



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107223103 B

(45)授权公告日 2019.05.24

(21)申请号 201680001431.7

周小成 罗赛

(22)申请日 2016.07.05

(74)专利代理机构 北京睿邦知识产权代理事务

(65)同一申请的已公布的文献号

所(普通合伙) 11481

申请公布号 CN 107223103 A

代理人 张丽新

(43)申请公布日 2017.09.29

(51)Int.Cl.

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

B62D 5/04(2006.01)

2016.11.22

B62D 6/00(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

(56)对比文件

PCT/CN2016/088559 2016.07.05

CN 102307774 A, 2012.01.04, 说明书

(87)PCT国际申请的公布数据

[0027]-[0037]段及附图1-5.

W02018/006261 ZH 2018.01.11

CN 103419839 A, 2013.12.04, 全文.

(73)专利权人 驭势科技(北京)有限公司

JP 2004299604 A, 2004.10.28, 全文.

地址 102400 北京市房山区弘安路85号2号楼401室

JP 2014205457 A, 2014.10.30, 全文.

CN 101734278 A, 2010.06.16, 全文.

CN 103921841 A, 2014.07.16, 全文.

(72)发明人 姜岩 彭进展 周鑫 张丹

审查员 孙勤英

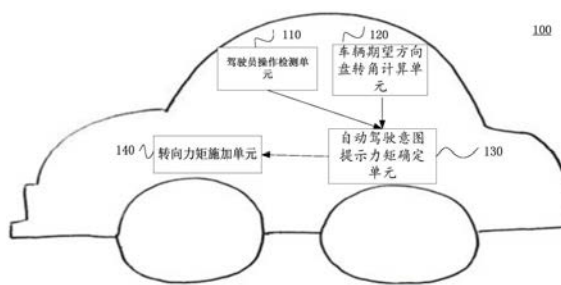
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

自动驾驶汽车转向控制方法和控制系统

(57)摘要

提供了用于车辆自动驾驶的转向控制方法和转向控制系统:基于自动规划控制运算得到车辆期望方向盘转角信息;检测驾驶员是否对方向盘施加了有效转矩;在检测到驾驶员对方向盘施加了有效转矩时,计算驾驶员控制的方向盘所处转角与车辆期望方向盘转角之间的偏差,并根据两者的偏差确定自动驾驶意图提示力矩,该自动驾驶意图提示力矩将被施加到转向系统上。本公开的转向控制技术,根据自动驾驶系统计算的期望方向盘转角通过改变力矩方式对人的驾驶操作产生影响,不会强行改变驾驶员转向操作,但是可以为驾驶员提示来自自动驾驶的推荐驾驶行为,同时,在大部分情况下可以使驾驶员以近乎零操作的方式参与转向控制过程,提高了驾驶过程的安全性和舒适性。



1. 一种自动驾驶汽车转向控制方法,包括:

基于自动规划控制运算得到车辆期望方向盘转角信息;

检测驾驶员是否对方向盘施加了有效转矩;

在检测到驾驶员对方向盘施加了有效转矩时,计算驾驶员控制的方向盘所处转角与车辆期望方向盘转角之间的偏差,并根据两者的偏差确定自动驾驶意图提示力矩,该自动驾驶意图提示力矩将被施加到转向系统上,且自动驾驶意图提示力矩与驾驶员提供的力矩的方向相反。

2. 根据权1的控制方法,根据两者的偏差确定自动驾驶意图提示力矩包括:

所述偏差越大,确定越大的自动驾驶意图提示力矩,从而偏差越大,驾驶员需要提供的力矩越大。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,在驾驶员对方向盘施加有效转矩的情况下,对方向盘施加的转向力矩包括:驾驶员的转向力矩、汽车转向助力系统的助力转向力矩和所述自动驾驶意图提示力矩。

4. 根据权利要求3所述的方法,通过如下公式来确定所述自动驾驶意图提示力矩 τ_c :

$$\tau_c = -\text{sig}(\tau_{\text{driver}}) \cdot f(\text{fabs}(\Delta\beta))$$

其中, $\Delta\beta$ 由下式决定:

$$\Delta\beta = \beta_e - \beta_{\text{driver}}$$

其中 τ_{driver} 指示驾驶员当前施加的力矩, β_e 指示自动驾驶期望转角, β_{driver} 指示方向盘转角, $\text{sig}(\tau_{\text{driver}})$ 表示驾驶员当前施加的力矩的方向;

f 是 $\Delta\beta$ 绝对值的正相关函数,满足条件:

$$f(0) = 0$$

$$0 \leq \text{fabs}(\tau_c) \leq \text{fabs}(\tau_{\text{eps}})$$

其中 τ_{eps} 指示转向助力力矩, $\text{fabs}(\tau_c)$ 表示 τ_c 的绝对值。

5. 根据权利要求1到4任一项所述的控制方法,还包括判断自动驾驶系统工作的可信状态的步骤,以及

当判断自动驾驶系统工作处于高可靠性状态时,在所述自动驾驶意图提示力矩确定步骤中,增加根据两者的偏差确定由转向控制器输出的自动驾驶意图提示力矩;当判断自动驾驶系统工作处于低可靠性状态时,在所述自动驾驶意图提示力矩确定步骤中,减小根据两者的偏差确定由转向控制器输出的自动驾驶意图提示力矩。

6. 根据权利要求5所述的方法,所述判断自动驾驶系统工作的可信状态的方法包括:

依据当前自动驾驶道路环境的复杂程度和光照条件的恶劣程度来判断自动驾驶系统工作的可信状态。

7. 根据权利要求1到4任一项所述的控制方法,还包括:

