



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116653964 A

(43) 申请公布日 2023. 08. 29

(21) 申请号 202310950439.X

B60W 40/105 (2012.01)

(22) 申请日 2023.07.31

B60W 40/107 (2012.01)

(71) 申请人 福思(杭州)智能科技有限公司

地址 310051 浙江省杭州市滨江区西兴街
道阡陌路459号A楼1602室

(72) 发明人 吴鹏 郭璧玺 邹欣 计晨

邓晟伟 战策 刘翎予 唐杰

李小刚 潘文博 白颖 陈少佳

陈永春 赵红军 马时骏 刘家辉

汪锦文 胡雨辰

(74) 专利代理机构 杭州华进联浙知识产权代理
有限公司 33250

专利代理师 范丽霞

(51) Int. Cl.

B60W 30/18 (2012.01)

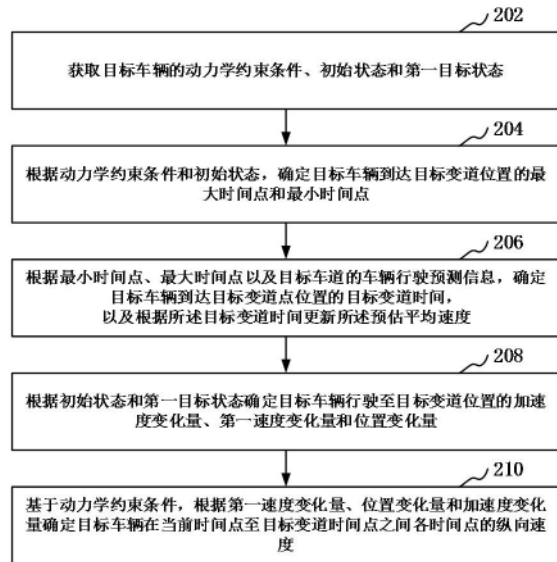
权利要求书3页 说明书15页 附图7页

(54) 发明名称

变道纵向速度规划方法、装置和车载设备

(57) 摘要

本申请涉及一种变道纵向速度规划方法、装置和车载设备。该方法根据动力学约束条件和目标车道的车辆行驶预测信息确定目标变道时间,根据目标车辆驶入目标车道的预估平均速度对变道路段各时间点的纵向速度进行规划,能够确保速度规划的有效性和可行性。并且基于动力学约束条件根据速度和位置的变化量进行速度规划,无需求解计算复杂的代价函数即可得到当前时间点至目标变道时间之间各时间点的纵向速度,能够在低算力条件下得到有效可行的纵向速度谱。



1. 一种变道纵向速度规划方法,其特征在于,所述方法包括:

获取目标车辆的动力学约束条件、初始状态和第一目标状态;其中,所述初始状态包括目标车辆的当前位置、当前速度和当前加速度,所述第一目标状态包括目标车辆的目标变道位置、驶入目标车道的预估平均速度和预设终态加速度;

根据所述动力学约束条件和所述初始状态,确定目标车辆到达所述目标变道位置的最大时间点和最小时间点;

根据所述最小时间点、所述最大时间点以及目标车道的车辆行驶预测信息,确定目标车辆到达所述目标变道位置的目标变道时间,以及根据所述目标变道时间更新所述预估平均速度;

根据所述初始状态和所述第一目标状态确定所述目标车辆行驶至所述目标变道位置的加速度变化量、第一速度变化量和位置变化量;

基于所述动力学约束条件,根据所述第一速度变化量、所述位置变化量和所述加速度变化量确定目标车辆在当前时间点至目标变道时间之间各时间点的纵向速度。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述动力学约束条件包括目标车辆的最大加速度、最小加速度、最大加加速度、最小加加速度和预设加加速度,所述根据所述动力学约束条件和所述初始状态,确定目标车辆到达目标变道位置的最大时间点包括:

获取目标车辆的第二目标状态;其中,所述第二目标状态包括目标车辆的目标变道位置、驶入目标车道的最小限定速度和预设终态加速度;

根据所述初始状态和所述第二目标状态确定所述目标车辆行驶至所述目标变道位置的加速度变化量、第二速度变化量和位置变化量;

基于所述动力学约束条件,根据所述第二速度变化量、所述位置变化量和所述加速度变化量确定所述最大加加速度持续的第一时长、所述最小加加速度持续的第三时长和所述预设加加速度持续的第三时长;

根据所述第一时长、所述第二时长、所述第三时长和所述当前时间点,确定所述最大时间点。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,动力学约束条件包括目标车辆的最大加速度、最小加速度、最大加加速度、最小加加速度和预设加加速度,所述根据所述动力学约束条件和所述初始状态,确定目标车辆到达目标变道位置的最小时间点包括:

获取目标车辆的第三目标状态;其中,所述第三目标状态包括目标车辆的目标变道位置、驶入目标车道的最大限定速度和预设终态加速度;

根据所述初始状态和所述第三目标状态确定所述目标车辆行驶至所述目标变道位置的加速度变化量、第三速度变化量和位置变化量;

基于所述动力学约束条件,根据所述第三速度变化量、所述位置变化量和所述加速度变化量确定所述最大加加速度持续的第四时长、所述最小加加速度持续的第五时长和所述预设加加速度持续的第六时长;

根据所述第四时长、所述第五时长、所述第六时长和当前时间点,确定所述最小时间点。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述最小时间点、所述最大时间点以及目标车道的车辆行驶预测信息,确定目标车辆到达所述目标变道点位置的目标变道

时间包括：

根据所述目标车道的车辆行驶预测信息确定变道时间窗口；其中，所述变道时间窗口为所述目标车辆在行驶至目标变道位置时不与所述目标车道上的前车和后车发生碰撞的时间窗口；

以所述最小时间点为起点，以所述最大时间点为终点确定目标车辆到达目标变道位置的可行时间域；

若所述可行时间域与所述变道时间窗口存在时间交集，则将所述交集的最小时间点确定为目标变道时间。

5. 根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

若所述可行时间域与所述变道时间窗口不存在时间交集，则根据预设步长更新所述目标变道位置；

根据所述最小时间点、所述最大时间点以及所述车辆行驶预测信息，确定目标车辆到达所述更新后的目标变道位置的目标变道时间。

6. 根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述根据所述目标车道的车辆行驶预测信息确定变道时间窗口为：

根据所述目标车道的车辆行驶预测信息确定所述目标车道相邻的至少两辆车行驶至目标变道位置的至少两个时间点；

根据所述至少两个时间点确定所述至少两个时间点之间的初始时间窗口；

根据各所述初始时间窗口和预设的安全冗余时长确定变道时间窗口。

7. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述动力学约束条件包括目标车辆的最大加速度、最小加速度、最大加加速度、最小加加速度和预设加加速度，所述基于所述动力学约束条件，根据所述第一速度变化量、所述位置变化量和所述当前速度确定所述目标变道时长中各时间点的纵向速度，包括：

根据所述第一速度变化量、所述位置变化量和所述加速度变化量，确定所述目标变道时长中所述最大加加速度持续的第七时长、所述最小加加速度持续的第八时长和所述预设加加速度持续的第九时长；

根据所述第七时长、第八时长、所述第九时长和所述当前速度确定所述目标变道时长中各时间点的纵向速度。

8. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

获取目标车辆当前时间点的横向规划速度和目标变道时间的横向规划速度；

根据当前时间点的纵向速度和所述当前时间点的横向规划速度确定目标车辆在当前时间点的当前规划速度，以及根据目标变道时间的纵向速度和所述目标变道时间的横向规划速度确定目标车辆在目标变道时间的目标规划速度；

根据所述当前位置、所述当前规划速度、所述目标变道位置、所述目标规划速度确定目标车辆从当前位置行驶至目标位置的目标变道路径。

9. 一种变道纵向速度规划装置，其特征在于，所述装置包括：

条件获取模块，用于获取目标车辆的动力学约束条件、初始状态和第一目标状态；其中，所述初始状态包括目标车辆的当前位置、当前速度和当前加速度，所述第一目标状态包括目标车辆的目标变道位置、驶入目标车道的预估平均速度和预设终态加速度；

第一时间确定模块,用于根据所述动力学约束条件和所述初始状态,确定目标车辆到达所述目标变道位置的最大时间点和最小时间点;

第二时间确定模块,用于根据所述最小时间点、所述最大时间点以及目标车道的车辆行驶预测信息,确定目标车辆到达所述目标变道位置的目标变道时间,以及根据所述目标变道时间更新所述预估平均速度;

变化量确定模块,用于根据所述初始状态和所述第一目标状态确定所述目标车辆行驶至所述目标变道位置的加速度变化量、第一速度变化量和位置变化量;

速度规划模块,用于基于所述动力学约束条件,根据所述第一速度变化量、所述位置变化量和所述加速度变化量确定目标车辆在当前时间点至目标变道时间之间各时间点的纵向速度。

10. 一种车载设备,包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求1至权利要求8中任一项所述的方法的步骤。

变道纵向速度规划方法、装置和车载设备

技术领域

[0001] 本申请涉及智能驾驶技术领域,特别是涉及一种变道纵向速度规划方法、装置和车载设备。

背景技术

[0002] 近年来随着辅助驾驶、自动驾驶技术的发展,越来越多的车辆配备了一定程度的辅助驾驶功能,可以完成在普通道路上的纵向速度规划,减轻部分人类驾驶员驾驶负担。但是,在诸如高速公路的出入口等需要变道的地段,由于复杂的环境因素,实现高效、舒适的纵向速度规划存在一定难度。

[0003] 在相关技术中,基于实时规划并通过二次规划求出最优解的方法来进行纵向速度规划以实现较短时间达到目标变道位置,然而该方法中基于代价函数进行求解的计算复杂度较高,无法在低算力的条件下实现有效可行的纵向速度规划。

发明内容

[0004] 基于此,有必要针对上述技术问题,提供一种能够在低算力条件下得到有效可行的纵向速度谱的变道纵向速度规划方法、装置和车载设备。

[0005] 第一方面,本申请提供了一种变道纵向速度规划方法,其特征在于,所述方法包括:

