



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111559379 B

(45) 授权公告日 2024.03.12

(21) 申请号 202010093334.3

B62D 3/12 (2006.01)

(22) 申请日 2020.02.14

B62D 5/04 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111559379 A

(56) 对比文件

WO 2018167005 A1, 2018.09.20

US 2017232998 A1, 2017.08.17

US 2012179333 A1, 2012.07.12

US 2016280251 A1, 2016.09.29

JP 2011057036 A, 2011.03.24

US 2016288825 A1, 2016.10.06

CN 103112454 A, 2013.05.22

CN 107933562 A, 2018.04.20

CN 105197015 A, 2015.12.30

CN 104554274 A, 2015.04.29

(43) 申请公布日 2020.08.21

(30) 优先权数据

16/276,332 2019.02.14 US

(73) 专利权人 操纵技术IP控股公司

地址 美国密歇根州

(72) 发明人 T·M·瓦伦吉卡尔 M·S·乔治

(74) 专利代理机构 隆天知识产权代理有限公司

72003

专利代理人 石海霞 金鹏

审查员 马瑞

(51) Int. Cl.

B60W 40/068 (2012.01)

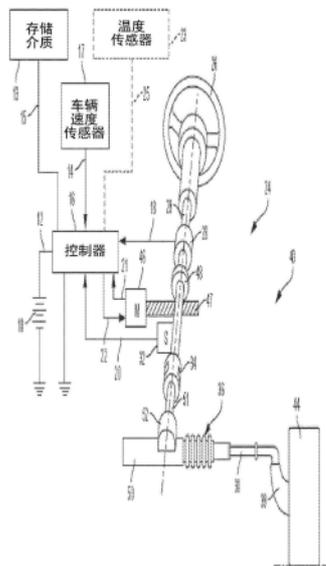
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

使用转向系统信号的道路摩擦系数估计

(57) 摘要

本申请公开了使用转向系统信号的道路摩擦系数估计。根据一个或多个实施例,一种方法包括由转向系统基于车辆速度、转向角和道路摩擦系数值来计算模型齿条力值。该方法还包括由转向系统来确定模型齿条力值和负载齿条力值之间的差。该方法还包括由转向系统使用确定的差来更新道路摩擦系数值。



1. 一种用于道路摩擦系数估计的方法,包括:

由至少包括马达的转向系统的控制器基于车辆速度、转向角和道路摩擦系数值来计算模型齿条力值;

由所述控制器来确定所述模型齿条力值和负载齿条力值之间的差,其中所述负载齿条力值是使用状态观察器模型基于转向马达转矩信号和转向速度信号中的至少一个来估计的;

由所述控制器使用确定的所述差来更新所述道路摩擦系数值;其中所述道路摩擦系数值是基于更新标志更新的,所述更新标志是基于一个或多个转向系统信号和车辆信号设置的;

至少基于更新的道路摩擦系数值选择性地控制所述转向系统的马达;以及

基于所述道路摩擦系数值与更新的道路摩擦系数值之间的差高于预定阈值来改变所述转向系统的操纵。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述负载齿条力值是轮胎负载在齿条处的估计值。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述模型齿条力值是使用非线性车辆模型计算的。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述道路摩擦系数值是第一道路摩擦系数值,并且更新所述道路摩擦系数值包括:

基于所述模型齿条力值与所述负载齿条力值之间的差来计算更新因子;以及

通过将所述更新因子添加到所述第一道路摩擦系数值来计算第二道路摩擦系数值。

5. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

基于更新的道路摩擦系数值来计算驾驶盘转矩参考值,对所述驾驶盘转矩参考值与从操作者到转向系统的输入转矩求和。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中,与所述输入转矩的方向相反的叠加转矩是基于更新的道路摩擦系数值生成的。

7. 根据权利要求6所述的方法,还包括:将所述更新的道路摩擦系数值发送到高级驾驶辅助系统。

8. 一种转向系统,包括:

马达;以及

控制器,所述控制器配置为:

基于车辆速度、转向角和道路摩擦系数值来计算模型齿条力值;

确定所述模型齿条力值和负载齿条力值之间的差,其中所述负载齿条力值是使用状态观察器模型基于转向马达转矩信号和转向速度信号中的至少一个来估计的;

使用确定的所述差来更新所述道路摩擦系数值;其中所述道路摩擦系数值是基于更新标志更新的,所述更新标志是基于一个或多个转向系统信号和车辆信号设置的;

至少基于更新的道路摩擦系数值选择性地控制所述马达;以及

基于所述道路摩擦系数值与更新的道路摩擦系数值之间的差高于预定阈值来改变所述转向系统的操纵。

9. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述负载齿条力值是轮胎负载在齿条处的估计

值。

10. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述模型齿条力值是使用非线性车辆模型计算的。

11. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述道路摩擦系数值是第一道路摩擦系数值,并且更新所述道路摩擦系数值包括:

基于所述模型齿条力值与所述负载齿条力值之间的差来计算更新因子;以及
通过将所述更新因子添加到所述第一道路摩擦系数值来计算第二道路摩擦系数值。

12. 根据权利要求8所述的系统,其中所述控制器进一步配置成:

基于更新的道路摩擦系数值来计算驾驶盘转矩参考值,对所述驾驶盘转矩参考值与从操作者到转向系统的输入转矩求和。

13. 根据权利要求8所述的系统,其中,叠加转矩是基于更新的道路摩擦系数值生成的。

14. 一种计算机程序产品,包括在其上存储有一个或多个计算机可执行指令的存储装置,当所述计算机可执行指令被处理器执行时使得所述处理器:

基于车辆速度、转向角和道路摩擦系数值来计算模型齿条力值;

确定所述模型齿条力值和负载齿条力值之间的差,其中所述负载齿条力值是使用状态观察器模型基于转向马达转矩信号和转向速度信号中的至少一个来估计的;

使用确定的所述差来更新道路摩擦系数值;其中所述道路摩擦系数值是基于更新标志更新的,所述更新标志是基于一个或多个转向系统信号和车辆信号设置的;

至少基于更新的道路摩擦系数值选择性地控制所述转向系统的马达;以及

基于所述道路摩擦系数值与更新的道路摩擦系数值之间的差高于预定阈值来改变所述转向系统的操纵。

15. 根据权利要求14所述的计算机程序产品,其中,所述负载齿条力值是轮胎负载在齿条处的估计值。

16. 根据权利要求14所述的计算机程序产品,其中,所述道路摩擦系数值是第一道路摩擦系数值,并且更新所述道路摩擦系数值包括:

基于所述模型齿条力值与所述负载齿条力值之间的差来计算更新因子;以及
通过将所述更新因子添加到所述第一道路摩擦系数值来计算第二道路摩擦系数值。

17. 根据权利要求14所述的计算机程序产品,其中所述指令进一步使所述处理器:

基于更新的道路摩擦系数值来计算驾驶盘转矩参考值,对所述驾驶盘转矩参考值与从操作者的输入转矩求和。

18. 根据权利要求14所述的计算机程序产品,其中,叠加转矩是基于更新的道路摩擦系数值生成的。

使用转向系统信号的道路摩擦系数估计

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本专利申请要求于2019年2月14日提交的序列号为16/276,332的美国临时专利申请的优先权,通过引用将其整体合并于此。

