



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109878518 A

(43)申请公布日 2019.06.14

(21)申请号 201711262404.8

(22)申请日 2017.12.04

(71)申请人 京东方科技集团股份有限公司
地址 100015 北京市朝阳区酒仙桥路10号

(72)发明人 武赢 杨向东 杨珣

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 叶齐峰

(51)Int.Cl.
B60W 30/16(2012.01)

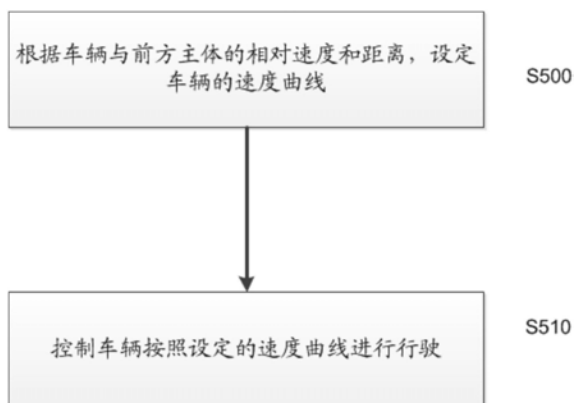
权利要求书2页 说明书12页 附图3页

(54)发明名称

用于控制车辆行驶的装置及方法

(57)摘要

公开了一种用于控制车辆的行驶速度的控制装置及方法。该控制装置包括处理器和控制器,其中,处理器被配置为根据本车与前方主体的相对速度和距离,设定本车的速度曲线,控制器被配置为控制本车按照设定的速度曲线行驶。根据本公开的控制装置及方法,可应用于无人驾驶车辆或者自动驾驶车辆上,从而可以控制车辆根据设定的最优速度行驶。



1. 一种用于控制车辆的速度的装置,包括:
处理器,被配置为根据车辆与前方主体的相对速度和距离,设定车辆的速度曲线;以及
控制器,被配置为控制车辆按照设定的速度曲线行驶。
2. 根据权利要求1所述的装置,其中,该处理器被进一步配置为:
根据该车辆与前方主体的相对速度和距离,建立关于速度的优化函数;以及
对该优化函数进行求解,使得按照与所求得的该优化函数的解对应的速度行驶时,该
车辆与前方主体的相对速度接近于零。
3. 根据权利要求2所述的装置,其中,该处理器被进一步配置为:
在对优化函数进行求解时,判断该优化函数是否存在解,如果存在解,输出关于速度的
优化曲线作为设定的速度曲线;
否则,指示控制器控制车辆以第一行驶速度曲线行驶。
4. 根据权利要求3所述的装置,其中,在控制器控制车辆以设定的速度曲线行驶时,能
够保持车辆与前方主体的距离尽可能大。
5. 根据权利要求3所述的装置,其中,在控制器控制车辆以设定的速度曲线行驶时,能
够保持车辆与前方主体的距离尽可能小。
6. 根据权利要求1-5任一项所述的装置,还包括:
至少一个传感器,被配置为检测车辆与前方主体的相对速度和距离。
7. 根据权利要求6所述的装置,其中,
该处理器被配置为:在建立关于速度的优化函数时,根据车辆的相关参数确定约束方
程,其中约束方程确保车辆与前方主体的距离保持为一安全阈值。
8. 根据权利要求7所述的装置,其中,所述车辆的相关参数包括该车辆与前方主体的相
对速度、人的反应时间、安全阈值中的至少一项。
9. 根据权利要求3所述的装置,其中,第一行驶速度曲线对应于车辆以最大减速度行驶
的速度曲线。
10. 一种用于控制车辆的速度的方法,包括:
根据车辆与前方主体的相对速度和距离,设定车辆的速度曲线;以及
控制车辆按照设定的速度曲线行驶。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中,
根据车辆与前方主体的相对速度和距离,建立关于速度的优化函数;以及
对该优化函数进行求解,使得按照与所求得的该优化函数的解对应的速度行驶时,该
车辆与前方主体的相对速度接近于零。
12. 根据权利要求11所述的方法,还包括:
在对优化函数进行求解时,判断该优化函数是否存在解,如果存在解,输出关于速度的
优化曲线作为设定的速度曲线;
否则,控制车辆以第一行驶速度曲线行驶。
13. 根据权利要求12所述的方法,还包括:
在控制器控制车辆以设定的速度曲线行驶时,保持车辆与前方主体的距离尽可能大。
14. 根据权利要求12所述的方法,还包括:
在控制器控制车辆以设定的速度曲线行驶时,保持车辆与前方主体的距离尽可能小。

15. 根据权利要求10-14任一项所述的方法,还包括:

检测车辆与前方主体的相对速度和距离,并且在建立关于速度的优化函数时,根据车辆的相关参数确定约束方程,其中约束方程确保车辆与前方主体的距离保持为一安全阈值。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中,所述车辆的相关参数包括该车辆与前方主体的相对速度、人的反应时间、安全阈值中的至少一项。

17. 根据权利要求12所述的方法,其中,第一行驶速度曲线对应于车辆以最大减速度行驶的速度曲线。

18. 一种处理器可读存储介质,其上存储有程序指令,所述程序指令在被处理器执行时,实施根据权利要求10-17任一项所述的方法。

用于控制车辆行驶的装置及方法

技术领域

[0001] 本公开涉及一种用于控制车辆行驶的装置及方法,具体地,涉及用于控制车辆的行驶速度的控制装置及方法。

背景技术

[0002] 在车辆行驶过程中,与前方的车辆以及行人保持必要的安全距离是十分重要的。目前,为保持行驶的安全距离,当与前车或者行人之间的距离低于一定阈值时,驾驶员会相应地采取制动使得车辆减速。然而,这种方式取决于驾驶员的判断力和经验,有时候驾驶员可能在发现与前车或行人的距离过小时,为避免追尾或碰撞,往往狠踩制动踏板,导致急刹车。这种情况通常会使得刹车系统磨损严重,并且车上的成员会感觉到不舒适。

发明内容

[0003] 为此,本公开的实施例提供一种用于控制车辆行驶速度的装置及方法,可以根据本车与前方主体,例如前方车辆或者行人的相对速度和距离,设定最优的行驶速度曲线,并且按照设定的最优行驶速度曲线行驶。

[0004] 根据本公开的一方面,提供了一种用于控制车辆行驶速度的装置,包括处理器和控制器,其中,处理器被配置为根据本车与前方主体的相对速度和距离,设定本车的速度曲线,控制器被配置为控制本车按照设定的速度曲线行驶。

[0005] 可选地,处理器被进一步配置为根据车辆与前方主体的相对速度和距离,建立关于速度的优化函数,并且对该优化函数进行求解,使得按照与所求得解对应的速度行驶时,车辆与前方主体的相对速度接近于零。