获取目标车辆的动力学约束条件、初始状态和第一目标状态;其中,所述初始状态包括目标车辆的当前位置、当前速度和当前加速度,所述第一目标状态包括目标车辆的目标变道位置、驶入目标车道的预估平均速度和预设终态加速度;

根据所述动力学约束条件和所述初始状态,确定目标车辆到达所述目标变道位置的最大时间点和最小时间点;

根据所述最小时间点、所述最大时间点以及目标车道的车辆行驶预测信息,确定目标车辆到达所述目标变道位置的目标变道时间,以及根据所述目标变道时间更新所述预估平均速度;

根据所述初始状态和所述第一目标状态确定所述目标车辆行驶至所述目标变道位置的加速度变化量、第一速度变化量和位置变化量;

基于所述动力学约束条件,根据所述第一速度变化量、所述位置变化量和所述加速度变化量确定目标车辆在当前时间点至目标变道时间之间各时间点的纵向速度。

[0006] 在其中一个实施例中,所述动力学约束条件包括目标车辆的最大加速度、最小加速度、最大加加速度、最小加加速度和预设加加速度,所述根据所述动力学约束条件和所述初始状态,确定目标车辆到达目标变道位置的最大时间点包括:

获取目标车辆的第二目标状态;其中,所述第二目标状态包括目标车辆的目标变道位置、驶入目标车道的最小限定速度和预设终态加速度;

根据所述初始状态和所述第二目标状态确定所述目标车辆行驶至所述目标变道

位置的加速度变化量、第二速度变化量和位置变化量；

基于所述动力学约束条件，根据所述第二速度变化量、所述位置变化量和所述加速度变化量确定所述最大加加速度持续的第一时长、所述最小加加速度持续的第二时长和所述预设加加速度持续的第三时长；

根据所述第一时长、所述第二时长、所述第三时长和所述当前时间点，确定所述最大时间点。

[0007] 在其中一个实施例中，动力学约束条件包括目标车辆的最大加速度、最小加速度、最大加加速度、最小加加速度和预设加加速度，所述根据所述动力学约束条件和所述初始状态，确定目标车辆到达目标变道位置的最小时间点包括：

获取目标车辆的第三目标状态；其中，所述第三目标状态包括目标车辆的目标变道位置、驶入目标车道的最大限定速度和预设终态加速度；

根据所述初始状态和所述第三目标状态确定所述目标车辆行驶至所述目标变道位置的加速度变化量、第三速度变化量和位置变化量；

基于所述动力学约束条件，根据所述第三速度变化量、所述位置变化量和所述加速度变化量确定所述最大加加速度持续的第四时长、所述最小加加速度持续的第五时长和所述预设加加速度持续的第六时长；

根据所述第四时长、所述第五时长、所述第六时长和当前时间点，确定所述最小时间点。

[0008] 在其中一个实施例中，所述根据所述最小时间点、所述最大时间点以及目标车道的车辆行驶预测信息，确定目标车辆到达所述目标变道点位置的目标变道时间包括：

根据所述目标车道的车辆行驶预测信息确定变道时间窗口；其中，所述变道时间窗口为所述目标车辆在行驶至目标变道位置时不与所述目标车道上的前车和后车发生碰撞的时间窗口；

以所述最小时间点为起点，以所述最大时间点为终点确定目标车辆到达目标变道位置的可行时间域；

若所述可行时间域与所述变道时间窗口存在时间交集，则将所述交集的最小时间点确定为目标变道时间。

[0009] 在其中一个实施例中，所述方法还包括：

若所述可行时间域与所述变道时间窗口不存在时间交集，则根据预设步长更新所述目标变道位置；

根据所述最小时间点、所述最大时间点以及所述车辆行驶预测信息，确定目标车辆到达所述更新后的目标变道位置的目标变道时间。

[0010] 在其中一个实施例中，所述根据所述目标车道的车辆行驶预测信息确定变道时间窗口为：

根据所述目标车道的车辆行驶预测信息确定所述目标车道相邻的至少两辆车辆行驶至目标变道位置的至少两个时间点；

根据所述至少两个时间点确定所述至少两个时间点之间的初始时间窗口；

根据各所述初始时间窗口和预设的安全冗余时长确定变道时间窗口。

[0011] 在其中一个实施例中，所述动力学约束条件包括目标车辆的最大加速度、最小加

速度、最大加加速度、最小加加速度和预设加加速度,所述基于所述动力学约束条件,根据所述第一速度变化量、所述位置变化量和所述当前速度确定所述目标变道时长中各时间点的纵向速度,包括:

根据所述第一速度变化量、所述位置变化量和所述加速度变化量,确定所述目标变道时长中所述最大加加速度持续的第七时长、所述最小加加速度持续的第八时长和所述预设加加速度持续的第九时长;

根据所述第七时长、第八时长、所述第九时长和所述当前速度确定所述目标变道时长中各时间点的纵向速度。

[0012] 在其中一个实施例中,所述方法还包括:

获取目标车辆当前时间点的横向规划速度和目标变道时间的横向规划速度;

根据当前时间点的纵向速度和所述当前时间点的横向规划速度确定目标车辆在当前时间点的当前规划速度,以及根据目标变道时间的纵向速度和所述目标变道时间的横向规划速度确定目标车辆在目标变道时间的目标规划速度;

根据所述当前位置、所述当前规划速度、所述目标变道位置、所述目标规划速度确定目标车辆从当前位置行驶至目标位置的目标变道路径。

[0013] 第二方面,本申请还提供了一种变道纵向速度规划装置。所述装置包括:

条件获取模块,用于获取目标车辆的动力学约束条件、初始状态和第一目标状态;其中,所述初始状态包括目标车辆的当前位置、当前速度和当前加速度,所述第一目标状态包括目标车辆的目标变道位置、驶入目标车道的预估平均速度和预设终态加速度;

第一时间确定模块,用于根据所述动力学约束条件和所述初始状态,确定目标车辆到达所述目标变道位置的最大时间点和最小时间点;

第二时间确定模块,用于根据所述最小时间点、所述最大时间点以及目标车道的车辆行驶预测信息,确定目标车辆到达所述目标变道位置的目标变道时间,以及根据所述目标变道时间更新所述预估平均速度;

变化量确定模块,用于根据所述初始状态和所述第一目标状态确定所述目标车辆行驶至所述目标变道位置的加速度变化量、第一速度变化量和位置变化量;

速度规划模块,用于基于所述动力学约束条件,根据所述第一速度变化量、所述位置变化量和所述加速度变化量确定目标车辆在当前时间点至目标变道时间之间各时间点的纵向速度。

[0014] 第三方面,本申请还提供了一种车载设备。所述车载设备包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现以下步骤:

获取目标车辆的动力学约束条件、初始状态和第一目标状态;其中,所述初始状态包括目标车辆的当前位置、当前速度和当前加速度,所述第一目标状态包括目标车辆的目标变道位置、驶入目标车道的预估平均速度和预设终态加速度;

根据所述动力学约束条件和所述初始状态,确定目标车辆到达所述目标变道位置的最大时间点和最小时间点;

根据所述最小时间点、所述最大时间点以及目标车道的车辆行驶预测信息,确定目标车辆到达所述目标变道位置的目标变道时间,以及根据所述目标变道时间更新所述预估平均速度;

根据所述初始状态和所述第一目标状态确定所述目标车辆行驶至所述目标变道位置的加速度变化量、第一速度变化量和位置变化量；

基于所述动力学约束条件，根据所述第一速度变化量、所述位置变化量和所述加速度变化量确定目标车辆在当前时间点至目标变道时间之间各时间点的纵向速度。

[0015] 上述纵向速度规划方法、装置和车载设备，首先获取目标车辆的动力学约束条件、初始状态和第一目标状态；然后根据动力学约束条件和初始状态条件，确定目标车辆到达目标变道位置的最大时间点和最小时间点；之后根据最小时间点、最大时间点以及目标车道的车辆行驶预测信息，确定目标车辆到达目标变道点位置的目标变道时间；最后基于动力学约束条件，根据第一速度变化量、位置变化量和当前速度确定目标车辆在当前时间点至目标变道时间之间各时间点的纵向速度。本申请的方法根据目标变道时间确定目标车辆从目标变道位置驶入目标车道的预估平均速度，并根据预估平均速度对变道路段各时间点的纵向速度进行规划，由于预估平均速度是基于目标变道时间确定的，因此能够确保车辆最快行驶至目标变道路径，并且基于该预估平均速度进行匀速变道不需要速度切换，可以使得变道过程平缓舒适，能够确保速度规划的有效性和可行性。并且基于动力学约束条件根据速度和位置的变化量进行速度规划，无需求解计算复杂的代价函数即可得到当前时间点至目标变道时间之间各时间点的纵向速度，能够在低算力条件下得到有效可行的纵向速度谱。

附图说明

[0016] 图1为一个实施例中变道纵向速度规划方法的应用环境图；

图2为一个实施例中变道纵向速度规划方法的流程示意图；

图3为一个实施例中确定最大时间点的流程示意图；

图4为一个实施例中根据加加速度限定轨迹算法确定第一时长、第二时长和第三时长的示意图；

图5为一个实施例中确定最小时间点的流程示意图；

图6为另一个实施例中变道纵向速度规划方法的流程示意图；

图7为一个实施例中确定目标变道时间的示意图；

图8为一个实施例中变道行驶路径的流程示意图；

图9为一个实施例中变道纵向速度规划装置的内部结构图；

图10为另一个实施例中变道纵向速度规划装置的内部结构图；

图11为一个实施例中车载设备的内部结构图。

具体实施方式

[0017] 为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本申请进行进一步详细说明。应当理解，此处描述的具体实施例仅仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。

[0018] 本申请实施例提供的变道纵向速度规划方法，可以应用于如图1所示的应用环境中。其中，如本文使用的术语“系统”指的是机械和电气硬件、软件、固件、电子控制部件、处理逻辑和/或处理器装置，其可以单独或组合提供所描述的功能性。可以包括但不限于专用

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、专用或组)、包含软件或固件指令的存储器、组合逻辑电路和/或其它部件。

