:

$$[0050] \quad C_A = (6 \cdot a \cdot T) + (2 \cdot b)。$$

[0051] 此外,前方半径 R_L 由下式给出:

$$[0052] \quad R_L = 1 / C_A。$$

[0053] 根据另一实施例,执行曲率控制功能包括基于车辆在当前位置的当前速度 V_C 和车辆在前方位位置的额定速度 V_A 来控制车辆的加速度和/或急动度。

[0054] 通过控制车辆的加速度和/或急动度,特别地可以控制车辆从当前速度 V_C 到额定速度 V_A 的相对于时间的制动过程(负加速度)(制动的及时演变)。因此,可以增加乘客的安全性和舒适性。

[0055] 车辆的急动度特别描述了车辆加速度随时间的变化。车辆的急动度尤其是车辆的加速度对时间的一阶导数和车辆的速度对时间的二阶导数。

[0056] 车辆的急动度包括例如纵向急动度。在其他示例中,车辆的急动度也可以包括例如侧向急动度。

[0057] 例如,基于车辆的当前速度 V_C 和车辆在前方位位置处的额定速度 V_A 的差来控制车辆的急动度。

[0058] 根据另一实施例,控制车辆的加速度和/或急动度包括加速度和/或急动度的比例和/或微分控制,并且车辆在前方位位置处的额定速度 V_A 是比例和/或微分控制中的设定点,并且车辆的当前速度 V_C 是比例和/或微分控制的过程变量。

[0059] 特别地,急动度被控制成使得车辆的当前速度 V_C 被朝着额定速度 V_A 驱动,额定速度 V_A 是控制器的设定点,即车辆在前方位位置处的速度的期望值。

[0060] 特别地,控制系统包括比例控制器、微分控制器和/或比例微分控制器。比例微分控制器(PD控制器)是一种组合的比例和微分控制器,即比例加微分控制器。

[0061] 比例控制器是一种控制器,其中控制器的输出与控制器的输入(例如,误差信号)

成比例地变化。微分控制器是一种控制器,其中控制器的输出与误差信号随时间变化的速率成比例。误差信号例如是设定点(这里:车辆在前方位置处的额定速度 V_A)和过程变量的测量值(这里:车辆的当前速度 V_C)之间的误差。

[0062] 根据另一实施例,执行曲率控制功能包括基于车辆在当前位置的当前速度 V_C 和车辆在前方位的额定速度 V_A 确定负急动度的第一时间阶段、零急动度的第二时间阶段和正急动度的第三时间阶段,所述第一、第二和第三时间阶段彼此连续。

[0063] 通过确定加速度和急动度的时间阶段,可以更好地执行曲率控制功能。

[0064] 第一时间阶段例如是在车辆以负加速度(制动)进入道路弯道之前和/或期间的时间阶段。第二时间阶段例如是以恒定加速度在弯道内行驶的时间阶段。第三时间阶段例如是仍为负加速度但具有正急动度(即仍在制动但制动减少)的时间阶段。

[0065] 第一、第二和第三时间阶段(例如,第一、第二和第三时间阶段中的每一个的开始和结束时间点)例如通过控制系统的状态机来确定。

[0066] 在实施例中,执行曲率控制功能包括确定零急动度和零加速度(即,恒定速度)的第四时间阶段和/或正急动度和正加速度的第五时间阶段。特别地,第四和第五时间阶段与第一至第三时间阶段连续,使得第四时间阶段与第三时间阶段连续,并且第五时间阶段与第四时间阶段连续(或者如果不存在第四时间阶段,则与第三时间阶段连续)。

[0067] 根据进一步的实施例,执行曲率控制功能包括控制车辆的加速度低于预定加速度阈值和/或控制车辆的急动度低于预定急动度阈值。

[0068] 因此,车辆被控制成使得车辆的最大急动度(例如,最大纵向急动度)受到限制。因此,可以提高驾驶员(和其他乘客)的安全性和舒适性。

[0069] 例如,车辆的纵向急动度被控制在预定的纵向急动度阈值以下。

[0070] 根据第二方面,提供了一种计算机程序。该计算机程序包括指令,当该程序由计算机执行时,该指令使得计算机执行上述方法。

[0071] 诸如计算机程序装置的计算机程序(计算机程序产品)可以实施为存储卡、USB棒、CD-ROM、DVD或者可以从网络中的服务器下载的文件。例如,这种文件可以通过从无线通信网络传输包括计算机程序产品的文件来提供。

