



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118182623 A

(43) 申请公布日 2024.06.14

(21) 申请号 202311120512.7

(22) 申请日 2023.08.31

(30) 优先权数据

18/065,894 2022.12.14 US

(71) 申请人 通用汽车环球科技运作有限责任公司

地址 美国密歇根州

(72) 发明人 T·A·西克德 J·B·麦格罗  
J·卢 M·沙里亚里

(74) 专利代理机构 北京洛科寰宇知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11962

专利代理师 刘茵 闫猛

(51) Int.Cl.

B62D 5/04 (2006.01)

B60W 40/109 (2012.01)

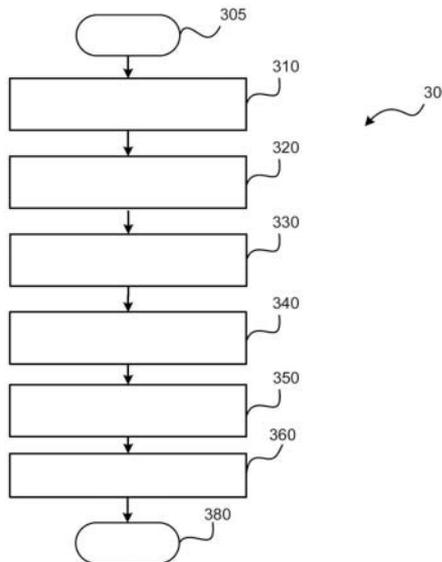
权利要求书1页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

用于自动驾驶控制的电动助力转向参数的  
在线评估方法和系统

(57) 摘要

提供了用于控制包括电动助力转向系统 (EPS) 的车辆的方法和系统。在实施例中,方法包括:通过处理器基于参考路径数据和车辆动力学数据来确定横向加速度参考;通过处理器基于测得的横向加速度数据和测得的转向角数据中的至少一个以及测得的扭矩数据来确定系数数据;通过处理器基于系数和参考横向加速度数据来确定扭矩命令;并且通过处理器基于扭矩命令来生成对EPS的转向命令。



1. 一种控制包括电动助力转向系统(EPS)的车辆的方法,所述方法包括:  
通过处理器基于参考路径数据和车辆动力学数据来确定横向加速度参考;  
通过所述处理器基于测得的横向加速度数据和测得的转向角数据中的至少一个以及测得的扭矩数据来确定系数数据;  
通过所述处理器基于所述系数和所述参考横向加速度数据来确定扭矩命令;并且  
通过所述处理器基于所述扭矩命令来生成对所述EPS的转向命令。
2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:通过处理器基于所述测得的横向加速度数据来定义第一线性模型,其中,所述系数数据与所述第一线性模型相关联。
3. 根据权利要求1所述的方法,还包括:通过处理器基于所述测得的转向角数据来定义第二线性模型,其中,所述系数数据与所述第二线性模型相关联。
4. 根据权利要求2所述的方法,还包括:通过处理器基于所述测得的转向角数据来定义第二线性模型,其中,所述系数数据基于所述第一线性模型和所述第二线性模型之间的混合方法。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述混合方法基于车辆速度。
6. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述第一线性模型和所述第二线性模型中的至少一个的所述系数数据基于自适应滤波方法。
7. 根据权利要求4所述的方法,还包括:确定与车辆速度、横向加速度、横摆角速度、方向盘角度、扭矩命令和传感器诊断相关联的条件何时被满足,并且其中所述系数数据的确定响应于所述条件何时被满足的确定。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述确定所述参考横向加速度基于:

$$A_{y,ref} = \frac{V_x^2 \delta_{ref} + Lg \sin \Phi_r}{L + K_{us} V_x^2},$$

其中, $V$ 表示车辆速度, $g$ 表示重力, $\delta_{ref}$ 转向表示角参考, $L$ 表示车辆轴距, $\Phi_r$ 表示路堤角度,并且 $K_{us}$ 表示车辆转向不足系数。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述确定所述参考横向加速度基于:

$$A_{y,ref} = V_x^2 K_{path} + g \sin \Phi_r,$$

其中, $V$ 表示车辆速度, $g$ 表示重力, $\Phi_r$ 表示路堤角度,并且 $K_{path}$ 表示路径曲率。

10. 一种车辆控制系统,所述系统包括:  
非暂时性计算机可读介质,包括程序指令;以及  
至少一个处理器,与所述非暂时性计算机可读介质可操作通信,所述至少一个处理器被配置为执行所述程序指令,其中,所述程序指令被配置为使所述至少一个处理器:  
基于参考路径数据和车辆动力学数据来确定横向加速度参考;  
基于测得的横向加速度数据和测得的转向角数据中的至少一个以及测得的扭矩数据来确定系数数据;  
基于所述系数和所述参考横向加速度数据来确定扭矩命令;并且  
基于所述扭矩命令来生成对EPS的转向命令。