[0019] 本申请实施例提供的变道纵向速度规划方法,可以应用于如图1所示的应用环境中。图1示出了交通工具10的侧视图,所述交通工具10设置在道路70上,并且能够在道路70上横穿行进。交通工具10包括交通工具机载导航系统24、数字化道路地图25的计算机可读存储装置或介质(存储器)23、空间监测系统100、交通工具控制器50、全球定位系统(GPS)传感器52、人/机界面(HMI)装置60,并且在一个实施例中包括自主控制器65和远程信息处理控制器75。交通工具10包括但不限于商业交通工具、工业交通工具、农业交通工具、客运交通工具、飞机、船只、火车、全地形交通工具、个人移动设备、机器人和类似的形式移动平台,以实现本申请的目的。

[0020] 在一个实施例中,空间监测系统100包括:一个或多个空间传感器和系统,设置为监测交通工具10前方的可视区域32;以及空间监测控制器110。设置为监测交通工具10前方的可视区域32的空间传感器,例如包括激光雷达传感器34、雷达传感器36、数字摄像头38等等。每个空间传感器设置方式包括机载于交通工具上,以监测全部或部分可视区域32,用于检测接近远程对象,例如,道路特征、车道标记、建筑物、行人、道路标志、交通控制灯和标志、其它交通工具以及在交通工具10近侧的地理特征。空间监测控制器110基于来自空间传感器的数据输入而生成可视区域32的表示数字。空间监测控制器110可以评估来自空间传感器的输入,以基于每个接近远程对象确定交通工具10的线性范围、相对速度和轨迹。空间传感器可设置于交通工具10上的各处位置,包括前拐角、后拐角、后侧和中侧。在一个实施例中,空间传感器可包括但不限于前部雷达传感器和摄像头。空间传感器的设置方式使空间监测控制器110能够监测交通流量,包括接近交通工具、交叉口、车道标记以及围绕交通工具10的其它对象。车道标记检测处理器(未显示)可以基于空间监测控制器110生成的数据估测道路。交通工具空间监测系统100的空间传感器可以包括对象定位感测装置,所述对象定位感测装置包括范围传感器,例如,调频连续波雷达、脉冲和频移键控雷达、雷达光检测和测距装置以及超声波装置,其依赖于例如多普勒效应测量的效应以定位前方对象。对象定位装置可以包括电荷耦合装置(CCD)或互补金属氧化物半导体(CMOS)视频图像传感器以及利用数字摄影方法以‘查看’前方对象(包括一个或多个交通工具)的其它摄像头/视频图像处理器。

[0021] 激光雷达传感器34基于脉冲和反射激光束测量至对象的范围或距离。雷达传感器36基于无线电波确定对象的范围、角度和/或速度。摄像头38包括图像传感器、镜头和摄像头控制器。图像传感器是采用光敏感测元件的多维阵列而将光学图像转换成电子信号的电光装置。摄像头控制器操作性地连接到图像传感器,以监测可视区域32。摄像头控制器设置为控制图像传感器,用于捕获与经由镜头投影到图像传感器上的可视区域32相关联的视场(FOV)的图像。光学镜头可以包括针孔镜头、鱼镜头、立体镜头、伸缩镜头等等。摄像头38经由图像传感器以期望速率(例如,每秒30个图像文件)周期性捕获与可视区域32相关联的图像文件。每个图像文件包括以摄像头38的原始分辨率捕获的全部或部分可视区域32的2D或3D像素化表示数字。在一个实施例中,图像文件呈24位图像的形式,包括表示可视区域32的三原色可见光的光谱值和深度值。图像文件的其它实施例可以包括处于一定分辨率水平的2D或3D图像,描绘了可视区域32的黑白或灰度可见光的光谱、可视区域32的红外光谱或

其它图像,本申请对此不作具体限制。在一个实施例中,对于涉及明度和/或亮度的参数,可以评估多个图像文件的图像。可选地,可基于三原色颜色分量、明度、纹理、轮廓或其组合而评估图像。图像传感器与编码器通信,所述编码器对于每个图像文件执行数字信号处理(DSP)。摄像头38的图像传感器可以设置为以标称标准清晰度分辨率(例如,640x480像素)捕获图像。可选地,摄像头38的图像传感器可以设置为以标称高清晰度分辨率(例如,1440x1024像素)或以另一合适的分辨率捕获图像。摄像头38的图像传感器可以预定图像捕获速率捕获静止图像或可选地捕获数字视频图像。在一个实施例中,图像文件作为编码数据文件发送至摄像头控制器,所述编码数据文件存储在非暂时性数字数据存储介质中,用于机载或非机载分析。

[0022] 摄像头38设置和定位在交通工具10上能够捕获可视区域32的图像的位置中,其中,可视区域32至少部分包括在交通工具10前方并且包括交通工具10的轨迹的道路70的部分。可视区域32还可以包括周围环境,例如,包括交通工具交通、路边对象、行人和其它特征、天空、地平线、行进车道和交通工具10前方驶来的交通工具。还可包括其它摄像头(未显示),例如,包括设置在交通工具10的后部分或侧部分上的第二摄像头,用于监测交通工具10的后方以及交通工具10的右侧或左侧中的任意一个方向。

[0023] 自主控制器65用于实施自动驾驶或高级驾驶员辅助系统(ADAS)交通工具功能性。此类功能性可包括能够提供一定驾驶自动化水平的交通工具机载控制系统。术语‘驾驶员’和‘操作者’描述了负责指导交通工具10的操作的人员,所述操作人员可以参与控制一个或多个交通工具功能,或指导自主交通工具。驾驶自动化可以包括动态驾驶和交通工具操作。驾驶自动化可以包括涉及单个交通工具功能(例如,转向、加速和/或制动)的某种水平的自动控制或干预,其中,驾驶员可以从总体上持续控制交通工具10。驾驶自动化可以包括涉及多个交通工具功能(例如,转向、加速和/或制动)的同时控制的某种水平的自动控制或干预,其中,驾驶员可以从总体上持续控制交通工具10。驾驶自动化可以包括交通工具驾驶功能的同时自动控制(包括转向、加速和制动),其中,驾驶员可以在行程期间中,放弃一段时间周期内对交通工具的控制。驾驶自动化可包括交通工具驾驶功能的同时自动控制(包括转向、加速和制动),其中,驾驶员可以在整个行程中放弃交通工具10的控制。驾驶自动化包括硬件和控制器,设置为在各种驾驶模式下监测空间环境,用于在动态交通工具操作期间执行各种驾驶任务。驾驶自动化包括但不限于巡航控制、自适应巡航控制、车道变换警告、干预和控制、自动停车、加速、制动和类似。自主交通工具功能包括但不限于:自适应巡航控制(ACC)操作、车道引导和车道保持操作、车道变换操作、转向辅助操作、对象避让操作、停车辅助操作、交通工具制动操作、交通工具速度和加速操作、交通工具横向运动操作,例如,作为车道引导、车道保持和车道变换操作等等。基于此,制动命令可通过自主控制器65独立于通过交通工具操作者的动作并且响应于自主控制功能而生成。

[0024] 交通工具10的乘客舱中可以包括操作者控制件,包括但不限于方向盘、加速器踏板、制动踏板和操作者输入装置,所述操作者输入装置是HMI装置60的元件。交通工具操作者可以基于操作者控制件与运行的交通工具10交互,并且指导交通工具10的操作,用于提供乘客运输。在交通工具10的一些实施例中,可省略操作者控制装置,包括方向盘、加速器踏板、制动踏板、变速范围选择器和类似的其他控制装置。

[0025] HMI装置60提供人机交互,用于指导信息娱乐系统、全球定位系统(GPS)传感器52、

导航系统24和类似的操作功能,HMI装置60可以包括控制器。HMI装置60监测操作者请求,并且向操作者提供信息,包括交通工具系统的状态、服务和维护信息。HMI装置60可以与多个操作者界面装置通信,和/或控制多个操作者界面装置的操作,其中,操作者界面装置能够传送与自动交通工具控制系统中的操作相关联的消息。HMI装置60还可以与一个或多个装置通信,所述一个或多个装置监测与交通工具操作者相关联的生物特征数据,例如,包括眼睛视线位置、姿势和头部位置追踪等等。为简化表述,HMI装置60表述为单一装置,但是在本申请系统的实施例中,可以设置为多个控制器和相关联的感测装置。操作者界面装置可以包括能够传送催促操作者动作的消息的装置,并且可以包括电子视觉显示模块,例如,液晶显示器(LCD)装置、平视显示器(HUD)、音频反馈装置、可穿戴装置和触觉座椅。能够催促操作者动作的操作者界面装置可以由HMI装置60控制或通过HMI装置60控制。在操作者的视场中,HUD可投影信息反射到交通工具的挡风玻璃的内部侧上,包括传送与操作自动交通工具控制系统中的一个相关联的置信水平。HUD还可提供增强现实信息,例如,车道位置、交通工具路径、方向和/或导航信息等等。

[0026] 机载导航系统24基于数字化道路地图25向交通工具操作者提供导航支持和信息。自主控制器65基于数字化道路地图25控制自主交通工具操作或ADAS交通工具功能。

[0027] 交通工具10可以包括远程信息处理控制器75,所述远程信息处理控制器75包括能够进行交通工具外通信(包括与具有无线和有线通信能力的通信网络90通信)的无线远程信息处理通信系统。远程信息处理控制器75能够进行交通工具外通信,包括短程交通工具对于交通工具(V2V)通信和/或交通工具对于外界(V2x)通信,其可以包括与基础设施监测器(例如,交通摄像头)的通信。可选地或附加地,远程信息处理控制器75具有无线远程信息处理通信系统,所述无线远程信息处理通信系统能够与手持装置(例如,蜂窝电话、卫星电话或另一电话装置)短程无线通信。在一个实施例中,手持装置包括软件应用,所述软件应用包括无线协议,用于与远程信息处理控制器75通信,并且手持装置可以执行交通工具外通信,包括基于通信网络90与非机载服务器95通信。可选地或附加地,远程信息处理控制器75基于通信网络90与非机载服务器95通信而直接执行交通工具外通信。

