



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110406534 B

(45) 授权公告日 2024. 06. 25

(21) 申请号 201910275694.2

(22) 申请日 2019.04.08

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110406534 A

(43) 申请公布日 2019.11.05

(30) 优先权数据
15/965,399 2018.04.27 US

(73) 专利权人 本田技研工业株式会社
地址 日本东京都

(72) 发明人 J·蒂萨 S·拉加布 三枝重信
白雪 R·M·范奥肯
A·J·查普曼

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

专利代理师 王小东 黄纶伟

(51) Int.Cl.
B60W 30/18 (2012.01)

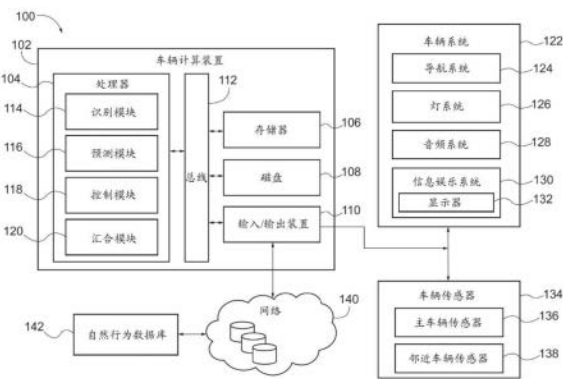
(56) 对比文件
JP 2012123606 A, 2012.06.28
JP 2017081426 A, 2017.05.18

审查员 蒋福宗

权利要求书2页 说明书19页 附图10页

(54) 发明名称
用于汇合车辆的汇合行为系统及方法

(57) 摘要
本发明涉及用于汇合车辆的汇合行为系统及方法。汇合行为系统辅助位于与主线车道相邻的汇合车道中的主车辆。所述汇合行为系统包括识别模块,所述识别模块识别所述主线车道中的至少一辆邻近车辆(如果存在的话)。所述汇合行为系统还包括预测模块,所述预测模块基于所述至少一辆邻近车辆来选择一个或多个模型、计算与所述一个或多个模型相对应的一个或多个汇合因子并基于所述一个或多个汇合因子来预测汇合位置。所述汇合行为系统还包括控制模块,所述控制模块调整所述主车辆的运动学参数以使所述主车辆在所述预测的汇合位置的汇合距离内。所述汇合行为系统包括汇合模块,所述汇合模块确定所述预测的汇合位置处的间隙的尺寸是否足够用于所述主车辆。



1. 一种用于辅助位于与主线车道相邻的汇合车道中的主车辆的汇合行为系统,所述汇合行为系统包括:

识别模块,其被配置为识别位于所述主线车道中在所述主车辆前方的前行车辆和位于所述主线车道中在所述主车辆后方的跟随车辆;

预测模块,其被配置为:

选择使用机器学习生成的行为模型,该机器学习基于所述前行车辆和所述跟随车辆的近似人类行为结果的自然数据集,其中所述行为模型包括前行车辆模型和跟随车辆模型,

计算与所述行为模型相对应的一个或多个汇合因子,其中所述一个或多个汇合因子包括使用所述前行车辆模型计算的第一汇合因子以估计所述主车辆的驾驶员将在所述前行车辆之前或之后汇合的概率和使用所述跟随车辆模型计算的第二汇合因子以估计所述主车辆的驾驶员将在所述跟随车辆之前或之后汇合的概率,并且

基于所述一个或多个汇合因子来预测汇合位置;以及

汇合模块,其被配置为确定所述预测的汇合位置处的间隙的尺寸是否足够用于所述主车辆,并且响应于确定所述间隙具有足够尺寸而发起汇合操纵。

2. 如权利要求1所述的汇合行为系统,其中基于所述前行车辆和所述跟随车辆相对于所述主车辆的位置来选择所述行为模型。

3. 如权利要求1所述的汇合行为系统,其中所述预测模块还被配置为将所述一个或多个汇合因子与至少一个阈值进行比较,并且其中预测的汇合位置是基于所述比较。

4. 如权利要求1所述的汇合行为系统,其中所述前行车辆模型至少部分地基于所述主车辆与所述前行车辆之间的前行间隙长度、主车辆速度和所述前行车辆相对于所述主车辆的相对前行速度。