[0006] 可选地,处理器被进一步配置为:在对优化函数进行求解时,判断该优化函数是否存在解,如果存在解,输出关于速度的优化曲线作为设定的速度曲线。

[0007] 其中,在按照所设定的速度曲线行驶时,车辆与前方主体的距离尽可能大。在这种情况下,可以最大程度地保证本车与前方主体的安全车距,减小减速时的制动力,从而减小制动能耗,降低对制动系统的损耗。

[0008] 其中,在按照所设定的速度曲线行驶时,车辆与前方主体的距离尽可能小。在这种情况下,可以最大程度地保证本车与前车的跟随性,从而缩小车间距,提高路面的利用率。

[0009] 根据本公开的另一方面,提出了一种控制车辆的行驶速度的方法,包括:根据车辆与前方主体的相对速度和距离,设定车辆的速度曲线;控制车辆按照设定的速度曲线行驶。

[0010] 可选地,根据本公开的控制装置及方法,可应用于无人驾驶车辆或者自动驾驶车辆上,从而可以控制车辆根据设定的最优速度行驶。例如,根据本公开的实施例,可以实现车辆的自适应巡航控制,例如,利用装设于车辆前方的雷达系统,在车辆在行驶时,检测车辆前方的交通状况,以维持安全距离。当其他车辆进入车道使得安全距离不足时,车辆便自动减速驾驶,而当车辆前方有足够安全距离时便自动加速,恢复至设定的跟随距离或者驾驶者设定的速度。

附图说明

[0011] 为了更清楚地说明本公开实施例的技术方案,下面将对实施例或相关技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅涉及本公开的一些实施例,并非对本公开的限制。

[0012] 图1是配备了根据本公开的实施例的搭载了车辆行驶控制装置的车辆的示意图;

[0013] 图2为根据本公开实施例的一种行车控制系统的示意性配置的框图;

[0014] 图3是根据本公开的实施例的一种用于控制车辆行驶速度的装置的示意性的框图;

[0015] 图4示出了根据本公开的实施例的设置的曲线示意图;

[0016] 图5为根据本公开的实施例的一种控制车辆行驶速度的方法的流程图;

[0017] 图6为根据本公开实施例的一种设定车辆的行驶速度的流程图;以及

[0018] 图7为根据本公开的实施例的另一种用于控制车辆行驶速度的装置的示意性的框图。

具体实施方式

[0019] 下面将结合附图,对本公开实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,参考在附图中示出并在以下描述中详述的非限制性示例实施例,更加全面地说明本公开的示例实施例和它们的多种特征及有利细节。应注意的是,图中示出的特征不是必须按照比例绘制。本公开省略了已知材料、组件和工艺技术的描述,从而不使本公开的示例实施例模糊。所给出的示例仅旨在有利于理解本公开示例实施例的实施,以及进一步使本领域技术人员能够实施示例实施例。因而,这些示例不应被理解为对本公开的实施例的范围的限制。

[0020] 以下,参照附图对本公开实施例的车辆的控制装置进行说明。其中,为便于描述,在下文中,本车指代根据本公开的实施例的控制装置所搭载的车辆,前车是指位于本车前行驶的车辆。本车可以由安装在车上的传感器获得前车的行驶信息,或者可以基于本车与前车之间的车间通信(V2V)来获取前车的行驶信息,例如通过专用短程通信DSRC(Dedicated Short Range Communication)进行车间通信,从而获取前车的速度、加速度等信息。例如可以采用蓝牙、ZigBee、GSM、802.11等协议来实现车间通信。

[0021] 图1中示出了在车辆行驶在道路上的情形的示意图。如图1所示,一辆车跟随在另一辆车后行驶。为便于描述本公开的原理,以下以搭载了根据本公开的实施例的车辆行驶控制系统的后车作为本车进行说明。如前所述,为了保持本车与前车的安全车距,需要实时根据本车与前车的相对速度以及彼此之间的距离,来设定本车的行驶速度曲线,并以此来控制本车的行驶速度。

[0022] 图2示出了根据本公开实施例的车辆行驶控制系统20的示意性框图。如图2所示,车辆行驶控制系统20例如可以包括:控制子系统200、用户接口210、车辆子系统220、导航子系统230、传感器子系统240以及通信子系统250等,其中,控制子系统200、用户接口210、车辆子系统220、导航子系统230、传感器子系统240、通信子系统250等可以通过通信总线或者通信网络270进行数据和信息的交换。

[0023] 可选地,车辆行驶控制系统20可以包括为车辆或与其一起进行各种操作的硬件

和/或软件。这些操作可以包括但不限于向用户提供信息、从用户接收输入、以及控制车辆的功能或操作等。

[0024] 可选地,控制子系统200可以是任何类型的可操作用于进行如在此描述的操作的计算系统。可选地,控制子系统可以与装置或用户接口210进行通信。控制子系统200可以包括处理器、存储器、和/或输入/输出(I/O)模块。因此,控制子系统200可以是计算机系统,其可以包括可以电耦合的硬件元件。硬件元件可以包括一个或多个中央处理单元(CPU);包括输入装置的I/O模块的一个或多个组件(例如,鼠标、键盘、触摸屏等)和/或一个或多个输出装置(例如,显示装置、打印机等)。

[0025] 处理器可以包括用于执行应用编程或指令的通用可编程处理器或控制器。例如,处理器可以可选地包括多个处理器内核、和/或实现多个虚拟处理器。此外或可替代地,处理器可以包括多个物理处理器。作为具体示例,处理器可以包括特定配置的专用集成电路(ASIC)或其他集成电路、数字信号处理器、控制器、硬接线电子或逻辑电路、可编程逻辑装置或门阵列、专用计算机等。

[0026] 可选地,控制子系统200可以包括输入/输出模块和相关联的端口用于支持通过有线或无线网络或链路的通信(例如,与其他通信装置、服务器装置、和/或外围装置)。输入/输出模块的示例包括以太网端口、通用串行总线(USB)端口、电气和电子工程师协会(IEEE)1594、或其他接口。

[0027] 可选地,控制子系统200还可以包括一个或多个存储器。例如,存储器可以是盘驱动、光存储装置、可以是可编程的、闪存可更新的等固态存储装置,如随机存取存储器(“RAM”)和/或只读存储器(“ROM”)。

[0028] 此外,控制子系统还可以包括计算机可读存储介质阅读器;计算机可读存储介质阅读器可以读取计算机可读存储介质上,从而可以运行计算机可读存储介质上存储计算机程序,来实现根据本公开的原理的用于控制车辆的行驶速度的方法。可选地,术语“存储介质”可以表示用于存储数据和/或指令的一个或多个装置,包括只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、EEPROM存储器、磁盘存储介质、光存储介质、闪存存储器装置、和/或用于存储信息的其他机器可读介质。

[0029] 用户接口210可操作用于或者通过在一个或多个用户接口按钮上的触摸输入、经由语音命令、经由一个或多个图像传感器、或者通过可以包括手势捕捉区域的图形用户接口来接收用户输入。用户接口210可以接收输入或向用户提供信息。因此,用户可以通过用户接口210与车辆行驶控制系统20进行交互,用于提供信息或数据和/或用于从用户接收输入或数据。