[0028] 术语“控制器”和相关术语(例如,微控制器、控制单元、处理器和类似的术语)指的是以下中的一个或各种组合:(多个)专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)、(多个)电子电路、(多个)中央处理单元,例如,(多个)微处理器和呈存储器和存储装置(只读、可编程只读、随机存取、硬盘驱动等等)的形式的(多个)相关联的非暂时性存储器部件(由存储器23指示)。非暂时性存储器部件能够呈以下形式存储机器可读指令:一个或多个软件或固件程序或例程、(多个)组合逻辑电路、(多个)输入/输出电路和装置、信号调节和缓冲电路系统以及可由一个或多个处理器存取的其它部件,用于实现相应的功能。(多个)输入/输出电路和装置包括监测来自传感器的输入的模拟/数字转换器和相关装置,可以以预设采样频率或响应于触发事件而监测此类输入。软件、固件、程序、指令、控制例程、代码、算法和类似的术语指代控制器可执行指令集,包括校准和查找表。每个控制器执行(多个)控制例程,用于提供相应功能。例程可按定期间隔执行,例如,在正在进行的操作期间每100微秒执行一次。可选地,例程可响应于触发事件而执行。控制器、制动器和/或传感器之间的通信可使用直接有线点对点链路、网络化通信总线链路、无线链路或其他合适的通信链路而实现。通信包括相应的交换数据信号,例如,包括基于传导介质的电气信号、基于空气的电磁

信号、基于光学波导的光学信号等等。数据信号可以包括离散的、模拟的或数字的模拟信号,其表示来自传感器的输入、制动器命令以及控制器之间的通信。术语“信号”指的是传递信息的物理可识别指示符,并且可以为相应的波形(例如,电气、光学、磁性、机械或电磁),例如,DC、AC、正弦波、三角波、方波和振动波等,其能够通过有线传输介质和/或无线传输介质进行传输。参数被限定为可测量的量,其表示一个或多个装置或其它元件的物理性质,可通过一个或多个传感器和/或物理模型进行识别和测量。参数可具有离散值,例如,“1”或“0”,或在取值范围内可变。

[0029] 在一个实施例中,如图2所示,提供了一种变道纵向速度规划方法,以该方法应用于图1中的自主控制器为例进行说明,包括以下步骤:

步骤202,获取目标车辆的动力学约束条件、初始状态和第一目标状态。

[0030] 其中,初始状态包括目标车辆的当前位置、当前速度和当前加速度,第一目标状态包括目标车辆的目标变道位置、驶入目标车道的预估平均速度和预设终态加速度,该预估平均速度为预先估算的目标车辆在目标车道保持常态行驶的平均速度,该预设终态加速度为目标车辆驶入目标车道时的期望加速度,示例性地,预设终态加速度为0。动力学约束条件为目标车辆的物理特性因素决定的动力学条件,包括目标车辆的最大速度、最大加速度、最大加加速度和最小加加速度。

[0031] 步骤204,根据动力学约束条件和初始状态,确定目标车辆到达目标变道位置的最大时间点和最小时间点。

[0032] 其中,目标变道位置为按照预设步长在可变道路段范围内确定的变道位置。以可变道路段为上匝道路段为例,假设当前车道匝道,目标车道为主路,根据车辆横向运动特性对可变道路段范围进行调整,然后基于预设步长在调整后的可变道路段的匝道和主道分界线上确定各变道位置,将与目标车辆距离最近的变道位置确定为目标变道位置。

[0033] 本实施例中,确定目标车辆到达目标变道位置的最大时间点的方式,可以为预先设定目标车辆在目标变道位置的最小限定速度,然后根据设定的最小限定速度对当前位置至目标变道位置采用不同加加速度或加速度行驶的时段进行规划,将各行驶时段的相加得到目标车辆从当前位置至目标变道位置的总行驶时长,根据总行驶时长和当前时间点确定最大时间点。确定目标车辆到达目标变道位置的最小时间点的方式,可以为预先设定目标车辆在目标变道位置的最大限定速度,然后根据设定的最大限定速度对当前位置至目标变道位置采用不同加加速度或加速度行驶的时段进行规划,将各行驶时段的相加得到目标车辆从当前位置至目标变道位置的总行驶时长,根据总行驶时长和当前时间点确定最小时间点。

[0034] 步骤206,根据最小时间点、最大时间点以及目标车道的车辆行驶预测信息,确定目标车辆到达目标变道点位置的目标变道时间,以及根据目标变道时间更新预估平均速度。

[0035] 具体地,根据目标车道的车辆行驶预测信息,确定目标车辆在行驶至目标变道位置时不与目标车道上的前车和后车发生碰撞的变道时间窗口。根据最小时间点和最大时间点,确定目标车辆到达目标变道位置的可行时间域。在可行时间域和变道时间窗口的交集选取至少一个时间点作为候选变道时间点,再从候选变道时间点中确定出一个目标变道时间。根据目标变道时间更新目标车辆从当前位置行驶至目标变道位置的预估平均速度。

[0036] 示例性地,更新预估平均速度的方式可以为先确定目标车辆行驶至目标变道位置的位置变化量,根据位置变化量和目标变道时间更新预估平均速度。

[0037] 步骤208,根据初始状态和第一目标状态确定目标车辆行驶至目标变道位置的加速度变化量、第一速度变化量和位置变化量。

[0038] 具体地,根据当前速度和预估平均速度确定目标车辆行驶至目标变道位置的第一速度变化量,以及根据当前位置和目标变道位置确定目标车辆行驶至目标变道位置的位置变化量。

[0039] 步骤210,基于动力学约束条件,根据第一速度变化量、位置变化量和当前速度确定目标车辆在当前时间点至目标变道时间之间各时间点的纵向速度。

[0040] 具体地,将目标车辆的加速度变化量、第一速度变化量和位置变化量作为JLT (Jerk limited Trajectory,加加速度限定轨迹)算法的终态约束条件,根据动力学约束条件和终态约束条件对JLT算法进行求解得到目标车辆在当前时间点至目标变道时间之间各时间点的纵向速度。

[0041] 其中,JLT算法的处理流程为根据预设规则调整当前时间点至目标变道时间之间各时间点的加加速度,得到各加加速度所持续的时段,以使目标车辆在目标变道位置达到预设的目标速度和目标加速度,再根据每个时间点的加速度和目标车辆的初始速度确定每个时间点的速度,得到纵向速度谱。各时间点的加加速度可以设定为最大加加速度、最小加加速度和预设加加速度(例如0)。以各时间点的加加速度全部为某个预设加加速度为例,目标车辆在当前时间点至目标变道时间之间的某一时间点 t_1 的速度可以通过如下公式确定:

$$\Delta v_{t_1} = \int_0^t (jerk * t + a_0) dt = \frac{1}{2} * jerk * t^2 + a_0 * t \quad (0 < t < t_1) \quad (1);$$

$$v_{t_1} = \frac{1}{2} * jerk * t^2 + a_0 * t + v_0 \quad (0 < t < t_1) \quad (2)$$

[0042] 上述公式中, Δv_{t_1} 表示目标车辆从当前时间点至时间点 t_1 的速度变化量, v_{t_1} 表示目标车辆在时间点 t_1 的速度,jerk表示预设加加速度, a_0 表示目标车辆的当前加速度, v_0 表示目标车辆的当前速度。

[0043] 根据上述公式(1)确定目标车辆从当前位置行驶至时间点 t_1 的速度变化量,再根据公式(2)将速度变化量与当前速度相加,得到时间点 t_1 的纵向速度。

[0044] 上述变道纵向速度规划方法中,首先获取目标车辆的动力学约束条件、初始状态和第一目标状态;然后根据动力学约束条件和初始状态条件,确定目标车辆到达目标变道位置的最大时间点和最小时间点;之后根据最小时间点、最大时间点以及目标车道的车辆行驶预测信息,确定目标车辆到达目标变道点位置的目标变道时间;最后基于动力学约束条件,根据第一速度变化量、位置变化量和当前速度确定目标车辆在当前时间点至目标变道时间之间各时间点的纵向速度。本实施例的方法根据目标变道时间确定目标车辆从目标变道位置驶入目标车道的预估平均速度,并根据预估平均速度对变道路段各时间点的纵向速度进行规划,由于预估平均速度是基于目标变道时间确定的,因此能够确保车辆最快行驶至目标变道路径,并且基于该预估平均速度进行匀速变道不需要速度切换,可以使得变道过程平缓舒适,能够确保速度规划的有效性和可行性。并且基于动力学约束条件根据速度和位置的变化量进行速度规划,无需求解计算复杂的代价函数即可得到当前时间点至目

标变道时间之间各时间点的纵向速度,能够在低算力条件下得到有效可行的纵向速度谱。

[0045] 在一个实施例中,如图3所示,动力学约束条件包括目标车辆的最大加速度、最小加速度、最大加加速度、最小加加速度和预设加加速度,根据动力学约束条件和初始状态,确定目标车辆到达目标变道位置的最大时间点包括:

步骤302,获取目标车辆的第二目标状态。

[0046] 其中,第二目标状态包括目标车辆的目标变道位置、驶入目标车道的最小限定速度和预设终态加速度,即目标车辆完成变道所需的最小速度值,示例性地,最小限定速度为40km/h。

[0047] 步骤304,根据当前速度和最小限定速度确定目标车辆行驶至目标变道位置的第二速度变化量,以及根据当前位置和目标变道位置确定位置变化量。

[0048] 具体地,将最小限定速度与当前速度之差确定为第二速度变化量,将目标变道位置与当前位置的纵向距离确定为位置变化量。

[0049] 步骤306,基于动力学约束条件,根据第二速度变化量、位置变化量和加速度变化量确定最大加加速度持续的第一时长、最小加加速度持续的第二时长和预设加加速度持续的第三时长。

[0050] 具体地,将目标车辆的加速度变化量、第一速度变化量和位置变化量作为JLT算法的终态约束条件,根据动力学约束条件和终态约束条件对JLT算法进行求解得到第一时长、第二时长和第三时长。

[0051] 求解JLT算法得到第一时长、第二时长和第三时长的原理如图4所示,其中, a_0 表示目标车辆的当前加速度, a_1 表示预设终态加速度, a_{\max} 表示目标车辆动力学约束条件中的最大加速度, j_{\max} 表示目标车辆动力学约束条件中的最大加加速度, j_{\min} 表示目标车辆动力学约束条件中的最小加加速度, t_1 表示最大加加速度行驶的结束时间点、 t_2 为预设加加速度(本实施例中为0)行驶的结束时间点, t_3 为最小加加速度行驶的结束时间点。