## 用于自动驾驶控制的电动助力转向参数的在线评估方法和系统

### 技术领域

[0001] 本公开总体上涉及车辆的自动横向控制以及相关的方法和系统。

### 背景技术

[0002] 自主车辆是能够感测其环境并在很少或没有用户输入的情况下导航的车辆。自主车辆使用诸如雷达、激光雷达、图像传感器等传感装置来感测其环境。自主车辆系统还使用来自诸如全球定位系统(GPS)等的系统的信息来导航。然而,可能期望在例如控制自主车辆转向时改进自主车辆的控制。

[0003] 车辆自动化被分类为从零级到五级的数值级别,零级对应于全部人类控制的非自动化,并且五级对应于没有人类控制的全自动化。诸如巡航控制、自适应巡航控制、车道保持控制、车道居中控制和停车辅助系统等各种自动驾驶员辅助系统对应较低的自动化水平,而真正的“无人驾驶”车辆对应较高的自动化水平。不同自动化水平的各种自动驾驶员辅助系统依赖于通过转向系统对车辆的有效横向控制。

[0004] 电动助力转向系统(EPS:electric power steering system)基于所请求扭矩通过电机提供转向辅助。所请求扭矩是通过基于转向系统的一个或多个所感测参数确定的扭矩命令来实现的。在一些情况下,所感测参数中的一者(诸如侧偏角等)可能不可用于确定扭矩命令。

[0005] 因此,期望提供用于在所感测参数不可用时确定扭矩命令并且基于该扭矩命令控制转向系统的方法和系统。此外,结合附图和前述技术领域和背景技术,根据后续详细描述和所附权利要求,本发明的其他期望的特征和特性将显而易见。

### 发明内容

[0006] 提供了用于控制包括电动助力转向系统(EPS)的车辆的方法和系统。在实施例中,方法包括:通过处理器基于参考路径数据和车辆动力学数据来确定横向加速度参考;通过处理器基于测得的横向加速度数据和测得的转向角数据中的至少一个以及测得的扭矩数据来确定系数数据;通过处理器基于系数和参考横向加速度数据来确定扭矩命令;并且通过处理器基于扭矩命令来生成对EPS的转向命令。

[0007] 根据权利要求1所述的方法,还包括:通过处理器基于测得的横向加速度数据来定义第一线性模型,其中,系数数据与第一线性模型相关联。

[0008] 在各种实施例中,该方法包括:通过处理器基于测得的转向角数据来定义第二线性模型,其中,系数数据与第二线性模型相关联。

[0009] 在各种实施例中,该方法包括:通过处理器基于测得的转向角数据来定义第二线性模型,其中,系数数据基于第一线性模型和第二线性模型之间的混合方法。

[0010] 在各种实施例中,混合方法基于车辆速度。

[0011] 在各种实施例中,第一线性模型和第二线性模型中的至少一个的系数数据基于自

适应滤波方法。

[0012] 在各种实施例中,该方法包括基于转向系统中的变化来重置初始猜测和置信值中的至少一个。

[0013] 在各种实施例中,该方法包括确定与车辆速度、横向加速度、横摆角速度、方向盘角度、扭矩命令和传感器诊断相关联的条件何时被满足,并且其中系数数据的确定响应于条件何时被满足的确定。

[0014] 在各种实施例中,基于下式确定参考横向加速度:

$$[0015] \quad A_{y,ref} = \frac{V_x^2 \delta_{ref} + Lg \sin \Phi_r}{L + K_{us} V_x^2},$$

[0016] 其中,V表示车辆速度,g表示重力, $\delta_{ref}$ 表示转向角参考,L表示车辆轴距, $\Phi_r$ 表示路堤角度,并且 $K_{us}$ 表示车辆转向不足系数。

[0017] 在各种实施例中,基于下式确定参考横向加速度:

$$[0018] \quad A_{y,ref} = V_x^2 K_{path} + g \sin \Phi_r,$$

[0019] 其中,V表示车辆速度,g表示重力, $\Phi_r$ 表示路堤角度,并且 $K_{path}$ 表示路径曲率。

[0020] 在另一实施例中,车辆控制系统包括:非暂时性计算机可读介质,包括程序指令;以及至少一个处理器,与非暂时性计算机可读介质可操作通信,该至少一个处理器被配置为执行程序指令,其中程序指令被配置为使至少一个处理器:基于参考路径数据和车辆动力学数据来确定横向加速度参考;基于测得的横向加速度数据和测得的转向角数据中的至少一个以及测得的扭矩数据来确定系数数据;基于系数和参考横向加速度数据来确定扭矩命令;并且基于扭矩命令来生成对EPS的转向命令。

[0021] 在各种实施例中,程序指令还被配置为基于测得的横向加速度数据来定义第一线性模型,其中,系数数据与第一线性模型相关联。

[0022] 在各种实施例中,程序指令还被配置为基于测得的转向角数据来定义第二线性模型,其中,系数数据与第二线性模型相关联。

[0023] 在各种实施例中,程序指令还被配置为基于测得的转向角数据来定义第二线性模型,其中,系数数据基于第一线性模型和第二线性模型之间的混合方法。

[0024] 在各种实施例中,混合方法基于车辆速度。

[0025] 在各种实施例中,其中第一线性模型和第二线性模型中的至少一个的系数数据基于自适应滤波方法。

[0026] 在各种实施例中,程序指令还被配置为基于转向系统中的变化来重置初始猜测和置信值中的至少一个。

[0027] 在各种实施例中,程序指令还被配置为确定与车辆速度、横向加速度、横摆角速度、方向盘角度、扭矩命令和传感器诊断相关联的条件何时被满足,并且其中系数数据的确定响应于条件何时被满足的确定。