在检测到驾驶员对方向盘未施加有效转矩时,对方向盘进行转角控制,使其达到自动驾驶系统的期望转角。

8. 一种汽车转向控制系统,包括:

车辆期望方向盘转角计算单元,基于自动规划控制运算得到车辆期望方向盘转角信息;

驾驶员操作检测单元,检测驾驶员是否对方向盘施加了有效转矩;

自动驾驶意图提示力矩确定单元,在检测到驾驶员对方向盘施加了有效转矩时,计算驾驶员控制的方向盘所处转角与车辆期望方向盘转角之间的偏差,并根据两者的偏差确定自动驾驶意图提示力矩,该自动驾驶意图提示力矩将被施加到转向系统上,且自动驾驶意图提示力矩与驾驶员提供的力矩的方向相反。

9.根据权利要求8的汽车转向控制系统,驾驶员操作检测单元根据两者的偏差确定自动驾驶意图提示力矩包括:

所述偏差越大,确定越大的自动驾驶意图提示力矩,从而偏差越大,驾驶员需要提供的力矩越大。

10.根据权利要求8所述的汽车转向控制系统,其特征在于,在驾驶员对方向盘施加有效转矩的情况下,对方向盘施加的驱动力矩包括:驾驶员施加的转向力矩、汽车转向助力系统施加的助力转向力矩和所述自动驾驶意图提示力矩。

11.根据权利要求10所述的汽车转向控制系统,自动驾驶意图提示力矩确定单元通过如下公式来确定所述自动驾驶意图提示力矩 τ_c :

$$\tau_c = -\text{sig}(\tau_{\text{driver}}) \cdot f(\text{fabs}(\Delta\beta))$$

其中, $\Delta\beta$ 由下式决定:

$$\Delta\beta = \beta_e - \beta_{\text{driver}}$$

其中 τ_{driver} 指示驾驶员当前施加的力矩, β_e 指示自动驾驶期望转角, β_{driver} 指示方向盘转角, $\text{sig}(\tau_{\text{driver}})$ 表示驾驶员当前施加的力矩的方向;

f 是 $\Delta\beta$ 绝对值的正相关函数,满足条件:

$$f(0) = 0$$

$$0 \leq \text{fabs}(\tau_c) \leq \text{fabs}(\tau_{\text{eps}})$$

其中 τ_{eps} 指示转向助力力矩, $\text{fabs}(\tau_c)$ 表示 τ_c 的绝对值。

12.根据权利要求8到11任一项所述的汽车转向控制系统,还包括自动驾驶系统工作状态判断单元,用于判断自动驾驶系统工作的可信状态,以及

当判断自动驾驶系统工作处于高可靠性状态时,自动驾驶意图提示力矩确定单元增加根据两者的偏差确定由转向控制器输出的自动驾驶意图提示力矩;

当判断自动驾驶系统工作处于低可靠性状态时,自动驾驶意图提示力矩确定单元减小根据两者的偏差确定由转向控制器输出的自动驾驶意图提示力矩。

13.根据权利要求12所述的汽车转向控制系统,所述判断自动驾驶系统工作的可信状态的方法包括:

依据当前自动驾驶道路环境的复杂程度和光照条件的恶劣程度来判断自动驾驶系统工作的可信状态。

14.根据权利要求8到11任一项所述的汽车转向控制系统,还包括:

自动转向控制单元,在驾驶员操作检测单元检测到驾驶员对方向盘未施加有效转矩时,对方向盘进行转角控制,使其达到自动驾驶系统的期望转角。

自动驾驶汽车转向控制方法和控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及车辆控制领域,特别是涉及一种用于车辆自动驾驶的转向控制方法和控制系统。

背景技术

[0002] 随着车辆技术的发展,自动驾驶汽车已经逐步得到了生产和应用。

[0003] 现有的自动驾驶汽车的转向控制系统,是由自动驾驶系统中的规划控制系统根据感知定位结果计算期望的车辆转弯半径,对方向盘进行转角控制使之转动到确定位置。

[0004] 现有的汽车EPS电动助力转向系统,是根据驾驶员对方向盘的操作施加转向助力力矩,帮助驾驶员以较小的力矩转动方向盘。

发明内容

[0005] 发明人分析得到,现有自动驾驶汽车的转向控制系统,无论采用力矩控制还是转角控制的方式,最终都以控制方向盘达到期望转角作为目标,因此当驾驶员想介入驾驶过程时,必须与自动驾驶系统发生冲突,从机器手中抢夺方向盘的控制权,这并不是理想的人工驾驶与自动驾驶的切换方式。这意味着该自动驾驶系统只能够独立工作,无法与人类驾驶员协同完成转向工作。这是因为,在传统技术中,当自动驾驶系统的期望转角与人类驾驶员的期望转角发生冲突时,或者自动驾驶系统会尽量使方向盘达到期望转角(这意味着与人类驾驶员的操作不同),或者会导致退出自动驾驶状态(这意味着人工干预夺回车辆控制权)。

[0006] 而现有的汽车EPS电动助力转向系统仅仅依靠驾驶员的输入对驾驶员进行助力操作,无法实现主动的自动驾驶功能。

[0007] 本发明的目的在于克服现有技术中的缺点与不足,提出一种全新的用于车辆自动驾驶的转向控制方法和控制系统,使驾驶员与自动驾驶系统共同参与驾驶过程。

[0008] 根据本发明的一个方面,提供一种用于车辆自动驾驶的转向控制方法,具体包括:

[0009] 首先为车辆期望方向盘转角计算步骤,基于自动规划控制运算得到车辆期望方向盘转角信息;

[0010] 其次为检测驾驶员操作方向盘的步骤,检测驾驶员是否对方向盘施加了有效转矩;