[0052] 首先根据JLT算法的初始设定确定当前时间点至目标变道时间的初始加加速度和初始加加速度的持续时长,该初始设定使得目标车辆在到达目标变道位置时的加速度为预设的终态加速度。再根据初始加加速度和初始加加速度持续时长,以及当前速度得到目标车辆到达目标变道位置的初始规划速度,将初始规划速度与终态速度(本实施例中为最小限定速度)进行比较。如果初始规划速度小于终态速度,则调整初始规划加加速度持续时长,以使目标车辆的加速度峰值达到动力学约束的最大加速度。根据调整后的加加速度和加加速度持续时长,以及当前速度得到目标车辆到达目标变道位置的规划速度,将规划速度与终态速度进行比较。如果规划速度大于终态速度,则再次调整初始加加速度持续时长,以使目标车辆的加速度峰值为第一预设峰值,根据调整后的规划加加速度和规划加加速度持续时长确定第一时长、第二时长和第三时长。如果初始规划速度小于终态速度,则再次调整初始规划加加速度持续时长,以在速度规划中增设峰值加速时段,该峰值加速时段中目标车辆按最大加速度加速行驶,根据调整后的规划加加速度和规划加加速度持续时长确定第一时长、第二时长和第三时长。示例性地,第一预设峰值和峰值加速时段根据二分查找法获取。

[0053] 步骤308,根据第一时长、第二时长、第三时长和当前时间点,确定最大时间点。

[0054] 本实施例中,基于动力学约束条件,根据加速度变化量、第二速度变化量、位置变

化量和当前速度对目标车辆从当前位置行驶至目标变道位置的各时间点的加加速度进行设定,其中的第二速度变化量是根据当前速度和最小限定速度得到,因此可以使得车辆到达目标变道位置的时间最大,并且将加加速度设定为最大值、最小值和预设值,可以在低算力下规划出最大时间对应的各加加速度持续时段,得到最大时间。

[0055] 在一个实施例中,如图5所示,动力学约束条件包括目标车辆的最大加加速度、最小加加速度和预设加加速度,根据动力学约束条件和初始状态,确定目标车辆到达目标变道位置的最小时间点包括:

步骤502,获取目标车辆的第三目标状态。

[0056] 其中,第三目标状态包括目标车辆的目标变道位置、驶入目标车道的最大限定速度和预设终态加速度,即基于道路标识限速、道路曲率限速、当前车道前车限速等条件确定的当前环境所允许本车行驶的最大速度值,示例性地,最大速度限定为90km/h。

[0057] 步骤504,根据所述初始状态和所述第三目标状态确定所述目标车辆行驶至所述目标变道位置的加速度变化量、第三速度变化量和位置变化量。

[0058] 具体地,根据当前速度和最大限定速度确定目标车辆行驶至目标变道位置的第三速度变化量和加速度变化量,以及根据当前位置和目标变道位置确定位置变化量。

[0059] 步骤506,基于动力学约束条件,根据第三速度变化量、位置变化量和所述加速度变化量确定最大加加速度持续的第四时长、最小加加速度持续的第五时长和预设加加速度持续的第六时长。

[0060] 具体地,确定第四时长、第五时长和第六时长的方式参照上述实施例,此处不再赘述。

[0061] 步骤508,根据第四时长、第五时长、第六时长和当前时间点,确定最小时间点。

[0062] 本实施例中,基于动力学约束条件,根据加速度变化量、第三速度变化量、位置变化量和当前速度对目标车辆从当前位置行驶至目标变道位置的各时间点的加加速度进行设定,其中的第三速度变化量是根据当前速度和最大限定速度得到,因此可以使得车辆到达目标变道位置的时间最小,并且将加加速度设定为最大值、最小值和预设值,可以在低算力下规划出最小时间对应的各加加速度持续时段,得到最小时间。

[0063] 本申请的变道纵向速度规划方法中的目标变道时间,可以是根据车辆行驶预测信息确定的变道时间窗口和目标车辆的可行时间域确定。如图6所示,图6为本申请的变道纵向速度规划方法的流程示意图,包括以下步骤:

步骤602,获取目标车辆的动力学约束条件、初始状态和第一目标状态,并根据动力学约束条件和初始状态,确定目标车辆到达目标变道位置的最大时间点和最小时间点。

[0064] 步骤604,根据目标车道的车辆行驶预测信息确定变道时间窗口。

[0065] 其中,车辆行驶预测信息包括目标车道上的各车辆行驶至目标变道位置的时间点,变道时间窗口为目标车辆在行驶至目标变道位置时不与目标车道上的前车和后车发生碰撞的时间窗口。

[0066] 具体地,根据目标车道的车辆行驶预测信息确定目标车道相邻的至少两辆车行驶至目标变道位置的至少两个时间点,根据至少两个时间点确定至少两个时间点之间的初始时间窗口,根据各初始时间窗口和预设的安全冗余时长确定变道时间窗口。

[0067] 步骤606,以最小时间点为起点,以最大时间点为终点确定目标车辆到达目标变道

位置的可行时间域。

[0068] 步骤608,若可行时间域与变道时间窗口存在时间交集,则将交集的最小时间点确定为目标变道时间。

[0069] 示例性地,如图7所示,图7为目标车辆从匝道变道至主路场景下确定目标变道时间的示意图,其中的横轴表示时间,纵轴表示目标车辆的位置变化,汇入点即为目标变道位置,主路车辆的窗口时间域即为变道时间窗口,自车到达汇入点的时间域即为可行时间域。根据窗口时间域与自车到达汇入点的时间域的时间交集可以确定目标变道时间为自车到达汇入点的时间域的第一个时间点,即最小时间点。

[0070] 可选地,若可行时间域与变道时间窗口不存在时间交集,则根据预设步长更新目标变道位置;根据最小时间点、最大时间点以及车辆行驶预测信息,确定目标车辆到达更新后的目标变道位置的目标变道时间。其中,预设步长为预先设定的变道位置的间隔。确定目标变道时间的方式可以参照上述方式。

[0071] 步骤610,根据初始状态和第一目标状态确定目标车辆行驶至目标变道位置的加速度变化量、第一速度变化量和位置变化量。

[0072] 步骤612,基于动力学约束条件,根据第一速度变化量、位置变化量和所述加速度变化量确定目标车辆在当前时间点至目标变道时间之间各时间点的纵向速度。

[0073] 具体地,根据速度变化量和位置变化量,确定目标变道时长中最大加加速度持续的第七时长、最小加加速度持续的第八时长和预设加加速度持续的第九时长;根据第七时长、第八时长、第九时长和当前速度确定目标变道时长中各时间点的纵向速度。

[0074] 确定第七时长、第八时长和第九时长的方式参照上述实施例,在此不再赘述。

[0075] 本实施例的方法根据动力学约束条件和初始状态,确定目标车辆到达目标变道位置的最大时间点和最小时间点得到可行时间域,并与变道时间窗口作交集,从交集中确定出的目标变道时间。根据目标变道时间确定目标车辆从目标变道位置驶入目标车道的预估平均速度,并根据预估平均速度对变道路段各时间点的纵向速度进行规划,由于预估平均速度是基于目标变道时间确定的,因此能够确保车辆最快行驶至目标变道路径,并且基于该预估平均速度进行匀速变道不需要速度切换,可以使得变道过程平缓舒适,能够确保速度规划的有效性和可行性。并且基于动力学约束条件根据速度和位置的变化量进行速度规划,无需求解计算复杂的代价函数即可得到当前时间点至目标变道时间之间各时间点的纵向速度,能够在低算力条件下得到有效可行的纵向速度谱。

[0076] 在一个实施例中,如图8所示,本申请的变道纵向速度规划方法还提供了确定变道行驶路径的步骤,包括:

步骤802,获取目标车辆当前时间点的横向规划速度和目标变道时间的横向规划速度。

[0077] 步骤804,根据当前时间点的纵向速度和当前时间点的横向规划速度确定目标车辆在当前时间点的当前规划速度,以及根据目标变道时间的纵向速度和目标变道时间的横向规划速度确定目标车辆的目标规划速度。

[0078] 步骤806,根据当前位置、当前规划速度、目标变道位置、目标规划速度确定目标车辆从当前位置行驶至目标位置的目标变道路径。

[0079] 具体地,根据当前位置、当前规划速度、目标变道位置、目标规划速度确定变道控

制点的位置,以当前位置、目标变道位置和各变道控制点的位置作为变道行驶路径的控制点,生成贝塞尔曲线或者B-样条曲线,并将得到的曲线作为变道行驶路径。

[0080] 本实施例中,在得到纵向规划的各时间点的速度之后,将纵向速度规划与横向速度规划进行结合,将得到的规划速度用于目标变道路径的确定,使得变道路径规划更加合理可行。

[0081] 应该理解的是,虽然如上所述的各实施例所涉及的流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示,但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明,这些步骤的执行并没有严格的顺序限制,这些步骤可以以其它的顺序执行。而且,如上所述的各实施例所涉及的流程图中的至少一部分步骤可以包括多个步骤或者多个阶段,这些步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成,而是可以在不同的时刻执行,这些步骤或者阶段的执行顺序也不必然是依次进行,而是可以与其它步骤或者其它步骤中的步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

[0082] 基于同样的发明构思,本申请实施例还提供了一种用于实现上述所涉及的变道纵向速度规划方法的变道纵向速度规划装置。该装置所提供的解决问题的实现方案与上述方法中所记载的实现方案相似,故下面所提供的一个或多个变道纵向速度规划装置实施例中的具体限定可以参见上文中对于变道纵向速度规划方法的限定,在此不再赘述。

[0083] 在一个实施例中,如图9所示,提供了一种变道纵向速度规划装置,包括:条件获取模块901、第一时间确定模块902、第二时间确定模块903、变化量确定模块904和速度规划模块905,其中:

条件获取模块901,用于获取目标车辆的动力学约束条件、初始状态和第一目标状态。其中,初始状态包括目标车辆的当前位置、当前速度和当前加速度,第一目标状态包括目标车辆的目标变道位置、驶入目标车道的预估平均速度和预设终态加速度。