[0072] 根据第三方面,提供了一种用于车辆的控制系统。控制系统被配置成执行上述方法。

[0073] 根据第四方面,提供了一种具有上述控制系统的车辆。

[0074] 上面或下面描述的各个实体,例如控制系统、接收单元、第一、第二、第三和第四确定单元、仲裁单元、曲率控制单元、PD控制单元可以在硬件和/或软件中实现。如果所述实体以硬件实现,则它可以体现为装置,例如计算机或处理器,或体现为系统(例如计算机系统)的一部分。如果所述实体以软件实现,则它可以体现为计算机程序产品、函数、例程、算法、程序代码、程序代码的一部分或可执行对象。此外,上面提到的每个实体也可以被设计为车辆的高级控制系统的一部分,例如中央电子控制单元(ECU)。

[0075] 参照本发明的方法描述的实施例和特征在加以必要的修正后适用于本发明的计算机程序、控制系统和车辆。

[0076] 本发明的其他可能的实施方式或替代解决方案也包括上面或下面关于实施例描述的特征的(本文没有明确提到的)组合。本领域技术人员还可以在本发明的最基本形式中

增加单独或个别的方面和特征。

[0077] 根据随后的描述和从属权利要求,本发明的其他实施例、特征和优点将变得显而易见。

附图说明

[0078] 在下文中,将参照附图基于优选实施例详细描述本发明。

[0079] 图1示出了根据一个实施例的车辆的俯视图;

[0080] 图2示出了在道路上的图1的车辆;

[0081] 图3示出了图1的车辆的转向角;

[0082] 图4示出了类似于图2的视图,其中道路包括车道标线;

[0083] 图5示出了图4的道路的弯道的确定的基于车道的半径的数据点;

[0084] 图6示出了当行驶通过图2或图4所示道路的弯道时,图1的车辆的加速度和急动度的时间演变;

[0085] 图7示出了图1的车辆的控制系统;和

[0086] 图8示出了说明用于操作图1的车辆的方法的流程图。

[0087] 在附图中,除非另有说明,相同的附图标记表示相同或功能等同的元件。

具体实施方式

[0088] 图1示出了车辆1的示意性俯视图。车辆1例如是客车。车辆1也可以是另一种车辆,例如货车或卡车。车辆1包括用于控制车辆1的控制系统2。

[0089] 如图1所示,车辆1包括传感器系统3,该传感器系统3包括布置在车辆1处的若干个环境传感器单元4、5、6、7。传感器系统3尤其包括一个或多个摄像头装置4,例如一个或多个前摄像头装置。摄像头装置4被配置用于获得车辆1的周围环境8的图像数据I,并用于将图像数据或图像数据的图像分析结果发送到控制系统2。前摄像头装置4附接到车辆1的前挡风玻璃9。

[0090] 传感器系统3还包括例如一个或多个雷达装置5,用于获得车辆1的周围环境8的雷达数据。传感器系统3可以进一步包括例如一个或多个激光雷达装置6,用于获得车辆1的周围环境8的激光雷达数据。

[0091] 传感器系统3还包括布置在车辆1的转向轴11处的转向角传感器10。转向轴11连接到车辆1的方向盘12。转向角传感器10被配置成测量车辆1的转向角 δ (图3) 和转向角速度W。

[0092] 传感器系统3可以包括另外的传感器,例如超声波传感器7、一个或多个雨传感器和/或一个或多个光传感器(未示出)。

[0093] 下面,将参照图2至图8描述用于操作车辆1的方法。该方法尤其是用于执行车辆1的曲率控制以平稳地将车辆1驶入和驶出道路14的弯道13 (图2) 的方法。

[0094] 图2示出了在包括弯道13的道路14上的图1的车辆1。车辆1在图2中示出为处于在进入弯道13之前的第一位置P1 (当前位置)。车辆1以当前速度 V_c 行驶在当前位置P1。此外,车辆1在图2中以虚线示出在第二位置P2上,其中车辆1已经进入弯道13。相对于车辆1的行驶方向15,第二位置P2在第一位置P1前方。