[0028] 在各种实施例中,程序指令被配置为基于下式确定参考横向加速度:

$$[0029] \quad A_{y,ref} = \frac{V_x^2 \delta_{ref} + Lg \sin \Phi_r}{L + K_{us} V_x^2},$$

[0030] 其中,V表示车辆速度,g表示重力, $\delta_{ref}$ 表示转向角参考,L表示车辆轴距, $\Phi_r$ 表示

路堤角度,并且 $K_{us}$ 表示车辆转向不足系数。

[0031] 在各种实施例中,程序指令被配置为基于下式确定参考横向加速度:

$$[0032] \quad A_{y,ref} = V_x^2 K_{path} + g \sin \Phi_r,$$

[0033] 其中, $V$ 表示车辆速度, $g$ 表示重力, $\Phi_r$ 表示路堤角度,并且 $K_{path}$ 表示路径曲率。

### 附图说明

[0034] 在下文中将结合以下附图描述示例性实施例,其中相同的附图标记表示相同的元件,并且其中:

[0035] 图1是示出根据各种实施例的具有横向车辆控制系统的车辆的功能框图;

[0036] 图2是根据各种实施例的横向车辆控制系统的图;并且

[0037] 图3是示出根据各种实施例的用于控制车辆的横向车辆控制方法的流程图。

### 具体实施方式

[0038] 以下详细描述本质上仅是示例性的,并不旨在限制应用和用途。此外,无意受前述技术领域、背景技术、发明内容或以下详细描述中提出的任何明示或暗示的理论的约束。如本文所使用的,术语模块是指专用集成电路(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、专用的或组)和存储器、组合逻辑电路和/或提供所描述的功能的其他合适的部件。

[0039] 本文中可以按照功能和/或逻辑块部件以及各种处理步骤来描述本公开的实施例。应当理解,这样的块部件可以通过被配置为执行指定功能的任何数量的硬件、软件和/或固件部件来实现。例如,本公开的实施例可以采用各种集成电路部件,例如存储器元件、数字信号处理元件、逻辑元件、查找表等,这些部件可以在一个或多个微处理器或其他控制设备的控制下执行各种功能。此外,本领域技术人员将理解,本公开的实施例可以结合任何数量的系统来实践,并且本文描述的系统仅仅是本公开的示例性实施例。

[0040] 为了简洁起见,本文可能不详细描述与信号处理、数据传输、信令、控制和系统(以及系统的各个操作部件)的其他功能方面相关的常规技术。此外,本文所包含的各种图中所示的连接线旨在表示各种元件之间的示例功能关系和/或物理联接。应当注意,在本公开的实施例中可以存在许多替代的或附加的功能关系或物理连接。

[0041] 参照图1,根据各种实施例,总体上以100示出的横向车辆控制系统与车辆10相关联。通常,横向车辆控制系统100使用自适应模型来将扭矩命令与扭矩实现的评估参数相关联。评估模型参数用于前馈扭矩控制,以在例如未直接校准转向控制器(诸如针对拖车运输、温度变化或轮胎磨损变化等)的条件下提高转向控制器的鲁棒性。

[0042] 如图1所示,车辆10通常包括底盘12、车身14、前轮16和后轮18。在所示实施例中,虽然车辆10被描绘为乘用车,但是应当理解,横向车辆控制系统100可以包含在包括卡车、运动型多用途车(SUV)、休闲车(RV)等的任何其他车辆内,也可以被使用。

[0043] 在各种实施例中,车身14布置在底盘12上并且基本上包围车辆10的部件。主体14和底盘12可以共同形成框架。车轮16-18各自在车身14的相应拐角附近可旋转地联接到底盘12。

[0044] 在各种实施例中,车辆10是被自动控制以将乘客和/或货物从一个地方运送到另一个地方的自主或半自主车辆。例如,在示例性实施例中,车辆10是所谓的二级、三级、四级或五级自动化系统。二级自动化是指车辆在驾驶员监督下协助驾驶员进行各种驾驶任务。三级自动化是指车辆可以在特定情况下接管所有驾驶功能。包括制动、转向和加速在内的所有主要功能都是自动化的。在此级别下,驾驶员可以完全脱离,直到车辆另外地通知驾驶员。四级系统表示“高度自动化”,是指即使人类驾驶员没有适当地响应干预请求,自动驾驶系统也在动态驾驶任务的所有方面的特定驾驶模式性能。五级系统表示“完全自动化”,是指在能够由人类驾驶员管理的所有道路和环境条件下,自动驾驶系统在动态驾驶任务的所有方面的全时性能。