[0011] 再次为自动驾驶意图提示力矩确定步骤,在检测到驾驶员对方向盘施加了有效转矩时,计算驾驶员控制的方向盘所处转角与车辆期望方向盘转角之间的偏差,并根据两者的偏差确定自动驾驶意图提示力矩,该自动驾驶意图提示力矩将被施加到转向系统上。

[0012] 进一步地,在根据两者的偏差确定自动驾驶意图提示力矩步骤中,具体包括:

[0013] 当驾驶员控制的方向盘所处转角与车辆期望方向盘转角之间的偏差越大,即确定越大的自动驾驶意图提示力矩,且自动驾驶意图提示力矩与驾驶员需要提供的力矩的方向相反,从而偏差越大,驾驶员需要提供的力矩越大。

[0014] 进一步地,在驾驶员对方向盘施加有效转矩的情况下,对方向盘施加的转向力矩包括:驾驶员的转向力矩、汽车转向助力系统的助力转向力矩和所述自动驾驶意图提示力矩。

[0015] 进一步地,自动驾驶意图提示力矩 τ_c 通过如下公式来确定:

$$[0016] \quad \tau_c = -\text{sig}(\tau_{\text{drtver}}) \cdot f(\text{fabs}(\Delta\beta))$$

[0017] 其中, $\Delta\beta$ 由下式决定:

$$[0018] \quad \Delta\beta = \beta_e - \beta_{\text{driver}}$$

[0019] 其中 τ_{driver} 指示驾驶员当前施加的力矩, β_e 指示自动驾驶期望转角, β_{driver} 指示方向盘所处转角, $\text{sig}(\tau_{\text{driver}})$ 表示驾驶员当前施加的力矩的方向;

[0020] f 是 $\Delta\beta$ 绝对值的正相关函数,满足条件:

$$[0021] \quad \begin{cases} f(0) = 0 \\ 0 \leq \text{fabs}(\tau_c) \leq \text{fabs}(\tau_{\text{eps}}) \end{cases}$$

[0022] 其中 τ_{eps} 指示转向助力力矩。

[0023] 进一步地,还包括判断自动驾驶系统工作的可信状态的步骤,具体包括:

[0024] 当判断自动驾驶系统工作处于高可靠性状态时,将在自动驾驶意图提示力矩确定步骤中,增加根据两者的偏差确定由转向控制器输出的自动驾驶意图提示力矩;

[0025] 当判断自动驾驶系统工作处于低可靠性状态时,将在自动驾驶意图提示力矩确定步骤中,减小根据两者的偏差确定由转向控制器输出的自动驾驶意图提示力矩。

[0026] 进一步地,判断自动驾驶系统工作的可信状态的方法,是依据当前自动驾驶道路环境的复杂程度和光照条件的恶劣程度。

[0027] 进一步地,在检测驾驶员操作方向盘的步骤中,当检测到驾驶员对方向盘未施加有效转矩时,转向控制器将对方向盘进行转角控制,使其达到自动驾驶系统的期望转角。

[0028] 根据本发明的另一个方面,提供一种汽车转向控制系统,包括:

[0029] 车辆期望方向盘转角计算单元,基于自动规划控制运算得到车辆期望方向盘转角信息;

[0030] 驾驶员操作检测单元,检测驾驶员是否对方向盘施加了有效转矩;

[0031] 自动驾驶意图提示力矩确定单元,在检测到驾驶员对方向盘施加了有效转矩时,计算驾驶员控制的方向盘所处转角与车辆期望方向盘转角之间的偏差,并根据两者的偏差确定自动驾驶意图提示力矩,该自动驾驶意图提示力矩将被施加到转向系统上。

[0032] 进一步地,自动驾驶意图提示力矩确定单元确定的自动驾驶意图提示力矩包括:

[0033] 当偏差越大,即确定越大的自动驾驶意图提示力矩,且自动驾驶意图提示力矩与驾驶员需要提供的力矩的方向相反,从而偏差越大,驾驶员需要提供的力矩越大。

[0034] 进一步地,在驾驶员对方向盘施加有效转矩的情况下,对方向盘施加的驱动力矩包括:驾驶员施加的转向力矩、汽车转向助力系统施加的助力转向力矩和所述自动驾驶意图提示力矩。

[0035] 进一步地,自动驾驶意图提示力矩确定单元通过如下公式来确定所述自动驾驶意图提示力矩 τ_c :

$$[0036] \quad \tau_c = -\text{sig}(\tau_{\text{drtver}}) \cdot f(\text{fabs}(\Delta\beta))$$

[0037] 其中, $\Delta\beta$ 由下式决定:

[0038] $\Delta\beta = \beta_e - \beta_{\text{driver}}$

[0039] 其中 τ_{driver} 指示驾驶员当前施加的力矩, β_e 指示自动驾驶期望转角, β_{driver} 指示方向盘转角, $\text{sig}(\tau_{\text{driver}})$ 表示驾驶员当前施加的力矩的方向;

[0040] f 是 $\Delta\beta$ 绝对值的正相关函数,满足条件:

$$[0041] \begin{cases} f(0) = 0 \\ 0 \leq f_{\text{abs}}(\tau_c) \leq f_{\text{abs}}(\tau_{\text{eps}}) \end{cases}$$

[0042] 其中 τ_{eps} 指示转向助力力矩。

[0043] 进一步地,还包括自动驾驶系统工作状态判断单元,用于判断自动驾驶系统工作的可信状态,具体包括:

[0044] 当判断自动驾驶系统工作处于高可靠性状态时,自动驾驶意图提示力矩确定单元增加根据两者的偏差确定由转向控制器输出的自动驾驶意图提示力矩;