[0095] 在该方法的第一步骤S1中,车辆1的控制系统2接收车辆1的传感器系统3 (图1) 的

传感器数据S(图7)。传感器数据S包括转向角传感器10(图1)的里程计数据,特别是车辆1的当前转向角 δ 和当前转向角速度W。此外,传感器数据S包括车辆1的摄像头装置4(图1)的图像数据I。控制系统2包括例如接收单元16(图7),用于从传感器系统3接收传感器数据S。

[0096] 在该方法的第二步骤S2中,控制系统2基于里程计数据(δ, w)确定弯道13在前方位置P2处的前方半径 R_0 。特别地,前方位置P2是车辆1将在预定时间跨度T(例如,1秒或2秒)内到达的位置。控制系统2包括例如第一确定单元20(图7),用于确定基于里程计的前方半径 R_0 。基于里程计的前方半径 R_0 基于以下关系确定。

[0097] 车辆1在位置P1的当前半径 R_c (图3)可以通过使用直角三角形的三角函数表示为

[0098] $R_c = L / \tan(\delta)$ 。

[0099] 这里,L是车辆1的前轮17和后轮18(图3)之间的距离。

[0100] 此外,当前半径 R_c 对时间的一阶导数由下式给出

[0101] $dR_c/dt = L \cdot d/dt[1/\tan(\delta)]$

[0102] $dR_c/dt = -L \cdot d\delta/dt / (\sin^2(\delta))$ 。

[0103] 因此,弯道13在位置P2处的基于里程计的前方半径 R_0 (图2)可以写成

[0104] $R_0 = R_c + dR_c/dt$

[0105] $R_0 = R_c - T[(L \cdot w) / (\sin^2(\delta))]$,其中 $W = d\delta/dt$ 。

[0106] 在该方法的第三步骤S3中,控制系统2确定(在图像数据I中检测到车辆1行驶的道路14'的车道标线19(图4)的情况下)在弯道13'在前方位置P2处的基于车道的前方半径 R_L 。控制系统2包括例如第二确定单元21(图7),用于确定基于车道的前方半径 R_L 。

[0107] 此外,确定检测到的车道标线19的轨道质量(例如轨道质量的等级)。轨道质量(例如轨道质量等级)尤其对应于由摄像头装置4接收的图像数据I的图像质量和/或图像数据I中车道标线19的检测质量。轨道质量(例如轨道质量等级)例如由摄像头装置4确定和/或提供。替代地或附加地,轨道质量(例如,轨道质量等级)也可以由控制系统2的第二确定单元21(图7)确定。

[0108] 在一种变型中,基于车道的前方半径 R_L 的误差 ΔR_L (图5)也可以基于检测到的车道标线19来确定。特别地,误差 ΔR_L 可以用作检测到的车道标线19的轨道质量的度量(例如,轨道质量等级的度量)。

[0109] 基于车道的前方半径 R_L 由以下等式确定

[0110] $R_L = 1 / [(6 \cdot a \cdot T) + (2 \cdot b)]$ 。

[0111] 其中,a和b是被估计为对弯道13'的拟合(例如,最佳拟合)的三次多项式($P(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$)的前两个系数。此外,T是步骤S2的预定时间跨度。

[0112] 在该方法的第四步骤S4中,控制系统2确定将在曲率控制功能中使用的前方半径 R_A 。前方半径 R_A 基于在步骤S2中确定的基于里程计的前方半径 R_0 和在步骤S3中确定的基于车道的前方半径 R_L 来确定。

[0113] 特别地,基于检测到的车道标线19的所确定的轨道质量(例如,基于检测到的车道标线19的所确定的轨道质量等级和/或基于基于车道的前方半径 R_L 的所确定的误差 ΔR_L)和基于车辆1在前方位置P2处的预期加速度 A_A (图4),执行所确定的基于里程计的前方半径 R_0 和所确定的基于车道的前方半径 R_L 之间的仲裁(即,决策)。控制系统2包括例如仲裁单元22(图7),用于基于基于里程计的前方半径 R_0 和基于车道的前方半径 R_L 来确定前方半径 R_A 。