[0045] 如图所示,车辆10通常包括推进系统20、传动系统22、转向系统24、制动系统26、传感器系统28、致动器系统30、至少一个数据存储设备32、至少一个控制器34和通信系统36。推进系统20被配置为产生动力以推进车辆。在各种实施例中,推进系统20可以包括内燃机、诸如牵引电机等的电动机、燃料电池推进系统和/或其他类型推进配置。传动系统22被配置为根据可选的速比将动力从推进系统20传输到车轮16-18。根据各种实施例,传动系统22可以包括级比自动变速器、无级变速器或其他适当的变速器。制动系统26被配置为向车轮16-18提供制动扭矩。在各种实施例中,制动系统26可以包括摩擦制动器、线控制动器、诸如电机等的再生制动系统和/或其他适当的制动系统。

[0046] 转向系统24被配置为影响车轮16的位置。尽管出于说明的目的被描绘为包括方向盘和转向柱,但是在本公开范围内设想的一些实施例中,转向系统24可以不包括方向盘和/或转向柱。转向系统24包括转向柱,转向柱通过例如齿条和小齿轮或其他机构(未示出)连接到与前轮16相关联的车轴50。可替换地,转向系统24可以包括线控转向系统,该线控转向系统包括与每个前轮16相关联的致动器。

[0047] 转向系统24包括电动助力转向(EPS)系统80,该电动助力转向系统80包括电动转向电机。电动转向电机响应于车辆驾驶员转动方向盘和/或自主控制系统确定横向控制信号而提供电动转向辅助。换言之,EPS系统80被配置为使车轮16转动由驾驶员/控制系统所命令的量,使得车轮16在道路上的转动更容易。如本领域普通技术人员所理解的,EPS系统80通过在EPS辅助转向操纵期间向转向电机施加电机扭矩命令来在车辆10的转向中电动地辅助驾驶员。可以理解,与自主或半自主系统相关联的这种辅助转向操纵可以包括但不限于防撞转向、车道保持辅助转向和其他ADAS特征。

[0048] 传感器系统28包括一个或多个感测设备40a-40n,感测设备感测车辆10的外部环境和/或内部环境的可观察条件。感测设备40a-40n可以包括但不限于雷达、激光雷达、全球定位系统、光学相机、热像仪、超声波传感器和/或其他传感器。在各种实施例中,感测设备40a-40n包括HWA(Hand Wheel Angle:手轮角度,或Road Wheel Angle:道路轮角度)传感器、转向扭矩传感器和/或一个或多个车辆动力学传感器。HWA传感器提供方向盘角度的测量值。例如,HWA传感器可以是安装到转向柱的转向角传感器,该转向角传感器测量方向盘和转向柱的旋转并提供指示该旋转的转向角信号。驾驶员所施加扭矩传感器可以安装到转向柱,该传感器测量转向柱上的扭矩并提供指示该扭矩的扭矩信号。可替换地,代替使用转向角传感器来提供转向角,可以采用小齿轮角(PA:pinion angle)传感器来提供转向角,这提供了对道路轮角度的更直接测量,正如本领域技术人员所熟知的。

[0049] 车辆动力学传感器提供包括纵向速度、横摆角速度、横向加速度、纵向加速度等的车辆动力学数据。车辆动力学传感器可以包括测量与车辆10的一个或多个车轮有关的信息的车轮传感器。在一个实施例中，车轮传感器包括联接到车辆10的车轮16-18中的每一个的车轮速度传感器。此外，车辆动力学传感器可以包括一个或多个加速度计(作为惯性测量单元(IMU:Inertial Measurement Unit)的一部分提供)，一个或多个加速度计测量与车辆10的加速度有关的信息。在各种实施例中，加速度计测量车辆10的一个或多个加速度值，这些加速度值包括横向和纵向加速度以及横摆角速度。

[0050] 致动器系统30包括一个或多个致动器设备42a-42n，致动器设备控制诸如但不限于推进系统20、传动系统22、转向系统24和制动系统26等的一个或多个车辆特征。在各种实施例中，车辆特征还可以包括内部和/或外部车辆特征，这些特征诸如但不限于车门、后备箱和诸如空气、音乐、照明等(未编号)的车厢特征。

[0051] 通信系统36被配置为往来于其他实体48无线地通信信息，这些实体诸如但不限于其他车辆(“V2V”通信)、基础设施(“V2I”通信)、远程系统和/或个人设备。在示例性实施例中，通信系统36是被配置为经由使用IEEE 802.11标准的无线局域网(WLAN)或通过使用蜂窝数据通信进行通信的无线通信系统。然而，诸如专用短程通信(DSRC:dedicated short-range communication)信道等的附加或替代通信方法也被认为在本公开的范围内。DSRC信道是指专门为汽车使用以及相应的一组协议和标准而设计的单向或双向短程到中程无线通信信道。