5. 如权利要求4所述的汇合行为系统,其中所述前行车辆模型并入有跟随车辆变量,所述跟随车辆变量具有基于所述主线车道中的所述跟随车辆的二进制值。

6. 如权利要求1所述的汇合行为系统,其中所述跟随车辆模型至少部分地基于所述主车辆与所述跟随车辆之间的跟随间隙长度、主车辆速度和所述跟随车辆相对于所述主车辆的相对跟随速度。

7. 如权利要求1所述的汇合行为系统,其还包括控制模块,所述控制模块被配置为调整所述主车辆的运动学参数以使所述主车辆在所述预测的汇合位置的汇合距离内。

8. 如权利要求1所述的汇合行为系统,其中所述汇合模块利用高级驾驶员辅助系统来发起所述汇合操纵。

9. 如权利要求1所述的汇合行为系统,其中响应于确定所述间隙不具有足够尺寸,启动所述预测模块预测更新的汇合位置。

10. 一种用于辅助位于与主线车道相邻的汇合车道中的主车辆的汇合行为系统,所述汇合行为系统包括:

识别模块,其被配置为识别位于所述主线车道中在所述主车辆前方的前行车辆和位于所述主线车道中在所述主车辆后方的跟随车辆;

预测模块,其被配置为:

选择使用机器学习生成的行为模型,该机器学习并入有用于所述前行车辆和所述跟随车辆相对于所述主车辆的位置的近似人类行为结果的自然数据集,其中所述行为模型包括

前行车辆模型和跟随车辆模型，

计算与所述行为模型相对应的一个或多个汇合因子，其中所述一个或多个汇合因子包括使用所述前行车辆模型计算的第一汇合因子以估计所述主车辆的驾驶员将在所述前行车辆之前或之后汇合的概率和使用所述跟随车辆模型计算的第二汇合因子以估计所述主车辆的驾驶员将在所述跟随车辆之前或之后汇合的概率，并且

基于对应于所述行为模型的所述一个或多个汇合因子来预测汇合位置；

控制模块，其被配置为调整所述主车辆的运动学参数以使所述主车辆在所述预测的汇合位置的汇合距离内；以及

汇合模块，其被配置为确定所述预测的汇合位置处的间隙的尺寸是否足够用于所述主车辆，并且响应于确定所述间隙具有足够尺寸而发起汇合操纵。

11. 如权利要求10所述的汇合行为系统，其中所述运动学参数是所述主车辆的速度。

12. 如权利要求10所述的汇合行为系统，其中响应于确定所述间隙不具有足够尺寸，启动所述预测模块预测更新的汇合位置。

13. 一种用于辅助位于与主线车道相邻的汇合车道中的主车辆的汇合行为方法，所述汇合行为方法包括：

识别位于所述主线车道中在所述主车辆前方的前行车辆和位于所述主线车道中在所述主车辆后方的跟随车辆；

选择使用机器学习生成的行为模型，该机器学习基于用于所述前行车辆和所述跟随车辆的近似人类行为结果的自然数据集，其中所述行为模型包括前行车辆模型和跟随车辆模型，

计算与所述行为模型相对应的一个或多个汇合因子，其中所述一个或多个汇合因子包括使用所述前行车辆模型计算的第一汇合因子以估计所述主车辆的驾驶员将在所述前行车辆之前或之后汇合的概率和使用所述跟随车辆模型计算的第二汇合因子以估计所述主车辆的驾驶员将在所述跟随车辆之前或之后汇合的概率，并且

基于所述一个或多个汇合因子来预测汇合位置；

调整所述主车辆的运动学参数以使所述主车辆在所述预测的汇合位置的汇合距离内；

确定所述预测的汇合位置处的间隙的尺寸是否足够用于所述主车辆，并且

响应于确定所述间隙具有足够尺寸而发起汇合操纵。

14. 如权利要求13所述的汇合行为方法，其中基于所述前行车辆和所述跟随车辆相对于所述主车辆的位置来选择所述行为模型。

15. 如权利要求13所述的汇合行为方法，其还包括将所述一个或多个汇合因子与至少一个阈值进行比较，并且其中预测的汇合位置是基于所述比较。

用于汇合车辆的汇合行为系统及方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请涉及于2018年4月27日提交的标题为“用于主线车辆的汇合行为系统及方法”的序列号尚未编号的美国非临时专利申请(代理人案卷号HRA-43590.02);上述申请的全部内容通过引用的方式并入本文中。