[0114] 当所确定的轨道质量等级等于或低于预定的轨道质量阈值时,前方半径 R_A 被设定为等于基于里程计的前方半径 R_0 。

[0115] 当所确定的轨道质量等级高于预定的轨道质量阈值并且所确定的预期加速度对应于车辆1的制动时,前方半径 R_A 被设定为等于基于车道的前方半径 R_L 和基于里程计的前方半径 R_0 中的最小值。

[0116] 当所确定的轨道质量等级高于预定的轨道质量阈值并且所确定的预期加速度对应于正加速度时,前方半径 R_A 被设定为等于基于车道的前方半径 R_L 和基于里程计的前方半径 R_0 中的最大值。

[0117] 在该变型中,也可以基于确定基于车道的前方半径 R_L 的误差 ΔR_L 来估计轨道质量,如图5所示。图5在半径-位置图中示出了所确定的基于车道的前方半径 R_L 的数据点23以及对应于所确定的误差 ΔR_L 的误差条24。图5中还示出了针对基于车道的前方半径 R_L 的误差 ΔR_L 的预定阈值 R_{th} 。在图5所示的示例中,所确定的误差 ΔR_L 小于预定阈值 R_{th} 。然而,当车道标线19(图4)难以看见和/或图像数据I的图像质量低时,误差 ΔR_L 也可能大于预定阈值 R_{th} 。

[0118] 在图5的示例中,当所确定的误差 ΔR_L 等于或高于预定阈值 R_{th} 时,前方半径 R_A 被设定为等于基于里程计的前方半径 R_0 。

[0119] 此外,在图5的示例中,当所确定的误差 ΔR_L 低于预定阈值 R_{th} 并且所确定的预期加速度对应于车辆1的制动时,前方半径 R_A 被设定为等于基于车道的前方半径 R_L 和基于里程计的前方半径 R_0 中的最小值。

[0120] 此外,当所确定的误差 ΔR_L 低于预定阈值 R_{th} 并且所确定的预期加速度对应于正加速度时,前方半径 R_A 被设定为等于基于车道的前方半径 R_L 和基于里程计的前方半径 R_0 中的最大值。

[0121] 在该方法的第五步骤S5中,控制系统2基于所确定的前方半径 R_A 和预定的最大侧向加速度 A_{MAX} 通过以下等式确定前方位置P2处的额定速度 V_A (图2):

$$[0122] \quad V_A = (A_{MAX} \cdot R_A)^{1/2}。$$

[0123] 控制系统2包括例如用于确定额定速度 V_A 的第三确定单元25(图7)。

[0124] 在该方法的第六步骤S6中,控制系统2基于所确定的额定速度 V_A 执行曲率控制功能,所确定的额定速度 V_A 对应于弯道13、13' 在前方位置P2处的所确定的前方半径 R_A 。

[0125] 控制系统2包括例如曲率控制单元26(图7),用于执行曲率控制功能。特别地,车辆1的加速度 $A(t)$ 和急动度 $J(t)$ (图6)被控制,使得车辆1的当前速度 V_C (图2)以适当的方式朝着车辆1的额定速度 V_A 改变。

[0126] 曲率控制单元26包括比例微分控制单元27(PD控制单元27)。车辆1在前方位置P2处的额定速度 V_A 是PD控制单元27的设定点28。此外,车辆1的当前速度 V_C 是PD控制单元27的过程变量29。特别地,PD控制单元27基于当前速度 V_C 和额定速度 V_A 的差来执行控制。

[0127] 曲率控制单元26还包括第四确定单元28,用于确定加速度 $A(t)$ 和急动度 $J(t)$ 的时间阶段T1、T2、T3、T4、T5(图6)。第四确定单元28包括用于确定时间阶段T1、T2、T3、T4、T5的例如状态机或另一个逻辑单元。

[0128] 图6在上部图中示出了行驶通过弯道13(图2)的车辆1的加速度 $A(t)$ 的随时间演变。此外,在图6的下部图中,示出了车辆1的急动度 $J(t)$ 的随时间演变。急动度 $J(t)$ 是加速