[0052] 数据存储设备32存储用于自动地控制车辆10的数据。在各种实施例中，数据存储设备32存储可导航环境的定义地图。在各种实施例中，定义地图可以由远程系统预定义并从远程系统获得。例如，定义地图可以由远程系统组装并且(无线地和/或以有线方式)通信到车辆10并存储在数据存储设备32中。可以理解，数据存储设备32可以是控制器34的一部分、可以与控制器34分离或者可以是控制器34的一部分和单独系统的一部分。

[0053] 控制器34包括至少一个处理器44和计算机可读存储设备或介质46。处理器44可以是任何定制的或市售的处理器、中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)、与控制器34相关联的几个处理器中的辅助处理器、基于半导体的微处理器(以微芯片或芯片组的形式)、宏处理器、它们的任何组合，或者通常是用于执行指令的任何设备。计算机可读存储设备或介质46可以包括例如只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)和保活存储器(KAM)中的易失性和非易失性存储。KAM是持久性或非易失性存储器，可用于在处理器44断电时存储各种操作变量。计算机可读存储设备或介质46可以使用多种已知存储器设备中的任何一种来实现，诸如PROM(可编程只读存储器)、EPROM(电PROM)、EEPROM(电可擦除PROM)、闪速存储器、或能够存储数据(其中的一些表示在控制车辆10时由控制器34使用的可执行指令)的任何其他电、磁、光或组合存储器设备。

[0054] 指令可以包括一个或多个单独的程序，每个程序包括用于实现逻辑功能的可执行指令的有序列表。当由处理器44执行时，指令接收并处理来自传感器系统28的信号，执行用于自动控制车辆10的部件的逻辑、计算、方法和/或算法，并向致动器系统30生成控制信号，以基于逻辑、计算和方法/或算法自动控制车辆10的部件。尽管在图1中仅示出了一个控制器34，但是车辆10的实施例可以包括任何数量的控制器34，这些控制器通过任何合适的通信介质或通信介质的组合进行通信，并且协作以处理传感器信号，执行逻辑、计算、方法

和/或算法,并产生控制信号以自动控制车辆10的特征。在各种实施例中,控制器34的一个或多个指令体现在横向车辆控制系统100中,并且当由处理器44执行时,实现参照图2和图3描述的横向车辆控制系统100和方法。特别地,控制器34的指令对诸如转向系统的自对准扭矩等的评估参数进行建模,而不需要一定的侧偏角测量,以便提高控制的鲁棒性。

[0055] 现在参照图2并继续参照图1,数据流图示出了根据各种实施例的横向车辆控制系统100的各种实施例,该横向车辆控制系统可以嵌入在图1的控制器34内。横向车辆控制系统100的输入可以从传感器系统28接收,从与车辆10相关联的其他控制模块(未示出)接收,和/或由控制器34内的其他子模块(未示出)确定/建模。可以理解,图2所示的子模块可以被组合和/或进一步划分,以类似地生成用于控制车辆10的转向的控制信号。控制器34的输入可以从传感器系统28接收,从车辆10的其他控制模块(未示出)接收,和/或由控制器34的其他子模块(未示出)确定。在各种实施例中,控制器34包括参考横向加速度确定模块102、自对准扭矩系数确定模块104、前馈扭矩确定模块106和总扭矩确定模块108。

[0056] 参考横向加速度确定模块102接收参考路径数据110和车辆动力学数据112作为输入。在各种实施例中,参考路径数据110包括关于所确定的要遵循的路径的信息,该信息包括诸如但不限于路堤角度、道路曲率、转向角参考等的道路特征数据。在各种实施例中,车辆动力学数据112包括关于车辆10的诸如但不限于车辆速度等的信息。参考横向加速度确定模块102计算与参考转向角相关联的参考横向加速度,以实现期望的路径,并基于该参考横向加速度生成参考横向加速度数据114。

[0057] 例如,参考横向加速度确定模块102通过使用车辆动力学和如下关系式对转向角参考进行转换来计算参考横向加速度 $A_{y,ref}$ :

$$[0058] \quad A_{y,ref} = \frac{V_x^2 \delta_{ref} + Lg \sin \Phi_r}{L + K_{us} V_x^2}, \quad (1)$$

[0059] 其中, $V$ 表示车辆速度, $g$ 表示重力, $\delta_{ref}$ 表示转向角参考, $L$ 表示车辆轴距, $\Phi_r$ 表示路堤角度,并且 $K_{us}$ 表示车辆转向不足系数。

[0060] 在另一示例中,参考横向加速度确定模块基于参考路径特性和如下关系式来计算参考横向加速度 $A_{y,ref}$ :

$$[0061] \quad A_{y,ref} = V_x^2 K_{path} + g \sin \Phi_r, \quad (2)$$

[0062] 其中, $V$ 表示车辆速度, $g$ 表示重力, $\Phi_r$ 表示路堤角度,并且 $K_{path}$ 表示路径曲率。

[0063] 自对准扭矩系数确定模块104接收测得的横向加速度数据116、测得的转向角数据118和测得的转向扭矩数据119作为输入。自对准扭矩系数确定模块104确定一个或多个自对准扭矩系数,并基于其生成系数数据120。例如,自对准扭矩系数确定模块104使用诸如但不限于递归最小二乘(RLS:recursive least squares)方法等的自适应滤波技术来确定与一个或多个线性模型相对应的自对准扭矩系数 $K_s$ 。可以理解,线性模型可以是预先定义的和/或实时学习的。例如,第一模型将测得的转向扭矩与测得的横向加速度相关。自对准扭矩系数确定模块104使用第一模型来确定系数 $K_{s,Ay}$ 。在另一示例中,第二模型将测得的转向扭矩与测得的转向角相关。自对准扭矩系数确定模块104使用第二模型来确定系数 $K_{s,\theta}$ 。