[0030] 车辆子系统220可以包括机械系统、电气系统、机电系统、计算机、或与车辆的功能相关联的其他系统中的任何一项。例如,车辆子系统220可以包括以下各项中的一项或多项,但不限于:转向系统、制动系统、发动机和发动机控制系统、电气系统、悬架系统、传动系、巡航控制系统、无线电、暖通空调(HVAC)系统、车窗和/或车门等。

[0031] 可选地,导航子系统230可以是用于利用导航装置来获取位置数据从而在地图数据库中的道路上定位用户。该导航子系统230可以使用例如来自全球定位系统(GPS)的位置数据来提供导航信息或控制车辆。导航子系统230可以包括若干组件或模块,如以下各项中的一项或多项,但不限于:GPS天线/接收器、定位模块、地图数据库、交通信息数据库等。

[0032] 传感器子系统240可以包括目标检测传感器,检测本车周围存在的物体。目标检测传感器可以使用例如周围监测CCD摄像机(摄像装置)及其图像识别装置;另外,检测传感器还可以是毫米波雷达、红外线雷达,激光雷达,诸如例如UWB(超宽带)雷达等的近距离雷达等,使用声波传感器或声纳传感器等。利用目标检测传感器,例如可以检测三维对象,诸如本车周围的行人、其他车辆等(至少包括行驶在本车的行驶方向前方的车辆)、电线杆、障碍物、护栏等;并且目标检测传感器也可以检测本车与其他对象之间的相对关系的物理量。例如,将与其他对象之间的相对位置(坐标系)、相对速度、相对距离等中的至少一项作为物理量。

[0033] 另外,传感器子系统240还可以包括行驶参数检测装置。例如,行驶参数检测装置可以包括但不限于,转向力矩传感器、方向盘转角传感器、节气门开度传感器、车速传感器、加速度传感器、发动机转速传感器等。如果本车还配备了电驱动系统,则行驶参数检测装置还可以包括电机转速传感器、电机输出扭矩传感器、电池输出的电流以及电压传感器等。

[0034] 通信子系统250可以具有局域通信能力和广域通信能力。例如,通信子系统可以包括但不限于:包括蓝牙®无线系统、802.11x(例如,802.11G/802.11N/802.11AC等无线系统)、CAN总线、以太网、或可以与车辆一起发挥作用或与其相关联的其他类型的通信网络。进一步地,通信子系统还可以包括广域通信能力,包括以下各项中的一项或多项,但不限于:蜂窝通信能力、卫星电话通信能力、无线广域网通信能力、或允许车辆行驶控制系统20与车辆外部的设备进行通信的其他类型的通信能力。此外,通信子系统250可以通过通信网络与远程设施中的服务器通信,使得车辆行驶系统可以获得进一步的计算能力或者访问远程位置处存储的云计算系统或云存储。

[0035] 根据本公开的一实施例,提供了一种用于控制车辆行驶速度的装置。如图3所示,该装置包括处理器310和控制器320,其中,处理器被配置为根据本车与前方主体的相对速度和距离,设定本车的速度曲线,控制器被配置为控制本车按照设定的速度曲线行驶。在本公开中,前方主体指代本车前的车辆、行人或者障碍物,其可以是移动的,也可以是静止的,在此不作限制。以下为了方便,以前方车辆作为前方主体进行描述,然而,应理解,本公开的原理不限于仅应用于本车与前车这种场景。

[0036] 可选地,处理器310被进一步配置为根据车辆与前方主体的相对速度和距离,建立优化函数,并且确定该优化函数是否存在最优解;控制器320被配置为,当该优化函数存在最优解时,控制本车按照对应于最优解的速度曲线行驶,而该优化函数不存在最优解时,控制本车以第一速度曲线行驶。可选地,在控制本车以第一速度行驶时,控制器还可以控制输出装置发出警报,例如控制扬声器发出声音警报或者控制车载显示屏显示报警图像。可选地,第一速度曲线可以对应于本车的最大制动力下的减速曲线。

[0037] 可选地,处理器310和控制器320之间经由CAN(Controller Area Network)总线进行数据通信(交换)。

[0038] 可选地,处理器310和控制器320可以整合为一个电子控制单元,例如,可以被整合为车辆的ECU。

[0039] 根据本公开的实施例,可以基于本车与前车的相对速度和距离,建立要优化的函数。可选地,可以采用以下所示的拉格朗日-梅耶形式的函数:

$$[0040] \quad J = J_T + \int_0^T J_t dt \quad (1)$$

[0041] 上述形式的优化函数分为2个部分,等式右端第一部分叫做终端型或梅耶型,主要反应系统的终端状态,等式右端第二部分叫做拉格朗日或积分型,主要反应系统的动态指标。

[0042] 可选地,根据本公开的原理,可以分别为终端型和积分型列出以下函数形式:

$$[0043] \quad J_T = K_1(X_{vT} - 0)^2 + K_2\left(\frac{1}{X_{pT}} - 0\right)^2$$

$$[0044] \quad \int_{t=0}^{t_f} J_t dt = (X_v - 0)^2 + \beta\left(\int_{t=0}^{t_f} X_v dt - R_1\right) \quad (2)$$

[0045] 在上述函数(2)中, J_T 表示本车与前车在最终状态下的相对速度和距离的关系,其中, K_1, K_2 为比例系数, X_{vT} 为期望的本车与前车的最终相对速度,而 X_{pT} 为期望的本车与前车的最终距离。

[0046] 可选地,作为终端型函数,为了避免本车与前车追尾,可能希望在最终状态下, X_{vT} 趋近于0,即,本车与前车的相对速度为0,并且,本车与前车的距离越大越好,在数学上,这可以表示为 X_{pT} 趋向于无穷大,也就是 X_{pT} 的倒数趋向于0。

[0047] 可选地,作为积分型函数,为了在从开始减速到最终状态的整个过程中,避免本车与前车追尾,可能希望在每个时刻,本车与前车的相对速度 X_v 趋近于0,即,本车与前车的相对速度为0,并且,本车与前车的距离保持一安全距离 R ,即 X_v 随时间的积分趋向于安全距离 R_1 (以下将对 R_1 的设置进行详细描述),其中,系数 β 用于量化逼近程度。

[0048] 以本车减速以避免与前车追尾的情形为例,考虑在本车减速过程中,如前所述,如果减速度过大,则需要采用较大的制动力制动以使得车辆尽快减速。然而,这种方式可能使得车辆的能耗增大、刹车系统磨损严重、并且过大的减速度会使得车上的乘员感觉到不舒适。因此,根据本公开的原理,在对上述函数进行优化时,考虑设置合理的减速度,来避免采用最大制动力时,所导致的能耗大、磨损严重,以及乘员感觉不舒适的问题。

[0049] 具体而言,根据本公开的原理,将本车的减速曲线设置为分段的平滑曲线的形式。例如,如图4所示,采用了分段平滑曲线作为设置的速度曲线。其中, T_0 到 T_f 的时段表示在检测到本车与前车的距离小于安全阈值时,本车的减速时间,即,在 T_f 时刻,本车与前车的相对速度接近于0,其中,