[0084] 第一时间确定模块902,用于根据动力学约束条件和初始状态,确定目标车辆到达目标变道位置的最大时间点和最小时间点。

[0085] 第二时间确定模块903,用于根据最小时间点、最大时间点以及目标车道的车辆行驶预测信息,确定目标车辆到达目标变道点位置的目标变道时间,以及根据目标变道时间更新预估平均速度。

[0086] 变化量确定模块904,用于根据初始状态和第一目标状态确定目标车辆行驶至目标变道位置的加速度变化量、第一速度变化量和位置变化量。

[0087] 速度规划模块905,用于基于所述动力学约束条件,根据所述第一速度变化量、所述位置变化量和所述加速度变化量确定目标车辆在当前时间点至目标变道时间之间各时间点的纵向速度。

[0088] 在其中一个实施例中,第一时间确定模块,还用于获取目标车辆的第二目标状态;根据所述初始状态和所述第二目标状态确定所述目标车辆行驶至所述目标变道位置的加速度变化量、第二速度变化量和位置变化量;基于动力学约束条件,根据第二速度变化量、位置变化量和加速度变化量确定最大加加速度持续的第一时长、最小加加速度持续的第二时长和预设加加速度持续的第三时长;根据第一时长、第二时长、第三时长和当前时间点,确定最大时间点。

[0089] 在其中一个实施例中,第一时间确定模块,还用于获取目标车辆的第三目标状态;

根据所述初始状态和所述第三目标状态确定所述目标车辆行驶至所述目标变道位置的加速度变化量、第三速度变化量和位置变化量；基于动力学约束条件，根据第三速度变化量、位置变化量和所述加速度变化量确定最大加加速度持续的第四时长、最小加加速度持续的第五时长和预设加加速度持续的第六时长；根据第四时长、第五时长、第六时长和当前时间点，确定最小时间点。

[0090] 在其中一个实施例中，第二时间确定模块，还用于根据目标车道的车辆行驶预测信息确定变道时间窗口；其中，变道时间窗口包括目标车辆在行驶至目标变道位置时不与目标车道上的前车和后车发生碰撞的时间窗口；以最小时间点为起点，以最大时间点为终点确定目标车辆到达目标变道位置的可行时间域；若可行时间域与变道时间窗口存在时间交集，则将交集的最小时间点确定为目标变道时间。

[0091] 在其中一个实施例中，第二时间确定模块，还用于若可行时间域与变道时间窗口不存在时间交集，则根据预设步长更新目标变道位置；根据最小时间点、最大时间点以及车辆行驶预测信息，确定目标车辆到达更新后的目标变道位置的目标变道时间。

[0092] 在其中一个实施例中，第二时间确定模块，还用于根据目标车道的车辆行驶预测信息确定目标车道相邻的至少两辆车行驶至目标变道位置的至少两个时间点；根据至少两个时间点确定至少两个时间点之间的初始时间窗口；根据各初始时间窗口和预设的安全冗余时长确定变道时间窗口。

[0093] 在其中一个实施例中，速度规划模块，还用于根据速度变化量、位置变化量和加速度变化量，确定目标变道时长中最大加加速度持续的第七时长、最小加加速度持续的第八时长和预设加加速度持续的第九时长；根据第七时长、第八时长、第九时长和当前速度确定目标变道时长中各时间点的纵向速度。

[0094] 在一个实施例中，如图10所示，提供了另一种变道纵向速度规划装置，装置还包括路径规划模块906，用于获取目标车辆当前时间点的横向规划速度和目标变道时间的横向规划速度；根据当前时间点的纵向速度和当前时间点的横向规划速度确定目标车辆在当前时间点的当前规划速度，以及根据目标变道时间的纵向速度和目标变道时间的横向规划速度确定目标车辆在目标变道时间的目标规划速度；根据当前位置、当前规划速度、目标变道位置、目标规划速度确定目标车辆从当前位置行驶至目标位置的目标变道路径。

[0095] 上述变道纵向速度规划装置中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于计算机设备中的处理器中，也可以以软件形式存储于计算机设备中的存储器中，以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。

[0096] 在一个实施例中，提供了一种计算机设备，该计算机设备可以是服务器，其内部结构图可以如图11所示。该计算机设备包括处理器、存储器、输入/输出接口(Input/Output，简称I/O)和通信接口。其中，处理器、存储器和输入/输出接口通过系统总线连接，通信接口通过输入/输出接口连接到系统总线。其中，该计算机设备的处理器用于提供计算和控制能力。该计算机设备的存储器包括非易失性存储介质和内存。该非易失性存储介质存储有操作系统、计算机程序和数据库。该内存为非易失性存储介质中的操作系统和计算机程序的运行提供环境。该计算机设备的数据库用于存储速度规划数据。该计算机设备的输入/输出接口用于处理器与外部设备之间交换信息。该计算机设备的通信接口用于与外

部的终端通过网络连接通信。该计算机程序被处理器执行时以实现一种纵向速度规划方法。

[0097] 本领域技术人员可以理解,图11中示出的结构,仅仅是与本申请方案相关的部分结构的框图,并不构成对本申请方案所应用于其上的计算机设备的限定,具体的计算机设备可以包括比图中所示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者具有不同的部件布置。

[0098] 在一个实施例中,还提供了一种车载设备,包括存储器和处理器,存储器中存储有计算机程序,该处理器执行计算机程序时实现上述各方法实施例中的步骤。

[0099] 在一个实施例中,提供了一种计算机程序产品,包括计算机程序,该计算机程序被处理器执行时实现上述各方法实施例中的步骤。

[0100] 需要说明的是,本申请所涉及的用户信息(包括但不限于用户设备信息、用户个人信息等)和数据(包括但不限于用于分析的数据、存储的数据、展示的数据等),均为经用户授权或者经过各方充分授权的信息和数据,且相关数据的收集、使用和处理需要遵守相关国家和地区的相关法律法规和标准。

[0101] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程,是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读取存储介质中,该计算机程序在执行时,可包括如上述各方法的实施例的流程。其中,本申请所提供的各实施例中所使用的对存储器、数据库或其它介质的任何引用,均可包括非易失性和易失性存储器中的至少一种。非易失性存储器可包括只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、磁带、软盘、闪存、光存储器、高密度嵌入式非易失性存储器、阻变存储器(ReRAM)、磁变存储器(Magnetoresistive Random Access Memory,MRAM)、铁电存储器(Ferroelectric Random Access Memory,FRAM)、相变存储器(Phase Change Memory,PCM)、石墨烯存储器等。易失性存储器可包括随机存取存储器(Random Access Memory,RAM)或外部高速缓冲存储器等。作为说明而非局限,RAM可以是多种形式,比如静态随机存取存储器(Static Random Access Memory,SRAM)或动态随机存取存储器(Dynamic Random Access Memory,DRAM)等。本申请所提供的各实施例中所涉及的数据库可包括关系型数据库和非关系型数据库中至少一种。非关系型数据库可包括基于区块链的分布式数据库等,不限于此。本申请所提供的各实施例中所涉及的处理器可为通用处理器、中央处理器、图形处理器、数字信号处理器、可编程逻辑器、基于量子计算的数据处理逻辑器等,不限于此。

[0102] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0103] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对本申请专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本申请的保护范围。因此,本申请的保护范围应以所附权利要求为准。