度 $A(t)$ 对时间的一阶导数。这意味着,急动度指示加速度 $A(t)$ 的随时间变化。

[0129] 如图6所示,确定负加速度(制动)和负急动度(增加制动)的第一时间阶段T1,第一时间阶段T1例如对应于车辆1进入弯道13时和/或之前的状态(图2)。此外,确定恒定负加速度(恒定制动)和零急动度的第二时间阶段T2,第二时间阶段T2例如对应于车辆1在弯道13内行驶的状态。此外,确定负加速度(仍然制动)但正急动度(减小制动)的第三时间阶段T3,第三时间阶段T3例如是(准备)行驶的时间阶段,当在弯道13内时,当前速度 V_c 变得接近额定速度 V_A 。此外,确定零急动度和零加速度(即恒定速度)的第四时间阶段T4。第三时间阶段T3和第四时间阶段T4可以被称为“释放和恒定速度阶段”。此外,确定正急动度和正加速度的第五时间阶段T5。如图5所示,时间阶段T1、T2、T3、T4和T5彼此连续。

[0130] 曲率控制单元26还包括限制单元29(图7),用于限制车辆1的加速度 A 和/或急动度 J (图6)。特别地,执行曲率控制功能,使得车辆1的加速度 A (即,加速度 A 的绝对值)低于预定的加速度阈值 A_{th} 。此外,执行曲率控制功能,使得车辆1的急动度 J (即急动度的绝对值)低于预定急动度阈值 J_{th} 。

[0131] 因此,基于里程计数据(δ, w ,图3)并且(如果检测到车道标线19则)基于车道标线19的曲率(图4)来预测车辆1行驶的道路14的弯道13的曲率的前方半径 R_A (图2)。基于前方半径 R_A ,计算额定速度 V_A 作为前方位置P2处的期望速度。此外,执行曲率控制(图7),使得在实现额定速度 V_A 的过程中,制动和正加速度以及急动度被限制(图6)为确保车辆1的驾驶员和其他乘客的安全和舒适的值。

[0132] 尽管已经根据优选实施例描述了本发明,但是对于本领域技术人员来说,显然可以在所有实施例中进行修改。

[0133] 附图标记列表

[0134] 1 车辆

[0135] 2 控制系统

[0136] 3 传感器系统

[0137] 4 传感器单元

[0138] 5 传感器单元

[0139] 6 传感器单元

[0140] 7 传感器单元

[0141] 8 周围环境

[0142] 9 挡风玻璃

[0143] 10 转向角传感器

[0144] 11 转向轴

[0145] 12 方向盘

[0146] 13、13' 弯道

[0147] 14、14' 道路

[0148] 15 行驶方向

[0149] 16 接收单元

[0150] 17 轮

[0151] 18 轮

- [0152] 19 车道标线
- [0153] 20 确定单元
- [0154] 21 确定单元
- [0155] 22 仲裁单元
- [0156] 23 数据点
- [0157] 24 误差条
- [0158] 25 确定单元
- [0159] 26 曲率控制单元
- [0160] 27 PD控制单元
- [0161] 28 设定点
- [0162] 29 过程变量
- [0163] δ 转向角
- [0164] ΔR_L 误差
- [0165] A 加速度
- [0166] A_A 加速度
- [0167] A_{th} 加速度阈值
- [0168] J 急动度
- [0169] J_{th} 急动度阈值
- [0170] L 距离
- [0171] P1 当前位置
- [0172] P2 前方位置
- [0173] R_A 半径
- [0174] R_C 半径
- [0175] R_L 半径
- [0176] R_0 半径
- [0177] R_{th} 半径阈值
- [0178] S1-S6 方法步骤
- [0179] T1 时间阶段
- [0180] T2 时间阶段
- [0181] T3 时间阶段
- [0182] T4 时间阶段
- [0183] T5 时间阶段
- [0184] V_A 速度
- [0185] V_C 速度
- [0186] W 转向角速度