[0050] $T_f = K_m * (T_1 + T_2)$, T_1 表示人的反映时间,即便是无人车行驶时,人也可能干预;当然,如果全程无人干预,则 T_1 为无人车系统反映时间,此时间会小于人的反映时间,或许可以被忽略,为安全起见,可以将其设置为人的反映时间; T_2 为本车从当前速度减为0的最短时间, K_m 为安全系数,一般设置为大于1。

[0051] 如上所述,如果考虑到例如乘员的舒适性,即,考虑到乘员的承受能力,不希望车辆过快减速(例如,在快速减速的情况下,某些人会产生晕车等不适,另外,快速减速对车辆的制动系统的损耗大,同时车辆的能耗也大),因此,可以所设置的 T_f 时间段内,例如在时刻 T_m 设定一速度 V_m , V_m 为优化算法中本车的减速曲线将会通过的速度,并且可以认为,当本车从 T_0 到 T_m 时段内,将当前速度减小到 V_m ,比较适宜,例如,乘员感觉相对舒服,所采用的制动

力合适,车辆的制动系统的损耗不大等。

[0052] 当设置了 V_m 后,可以来设置优化函数的边界条件,例如,在图4所示的 T_0 到 T_m 时段:

$$[0053] \quad T_0 \leq t_0^{(1)} \leq T_m \quad (3)$$

$$[0054] \quad X_1^0 \leq X_1^t \leq X_1^{T_m}$$

[0055] 而在 T_m 到 T_f 时段:

$$[0056] \quad T_m \leq t_0^{(2)} \leq T_f \quad (4)$$

$$X_2^{T_m} \leq X_2^t \leq X_2^{T_f}$$

[0057] 其中 X_1 和 X_2 表示优化函数的状态向量,例如,包括本车与前车的相对速度 X_v 以及距离 X_p 。

[0058] 考虑到车辆系统延时,及人的反应时间(在自动驾驶情况下,不排除人工操作),加入如下安全约束方程:

$$[0059] \quad K_{safe}(V_0 T_0 + \int_{t_0}^{t_f} v dt) \leq S_1 \quad (5)$$

[0060] 其中, V_0 表示在检测到本车与前车的距离低于所设置的安全阈值时,本车与前车的相对速度, T_0 表示人的反应时间(或系统延时), v 表示本车在减速过程中与前车的相对速度, S 为车辆行驶系统设置的安全距离, K_{safe} 表示安全系数,一般 $K_{safe} > 1$ 。

$$[0061] \quad \text{由此,} \int_{t_0}^{t_f} v dt \leq \frac{S_1}{K_{safe}} - V_0 T_0 \quad (6)$$

$$[0062] \quad \text{设} R_1 = \frac{S_1}{K_{safe}} - V_0 T_0 \quad (7),$$

[0063] R_1 表示安全因子。

[0064] 将 R_1 带入上述优化函数(2),并且考虑到该优化函数的终端条件:

[0065] $X_{vT} = 0$,即本车与前车的相对速度为零, X_{pT} 尽可能大,即,本车与前车的距离尽可能大,可以对上述优化函数(2)进行求解。

[0066] 可选地,在求解过程中,可以将本车的其他参数,例如,允许的减速度、速度变化范围等参数作为该优化函数的约束条件。

[0067] 通过对上述优化函数进行求解,来确定上述优化函数是否存在最优解。如果通过求解确定上述优化函数存在最优解,即表示在 T_0 到 T_f 的时段内,可以把本车与前车的相对速度减小到0,从而可以在满足安全性的情况下,控制本车按照所设置的通过设定速度 V_m 的减速曲线来减速,提高了乘员舒适度、降低了能耗,并且减小了对车辆制动系统的磨损。

[0068] 相反,如果通过求解确定上述优化函数不存在最优解,即表示在 T_0 到 T_f 的时段内,控制本车按照所设置的通过设定速度 V_m 的减速曲线来减速将无法保证安全性,即无法保证在 T_0 到 T_f 的时段内将本车与前车的相对速度减小到0;在这种情况下,可以采用其他方式来减速,例如,通过设定的最大减速度来自动减速,或者通过人为干预来减速,以保证本车与前车不发生追尾。

[0069] 在上述情境中,可以通过求解优化函数的最优解,获得本车的最优的减速曲线,使得在本车与前车的距离小于安全阈值时,本车可以按照设定的最优减速曲线来减速,不但

可以避免与前车追尾,还可以减少本车的制动能耗、减小制动系统的磨损,并且使得乘员在减速过程中不会感觉到不舒适。

[0070] 作为示例,下面介绍对上述优化函数进行求解的一种算法,也就是对最优化问题进行求解的算法。例如,可以建立优化函数:

$$[0071] \quad J = K_1(X_{vT} - 0)^2 + K_2\left(\frac{1}{X_{pT}} - 0\right)^2 + (X_v - 0)^2 + \beta\left(\int_{t=0}^{t_f} Xvdt - R_1\right) \quad (8)$$

[0072] 其中,J表示关于状态变量X的函数, $X = \begin{bmatrix} X_p \\ X_v \end{bmatrix}$

[0073] X_p 表示本车与前车的距离, X_v 表示本车与前车的相对速度。

[0074] 对于上述非线性的最优化问题,可以采用的算法很多,如本领域技术人员已知的,可以采用梯度下降法、共轭梯度法、变尺度法、步长加速法等。根据本公开的一实施例,将采用牛顿迭代法来求解上述最优化问题。以下对牛顿迭代法进行详细描述。

[0075] 例如,对于 $f(x) = 0$ 的问题,采用一阶泰勒展开:

$$[0076] \quad f(x) = f(x_0) + f'(x_0) * (x - x_0) + 0((x - x_0)^2), \quad (9)$$

[0077] 忽略后面的高阶展开项,代入 $x = x_0 + \Delta x$,得到:

$$[0078] \quad f(x) = f(x_0 + \Delta x) = f(x_0) + f'(x_0) * \Delta x; \quad (10)$$

[0079] 要求解 $f'(x) = 0$ 的问题,需要二阶泰勒展开:

$$[0080] \quad f(x) = f(x_0) + f'(x_0) * (x - x_0) + 0.5 * f''(x_0) * (x - x_0)^2 + 0((x - x_0)^3), \quad (11)$$

[0081] 忽略后面的高阶展开项,代入 $x = x_0 + \Delta x$,得到:

$$[0082] \quad f(x) = f(x_0 + \Delta x) = f(x_0) + f'(x_0) * \Delta x + 0.5 * f''(x_0) * \Delta x^2; \quad (12)$$

[0083] 对其求导计算 $f'(x) = f'(x_0 + \Delta x) = 0$,得到:

$$[0084] \quad [f(x_0) + f'(x_0) * (x - x_0) + 0.5 * f''(x_0) * ((x - x_0)^2)]' = 0 \quad (13)$$