技术领域

[0003] 本申请涉及车辆控制领域,更具体地,涉及一种用于道路摩擦系统估计的方法,一种转向系统以及一种计算机产品。

背景技术

[0004] 引起车辆加速/减速或转弯的力源自轮胎-道路界面处。纵向和/或横向轮胎滑移导致确定车辆运动的这种轮胎力的生成。道路摩擦系数是影响最大轮胎力的主要因素。因此,道路摩擦系数的知识是车辆控制的关键信息。

发明内容

[0005] 根据一个或多个实施例,一种方法包括由转向系统基于车辆速度、转向角和道路摩擦系数值来计算模型齿条力值。该方法还包括由转向系统来确定模型齿条力值和负载齿条力值之间的差。该方法还包括由转向系统使用确定的所述差来更新道路摩擦系数值。

[0006] 根据一个或多个实施例,一种转向系统包括马达和控制器,该控制器执行一种方法,该方法包括基于车辆速度、转向角和道路摩擦系数值来计算模型齿条力值。该方法还包括确定模型齿条力值和负载齿条力值之间的差。该方法还包括使用确定的所述差来更新道路摩擦系数值。

[0007] 根据一个或多个实施例,一种计算机程序产品包括其上存储有一个或多个计算机可执行指令的存储装置,该计算机可执行指令在由处理器执行时使处理器执行用于确定道路摩擦系数值的方法。该方法包括由转向系统基于车辆速度、转向角和道路摩擦系数值来计算模型齿条力值。该方法还包括由转向系统来确定模型齿条力值和负载齿条力值之间的差。该方法还包括由转向系统使用确定的所述差来更新道路摩擦系数值。

[0008] 通过以下结合附图的描述,这些和其他优点和特征将变得更加明显。

附图说明

[0009] 在说明书结尾处的权利要求中特别指出并清楚地要求保护本发明的主题。通过以下结合附图的详细描述,本公开的前述和其他特征以及优点将变得清晰,其中:

[0010] 图1描绘了根据一个或多个实施例的EPS系统;

[0011] 图2是用于实现所描述的实施例的SbW系统40的示例性实施例;

[0012] 图3描绘了根据一个或多个实施例的自动驾驶员辅助系统。

[0013] 图4描绘了根据一个或多个实施例的用于连续且迭代地更新道路摩擦系数值的系统的框图;

[0014] 图5描绘了根据一个或多个实施例的示例车辆模型计算的框图;以及

[0015] 图6描绘了根据一个或多个实施例的用于在转向系统中检测道路摩擦系数值的变化并相应地更新道路摩擦系数值的示例方法的流程图。

具体实施方式

[0016] 如本文所使用的,术语模块和子模块指的是一个或多个处理电路(例如专用集成电路(ASIC)、电子电路)、执行一个或多个软件或固件程序的处理器(共享的、专用的或群组的)和存储器、组合逻辑电路和/或提供所述功能的其他合适组件。可以理解,下面描述的子模块可以进行组合和/或被进一步划分。

[0017] 在车辆控制中,道路摩擦系数的知识是车辆控制的关键信息。现有技术方案在车辆正加速或使车辆减速的同时确定道路摩擦系数。通常,在加速/减速期间,轮胎的纵向滑移被制动模块用来确定道路摩擦系数。

[0018] 本文所述的技术方案有助于使用转向系统信号来确定道路摩擦系数的变化。当车辆转弯时,转向负载和其他信息可用于确定道路摩擦系数。道路摩擦系数的变化不仅影响横向轮胎力的生成而且还影响齿条力的生成,齿条力与转向负载密切相关。因此,在转向引起的横向车辆运动的情况下,齿条力信息可以用于检测道路摩擦系数的变化。与现有技术的执行相比,根据本文描述的技术方案的使用转向系统信号来检测道路摩擦系数的变化可以更快地执行。

[0019] 此外,在使用转向系统信号来检测道路摩擦系数和/或其变化的现有技术中,在方向盘(steering wheel)已经达到稳态条件之后进行检测。这样,不满足稳态条件的驾驶操纵的一些子集不能用于确定道路摩擦。此外,现有技术中的检测通常是二进制或三态的,并且不能以连续的方式执行。

[0020] 本文描述的技术方案解决了这些技术挑战,以连续的方式使用转向信号来估计道路摩擦系数。在车辆模型预测参考转向负载的同时虚拟传感器模块计算转向负载。预测的和计算的转向负载的比较被用于使用信号处理技术来迭代地预测道路摩擦系数。此外,道路摩擦系数的输出是介于0.1和0.9之间的摩擦系数数值,当车辆在不同的表面上驾驶时,将连续地更新该道路摩擦系数数值。本文所述的技术方案适用于EPS(电力助力转向)和SbW(线控转向)系统二者。

[0021] 现在参考附图,其中将参考特定实施例描述技术方案,而不是对技术方案进行限制。图1是适合于实施所公开实施例的车辆100中的EPS40的示例性实施例,且图2是用于所述实施例的实施的SbW系统40的示例性实施例。除非另有具体说明,否则本文涉及的转向系统40可以是EPS或SbW,或者可以是能够使用本文所述技术方案的任何其他类型的转向系统。

[0022] 在图1中,转向机构36是齿条齿轮式系统(rack-and-pinion type system),并且包括位于壳体50内的带齿齿条(未示出)和位于齿轮壳体52下方的小齿轮(也未示出)。随着驾驶员输入(在下文中表示为使驾驶盘或方向盘26转动),上转向轴29转动,并且通过万向接头34连接到上转向轴29的下转向轴51使小齿轮转动。小齿轮的旋转使齿条移动,这使拉杆(tie rods)38(仅示出一个)移动,继而使转向节39(仅示出一个)移动,这使(一个或多个)可转向轮或轮胎44(仅示出一个)转动。虽然本文描述了齿条齿轮式系统,但是在其他实

施例中EPS可以是管柱式助力EPS (CEPS)、小齿轮式助力EPS (PEPS)、双小齿轮式助力EPS或任何其他类型的EPS。

[0023] 通过大致用附图标记24表示并且包括控制器16和电机46的控制装置提供电动转向助力,电机46可以是永磁同步马达 (PMSM)、或永磁直流马达 (PMDC)、或者任意类型的马达,并且在下文中表示为马达46。控制器16由车辆电源10通过线路12供电。控制器16从车辆速度传感器17接收表示车辆速度的车辆速度信号14。通过位置传感器32测量转向角,位置传感器32可以是光学编码型传感器、可变电阻型传感器或任何其他合适类型的位置传感器,并且向控制器16提供位置信号20。可以使用转速计或任何其他装置测量马达速度,并且马达速度被传输到控制器16作为马达速度信号21。可以对表示为 ω_m 的马达速度进行测量、计算或执行二者的组合。例如,马达速度 ω_m 可以被计算为在规定的时间内由位置传感器32测量的马达位置 θ 的变化。例如,可以根据等式 $\omega_m = \Delta \theta / \Delta t$ 将马达速度 ω_m 确定为马达位置 θ 的导数,其中 Δt 是采样时间,并且 $\Delta \theta$ 是采样间隔期间位置的变化。或者,可以从马达位置将马达速度导出为位置的时间变化率。应当理解,存在许多用于执行导数功能的众所周知的方法。