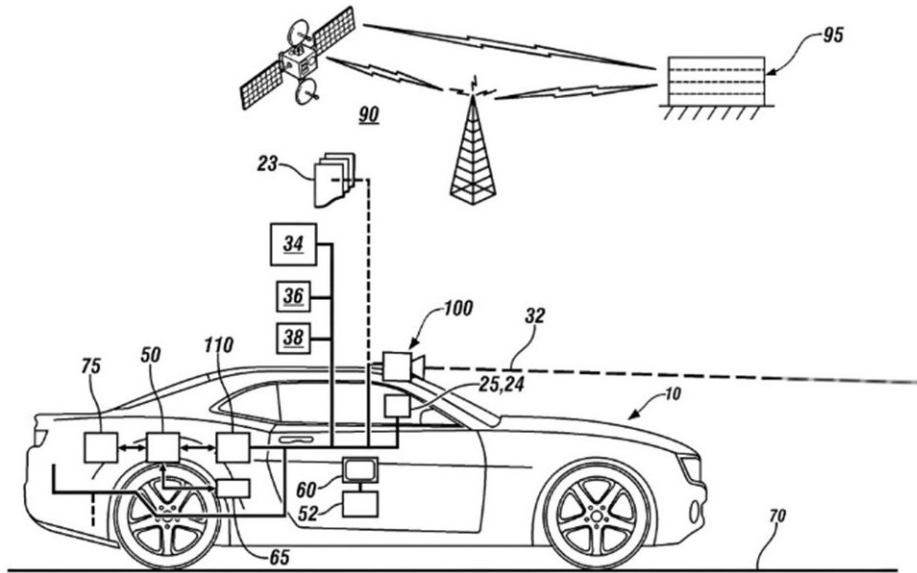


图 1

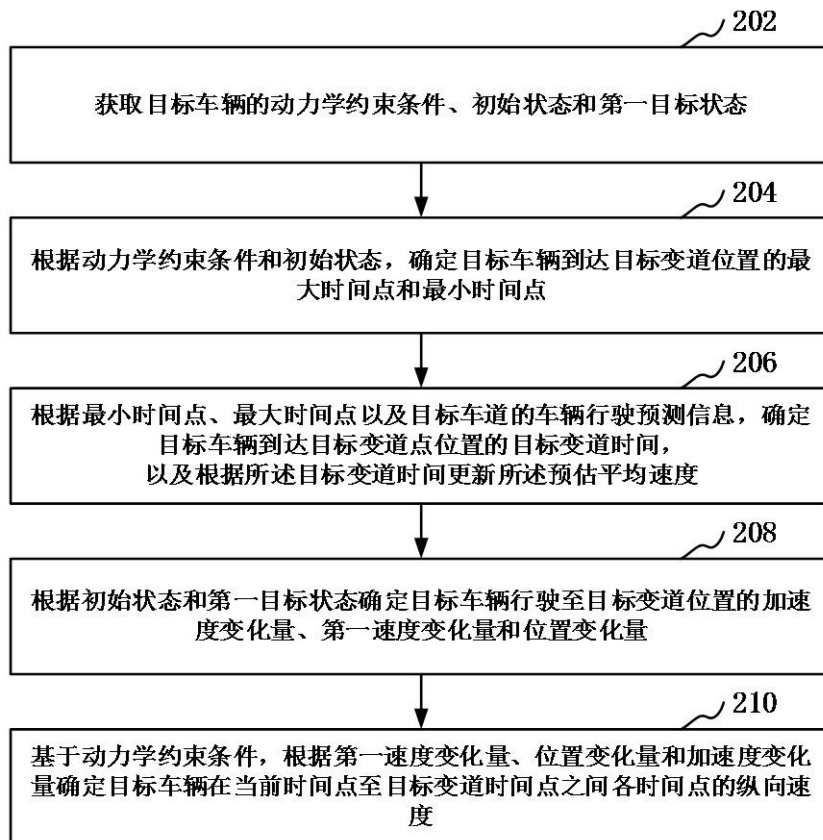


图 2

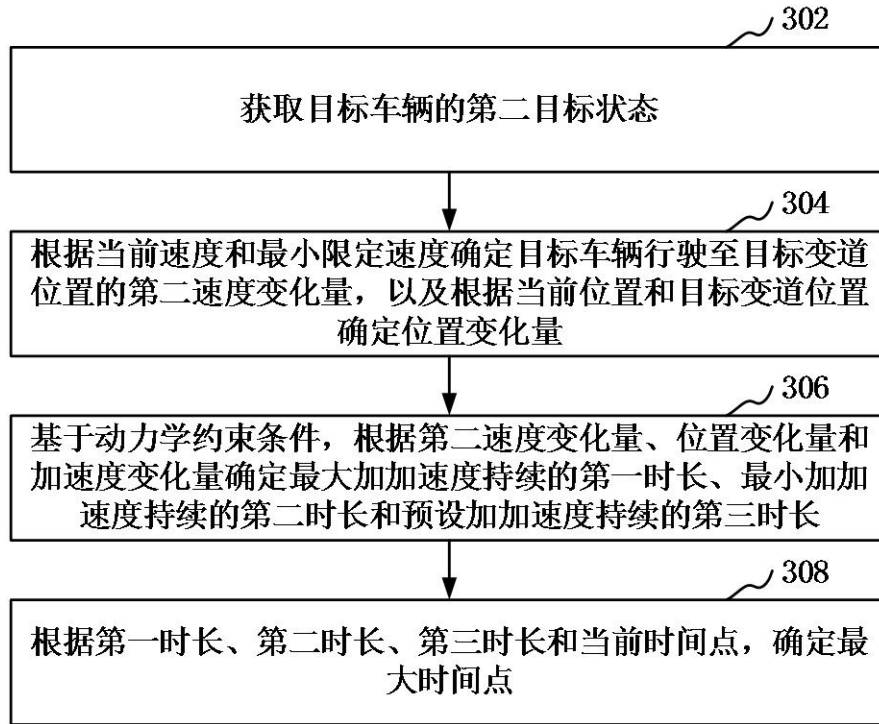


图3

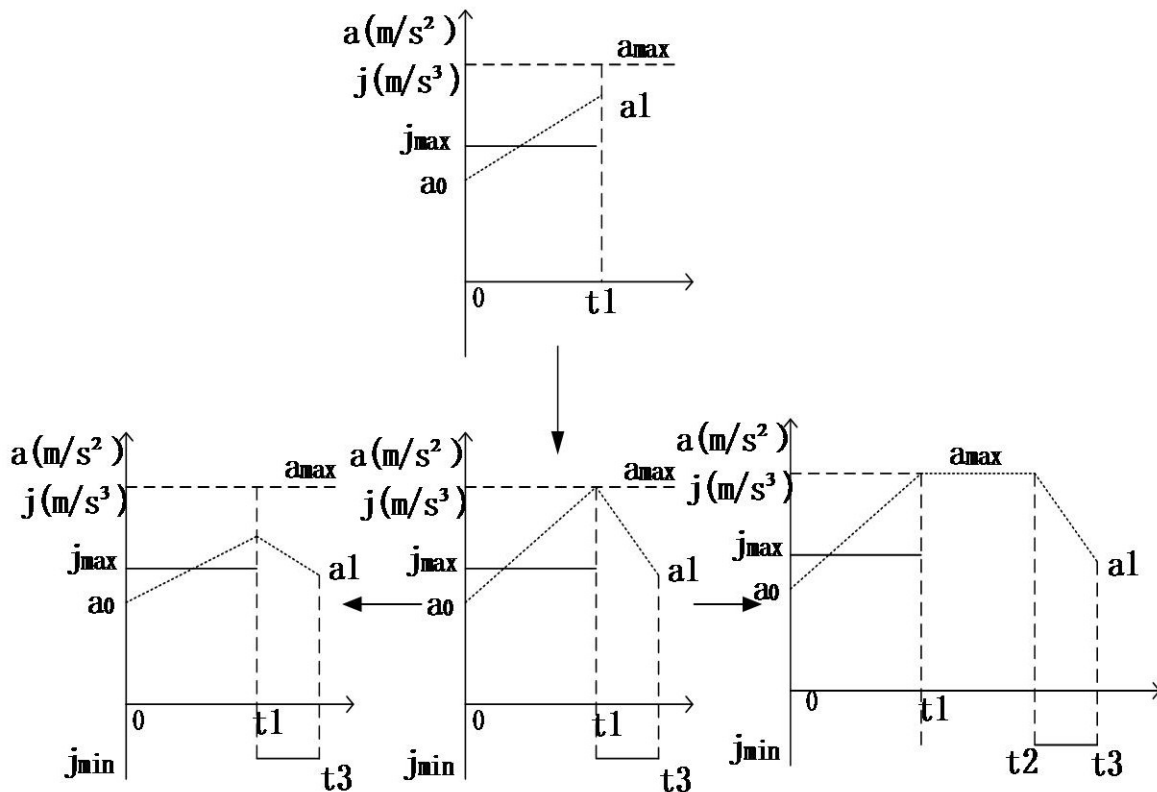


图4

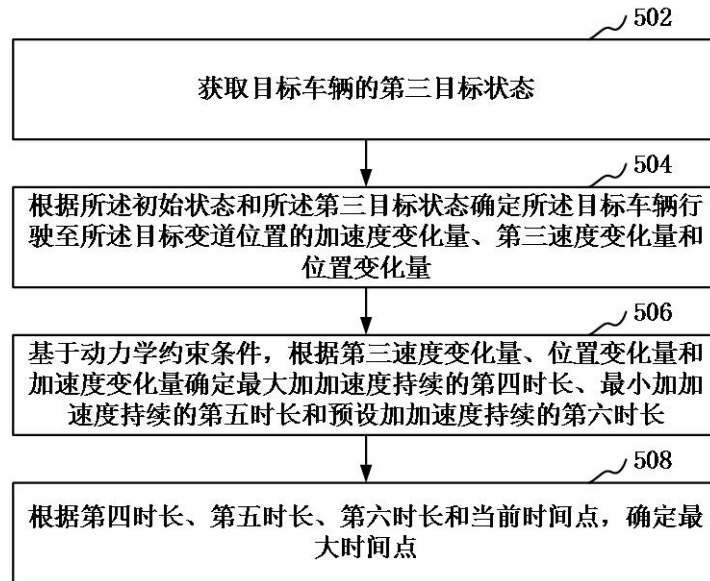


图5

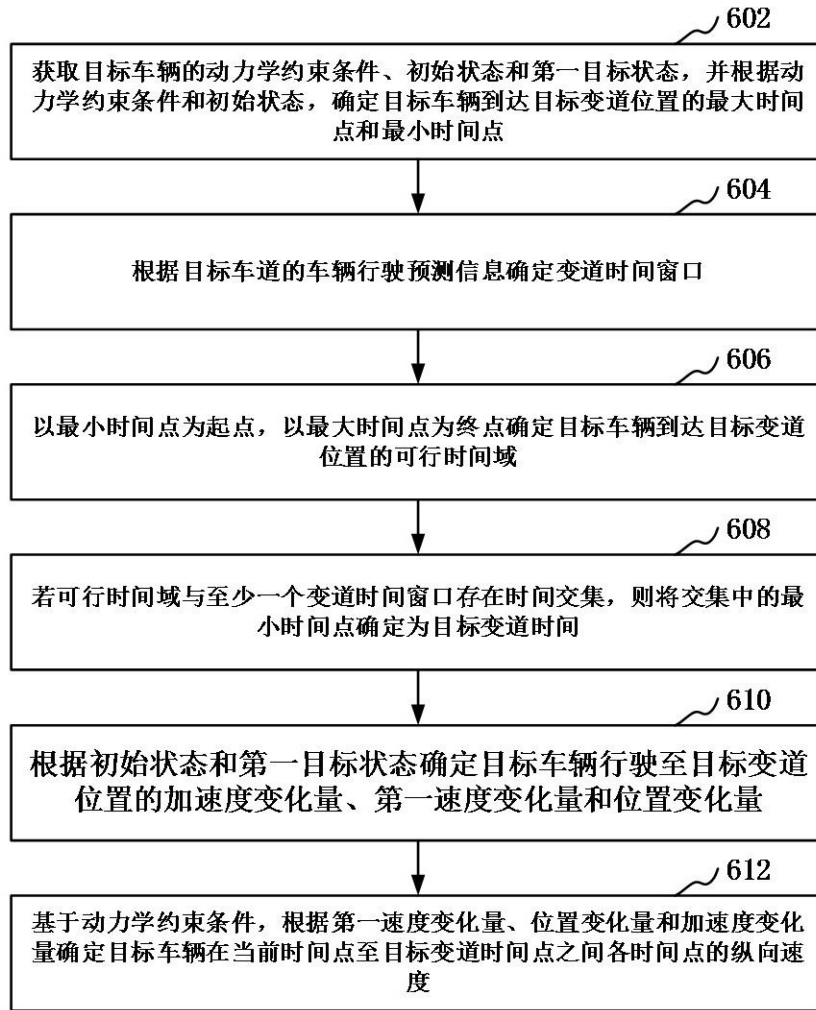