背景技术

[0003] 汇合是驾驶员最紧张的一个驾驶场景并且被认为是公路驾驶的主要瓶颈。当一个车道中的车辆横向移动到相邻的交通车道中时发生汇合。汇合车辆的驾驶员必须基于已经在相邻车道中的车辆的相对位置和速度来决定汇合是否可能。例如,驾驶员必须确定是否可获得交通间隙。

[0004] 在交通间隙不容易获得的交通堵塞的场景中,情况会更加复杂。在此类堵塞的场景中,驾驶员可能必须依赖已经在相邻车道中的主线车辆的驾驶员来形成间隙,由此发起礼貌汇合。因此,汇合车辆的驾驶员必须测量已经在相邻车道中的车辆的位置和速度,并且仍然可能无法确定汇合是否可能。同样地,主线车辆的驾驶员可以仅猜测汇合车辆是否将要尝试在主线车辆前方或后方汇合。因此,汇合对于汇合车辆和主线车辆这两者的驾驶员来说是有压力的。

发明内容

[0005] 根据一个或多个方面,一种汇合行为系统辅助位于与主线车道相邻的汇合车道中的主车辆。所述汇合行为系统包括识别模块,所述识别模块识别所述主线车道中的至少一辆邻近车辆。所述汇合行为系统还包括预测模块,所述预测模块基于所述至少一辆邻近车辆来选择一个或多个模型、计算与所述一个或多个模型相对应的一个或多个汇合因子并基于所述一个或多个汇合因子来预测汇合位置。所述汇合行为系统还包括汇合模块,所述汇合模块确定所述预测的汇合位置处的间隙的尺寸是否足够用于所述主车辆。响应于确定所述间隙具有足够尺寸,所述汇合模块发起汇合操纵。

[0006] 根据一个或多个方面,一种汇合行为系统辅助位于与主线车道相邻的汇合车道中的主车辆。所述汇合行为系统包括识别模块,所述识别模块识别所述主线车道中的至少一辆邻近车辆。所述汇合行为系统还包括预测模块,所述预测模块基于所述至少一辆邻近车辆相对于所述主车辆的位置来选择一个或多个模型,并基于所述一个或多个模型来预测汇合位置。所述汇合位置在所述至少一辆邻近车辆前方或后方。所述汇合行为系统还包括控制模块,所述控制模块调整所述主车辆的运动学参数以使所述主车辆在所述预测的汇合位置的汇合距离内。所述汇合行为系统还包括汇合模块,所述汇合模块确定所述预测的汇合位置处的间隙的尺寸是否足够用于所述主车辆。响应于确定所述间隙具有足够尺寸,所述汇合模块发起汇合操纵。

[0007] 根据一个或多个方面,描述了一种用于辅助位于与主线车道相邻的汇合车道中的主车辆的汇合行为方法。所述汇合行为方法包括识别所述主线车道中的至少一辆邻近车

辆。基于所述至少一辆邻近车辆来选择一个或多个模型。所述汇合行为方法还包括计算与所述一个或多个模型相对应的一个或多个汇合因子。基于所述一个或多个汇合因子来预测汇合位置。调整所述主车辆的运动学参数以使所述主车辆在所述预测的汇合位置的汇合距离内。所述汇合行为方法还包括确定所述预测的汇合位置处的间隙的尺寸是否足够用于所述主车辆。响应于确定所述间隙具有足够尺寸,所述汇合模块发起汇合操纵。