[0024] 随着驾驶盘26被转动,转矩传感器28感测由车辆驾驶员施加到驾驶盘26的转矩。转矩传感器28可包括扭力杆(未示出)和可变电阻型传感器(也未示出),其向控制器16输出与扭力杆上的扭转量有关的可变转矩信号18。虽然这是一种类型的转矩传感器,但是与已知信号处理技术一起使用的任何其他合适的转矩感测装置就足够了。响应于各种输入,控制器向电动马达46发送命令22,电动马达46通过蜗杆47和蜗轮48向转向系统提供转矩辅助,从而为车辆转向提供转矩辅助。

[0025] 应当注意,尽管通过参考用于电动转向应用的马达控制来描述所公开的实施例,但是应当理解,这些参考仅是说明性的,并且所公开的实施例可以应用于采用电动马达的任何马达控制应用,例如转向、阀控制等。此外,本文的参考和描述可适用于许多形式的参数传感器,包括但不限于转矩、位置、速度等。还应注意,本文对于电机的引用包括但不限于马达,以下为了简洁和简单起见,将在非限制性的情况下仅引用马达。

[0026] 在如所描述的控制系統24中,控制器16利用转矩、位置和速度等来计算递送所需输出动力的(一个或多个)命令。控制器16设置成与马达控制系统的各种系统和传感器进行通信。控制器16接收来自每个系统传感器的信号,量化所接收的信息,并且在本示例中例如向马达46提供响应于此的(一个或多个)输出命令信号。控制器16被配置为从逆变器(未示出)产生(一个或多个)对应的电压,以使得当被施加到马达46时,产生期望的转矩或位置,该逆变器可以可选地与控制器16结合并且在本文中被称为控制器16。在一个或多个示例中,控制器24以反馈控制模式操作作为电流调节器,以产生命令22。可选地,在一个或多个示例中,控制器24以反馈控制模式操作以产生命令22。因为这些电压与马达46的位置和速度以及期望的转矩有关,所以确定了转子的位置和/或速度以及由驾驶员施加的转矩。位置编码器连接到转向轴51以检测角位置 θ 。编码器可以基于光学检测、磁场变化或其他方法来感测旋转位置。典型的位置传感器包括电位计、旋转变压器(resolver)、同步器、编码器等,以及包括前述中的至少一个的组合。位置编码器输出表示转向轴51的并且由此表示马达46的角位置的位置信号20。

[0027] 期望的转矩可以由一个或多个转矩传感器28确定,所述转矩传感器28传输指示所

施加转矩的转矩信号18。一个或多个示例性实施例包括这样的转矩传感器28和从其中得到的(一个或多个)转矩信号18,因为它们可以对柔性扭杆、T形杆、弹簧或被配置为提供指示所施加的转矩的响应的类似装置(未示出)作出响应。

[0028] 在一个或多个示例中,(一个或多个)温度传感器23可以位于电机46处。优选地,温度传感器23被配置为直接测量马达46的感测部分的温度。温度传感器23将温度信号25传输到控制器16,以便于本文规定的处理和补偿。典型的温度传感器包括热电偶、热敏电阻、恒温器等,以及包括前述传感器中的至少一个的组合,其在被适当放置时提供与特定温度成比例的可校准信号。

[0029] 除了别的之外,可以将位置信号20、速率信号21和(一个或多个)转矩信号18施加给控制器16。控制器16处理所有输入信号以生成与每个信号对应的值,从而得到可用于本文规定的算法中的处理的转子位置值、马达速度值和转矩值。诸如上述的测量信号也根据需要而被共同线性化、补偿和滤波,以增强特性或消除所获取信号的不期望特性。例如,信号可以被线性化,以提高处理速度或者解决信号的大动态范围。另外,可以采用基于频率或时间的补偿和滤波来消除噪声或避免不期望的光谱特性。

[0030] 为了执行规定的功能和期望的处理,以及因此导致的计算(例如,马达参数的识别、(一个或多个)控制算法等),控制器16可以包括但不限于,(一个或多个)处理器、(一个或多个)计算机、(一个或多个)DSP、存储器、存储装置、(一个或多个)寄存器、定时、(一个或多个)中断、(一个或多个)通信接口和输入/输出信号接口等、以及包含前述中的至少一个的组合。例如,控制器16可以包括输入信号处理和滤波,以实现来自通信接口的此类信号的准确采样和转换或获取。在本文中稍后详细讨论控制器16的附加特征和其中的某些过程。

[0031] 图2描绘了根据一个或多个实施例的示例性SbW系统。SbW系统40包括驾驶盘致动器(HWA)70和行走轮致动器(RWA)80。控制器16被分成两个块,即分别与HWA 70和RWA 80相关联的控制器16A和控制器16B。在其他示例中,控制器16可以以任何其他方式分布。

[0032] HWA 70包括一个或多个机械部件,例如驾驶盘26(方向盘)、转向柱、通过齿轮机构或直接驱动系统附接到转向柱的马达/逆变器。HWA 70还包括控制机械部件的运转的微控制器16A。微控制器16A通过一个或多个机械部件接收和/或生成转矩。例如,微控制器16A可以将转矩命令请求发送至将生成这样转矩的马达/逆变器。

[0033] RWA 80包括一个或多个机械部件,例如通过滚珠螺母/滚珠螺钉(齿轮)或小齿轮布置耦接到马达/逆变器的转向齿条,并且齿条通过拉杆连接到车辆行走轮/轮胎44。RWA 80包括控制机械部件的运转的微控制器16B。微控制器16B通过一个或多个机械部件接收和/或生成转矩。例如,微控制器16B可以向将生成这种转矩的马达/逆变器发送转矩命令请求。

[0034] 微控制器16A和16B通过允许发送/接收信号的电连接进行耦接。如本文所提到的,控制器可以包括HWA控制器16A和RWA控制器16B的组合或特定微控制器中的任何一种。

[0035] 在一个或多个示例中,SbW系统40的控制器12和16B通过CAN接口(或其他类似的数字通信协议)彼此通信。使用转向齿轮来执行装配有SbW系统40的车辆100的引导。RWA 80接收驾驶员旋转方向盘的电子通信信号。驾驶员控制方向盘来在方向上控制车辆100。来自HWA 70的角度被发送到RWA 80,该RWA 80执行位置控制以控制齿条行进,从而引导行走轮。然而,由于方向盘和行走轮之间缺乏机械连接,所以驾驶员在没有转矩反馈的情况下不容

易对道路有感觉(与前面描述的EPS中的情况不同)。

[0036] 在一个或多个示例中,耦接到转向柱和方向盘的HWA 70模拟驾驶员对道路的感觉。HWA 70可以以转矩的形式将触觉反馈施加到方向盘。HWA 70从RWA 80接收齿条力信号,从而为驾驶员生成适当的转矩感觉。或者,驾驶盘角度和车辆速度也可用于为驾驶员生成期望的转矩感觉。