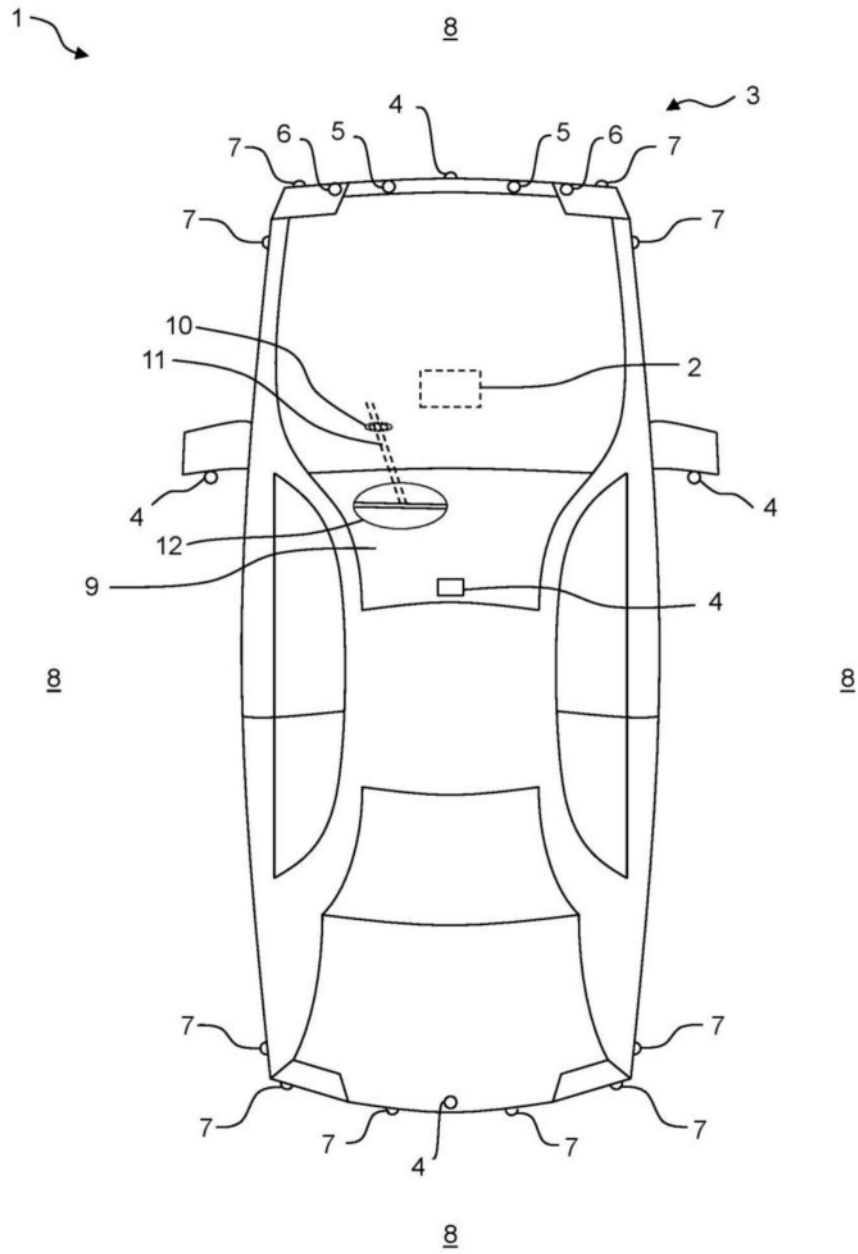


图1

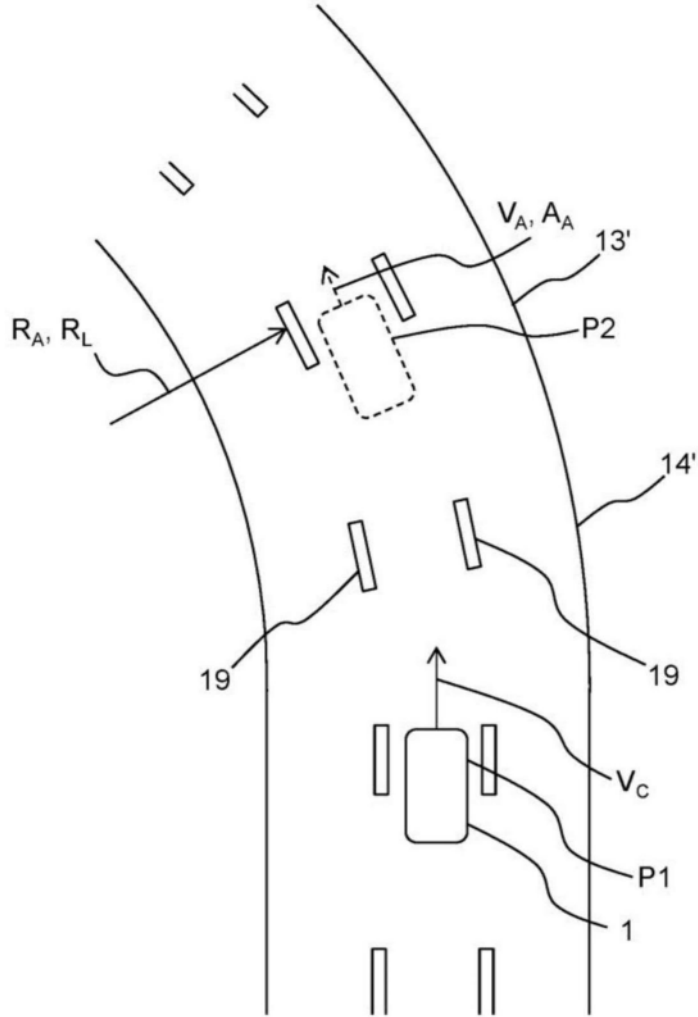


图4