[0045] 当判断自动驾驶系统工作处于低可靠性状态时,自动驾驶意图提示力矩确定单元减小根据两者的偏差确定由转向控制器输出的自动驾驶意图提示力矩。

[0046] 进一步地,判断自动驾驶系统工作的可信状态的方法为依据当前自动驾驶道路环境的复杂程度和光照条件的恶劣程度来判断。

[0047] 进一步地,还包括自动转向控制单元,在驾驶员操作检测单元检测到驾驶员对方向盘未施加有效转矩时,对方向盘进行转角控制,使其达到自动驾驶系统的期望转角。

[0048] 本发明实施例的车辆自动驾驶的转向控制方法和控制系统,与传统EPS电动助力转向系统相比,可以根据自动驾驶系统计算结果考察驾驶员操作是否与自动驾驶期望一致,并根据不一致的程度来确定要施加的自动驾驶意图提示力矩,从而能够向驾驶员提示自动驾驶系统的转向意图,而不是如EPS电动助力转向系统那样仅依据驾驶员的操作来被动对对驾驶员操作进行助力操作;与现有自动驾驶转向控制系统相比,可以通过自动驾驶意图提示力矩变化影响驾驶员需施加的力矩,从而提示人类驾驶员自动驾驶系统的转向意图,但保证人类驾驶员与自动驾驶共同存在,而避免传统的因驾驶员转向意图与自动驾驶转向意图不同导致的冲突或者退出自动驾驶状态。

[0049] 本发明的转向控制方法和转向控制系统,根据自动驾驶系统计算的期望方向盘转角通过改变力矩方式对人的驾驶操作产生影响。不会强行改变驾驶员转向操作,但是可以为驾驶员提示来自自动驾驶的推荐驾驶行为,同时,在大部分情况下可以使驾驶员以近乎零操作的方式参与转向控制过程,提高了驾驶过程的安全性和舒适性。

附图说明

[0050] 从下面结合附图对本发明实施例的详细描述中,本发明的这些和/或其它方面和优点将变得更加清楚并更容易理解,其中:

[0051] 图1是根据本发明一个实施例的用于车辆自动驾驶的转向控制方法的流程图。

[0052] 图2是根据本发明一个实施例的用于车辆自动驾驶的转向控制系统的结构框图。

[0053] 图3示意性地示出了根据本发明实施例的包括自动转向控制单元的转向控制系统300的示意性结构框图。

[0054] 图4示出了本发明一个实施例的用于车辆自动驾驶的转向控制方法的总体流程图。

具体实施方式

[0055] 为了使本领域技术人员更好地理解本发明,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细说明。

[0056] 图1示出了根据本发明实施例的车辆自动驾驶的转向控制系统100的示意结构框图。

[0057] 转向控制系统100包括以下单元:驾驶员操作检测单元110、车辆期望方向盘转角计算单元120、自动驾驶意图提示力矩确定单元130。

[0058] 可选地,转向控制系统100还可以包括转向力矩施加单元140。

[0059] 驾驶员操作检测单元110配置为检测驾驶员是否对方向盘施加了有效转矩。

[0060] 一般地,方向盘上有力矩传感器,当驾驶员转动方向盘时力矩传感器会检测到力矩输入,此时认为驾驶员在操作方向盘,即对方向盘施加了有效转矩,反之如果力矩传感器没有检测到力矩输入,则认为驾驶员没有操作方向盘,即没有对方向盘施加有效力矩。

[0061] 车辆期望方向盘转角计算单元120,配置为基于自动规划控制运算得到车辆期望方向盘转角信息。

[0062] 例如,基于根据感知和定位输入进行规划控制运算,得到车辆期望方向盘转角。

[0063] 自动驾驶意图提示力矩确定单元130,配置为:在检测到驾驶员对方向盘施加了有效转矩时,计算驾驶员控制的方向盘所处转角与车辆期望方向盘转角之间的偏差,并根据两者的偏差确定自动驾驶意图提示力矩,该自动驾驶意图提示力矩将被施加到转向系统上。

[0064] 在一个示例中,自动驾驶意图提示力矩确定单元130在用于确定自动驾驶意图提示力矩时,驾驶员控制的方向盘所处转角与车辆期望方向盘转角之间的偏差越大,那么自动驾驶意图将提示越大的力矩,并且该自动驾驶意图提示的力矩与驾驶员需要提供的力矩的方向相反,从而驾驶员需要提供的力矩越大。由此,这样当驾驶员操作方向盘过程中,随着方向盘逐渐接近车辆期望方向盘转角,将会感觉越来越省力,因此能够体会到自己的驾驶过程与自动驾驶控制意图是一致的;反之在方向盘转角逐渐偏离期望方向盘转角时,会感觉越来越吃力,因此能够体会到自己的驾驶过程与自动驾驶控制意图是相反的。

[0065] 在驾驶员意识到自动驾驶控制意图后,可以判断自己是否先前操作失误,如果确认自己操作失误,可以及时进行调整;如果确认自己的操作并未失误,则可以例如不理睬自动驾驶控制意图,继续按原计划执行操作或者可以暂时关闭自动驾驶控制(例如车辆上可以提供退出自动驾驶控制的选项按钮),专心按驾驶员自己意图来驾驶车辆。

[0066] 传统的EPS电子助力转向系统中,驱动车轮转向的力矩由驾驶员的转向力矩和转向助力系统的助力转向力矩组成。

[0067] 根据本发明实施例的转向控制系统,当检测到驾驶员对方向盘施加有效力矩时,通过施加自动驾驶意图提示力矩的方式使自动驾驶系统与驾驶员共同参与转向过程。

[0068] 根据本发明的实施例,在驾驶员对方向盘施加有效转矩的情况下,转向力矩施加单元140对方向盘施加的驱动力矩包括:驾驶员施加的转向力矩、汽车转向助力系统EPS施加的助力转向力矩和自动驾驶意图提示力矩。