[0037] 如前所述,本文描述的SbW和EPS是示例性的,并且本文描述的技术方案适用于任何类型的转向系统,并且因此,除非以其他方式特别提及,否则本文的“转向系统40”指的是任何类型的转向系统。

[0038] 图3描绘了根据一个或多个实施例的自动驾驶员辅助系统。应当理解,所示和所述的转向系统40可以在自动或半自动车辆或更传统的车辆中使用。高级驾驶辅助系统(ADAS) 110可以与转向系统40、行走轮44(通过一个或多个控制单元)以及车辆100中的其他控制单元耦接。ADAS 110可以包括一个或多个处理器112和一个或多个存储器装置114。ADAS 110从控制单元(例如转向系统40的控制器16)接收包括数据和/或命令的一个或多个输入信号。ADAS 110还可以将包括数据和/或命令的信号发送到控制单元(例如转向系统40的控制器16)。ADAS 110还可以接收来自人类驾驶员的诸如目的地、一个或多个偏好等的输入。ADAS 110可以向驾驶员提供通知,例如在与驾驶员交互期间,和/或响应于车辆100中的一个或多个状况。

[0039] 在一个或多个示例中,ADAS 110自动确定车辆100的行驶轨迹。可以基于来自驾驶员的输入并且基于从控制单元接收的一个或多个输入信号(例如道路摩擦系数)来生成轨迹。另外,在一个或多个示例中,ADAS 110可以与外部模块(未示出)(例如交通服务器、道路地图服务器等)通信,以生成用于车辆100从源到目的地的路线/路径。ADAS 110基于生成的路线和/或轨迹向控制单元发送一个或多个命令以操纵车辆。应当注意,尽管“路线”是车辆从源位置到达地图上目的地位置(例如,家、办公室和餐厅)的高级映射,但是“轨迹”是用于车辆100从其当前位置移动到路线上的下一位置而执行的一组特定的操纵。ADAS 110可以执行操纵,该操纵可以包括但不限于车辆方向、车辆速度、车辆加速度等的改变。为了执行这种操纵,ADAS110将一个或多个命令发送到一个或多个对应的控制单元。

[0040] 不管车辆100是使用ADAS 110来驾驶还是由驾驶员手动驾驶,操纵车辆100通常都是基于道路摩擦系数值来执行的,该道路摩擦系数值确定了横向方向和纵向方向上的最大轮胎抓地力(tire grip)。道路摩擦系数是车辆处理(手动&自动)的关键信息。尽管人类驾驶员在操纵过程中可能看不到该系数的数值,但他/她会感觉到“干”、“湿”、“雪”和其他这些类型的表面,因为当驾驶车辆100时这些类型的表面的道路摩擦系数有所变化,并且通常相应地操纵车辆100。ADAS 110可以基于道路摩擦系数值来操纵车辆100。以后,在本文献中,术语“操作者”用于指代人类驾驶员和ADAS 110两者,这两者都可以基于道路摩擦系数来操纵车辆100。

[0041] 越快检测到道路摩擦系数值的变化并将其指示给操作者,操作者就可以越快做出反应并且不同地操纵车辆100。例如,如果车辆从干燥的表面移动到光滑的表面(例如,冰面),则必须不同地操纵车辆100以避免打滑;例如,与干燥的道路相比,车辆的稳定控制在光滑的道路上可以保证更小的转向和/或制动输入。

[0042] 图4描绘了根据一个或多个实施例的用于连续且迭代地更新道路摩擦系数值的系

统的框图。系统200是基于转向信号的系统,其可以比用于主动转向输入的制动更快地检测到道路摩擦系数的变化。在一个或多个示例中,系统200可以是作为单独的电子电路的转向系统40的一部分。替代地或附加地,系统200的至少一些部分可以由转向系统40使用控制器16来实现。在一个或多个示例中,系统200包括存储在存储装置上的一个或多个计算机可执行指令。

[0043] 系统200包括车辆模型计算210、道路摩擦系数(μ)计算220和齿条力测量230,以及其他组件。

[0044] 图5描绘了根据一个或多个实施例的示例车辆模型计算的框图。车辆模型计算210使用预定的车辆模型来计算模型齿条力212。车辆模型是直接从偏离角来计算模型齿条力212的非线性车辆模型。

[0045] 车辆模型计算包括用于偏离角计算310的模块。在一个或多个示例中,偏离角计算310使用具有与道路摩擦(μ)相关的非线性轮胎力曲线和轮胎滞后动力学的自行车模型来获得前轴偏离角(α_f)。如前所述,用作输入的道路摩擦系数是来自先前迭代的估计值 $\hat{\mu}$ (即道路摩擦系数计算220的输出),该估计值 $\hat{\mu}$ 被迭代地更新。偏离角 α_f 连同预测的道路摩擦系数 $\hat{\mu}$ 和车辆速度(U)一起用于获得模型齿条力212。

[0046] 偏离角计算310使用由转向系统40测量的转向角(θ)(驾驶盘位置或马达角度)。使用查找表或乘法器将转向角转换为轮胎角。自行车模型方程被用于计算横摆角速度(yaw rate)和横向速度状态。可以使用的横摆角动力学方程包括:

$$[0047] \quad I_{zz}\dot{r} = aF_{cf} - bF_{cr}$$

[0048] 此外,可以使用的横向动力学方程式包括:

$$[0049] \quad m(\dot{V} + rU) = F_{cf} + F_{cr}$$

[0050] 在以上方程中, I_{zz} :转动惯量, r :横摆角速度, a :重心(CG)与前轴之间的距离, b :CG与后轴之间的距离, V :CG处的横向速度, U :CG处的纵向速度, F_{cf} :前轴力,以及 F_{cr} :后轴力。

[0051] 此外,车辆模型计算210包括用于齿条力计算320的模块。齿条力计算使用偏离角 α_f 和道路摩擦系数(μ)以及非线性(Fiala)轮胎模型来计算横向轮胎力:

$$[0052] \quad F_y = \begin{cases} -C_\alpha \tan \alpha + \frac{C_\alpha^2}{3} |\tan \alpha| \tan \alpha I_\alpha, & |\alpha| \leq \alpha_{sl} \\ -\frac{1}{I_f} \operatorname{sgn} \alpha, & \text{其他} \end{cases}$$

$$[0053] \quad \alpha_{sl} = \tanh^{-1} \left(\frac{3}{C_\alpha I_f} \right)$$

[0054] $I_f = \mu \times$ 轴的垂直负载

[0055] 其中, F_y :轮胎横向力; C_α :侧偏刚度参数; α :轮胎偏离角; I_f :最大横向轮胎力的倒数,它是 μ 的函数,以及 α_{sl} :滑移偏离角。

[0056] 前轴和后轴的偏离角可以使用等式(如下所示)来获得。使用与车辆速度相关的滤波器来对计算的值进行滤波,以表示轮胎松弛长度动力学。滞后的偏离角(即低通滤波器的