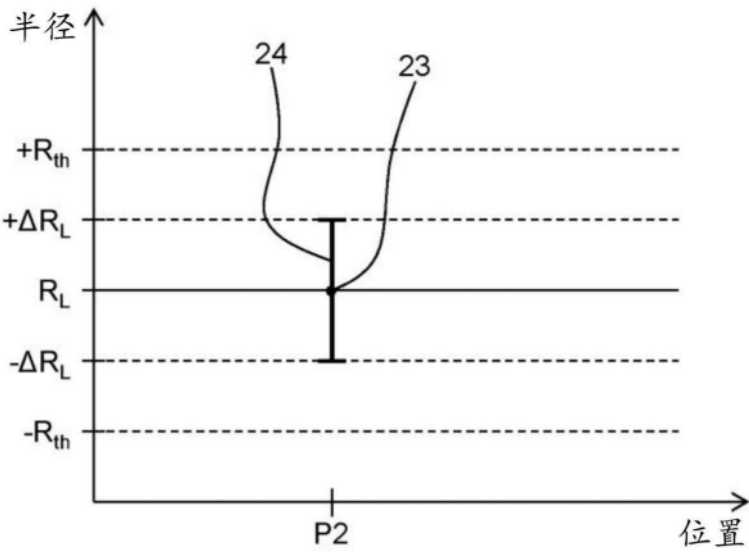


图5

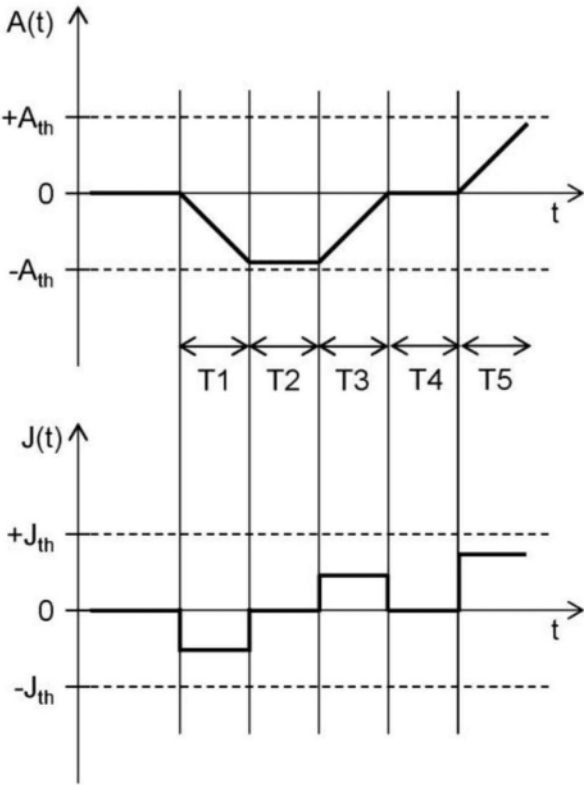


图6