[0064] 在各种实施例中,自对准扭矩系数确定模块104在表明转向系统的行为发生剧烈变化的各种条件下重置RLS模型中使用的初始猜测和/或置信值,从而使评估器更快地收敛

到参数的更新评估。在各种实施例中,当已经满足基于车辆速度、横向加速度、横摆角速度、方向盘角度、扭矩命令和其他传感器诊断的各种条件时,自对准扭矩系数确定模块104计算自对准扭矩系数。

[0065] 前馈扭矩确定模块106接收系数数据120和参考横向加速度数据114作为输入。前馈扭矩确定模块106确定前馈扭矩并基于该前馈扭矩生成前馈控制扭矩数据122。例如,前馈扭矩确定模块106使用以下关系式基于系数 $K_s$ 和参考横向加速度 $A_{y,ref}$ 的乘积来计算前馈扭矩 $\tau_{ff}$ :

$$[0066] \quad \tau_{ff} = K_s A_{y,ref} \quad (3)$$

[0067] 在各种实施例中,当系数数据120包括系数 $K_{s,A_y}$ 时,使用以下关系式来确定前馈扭矩:

$$[0068] \quad \tau_{ff} = K_{s,A_y} A_{y,ref} \quad (4)$$

[0069] 在各种实施例中,当系数数据120包括系数 $K_{s,0}$ 时,使用以下关系式来确定前馈扭矩:

$$[0070] \quad \tau_{ff} = K_{s,0} A_{y,ref} \quad (5)$$

[0071] 在各种实施例中,当系数数据120包括两个系数 $K_{s,A_y}$ 和 $K_{s,0}$ 时,前馈扭矩确定模块106基于混合方法来确定前馈扭矩,该混合方法混合使用基于例如车辆速度或一些其他车辆动力学而不同的计算出的前馈扭矩。

[0072] 例如,当车辆速度大于定义的阈值时,使用关系式(4)计算前馈扭矩,其中自对准扭矩是主要的物理现象,并且当车辆速度小于阈值时,利用关系式(5)计算前馈扭矩以获得摩擦和阻尼的影响。

[0073] 总扭矩确定模块108接收前馈控制扭矩数据122和反馈控制扭矩数据124作为输入。在各种实施例中,基于转向角参考和测得的转向角来确定反馈控制扭矩。

[0074] 总扭矩确定模块108基于前馈扭矩和反馈扭矩来确定总扭矩,并基于此生成命令总扭矩数据126。例如,总扭矩确定模块108使用以下关系式来计算总扭矩 $\tau_{total}$ :

$$[0075] \quad \tau_{total} = \tau_{ff} + \tau_{fb} \quad (6)$$

[0076] 其中, $\tau_{fb}$ 表示反馈扭矩。因此,图2的系统提供了用于使用在线评估的未知参数来生成总扭矩命令的示例性实施例,其中使用评估的横向加速度值来代替轮胎侧偏角,以实现来自第一原理的自对准扭矩特性。

[0077] 现在参照图3并继续参照图1至图2,流程图示出了根据本公开的可以由图1的横向车辆控制系统100执行的过程300。根据本公开可以理解,过程300内的操作顺序不限于如图3所示的执行顺序,而是可以在适用的情况下并根据本公开以一个或多个不同顺序来执行。在各种实施例中,过程300可以被调度为基于一个或多个预定事件运行,和/或可以在车辆10的操作期间连续运行,和/或可以在车辆10的运行之前离线运行。

[0078] 在一个实施例中,过程300可以在305处开始。在310处接收参考路径数据。在320处确定用于实现参考路径的参考横向加速度。在330处,如上文所讨论,使用一个或多个线性模型(例如,当车辆条件已经满足时)来确定自对准扭矩系数。在340处,例如基于如上讨论的关系式(4)和/或关系式(5)来确定前馈控制扭矩。然后,在350处,例如基于关系式(6),基

于前馈控制扭矩和反馈控制扭矩来确定总扭矩。在360处,向转向系统24产生总扭矩以根据参考路径来控制车辆10。此后,过程300可以在370处结束。

[0079] 虽然在前述详细描述中已经提出了至少一个示例性实施例,但是应当理解,存在大量的变型。还应当理解的是,一个或多个示例性实施例仅是示例,并不旨在以任何方式限制本公开的范围、适用性或配置。相反,前述详细描述将为本领域技术人员提供用于实现一个或多个示例性实施例的便利路线图。应当理解,在不脱离如所附权利要求及其合法等同物中所阐述的本公开的范围的情况下,可以对元件的功能和布置进行各种改变。