附图说明

[0008] 图1是根据示例性实施例的用于实施用于预测汇合行为的系统和方法的操作环境的示意图。

[0009] 图2是根据示例性实施例的主车辆相对于第一车辆和第二车辆汇合到主线车道中的示意图。

[0010] 图3是根据示例性实施例的具有示例性邻近车辆传感器的主车辆的示意图。

[0011] 图4是根据示例性实施例的汇合车辆相对于前行车辆模型和/或跟随车辆模型汇合到主线车道中的示意图。

[0012] 图5是根据示例性实施例的汇合车辆在预测的汇合位置的汇合距离内移动的示意图。

[0013] 图6示出了根据示例性实施例的汇合图像和汇合警报灯的视角。

[0014] 图7是根据示例性实施例的用于预测汇合行为的方法的过程流程图。

[0015] 图8是根据示例性实施例的用于预测包括间隙确定的汇合行为的方法的过程流程图。

[0016] 图9是根据示例性实施例的用于训练车辆模型的方法的过程流程图。

[0017] 图10是根据示例性实施例的用于预测汇合行为的方法的过程流程图。

具体实施方式

[0018] 通常,本文公开的系统和方法涉及车辆控制,其集成来自主车辆和车辆传感器的数据以从主车辆的角度来预测汇合行为。主车辆可以是从小汇合车道汇合到相邻主线车道中的汇合车辆或者在主线车道中的促进汇合车辆的汇合的主线车辆。汇合行为系统和方法基于近似人类行为结果以提供平滑汇合辅助的自然数据集来预测汇合车辆的汇合位置。

[0019] 定义

[0020] 下文包括在本文中采用的选定术语的定义。所述定义包括落在术语范围内并且可以用于实施的部件的各种示例和/或形式。所述示例并非意图为限制性的。

[0021] 如本文中所使用的“总线”是指互连架构,所述互连架构可操作地连接到在计算机内部或在计算机之间的其他计算机部件。总线可以在计算机部件之间传输数据。总线可以是存储器总线、存储器控制器、外围总线、外部总线、交叉开关和/或局部总线等等。总线还可以是使用诸如面向媒体的系统传输 (MOST)、控制器局域网 (CAN)、局域互连网 (LIN) 等协议将车辆内部的部件互连的车辆总线。

[0022] 如本文所使用的“计算机通信”是指两个或更多个计算装置 (例如,计算机、个人数字助理、蜂窝电话、网络装置) 之间的通信,并且可以是例如网络传输、文件传输、小应用程序传输、电子邮件、超文本传输协议 (HTTP) 传输等等。计算机通信可以在例如无线系统 (例

如, IEEE 802.11)、以太网系统(例如, IEEE 802.3)、令牌环系统(例如, IEEE 802.5)、局域网(LAN)、广域网(WAN)、点对点系统、电路交换系统、分组交换系统等等中发生。

[0023] 例如,如本文所使用的“磁盘”可以是磁盘驱动器、固态盘驱动器、软盘驱动器、磁带驱动器、Zip驱动器、快闪记忆卡和/或记忆棒。此外,磁盘可以是CD-ROM(光盘ROM)、CD可记录驱动器(CD-R驱动器)、CD可重写驱动器(CD-RW驱动器)和/或数字视频ROM驱动器(DVD ROM)。磁盘可以存储控制或分配计算装置的资源的操作系统。

[0024] 如本文所使用的“数据库”可以指代表、表集合、数据存储区集合和/或用于访问和/或操纵那些数据存储区的方法。一些数据库可以与如上文定义的磁盘结合。

[0025] 如本文所使用的“存储器”可以包括易失性存储器和/或非易失性存储器。非易失性存储器可以包括例如ROM(只读存储器)、PROM(可编程只读存储器)、EPROM(可擦除PROM)和EEPROM(电可擦除PROM)。易失性存储器可以包括例如RAM(随机存取存储器)、同步RAM(SRAM)、动态RAM(DRAM)、同步DRAM(SDRAM)、双倍数据速率SDRAM(DDR SDRAM)和直接RAM总线RAM(DRRAM)。存储器可以存储控制或分配计算装置的资源的操作系统。