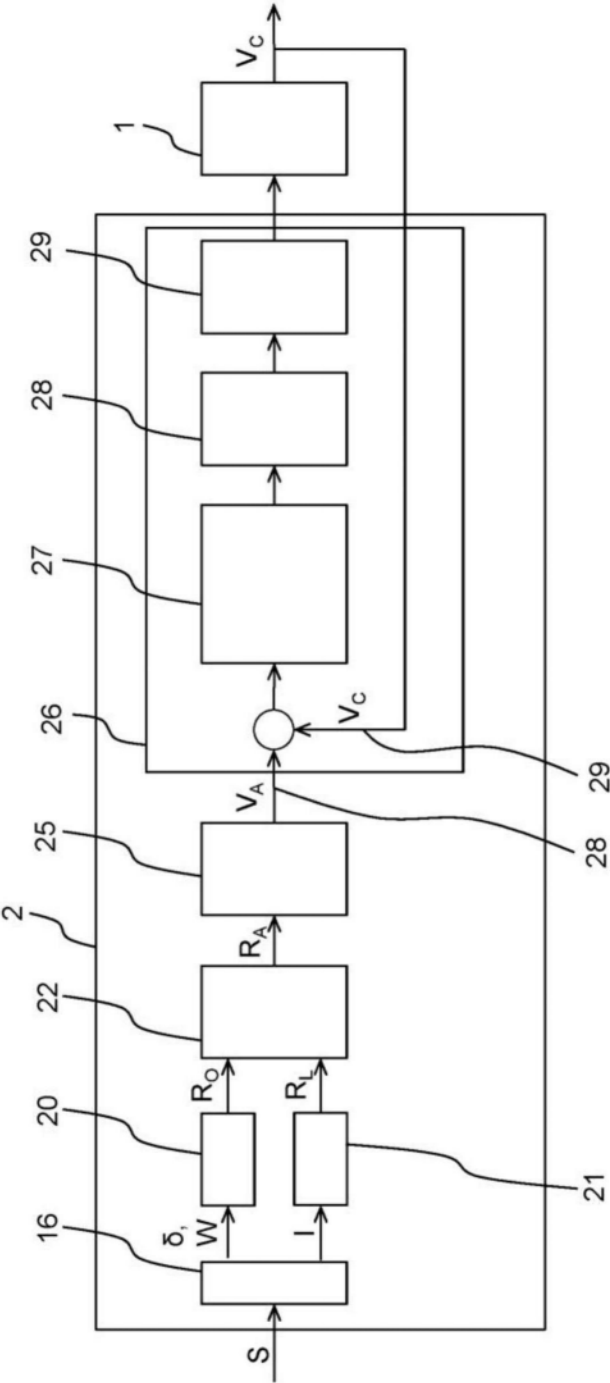


图7

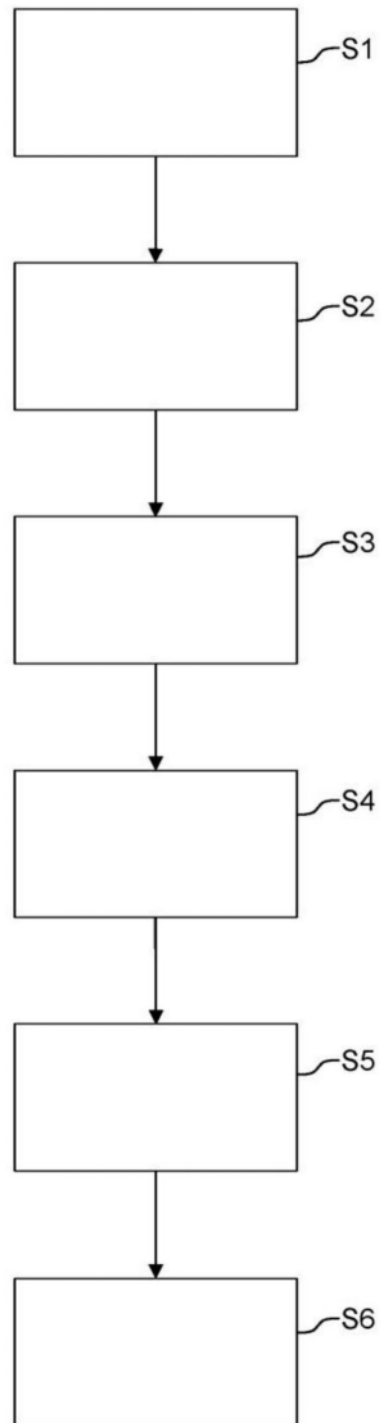


图8