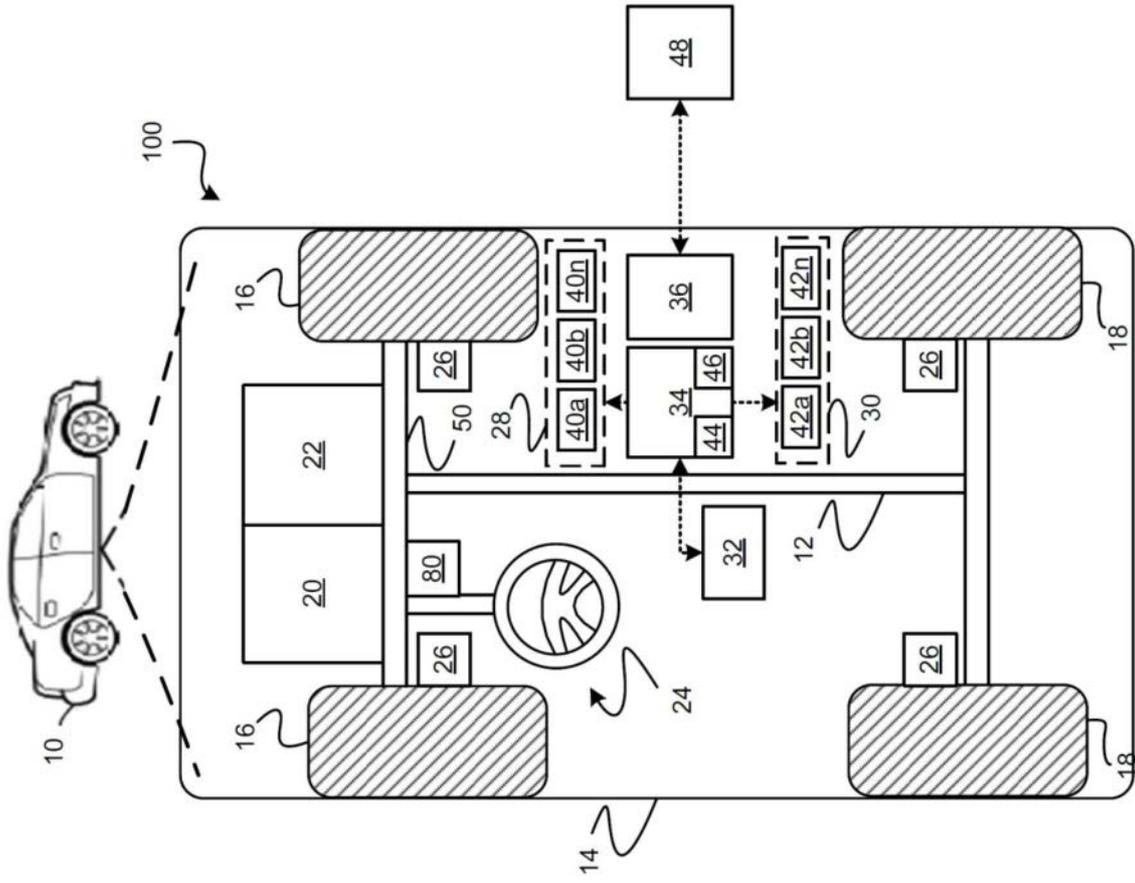


图1

34 ↗