输出) 也用作上述等式中的前轮胎或后轮胎偏离角。

$$[0057] \quad \alpha_f = \frac{(V + a.r)}{U} - \delta$$

$$[0058] \quad \alpha_r = \frac{(V - b.r)}{U}$$

[0059] 其中, α_f : 前轴偏离角, α_r : 后轴偏离角, 以及 δ : 轮胎角。轮胎角是使用运动学表或增益因子从马达角度导出的。

[0060] 模型齿条力212是两个力-齿条力1 322和齿条力2 332的和。齿条力322是使用前偏离角、车辆速度和马达角度、使用非线性表或经验模型或轮胎模型获得的。齿条力332是由增益模块330使用马达角度和弹簧模型或任何其他模型或查找表获得的。齿条力2 332表示作为马达角度的函数的由于悬架几何形状而作用在车辆100上的顶升转矩和其他附加的转矩/力。将齿条力1 322和齿条力2 323相加(340)以计算模型齿条力212。

[0061] 参照回图4, 模型齿条力212被输入到道路摩擦系数计算220中。另外, 道路摩擦系数计算220从齿条力测量230接收负载齿条力232。在一个或多个示例中, 负载齿条力232是来自力/转矩传感器的测量结果, 该力/转矩传感器测量在车辆操纵期间齿条经受的力/转矩。替代地或附加地, 使用齿条力观测器来计算负载齿条力232, 该齿条力观测器使用诸如转向马达转矩、转向速度和转向驾驶盘转矩(用于EPS)等转向信号来计算负载齿条力232。负载齿条力232是从驾驶员和测量的马达转向力(efforts)计算得出的虚拟齿条力。因此, 负载齿条力232是与模型齿条力212进行比较的参考。

[0062] 在一个或多个示例中, 基于最小均方(LMS)滤波来执行道路摩擦系数计算, 但是, 可以使用其他等效滤波技术来实现基本相似的结果。在图2所示的示例中, 道路摩擦系数计算220包括用于更新因子计算222、道路摩擦系数更新224和启用学习226的一个或多个模块。

[0063] 更新因子计算222计算输入到道路摩擦系数计算220的两个输入齿条力之间的差(e1)。道路摩擦系数计算220接收模型齿条力212和负载齿条力232。因此:

$$[0064] \quad e1 = \text{负载齿条力} - \text{模型齿条力}$$

[0065] 在一个或多个示例中, 处理误差e1以计算经调整的误差值e2。通过将低通滤波器应用于e1值来计算经调整的误差e2, 其中, 低通滤波器是车辆速度(U)、转向角(θ)和转向速度的函数。

[0066] 差e2被用于使用以下计算式来计算更新因子($\Delta\mu_1$):

$$[0067] \quad u = \frac{\theta}{\text{常数} + \theta^2}$$

$$[0068] \quad \Delta\mu_1 = k \cdot e2 \cdot u$$

[0069] 这里, u是诸如转向角等的系统输入, 或者是所示转向角的函数。在其他示例中, 可以以不同的方式来计算u。此外, 在以上等式中, k是可配置的预定值。更新因子计算222输出由此计算的更新因子 $\Delta\mu$ 。

[0070] 道路摩擦系数更新224接收更新因子作为输入, 并基于输入值和由启用学习226输出的启用学习标志(Flag_L)来为道路摩擦系数设置第二更新值($\Delta\mu$)。

[0071] 启用学习226使用车辆和转向信号来确定条件是否有利于更新道路摩擦系数值。

可以使用以下条件中的一个或多个:车辆加速/减速是否低于阈值;转向速度幅度是否大于阈值;转向角幅度是否大于阈值;转向角和转向速度的乘积(multiplication)是否大于阈值;车辆是否未处于过度转向状况等。确定过度转向状况可以由转向系统40或车辆100的其他模块(例如制动控制器(未示出))使用已知技术来计算。基于对一个或多个以上条件的评估,启用学习226输出Flag_L(布尔输出)—TRUE(真),其指示更新道路摩擦系数值的有利条件和FALSE(假),其指示此时不更新道路摩擦系数值。

[0072] 道路摩擦系数更新224基于Flag_L确定第二更新因子以对道路摩擦系数估计进行更新:

$$[0073] \quad \Delta\mu = \begin{cases} \Delta\mu_1 \dots \dots & \text{如果Flag}_L \text{为TRUE} \\ 0 \dots \dots \dots & \text{如果Flag}_L \text{为FALSE} \end{cases}$$

[0074] 使用第二更新因子和当前道路摩擦系数值来更新道路摩擦系数值($\hat{\mu}$ 或者 μ_{t+1}):

$$[0075] \quad \mu_{t+1} = \mu_t + \Delta\mu$$

[0076] 图6描绘了根据一个或多个实施例的用于在转向系统中检测道路摩擦系数值的变化并相应地更新道路摩擦系数值的示例方法的流程图。该方法包括在602处基于车辆速度、转向角和当前道路摩擦系数值来计算模型齿条力值212。使用前偏离角来计算模型齿条力值212,该前偏离角是基于诸如本文所述的非线性车辆模型等的车辆模型而确定的。

[0077] 该方法还包括在604处确定模型齿条力值212与负载齿条力值232之间的差。在一个或多个示例中,使用状态观测器基于估计来确定负载齿条力值232。替代地或附加地,负载齿条力232可以由拉杆传感器来测量。可以使用任何其他技术来估计负载齿条力232。在606处,所计算的差被进一步处理,例如使用一个或多个因子来缩放以计算第一更新因子。缩放因子可以基于诸如转向角、转向速度等一个或多个转向信号,

[0078] 该方法还包括在608处基于一个或多个转向信号和车辆信号来计算更新标志。该更新标志指示是否更新道路摩擦系数值。如果更新标志为FALSE,即指示道路摩擦系数没有被更新,则在610处将更新因子设置为0(零)。或者,如果更新标志为TRUE,即指示可以更新道路摩擦系数,则在612处将更新因子设置为计算出的第一更新因子。此外,在614处将更新因子与当前道路摩擦系数值相加以计算更新的道路摩擦系数值。

[0079] 在一个或多个示例中,在616处,将更新的道路摩擦系数值发送到车辆100中的一个或多个其他模块。例如,ADAS 110接收更新的道路摩擦系数值以调整车辆100的轨迹。替代地或附加地,将更新的道路摩擦系数值传播到制动模块、电子稳定控制模块以及基于来自操作者的输入来控制一个或多个车辆操纵的车辆100中的其他此类模块。例如,制动模块可以基于更新的道路摩擦系数值来改变制动器如何响应地进行操作(即当制动被泵送时的减速速率),或者如何将制动施加到各个车轮。此外,可以经由例如触觉反馈、视听反馈等来提供用户通知。

[0080] 此外,可以使用车辆至车辆网络(未示出)将更新的道路摩擦系数值发送到另一车辆,该网络便于一个或多个车辆彼此通信,特别是共享行驶状况。

[0081] 此外,转向系统40本身使用更新的道路摩擦系数来修改例如闭环EPS、SbW和/或MTO中的转向力。例如,基于更新的道路摩擦系数计算出的模型齿条力被用于计算操作者的驾驶盘转矩参考。例如,控制器16基于驾驶盘转矩参考来为马达19生成辅助转矩命令,以生