[0069] 即此时的转向力矩由下式(1)确定:

[0070]
$$\tau = \tau_{\text{driver}} + \tau_{\text{eps}} + \tau_c \quad (1)$$

[0071] 其中, τ_{driver} 是驾驶员转向力矩, τ_{eps} 是EPS转向助力力矩, τ_c 是自动驾驶意图提示力矩。

[0072] 规定方向盘转角为零时力矩为零, 逆时针力矩为正数, 顺时针力矩为负数。

[0073] 在一个示例中, 通过下述公式 (2) 来确定自动驾驶意图提示力矩 τ_c :

$$[0074] \quad \tau_c = -\text{sig}(\tau_{\text{driver}}) \cdot f(\text{fabs}(\Delta\beta)) \quad (2)$$

[0075] 其中, $\Delta\beta$ 由下式 (3) 决定:

$$[0076] \quad \Delta\beta = \beta_e - \beta_{\text{driver}} \quad (3)$$

[0077] 其中 τ_{driver} 指示驾驶员当前施加的力矩, β_e 指示自动驾驶期望转角, β_{driver} 指示方向盘所处转角, $\text{sig}(\tau_{\text{driver}})$ 表示驾驶员当前施加的力矩的方向;

[0078] f 是 $\Delta\beta$ 绝对值的正相关函数, 满足条件 (4):

$$[0079] \quad \begin{cases} f(0) = 0 \\ 0 \leq \text{fabs}(\tau_c) \leq \text{fabs}(\tau_{\text{eps}}) \end{cases} \quad (4)$$

[0080] 其中 τ_{eps} 指示转向助力力矩, $\text{fabs}(\tau_c)$ 表示 τ_c 的绝对值。

[0081] 根据本发明实施例的转向控制系统, 增加自动驾驶意图提示力矩后, 该系统带给驾驶员的感觉是, 控制方向盘向自动驾驶系统期望方向盘转角转动时更加省力, 而控制方向盘向自动驾驶系统期望方向盘转角的反方向转动时更加费力。

[0082] 在一个示例中, 转向控制系统中的自动驾驶意图提示力矩策略除了考虑驾驶员操作与自动驾驶系统期望转角间的偏差之外, 还考虑自动驾驶系统的工作状态, 根据自动驾驶状态的可信程度改变自动驾驶意图提示力矩幅度, 进而改变机器驾驶在驾驶过程中的参与程度。下面结合图2对考虑了自动驾驶系统的工作状态来确定自动驾驶意图提示力矩的转向控制系统进行描述。

[0083] 图2示出了根据本发明另一实施例的考虑了自动驾驶系统的工作状态来确定自动驾驶意图提示力矩的转向控制系统200的结构示意图。

[0084] 如图2所示, 与图1的转向控制系统100相比, 转向控制系统200除了驾驶员操作检测单元210、车辆期望方向盘转角计算单元220、自动驾驶意图提示力矩确定单元230, 以及可选的转向力矩施加单元240外, 还包括自动驾驶系统工作状态判断单元250。驾驶员操作检测单元210、车辆期望方向盘转角计算单元220和转向力矩施加单元240的功能和工作原理与图1的对应单元类似, 这里不再赘述, 下面重点描述驾驶系统工作状态判断单元250和自动驾驶意图提示力矩确定单元230。

[0085] 自动驾驶系统工作状态判断单元250配置为判断自动驾驶系统工作的可信状态。例如, 自动驾驶系统工作状态判断单元250可以结合车辆所处的周围环境(地理、天气、照明等等)和/或驾驶员给出的反馈等判断自动驾驶系统工作的可信状态。

[0086] 例如, 如果自动驾驶系统检测到当前环境复杂或光照条件恶劣, 自动驾驶系统工作状态判断单元250认为自动驾驶系统大概率处于低可靠性工作状态。反之, 如果自动驾驶系统检测到当前环境简单而且光照条件良好, 自动驾驶系统工作状态判断单元250认为自动驾驶系统处于高可靠性工作状态时。

[0087] 在自动驾驶系统工作状态判断单元250认为自动驾驶系统大概率处于低可靠性工作状态的情况下, 自动驾驶意图提示力矩确定单元230可以减小(下调)自动驾驶意图提示力矩的幅值, 此时系统接近于传统的EPS电子助力转向系统。反之, 在自动驾驶系统工作状

态判断单元250认为自动驾驶系统大概率处于低可靠性工作状态的情况下,自动驾驶意图提示力矩确定单元230可以增加自动驾驶意图提示力矩的幅值,为驾驶员转向操作提供明显的增强驾驶触感。

[0088] 在一个示例中,根据本发明实施例的用于车辆自动驾驶的转向控制系统还包括自动转向控制单元,用于在驾驶员操作检测单元没有检测到驾驶员操作方向盘时,即对方向盘没有施加有效转矩时,对方向盘进行转角控制,使其达到自动驾驶系统的期望转角,此时与传统的自动驾驶转向控制系统功能一致。

[0089] 图3示意性地示出了根据本发明实施例的包括自动转向控制单元的转向控制系统300的示意性结构框图。

[0090] 与图2的转向控制系统200,图3的转向控制系统300还包括自动转向控制单元360,自动转向控制单元360接收驾驶员操作检测单元310的监测结果,并在驾驶员操作检测单元310没有检测到驾驶员操作方向盘时,即对方向盘没有施加有效转矩时,控制转向力矩施加单元340对方向盘进行施加为达到自动驾驶系统确定的车辆期望方向转角所对应的力矩,使其达到自动驾驶系统的期望转角,此时转向力矩施加单元340施加的力矩不包含前面所述的驾驶员施加的力矩、EPS助力力矩和自动驾驶意图提示力矩。