图6

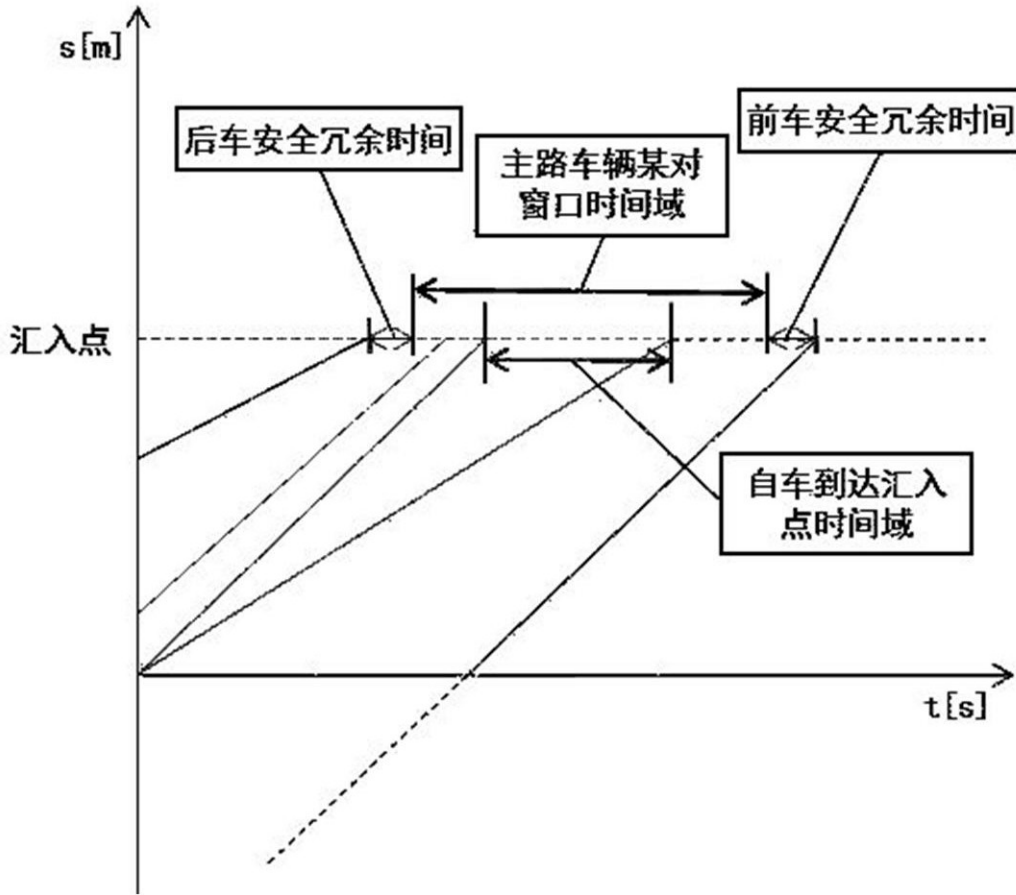


图7

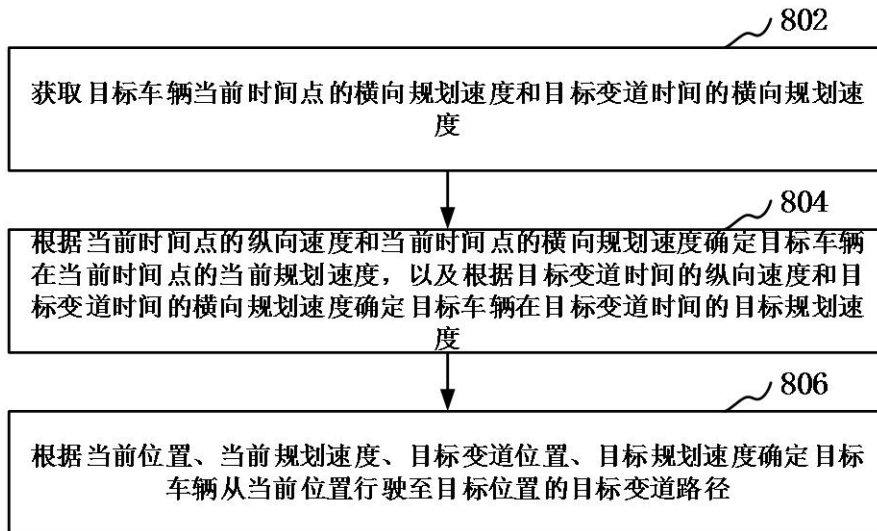


图8

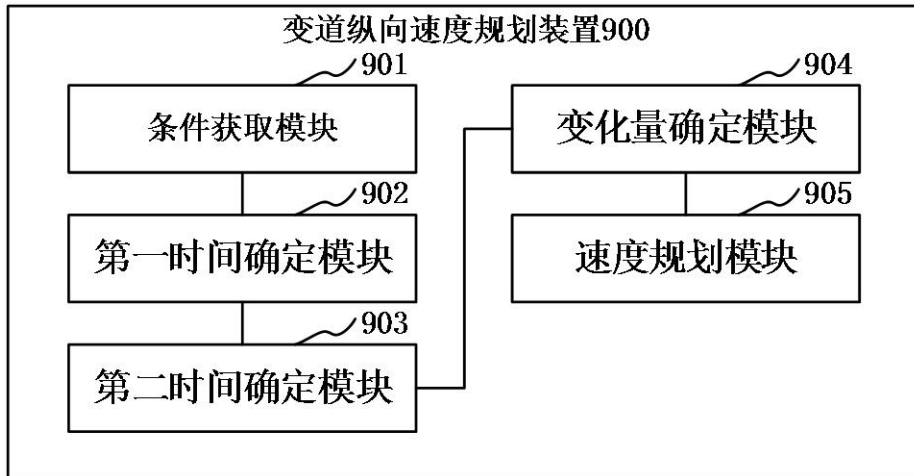


图9

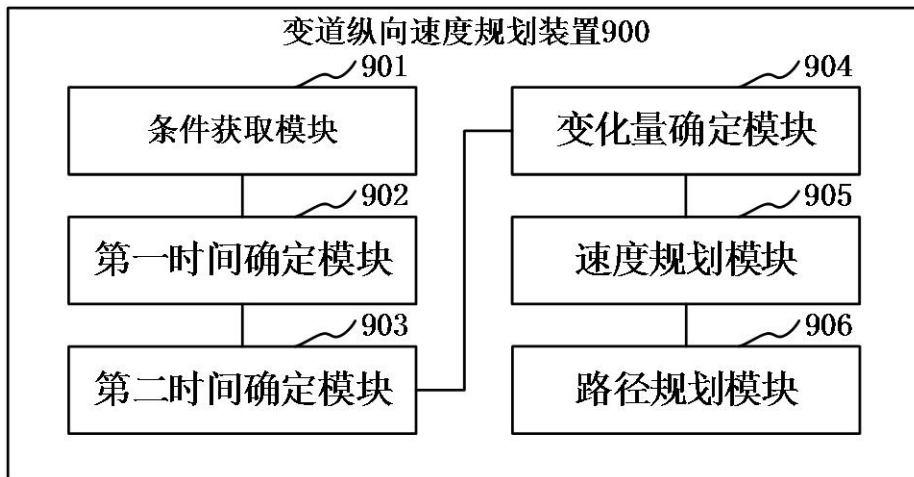


图10

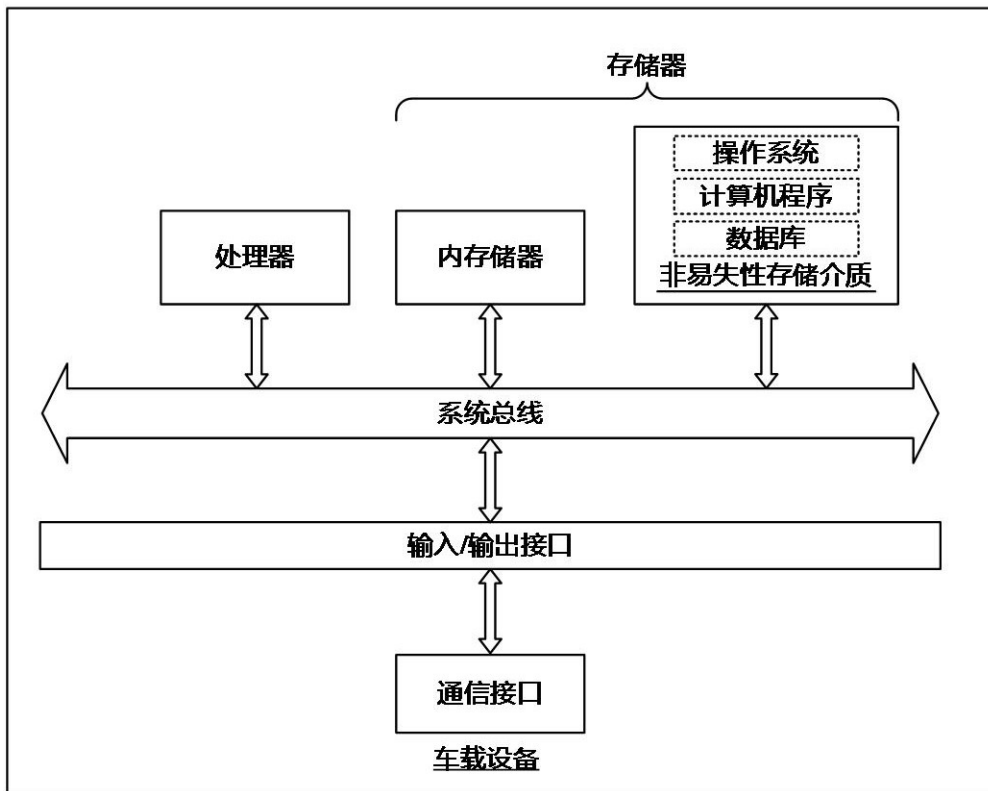


图 11