[0085] 由此, $f'(x_0) + f''(x_0) * (x - x_0) = 0$

$$[0086] \quad x = x_0 - f'(x_0) / f''(x_0) \rightarrow x_{n+1} = x_n - f'(x_n) / f''(x_n), n = 0, 1, 2, \dots \quad (14)$$

[0087] 以上对牛顿迭代法的推导针对单变量问题,即1维问题,而对于多维问题,例如n维问题($n > 1$),可以获得目标函数 $f(x)$ 在 X^k 点逼近用的二次曲线为:

$$[0088] \quad \varphi(X^k) = f(X^k) + [\nabla f(X^k)][X - X^k] + \frac{1}{2}[X - X^k] \cdot \nabla^2 f(X^k) \cdot [X - X^k]^2 \quad (15)$$

[0089] 其中, $\nabla^2 f(X^k)$ 表示海森(Hessian)矩阵,令式中的Hessian

[0090] $\nabla^2 f(X^k) = H(X^k)$,则上式可以表示为:

$$[0091] \quad \varphi(X^k) = f(X^k) + [\nabla f(X^k)][X - X^k] + \frac{1}{2}[X - X^k] \cdot H(X^k) \cdot [X - X^k]^2 \quad (16)$$

[0092] 当 $\nabla \varphi(X) = 0$ 时,可求得 $\varphi(X)$ 的极值点。

[0093] 为对上述函数公式(7)进行最优解求解,可以令目标函数 $f(x) = J$,并且如上所述,对其进行牛顿法的迭代,从而确定上述函数公式(7)是否存在最优解。如果存在极值点,说明该函数公式(7)有解,并且相应地输出状态变量 X_v 的曲线;相反,如果确定上述函数公式(7)不存在极值点,则可以确定不存在最优解,在这种情况下,例如,可以采用最大减速度进行制动以保证安全性。

[0094] 在以上根据本公开的实施例给出的设定本车的减速曲线的算法中,考虑将优化函数的最优解确定为对应于本车与前车的距离尽可能大,而本车与前车的相对速度尽可能小,也就是确保最优解对应的安全阈值尽可能大。

[0095] 实际上,还可以将本公开的原理应用于车辆跟随的情境,在车辆跟随的情境下,优化函数对应的最优解为使得本车与前车的距离尽可能小,而本车与前车的相对速度也尽可能小,也就是确保最优解对应的车距尽可能小,从而在保证行车安全的情况下提高路面的利用率。在这种情况下,可以利用拉格朗日-梅耶形式,将优化函数改写为:

$$[0096] \quad J_T = K_1 (X_{vT} - 0)^2 + K_2 (X_{pT} - 0)^2$$

$$[0097] \quad \int_{t=0}^{t_f} J_t dt = (X_v - 0)^2 + \beta \left(\int_{t=0}^{t_f} X_v dt - R_2 \right) \quad (17)$$

[0098] 在上述函数(17)中, J_T 表示本车与前车在最终状态下的相对速度和距离的关系,其中, K_1, K_2 为比例系数, X_{vT} 为期望的本车与前车的最终相对速度,而 X_{pT} 为期望的本车与前车的最终距离。

[0099] 可选地,作为终端型函数 J_T ,为了使得本车与前车紧紧跟随,可能希望在最终状态下,本车与前车的距离趋近于0,这在数学上可以表示为 X_{pT} 趋近于0,而为了保证安全性,即,避免本车与前车追尾,则希望本车与前车的相对速度为0,即, X_{vT} 趋近于0。

[0100] 可选地,作为积分型函数 $\int_{t=0}^{t_f} J_t dt$,为了在整个行驶过程中,避免本车与前车追尾,可能希望在每个时刻,本车与前车的相对速度 X_v 趋近于0,即,本车与前车的相对速度为0,并且,本车与前车的距离保持一跟随距离 R_2 ,即 X_v 随时间的积分趋向于跟随距离 R_2 (以下将对 R_2 的设置进行详细描述),其中,系数 β 用于量化逼近程度。

[0101] 在上述情境中,可以通过求解优化函数的最优解,获得本车在行驶过程中与前车紧紧跟随,使得车距比较小,从而提高路面利用率,减少交通拥堵。

[0102] 具体而言,与上述减速曲线的设置类似,根据本公开的原理,考虑到车辆系统延时,及人的反应时间(在自动驾驶情况下,不排除人工操作),加入如下跟随约束方程:

$$[0103] \quad K_{flw} (V_0 T_0 + \int_{t_0}^{t_f} v dt) \leq S_2 \quad (18)$$

[0104] 其中, V_0 表示在检测到本车与前车的距离高于所设置的跟随阈值时,本车与前车的相对速度, T_0 表示人的反应时间(或系统延时), v 表示本车在行驶过程中与前车的相对速度, S_2 为车辆行驶系统设置的跟随距离, K_{flw} 表示跟随系数,一般 $K_{flw} > 1$ 。

$$[0105] \quad \text{由此,} \int_{t_0}^{t_f} v dt \leq \frac{S_2}{K_{flw}} - V_0 T_0 \quad (19)$$

$$[0106] \quad \text{设} R_2 = \frac{S_2}{K_{safe}} - V_0 T_0 \quad (20),$$

[0107] R_2 表示跟随因子。

[0108] 将 R_2 带入上述优化函数(17),并且考虑到该优化函数的终端条件:

[0109] $X_{vT} = 0$,即本车与前车的相对速度为零, $X_{pT} = 0$,即本车与前车的距离尽可能小,可

以对上述优化函数(17)进行求解。

[0110] 可选地,在求解过程中,可以将本车的其他参数,例如,允许的减速度、速度变化范围等参数作为该优化函数的约束条件。

[0111] 通过对上述优化函数进行求解,来确定上述优化函数是否存在最优解。如果通过求解确定上述优化函数存在最优解,即表示在 T_0 到 T_f 的时段内,可以把本车与前车的相对速度改变到0,并且将本车与前车的距离减小到跟随距离,从而可以在满足安全性的情况下,控制本车按照所设置的速度曲线来行驶,从而减小车距,提高路面利用率。

[0112] 相反,如果通过求解确定上述优化函数不存在最优解,即表示在 T_0 到 T_f 的时段内,无法实现控制本车按照所设置的速度曲线来行驶,从而实现以所设置的跟随距离来跟随前车。在这种情况下,可以适当将所设置的跟随距离拉大,以保证本车与前车不发生追尾。例如,控制本车以第二速度行驶,第二速度小于前车的速度。

[0113] 对于优化函数(17)的求解,作为示例,也可以采用牛顿迭代法来进行。例如,可以建立优化函数:

$$[0114] \quad J = K_1(X_{vT} - 0)^2 + K_2(X_{pT} - 0)^2 + (X_v - 0)^2 + \beta \left(\int_{t=0}^{t_f} X_v dt - R \right) \quad (21)$$