[0091] 下面结合图4描述根据本发明实施例的、与上述转向控制系统协同工作的转向控制方法。

[0092] 图4示出了本发明一个实施例的用于车辆自动驾驶的转向控制方法的总体流程图。

[0093] 如图4所示,本发明的一个实施例提供了一种用于车辆自动驾驶的转向控制方法,包括步骤S410至步骤S430。

[0094] 在步骤S410中,基于自动规划控制运算得到车辆期望方向盘转角信息。

[0095] 在步骤S420中,检测驾驶员是否对方向盘施加了有效转矩。

[0096] 在步骤S430中,在检测到驾驶员对方向盘施加了有效转矩时,计算驾驶员控制的方向盘所处转角与车辆期望方向盘转角之间的偏差,并根据两者的偏差确定自动驾驶意图提示力矩,该自动驾驶意图提示力矩将被施加到转向系统上。

[0097] 根据本发明实施例的转向控制方法,当检测到驾驶员对方向盘施加有效力矩时,将通过自动驾驶意图提示力矩施加方式使自动驾驶系统与驾驶员共同参与转向过程。

[0098] 在一个示例中,在步骤S430中,在根据驾驶员控制的方向盘所处转角与车辆期望方向盘转角之间的偏差确定自动驾驶意图提示力矩时,当驾驶员控制的方向盘所处转角与车辆期望方向盘转角之间的偏差越大时,确定越大的自动驾驶意图提示力矩,并且该自动驾驶意图提示的力矩与驾驶员需要提供的力矩的方向相反,从而驾驶员需要提供的力矩越大。

[0099] 具体讲,对方向盘施加的转向力矩包括:驾驶员的转向力矩、汽车转向助力系统的助力转向力矩和自动驾驶意图提示力矩。即此时的转向力矩 τ 由下式确定:

$$[0100] \quad \tau = \tau_{\text{driver}} + \tau_{\text{eps}} + \tau_{\text{c}}$$

[0101] 其中, τ_{driver} 是驾驶员转向力矩, τ_{eps} 是转向助力力矩, τ_{c} 是自动驾驶意图提示力矩。规定方向盘转角为零时力矩为零,逆时针力矩为正数,顺时针力矩为负数。而补偿力矩即自动驾驶意图提示力矩 τ_{c} 的计算公式由下式确定:

[0102] $\tau_c = -\text{sig}(\tau_{\text{driver}}) \cdot f(\text{fabs}(\Delta\beta))$

[0103] 其中, $\Delta\beta$ 由下式决定:

[0104] $\Delta\beta = \beta_e - \beta_{\text{driver}}$

[0105] 其中 τ_{driver} 指示驾驶员当前施加的力矩, β_e 指示自动驾驶期望转角, β_{driver} 指示方向盘所处转角, $\text{sig}(\tau_{\text{driver}})$ 表示驾驶员当前施加的力矩的方向;

[0106] f 是 $\Delta\beta$ 绝对值的正相关函数,满足条件:

[0107]
$$\begin{cases} f(0) = 0 \\ 0 \leq \text{fabs}(\tau_c) \leq \text{fabs}(\tau_{\text{eps}}) \end{cases}$$

[0108] 其中 τ_{eps} 指示转向助力力矩, $\text{fabs}(\tau_c)$ 表示 τ_c 的绝对值。

[0109] 需要说明的是,在某一时刻,为进行转向,所需要的转向力矩 τ 是确定的,是由地面反馈的阻力力矩决定的;而自动驾驶意图提示力矩与驾驶员力矩方向相反,由此在自动驾驶意图提示力矩大(方向盘转角和车辆期望转角间偏差大)时,就需要更大的驾驶员力矩,以得到需要的转向力矩 τ ,随着方向盘转角的变化,方向盘转角和车辆期望转角间偏差变化,由此自动驾驶意图提示力矩变化,由此驾驶员需要提供的力矩也变化,这样就能够起到向驾驶员提供自动驾驶意图的目的。

[0110] 由上述公式和分析可以清楚看出,根据本发明实施例的转向控制方法,增加自动驾驶意图提示力矩之后,带给驾驶员的感觉就是,控制方向盘向自动驾驶系统期望方向盘转角转动时更加省力,而控制方向盘向自动驾驶系统期望方向盘转角的反方向转动时更加费力。

[0111] 例如,假设根据当前方向盘转角,转向总力矩为4Nm(牛顿米),其中助力转向力矩3Nm,当自动驾驶系统不启动时,驾驶员提供额外的力矩1Nm。当自动驾驶系统启动后,如果自动驾驶系统期望转角与驾驶员转角之间的偏差 $\Delta\beta$ 为5度时,自动驾驶意图提示力矩 τ_c 为-1Nm,则此时驾驶员需要提供的转矩为2Nm。当自动驾驶系统期望转角与驾驶员转角之间的偏差 $\Delta\beta$ 增加到10度时,自动驾驶意图提示力矩 τ_c 为-3Nm,则此时驾驶员需要提供的转矩变为4Nm,所以,驾驶员需要为维持当前转角提供更大的转向力矩。可见,当自动驾驶系统期望转角与驾驶员转角之间的偏差 $\Delta\beta$ 时,此时驾驶员会觉得费力,由此能够意识到自己当前操作与自动驾驶系统期望之间的不一致。

[0112] 根据本发明实施例的转向控制方法,在一个示例中,自动驾驶意图提示力矩确定策略除了考虑驾驶员操作与自动驾驶系统期望转角间的偏差之外,还考虑自动驾驶系统的工作状态。