成辅助转矩。基于模型齿条力212和由操作者施加到驾驶盘26的输入转矩之间的差来生成辅助转矩命令。在SbW的情况下,模型齿条力被用于通过HWA 70来生成反馈转矩,在没有机械联动的情况下,反馈转矩为操作者提供表面感觉。

[0082] 在一个或多个示例中,在618处,转向系统40施加转向转矩叠加(overlay)以帮助操作者远离高偏离角区域。例如,如果更新的道路摩擦系数低于预定阈值,则控制器16认为车辆100正在沿着诸如湿的、结冰等光滑表面行驶,在这种情况下,控制器16限制转向角值。在一个或多个示例中,控制器16生成叠加转矩命令,该叠加转矩命令使马达19生成叠加转矩,该叠加转矩与操作者施加的输入转矩相反。叠加转矩防止并且至少限制操作者操纵车辆100,这可以提高车辆100的安全性。基于更新的道路摩擦系数值来生成叠加转矩。在一个或多个示例中,当更新的道路摩擦系数低于预定阈值时(表示道路打滑),将生成叠加转矩。

[0083] 因此,本文描述的技术方案有助于检测转向系统中的道路摩擦系数值的变化。已证明本文所述的道路摩擦系数值计算相对于现有技术(特别是使用制动模块的那些技术)具有重大改进。这些改进包括更快地检测道路摩擦系数值的变化。

[0084] 此外,本文描述的技术方案有助于使用转向信号来计算连续道路摩擦系数(μ)。车辆模型被用于计算齿条力,该齿条力是连续估计的 μ 的函数。将计算出的齿条力与来自转向观测器或拉杆传感器的估计的齿条力进行比较。使用两个齿条力来计算道路摩擦系数。在一个或多个示例中,仅当满足学习启用条件时才更新道路摩擦系数。

[0085] 本文所述的技术方案有助于使用转向系统信号来检测道路摩擦系数的变化。检测到的变化可以被用于改变由车辆的转向系统和/或其他模块生成的辅助转矩或其他转矩。例如,如果道路摩擦系数的变化指示车辆现在正在光滑的表面(例如雪、水上划艇(hydroplane)等)上行驶,则可以通过生成转矩来禁止方向盘操纵,该转矩阻止操作者移动方向盘。替代地或附加地,在ADAS系统的情况下,检测到的道路摩擦的变化可以使ADAS系统改变车辆的一个或多个操作条件,例如车辆速度、转向角等。

[0086] 本技术方案可以是任何可能的技术细节整合程度下的系统、方法和/或计算机程序产品。计算机程序产品可以包括计算机可读存储介质(或媒介),其上具有用于使处理器执行本技术方案的各方面的计算机可读程序指令。

[0087] 本文参考了根据技术方案的实施例的方法、装置(系统)和计算机程序产品的流程图和/或框图来描述本技术方案的各方面。将理解,流程图和/或框图的每个框以及流程图和/或框图中的框的组合可以由计算机可读程序指令实现。

[0088] 附图中的流程图和框图示出了根据本技术方案的各种实施例的系统、方法和计算机程序产品的可能实施方式的架构、功能和操作。就此而言,流程图或框图中的每个框可以表示模块、区段或部分指令,其包括用于实现(一个或多个)指定逻辑功能的一个或多个可执行指令。在一些替代实施方式中,框中提到的功能可以不按图中所示的顺序发生。例如,事实上,连续示出的两个框可以基本上同时执行,或者这些框有时可以以相反的顺序执行,这取决于所涉及的功能。还应注意,框图和/或流程图的每个框以及框图和/或流程图中的框的组合可以由执行特定功能或动作或者执行专用硬件和计算机指令的组合的基于专用硬件的系统来实现。

[0089] 还应当理解,本文例示的用于执行指令的任何模块、单元、部件、服务器、计算机、终端或装置可以包括或以其他方式访问计算机可读介质,诸如存储介质、计算机存储介质

或数据存储装置(可移动和/或不可移动)(例如磁盘、光盘或磁带)。计算机存储介质可以包括以用于存储信息(例如计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据)的任何方法或技术实现的易失性和非易失性、可移动和不可移动介质。这种计算机存储介质可以是装置的一部分,也可以是可对其进行访问或连接的。本文描述的任何应用程序或模块可以使用可由这类计算机可读介质存储或以其他方式容纳的计算机可读/可执行指令来实现。

[0090] 虽然仅结合有限数量的实施例详细描述了技术方案,但应容易理解的是,技术方案不限于这些公开的实施例。相反,可以修改技术方案以包含此前未描述但与技术方案的精神和范围相应的任何数量的变型、改变、替换或等同布置。另外,虽然已经描述了技术方案的各种实施例,但是应该理解,技术方案的各方面可以仅包括所描述的实施例中的一些实施例。因此,技术方案不应被视为受前述描述的限制。