[0115] 其中,J表示关于状态变量X的函数, $X = \begin{bmatrix} X_p \\ X_v \end{bmatrix}$

[0116] X_p 表示本车与前车的距离, X_v 表示本车与前车的相对速度。

[0117] 具体过程可以参照上面描述的,在此不再赘述。

[0118] 实际上,如上所述,对于上述非线性的最优化问题,可以采用的算法很多,如本领域技术人员已知的,可以采用梯度下降法、共轭梯度法、变尺度法、步长加速法等对优化函数进行求解,因此,本公开的原理不限于采用牛顿迭代法来求解上述最优化问题。

[0119] 以上对本公开的实施例采用的速度曲线的设定算法进行了描述,下面将结合实施例对本公开的行驶控制装置进行描述。

[0120] 根据本公开的实施例,可选地,行驶控制装置还包括:

[0121] 车距传感器,检测本车与前方主体(例如,前车,行人,障碍物等)的距离。例如,可以在本车前部安装毫米波雷达传感器、激光测距器、声纳传感器或者超声波传感器,从而测量与前方车辆的距离。

[0122] 可选地,该控制装置还包括:

[0123] 相对车速检测/估算器,检测或者估算本车与前车之间的相对车速。

[0124] 可选地,对相对车速还可以采用间接的方式,例如,通过与前车的车间通信,实时获取前车的速度,从而可以计算得出本车与前车的相对车速。

[0125] 可选地,该控制装置还包括:

[0126] 加速度传感器,用于检测本车的加速度/减速度,并且将所检测的加速度/减速度作为输入信号提供给处理器。

[0127] 在本车是传统的燃油车的情况下,控制装置还可以包括但不限于:节气门开度传感器,检测设置在发动机进气道中的节气门的开度;发动机转速传感器,检测发动机的转速;车速传感器,检测变速器输出轴的转速,该转速与车速成比例。

[0128] 在本车是包括电驱动系统的混合动力车或者全电动车的情况下,控制装置还可以包括但不限于:电动机转速传感器、电动机扭矩传感器等。

[0129] 可选地,处理器接收各个传感器获取的检测信号,例如,接收车距传感器获取的本车与前车的距离,相对车速检测器检测到的本车与前车的相对车速,并且根据车辆与前方主体的相对速度和距离,建立关于速度的优化函数,从而对该优化函数进行求解,使得按照所设定的速度曲线行驶时,车辆与前方主体的相对速度接近于零。

[0130] 可选地,处理器被进一步配置为:在对该优化函数进行求解时,使得按照所设定的速度曲线行驶时,车辆与前方主体的距离尽可能大。在这种情况下,可以最大程度地保证本车与前方主体的安全车距,减小减速时的制动力,从而减小制动能耗,降低对制动系统的损耗。

[0131] 可选地,处理器被进一步配置为:在对该优化函数进行求解时,使得按照所设定的速度曲线行驶时,车辆与前方主体的距离尽可能小。在这种情况下,可以最大程度地保证本车与前车的跟随性,从而缩小车间距,提高路面的利用率。

[0132] 可选地,根据本公开的实施例,控制装置还可以包括报警装置,在车距传感器检测到本车与前方主体的距离小于一安全阈值时,报警装置发出警报。可选地,根据需要,可以发出声音警报或者显示图像报警。

[0133] 可选地,控制装置被进一步配置为获取报警时车辆的相关参数,例如,相对车速检测/估算器检测或估算报警发生时本车与前车的相对速度、车距传感器检测报警发生时本车与前车的距离,加速度传感器检测本车此时的加速度/减速度,处理器被进一步配置为根据报警时获取的车辆的相关参数,确定安全约束方程。

[0134] 可选地,根据本公开的控制装置,其中,处理器被进一步配置为在对优化函数进行求解时,确定该优化函数是否存在最优解,如果存在最优解,则输出优化的速度曲线作为设定的速度曲线;否则,处理器指示控制器输出报警信号并且以第一减速度控制车辆减速。

[0135] 可选地,第一减速度对应于车辆的最大制动力。

[0136] 可选地,根据本公开的控制装置,其中,速度曲线为分段曲线,并且处理器被配置为确定边界条件使得各分段曲线在边界处连续。

[0137] 可选地,该控制装置可应用于无人驾驶车辆或者自动驾驶车辆上,从而可以控制车辆根据设定的最优速度行驶。例如,在设定了最优行驶速度后,该控制装置可以输出指令给伺服电机以控制节气门开度,并且根据行驶阻力的变化情况,实时自适应调节发动机节气门开度,使行驶车速跟随所设定的最优速度曲线。在本车包括电驱动系统时,该控制装置可以向电驱动系统输出指令,从而自适应调节驱动电机的输出扭矩,以便使车速跟随所设定的最优速度曲线。

[0138] 可选地,根据本公开的实施例,可以实现车辆的自适应巡航控制,例如,利用装设于车辆前方的雷达系统,在车辆在行驶时,检测车辆前方的交通状况,以维持安全距离。当其他车辆进入车道使得安全距离不足时,车辆便自动减速驾驶,而当车辆前方有足够安全距离时便自动加速,恢复至设定的跟随距离或者驾驶者设定的速度。

[0139] 根据本公开的另一实施例,提出了一种控制车辆的行驶速度的方法。如图5所示,其包括:S500,根据车辆与前方主体的相对速度和距离,设定车辆的速度曲线;S510,控制车辆按照设定的速度曲线行驶;其中,根据车辆与前方主体的相对速度和距离,建立优化函

数,并且对该优化函数进行求解,使得按照所设定的速度曲线行驶时,车辆与前方主体的相对速度接近于零。

[0140] 可选地,该方法还包括:在对该优化函数进行求解时,使得按照所设定的速度曲线行驶时,车辆与前方主体的距离尽可能大。在这种情况下,可以最大程度地保证本车与前方主体的安全车距,减小减速时的制动力,从而减小制动能耗,降低对制动系统的损耗。

[0141] 可选地,该方法还包括:在对该优化函数进行求解时,使得按照所设定的速度曲线行驶时,车辆与前车的距离尽可能小。在这种情况下,可以最大程度地保证本车与前车的跟随性,从而缩小车间距,提高路面的利用率。

[0142] 可选地,该方法还包括:检测本车与前方主体的相对速度和距离。

[0143] 可选地,该方法还包括:在距离小于一阈值时,输出报警信号;并且获取报警时车辆的相关参数。

[0144] 可选地,该方法还包括:根据报警时本车的相关参数,确定安全约束方程,其中车辆的相关参数为相对车速、人的反应时间和安全距离中的至少一项。

[0145] 可选地,该方法还包括:在优化函数进行求解时,判断该优化函数是否存在解,如果存在解,输出优化的速度曲线作为设定的速度曲线;否则,输出报警信号并且以第一减速度控制车辆减速。