[0113] 例如,可以依据当前自动驾驶道路环境的复杂程度和光照条件的恶劣程度来判断自动驾驶系统工作的可信状态。例如,如果自动驾驶系统检测到当前环境复杂或光照条件恶劣,可以认为自身可能处于低可靠性工作状态下,此时减小自动驾驶意图提示力矩的幅值,此时系统接近于传统的EPS电子助力转向系统。反之,如果自动驾驶系统检测到当前环境简单而且光照条件良好,认为自身处于高可靠性工作状态下,将增加自动驾驶意图提示力矩的幅值,为驾驶员转向操作提供明显的增强驾驶触感。

[0114] 本实施例的转向控制方法中,当没有检测到驾驶员操作方向盘时,即驾驶员对方向盘没有施加有效转矩时,自动驾驶系统对方向盘进行转角控制,使其达到自动驾驶系统的期望转角,此时与传统的自动驾驶转向控制系统功能一致。

[0115] 本发明实施例的车辆自动驾驶的转向控制方法和控制系统,与传统EPS电动助力转向系统相比,可以根据自动驾驶系统计算结果考察驾驶员操作是否与自动驾驶期望一致,并根据不一致的程度来确定要施加的自动驾驶意图提示力矩,从而能够向驾驶员提示自动驾驶系统的转向意图,而不是如EPS电动助力转向系统那样仅依据驾驶员的操作来被动对对驾驶员操作进行助力操作;与现有自动驾驶转向控制系统相比,可以通过自动驾驶意图提示力矩变化影响驾驶员需施加的力矩,从而提示人类驾驶员自动驾驶系统的转向意图,但保证人类驾驶员与自动驾驶共同存在,而避免传统的因驾驶员转向意图与自动驾驶转向意图不同导致的冲突或者退出自动驾驶状态。

[0116] 本发明的转向控制方法和转向控制系统,根据自动驾驶系统计算的期望方向盘转角通过改变力矩方式对人的驾驶操作产生影响。不会强行改变驾驶员转向操作,但是可以为驾驶员提示来自自动驾驶的推荐驾驶行为,同时,在大部分情况下可以使驾驶员以近乎零操作的方式参与转向控制过程,提高了驾驶过程的安全性和舒适性。

[0117] 需要说明的是,本文中的车辆应该做广义理解,包括各种大中小型车辆,也包括水上交通工具、空中交通工具等。

[0118] 需要说明的是,有关方法的有关步骤可以在车辆本地执行,也可以在云端执行,或者在本地和云端结合起来执行。

[0119] 需要说明的是,虽然在流程图中有关步骤被按一定顺序示出,但这并不表示这些步骤只能按照这样的顺序执行,而是只要步骤之间不具有逻辑上的相互依赖关系,就可以按相反的顺序执行或者彼此并行执行。

[0120] 以上已经描述了本发明的各实施例,上述说明是示例性的,并非穷尽性的,并且也不限于所披露的各实施例。在不偏离所说明的各实施例的范围和精神的情况下,对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。因此,本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