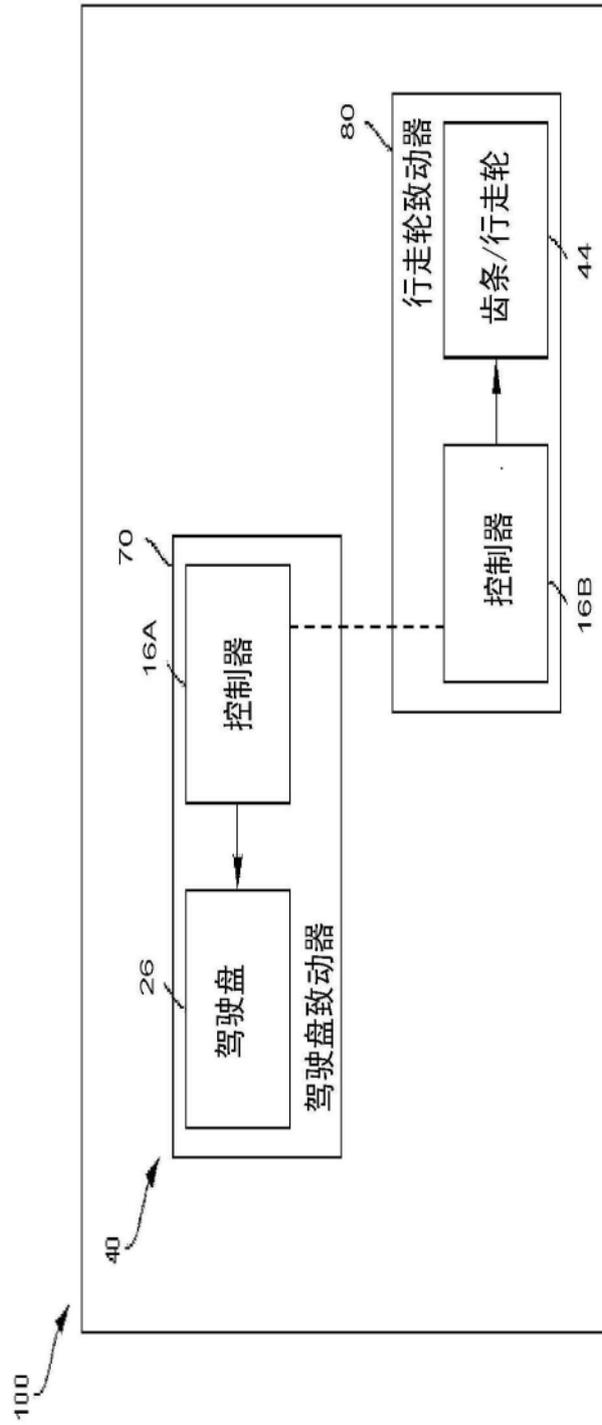


图2

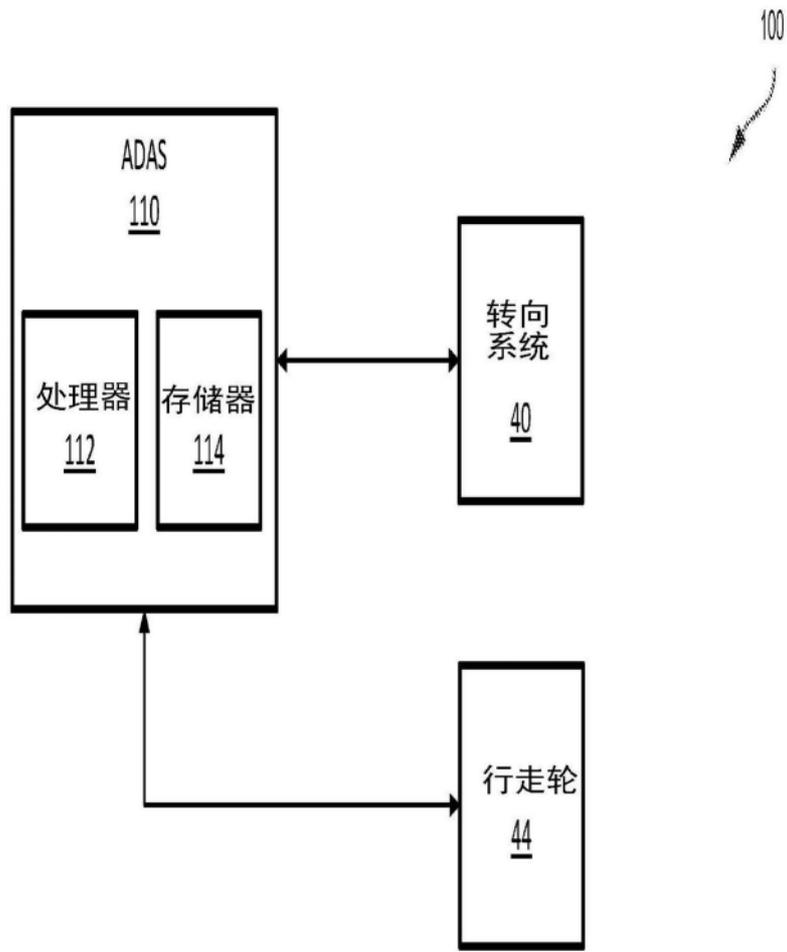


图3

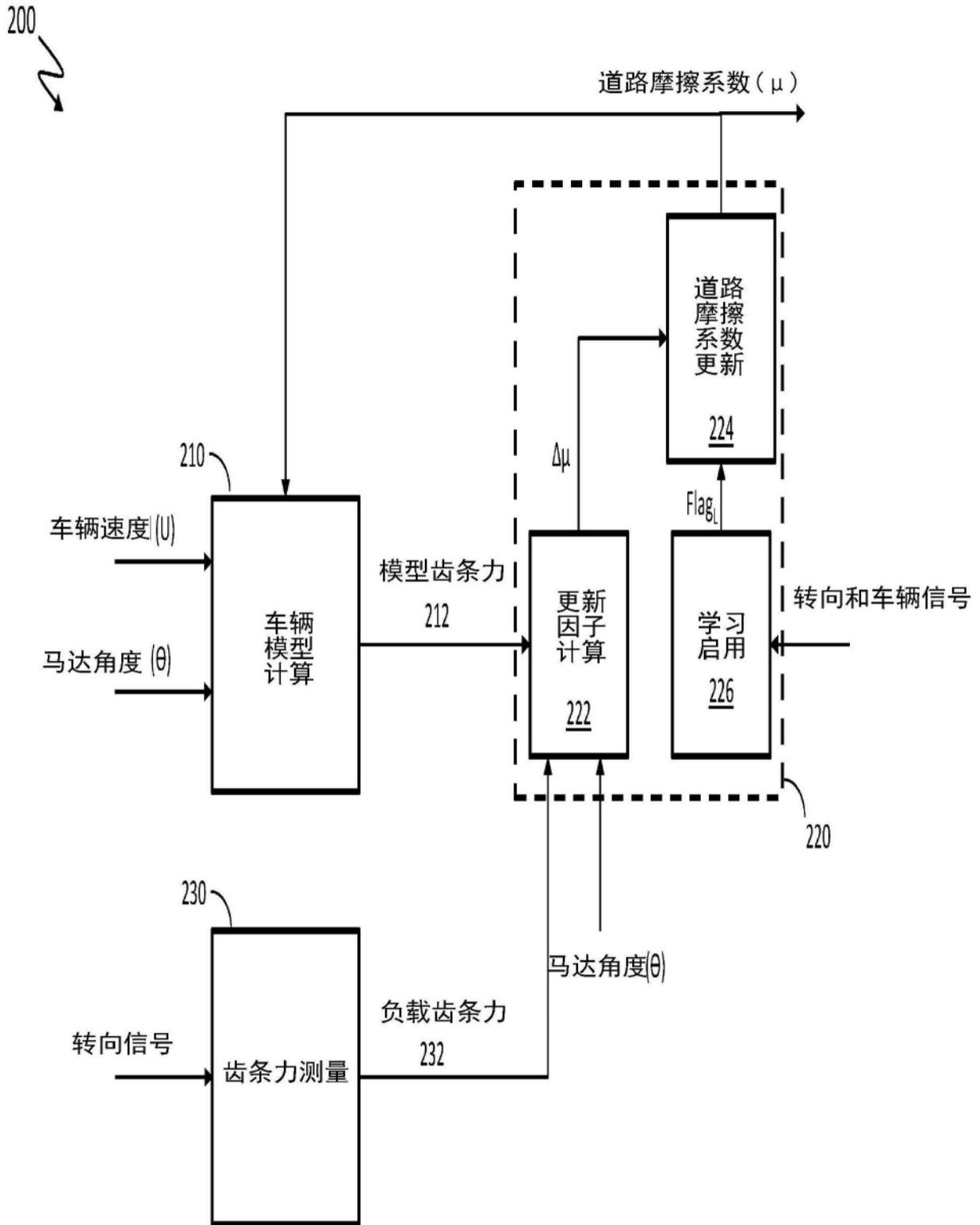