[0146] 可选地,其中,第一减速度对应于车辆的最大制动力。

[0147] 可选地,其中,速度曲线为分段曲线,并且该方法还包括确定边界条件使得各分段曲线在边界处连续。

[0148] 图6示意性地图示了根据本公开的一实施例的设定最优速度曲线的方法。如图6所示,该方法包括:S600,获得报警时车辆的相关参数;可选地,例如通过车距检测器检测与前车的距离,如果检测到的车距小于或等于预先设置的安全车距时,将通过扬声器发出声音报警或者通过车载显示屏显示图像报警,并且获取报警时车辆的相关参数,例如,速度、加速度、与前车的相对速度、与前车的距离、节气门开度、发动机转速、发动机档位;若本车包括电驱动系统,则还包括驱动电机的输出扭矩、驱动电机的转速等参数;S610,设置边界条件、约束条件和中间时刻状态,例如,如前所述,可以设定速度分段曲线的数量、分段曲线在连接点处的边界连续条件,并且将减速曲线将通过的某一速度点作为中间时刻状态;S620,建立安全约束方程,可选地,可以根据在检测到本车与前车的距离低于所设置的安全阈值时,本车与前车的相对速度、人的反应时间(或系统延时),本车在减速过程中与前车的相对速度以及车辆行驶系统设置的安全距离来建立安全约束方程,例如上述方程(5)或(18)所示的安全约束方程;S630,建立优化函数,例如,建立以本车与前车的相对速度和本车与前车的车距为状态变量的状态方程,例如,以拉格朗日-梅耶形式的状态方程,并且对其进行求解,以确定该状态方程是否存在最优解,具体的求解算法可以是例如牛顿迭代法、梯度下降法、共轭法等等,具体可以由本领域人员根据实际需要选择,只要在建立了优化函数即可;当对优化函数进行求解时,如果存在最优解,则如S640所示,输出最优速度曲线;否则,如果不存在最优解,则可以控制车辆以某个速度形式,例如以对应于最大减速度的最大制动力减速,以最大程度地保证安全性。

[0149] 根据本公开的另一方面,还提供了一种用于控制车辆的行驶速度的控制装置,如图7所示,其包括处理器710和存储器720,其中,存储器720存储程序指令,处理器710被配置

为运行存储器720存储的程序指令,使得执行以下方法:根据车辆与前方主体的相对速度和距离,设定车辆的速度曲线;控制车辆按照设定的速度曲线行驶;其中,根据车辆与前方主体的相对速度和距离,建立优化函数,并且对该优化函数进行求解,使得按照所设定的速度曲线行驶时,车辆与前方主体的相对速度接近于零。

[0150] 根据本公开的另一方面,还提供了一种计算机可读存储介质,其上存储了程序指令,所述程序指令在被计算机运行时,实施以下方法:根据车辆与前方主体的相对速度和距离,设定车辆的速度曲线;控制车辆按照设定的速度曲线行驶;其中,根据车辆与前方主体的相对速度和距离,建立优化函数,并且对该优化函数进行求解,使得按照所设定的速度曲线行驶时,车辆与前方主体的相对速度接近于零。

[0151] 根据本公开提供的控制装置及方法,可以控制车辆根据设定的最优速度行驶,确保与前方车辆、人员的安全车距,并且减小车辆减速制动时的能耗和对车辆制动系统的磨损,提高乘员的舒适性;此外,也可以在确保安全的情况下,减小与前车的车距,提高路面利用率,降低交通拥堵。

[0152] 虽然上文中已经用一般性说明及具体实施方式,对本公开作了详尽的描述,但在本公开实施例基础上,可以对之作一些修改或改进,因此,在不偏离本公开精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本公开要求保护的范围。