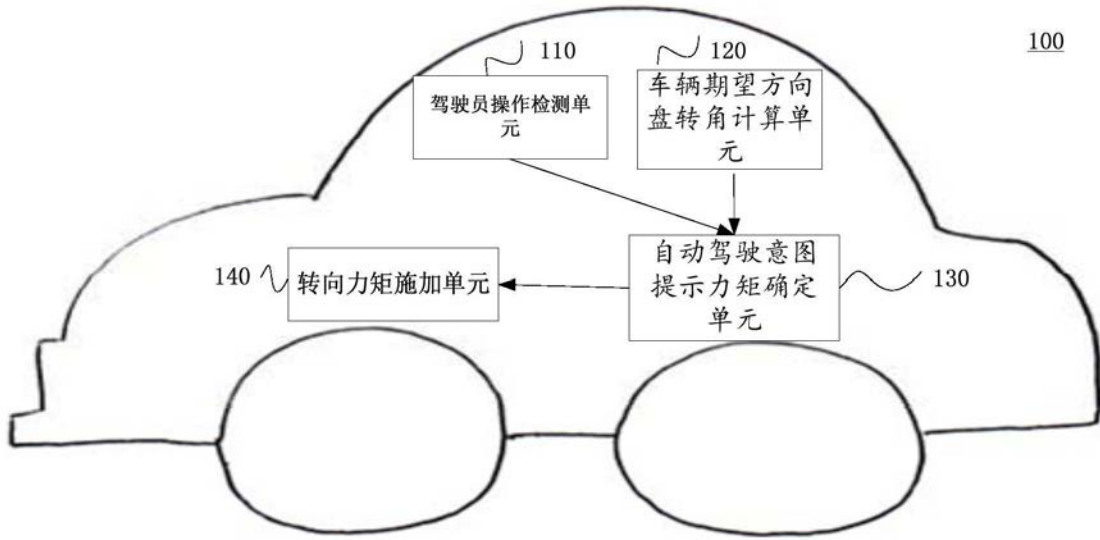


图1

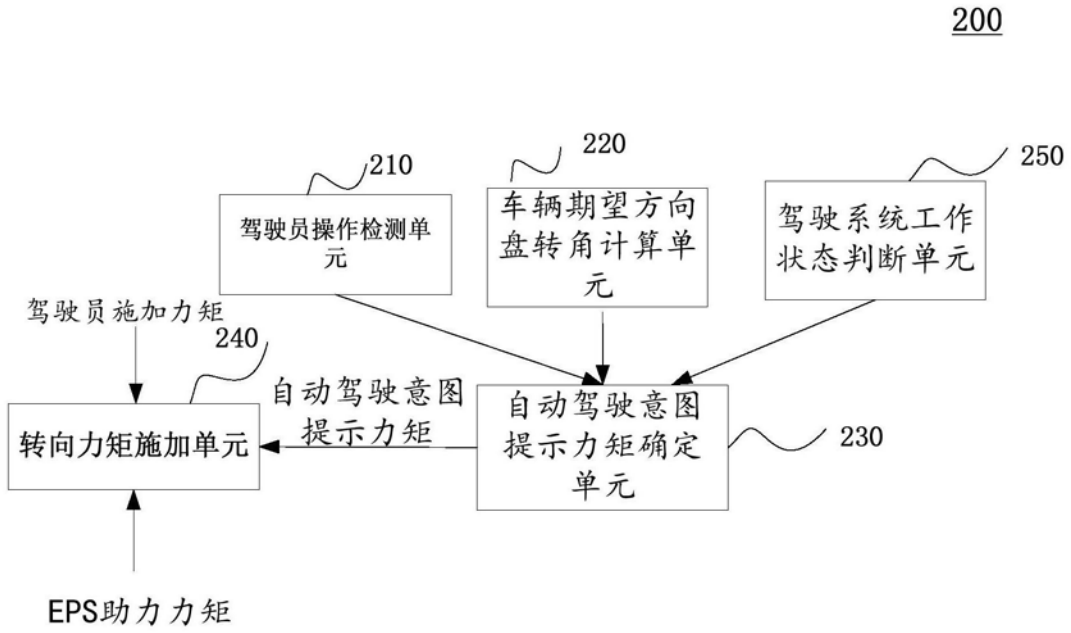


图2

300

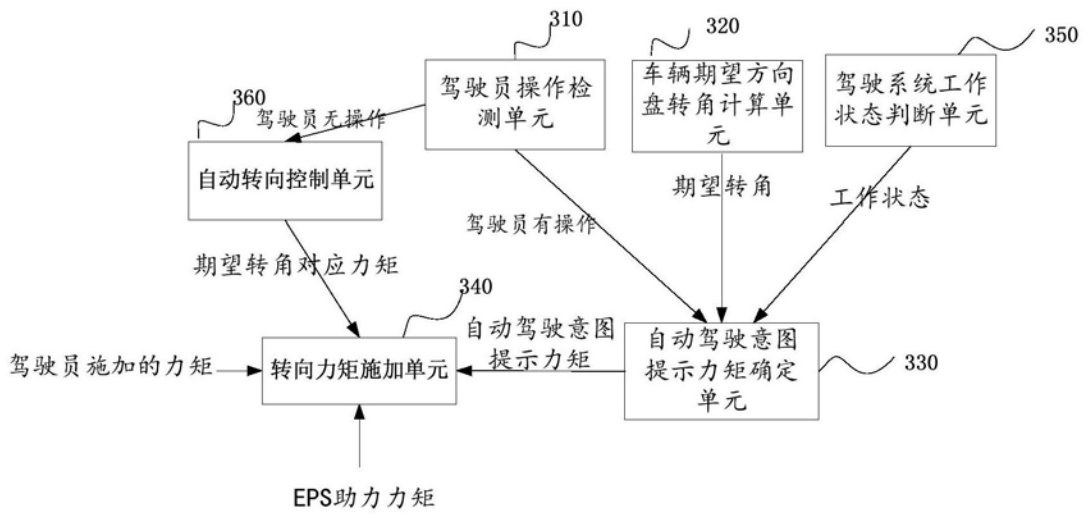


图3

400

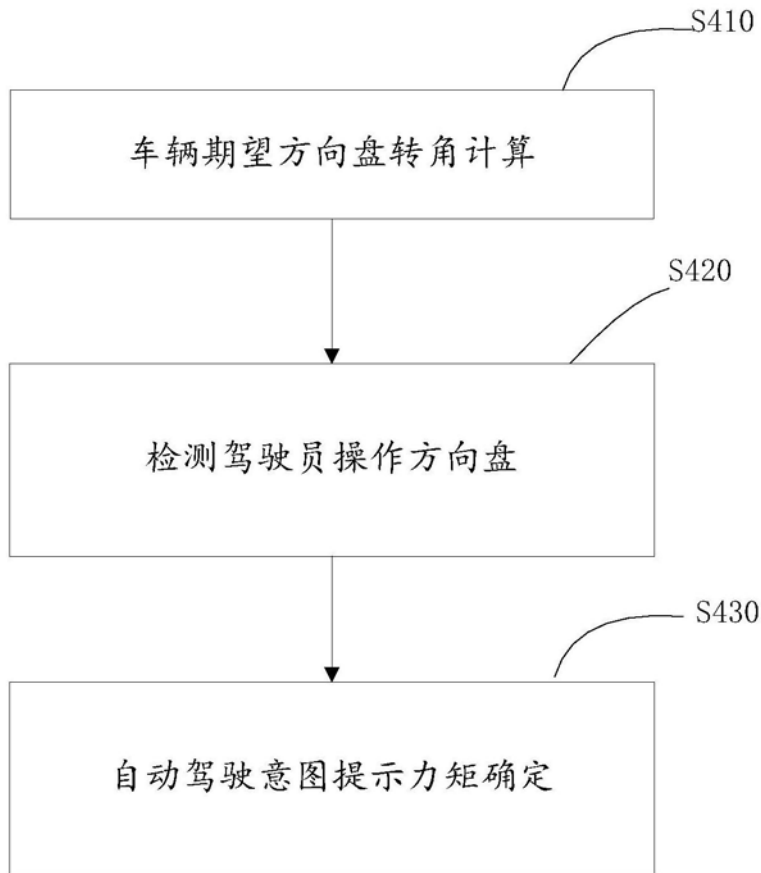


图4