图4

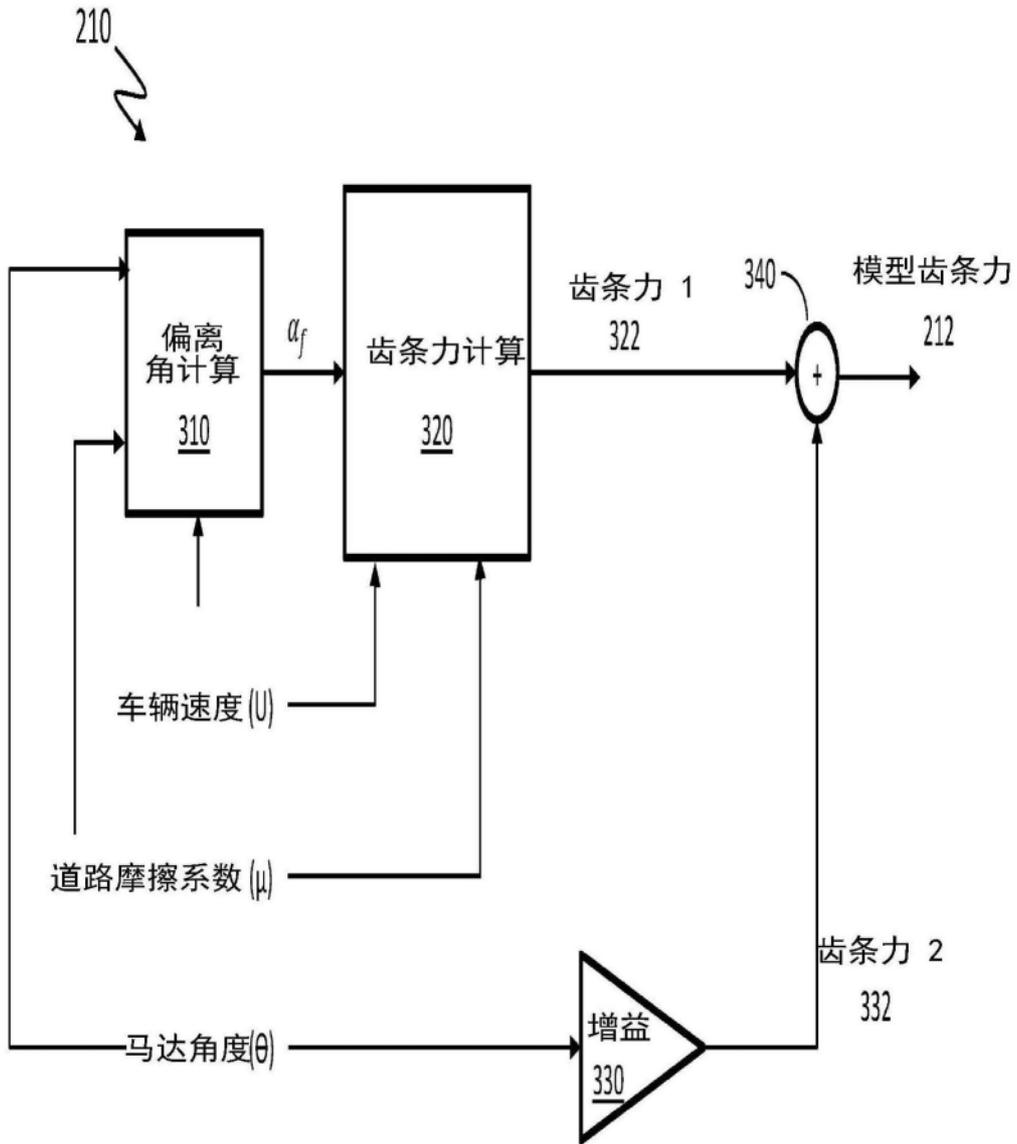


图5

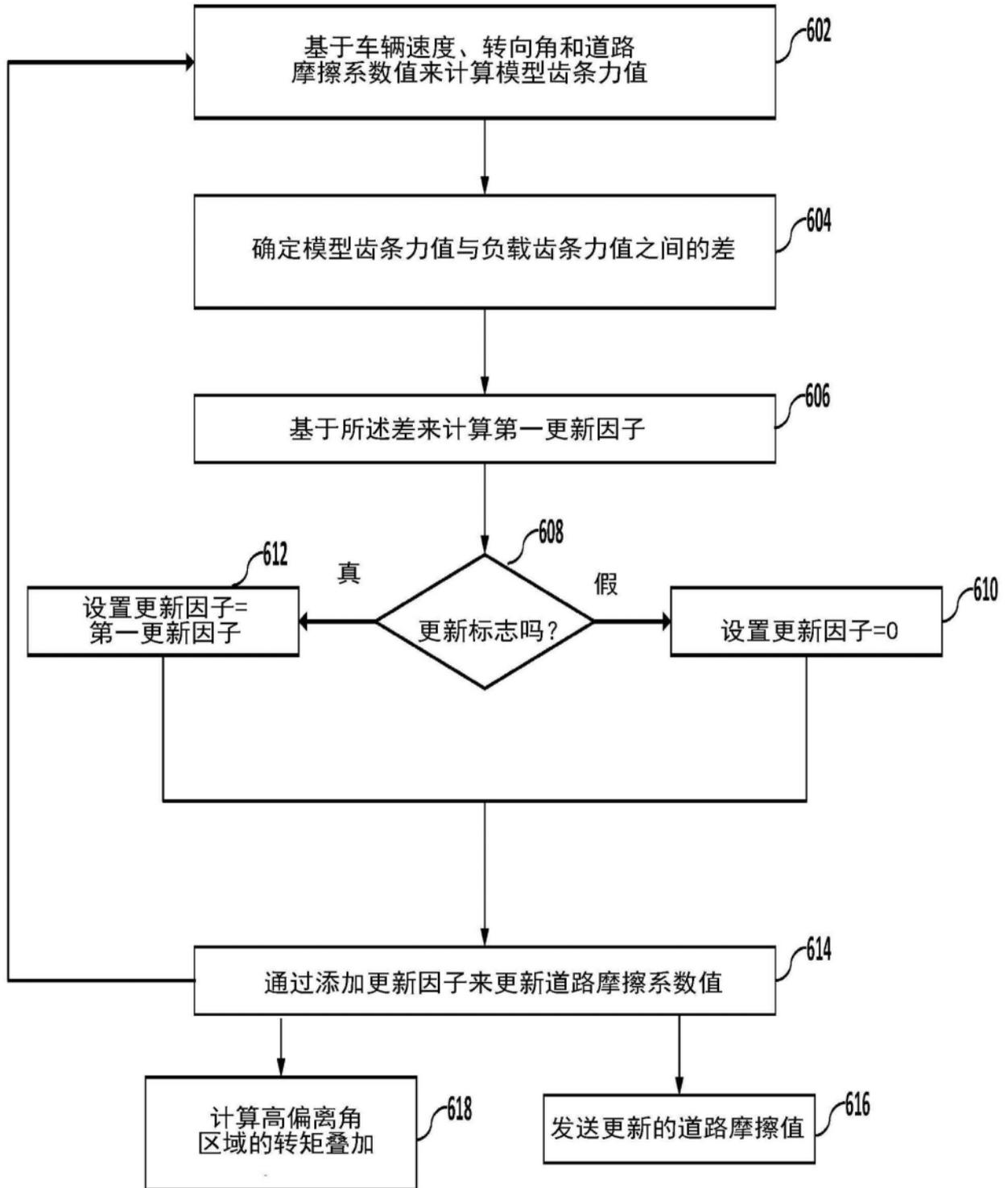


图6