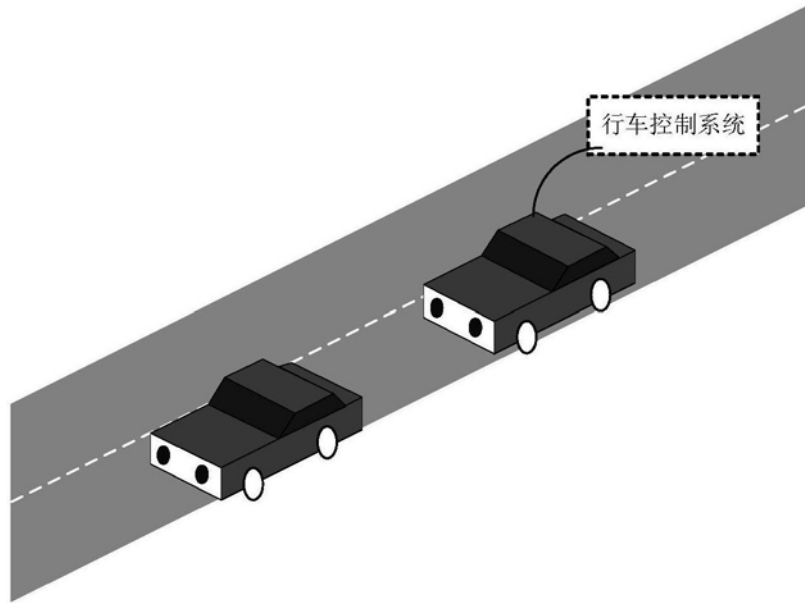


图1

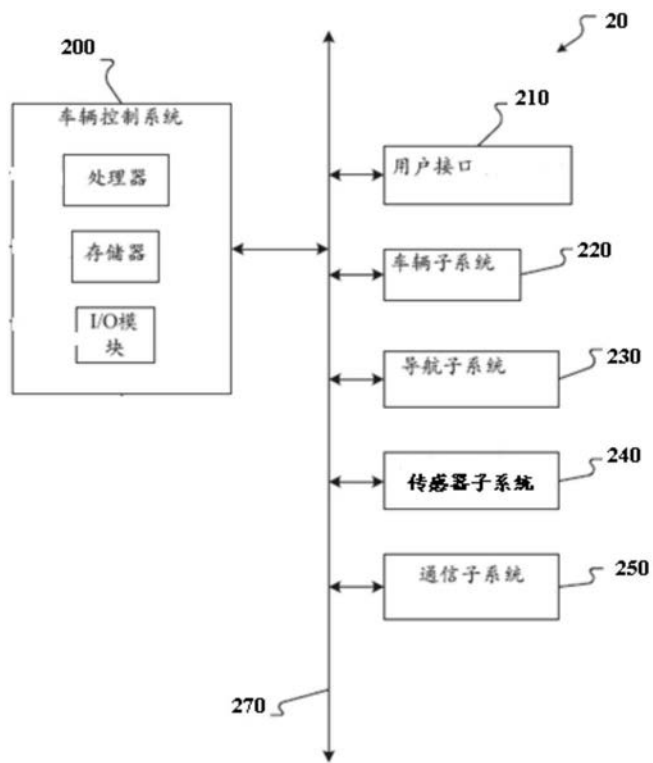


图2

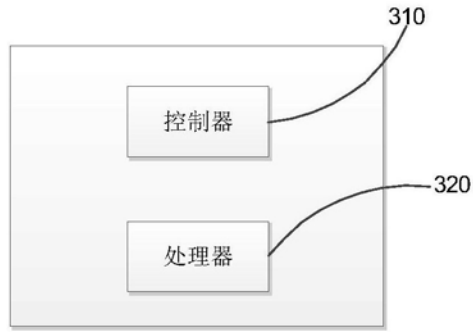


图3

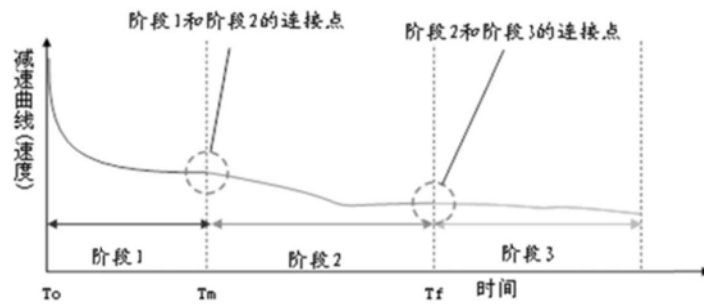


图4

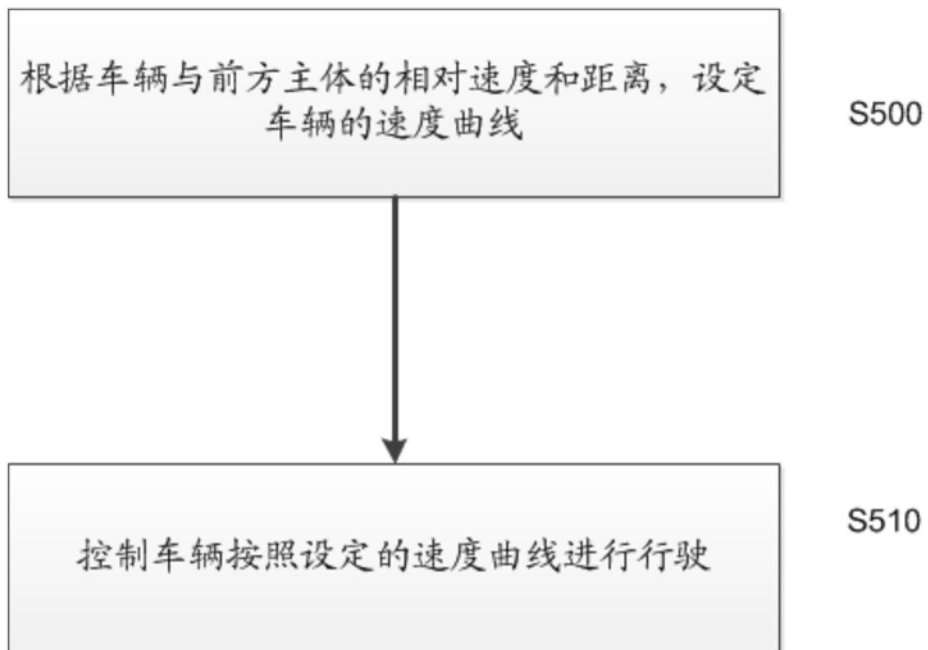


图5

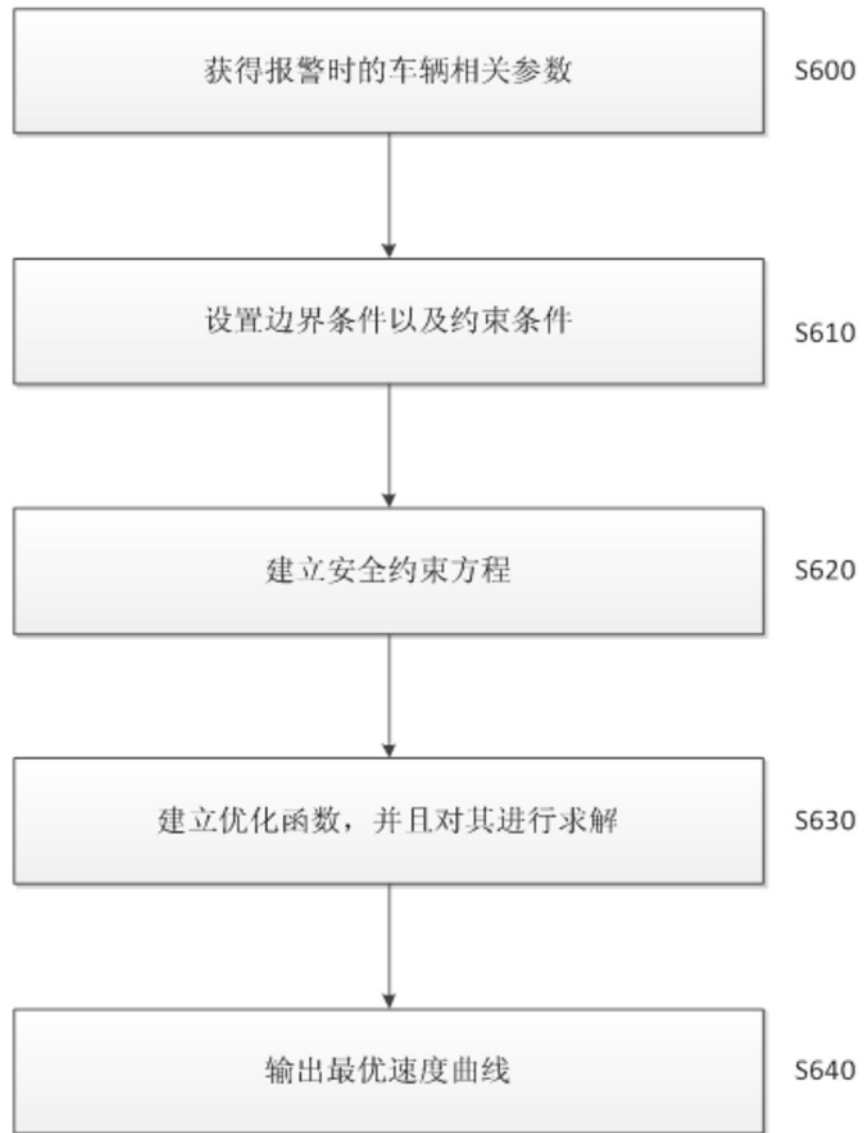


图6

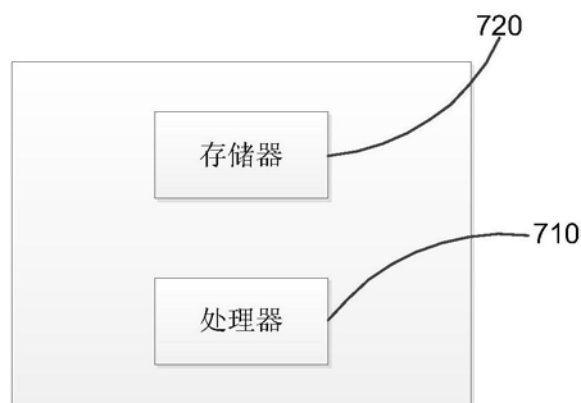


图7