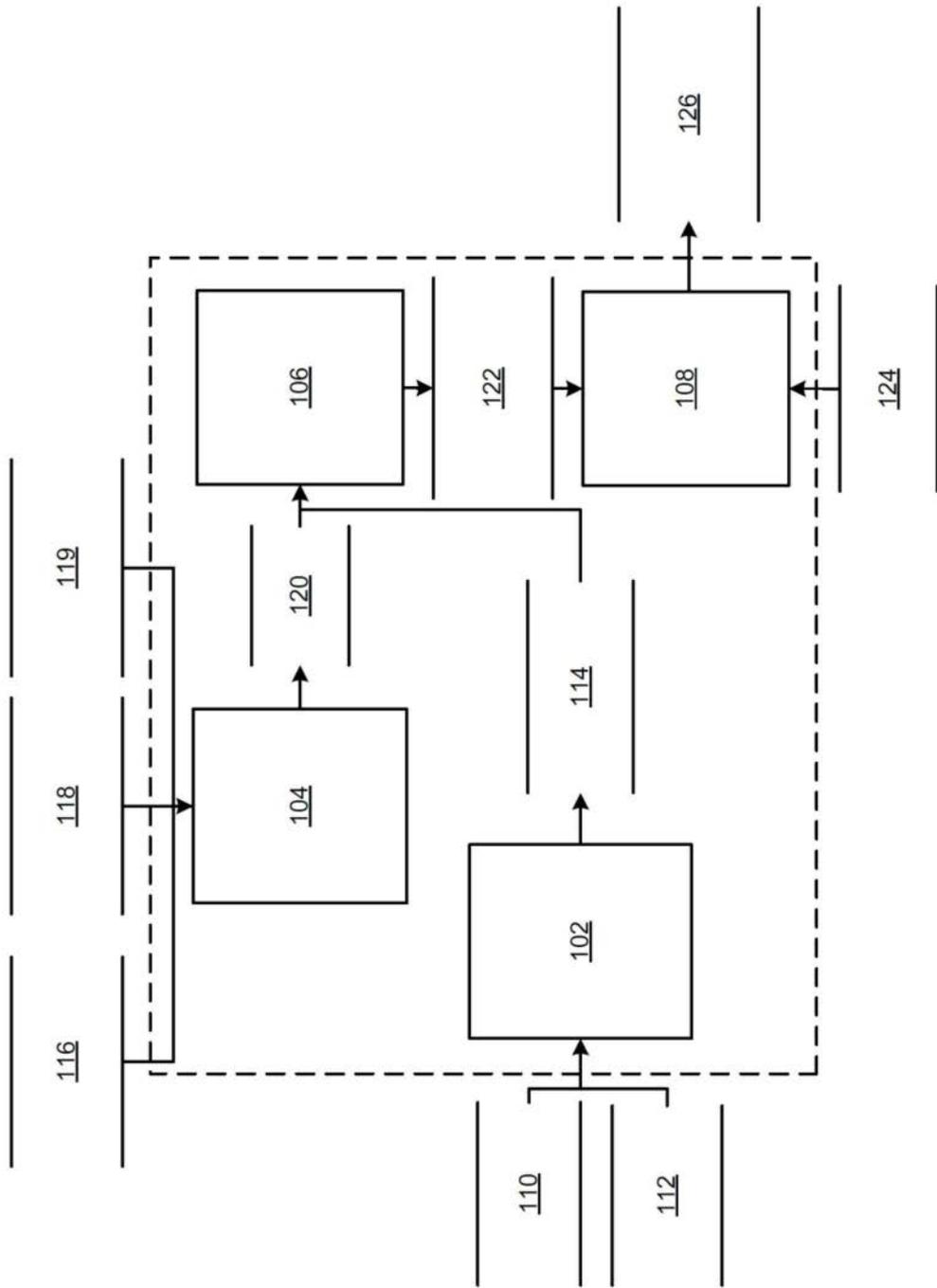


图2

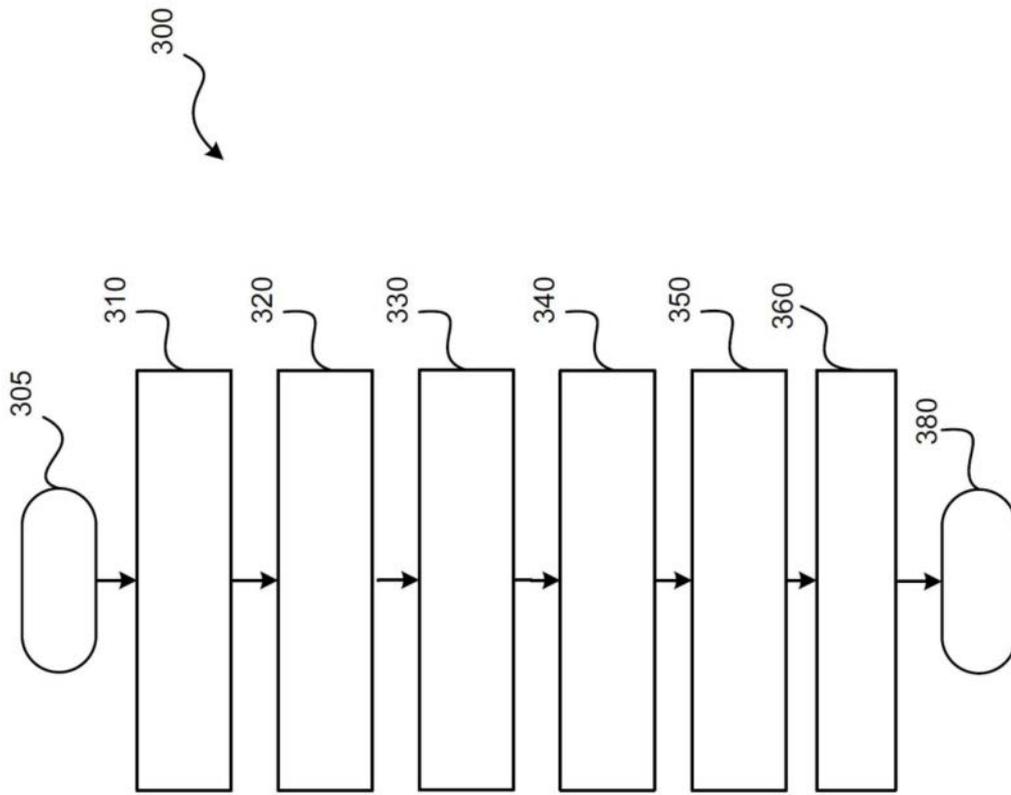


图3