[0026] 如本文中所使用的“模块”包括但不限于存储指令的非暂时性计算机可读介质、在机器上执行的指令、在机器上执行的硬件、固件、软件和/或它们各自的组合以便执行一个或多个功能或一个或多个动作和/或从另一模块、方法和/或系统产生功能或动作。模块还可以包括逻辑、软件控制的微处理器、离散逻辑电路、模拟电路、数字电路、编程的逻辑装置、包含执行指令的存储器装置、逻辑门、门的组合和/或其他电路部件。多个模块可以组合成一个模块,并且单一模块可以分布在多个模块之间。

[0027] 如本文所用的“障碍物”是指道路中的任何物体,并且可以包括穿过道路的行人、其他车辆、动物、杂物、坑洞等。此外,“障碍物”可以包括大多数任何交通状况、道路状况、天气状况等。障碍物的示例可以包括但不一定限于其他车辆(例如,障碍物车辆)、建筑物、地标、道路中的障碍物、路段、交叉路口等。因此,障碍物可以被发现、检测或者与沿车辆行驶或预计要行驶的路线的路径、一个或多个路段等相关联。

[0028] “可操作连接件”或实体凭其“可操作地连接”的连接件是其中信号、物理通信和/或逻辑通信可以被发送和/或接收的连接件。可操作连接件可以包括无线接口、物理接口、数据接口和/或电气接口。

[0029] 如本文所使用的“处理器”处理信号并执行通用计算和算术功能。由处理器处理的信号可以包括数字信号、数据信号、计算机指令、处理器指令、消息、位、位流或者可以被接收、传输和/或检测的其他手段。通常,处理器可以是各种不同的处理器,包括多个单核和多核处理器和协同处理器以及其他多个单核和多核处理器和协同处理器架构。处理器可以包括用于执行各种功能的各种模块。

[0030] 如本文所使用的“车辆”是指能够运载一个或多个人类乘员并由任何形式的能源供电的任何移动车辆。术语“车辆”包括但不限于汽车、货车、小型货车、SUV、摩托车、踏板车、船、卡丁车、娱乐乘坐车辆、铁路运输、私人船艇和飞机。在一些情况下,机动车辆包括一个或多个发动机。此外,术语“车辆”可以指代能够运载一个或多个人类乘员并完全或部分由通过电池供电的一个或多个电动马达供电的电动车辆(EV)。EV可以包括纯电动车辆(BEV)和插电式混合动力电动车辆(PHEV)。术语“车辆”还可以指代由任一种形式的能量供电的自主车辆和/或自驾车辆。自主车辆可以运载或者可以不运载一个或多个人类乘员。此

外,术语“车辆”可以包括具有预定路径的自动化或非自动化车辆或自由移动车辆。

[0031] 如本文所使用的“车辆系统”可以包括但不限于可以用于增强车辆、驾驶和/或安全性的任何自动或手动系统。示例性车辆系统包括但不限于:电子稳定性控制系统、防抱死制动系统、制动辅助系统、自动制动预充系统、低速跟随系统、巡航控制系统、碰撞警报系统、碰撞缓解制动系统、自动巡航控制系统、车道偏离警报系统、盲点指示器系统、车道保持辅助系统、导航系统、变速器系统、制动踏板系统、电子动力转向系统、视觉装置(例如,摄像头系统、接近传感器系统)、气候控制系统、电子座椅安全带预张紧系统、监测系统、乘客检测系统、车辆悬架系统、车辆座椅配置系统、车厢照明系统、音频系统、感觉系统等等。

[0032] 如本文所使用的“车辆乘员”可以包括但不限于位于车辆中的一种或多种生物。车辆乘员可以是车辆的驾驶员或乘客。车辆乘员可以是人类(例如,成人、儿童、婴儿)或动物(例如,宠物、狗、猫)。

[0033] 系统概述

[0034] 现在参考附图,其中所述附图是为了说明一个或多个示例性实施例而不是为了对其进行限制,图1是用于预测汇合行为的操作环境100的示意图。操作环境100的部件以及其他系统的部件、本文中所讨论的硬件架构以及软件架构可以被组合、省略或组织成用于各种实施例的不同架构。此外,操作环境100的部件可以与主车辆(诸如示例性主车辆300,如图3中所示)一起实施或与相关联。

[0035] 在图1的所示实施例中,操作环境100包括车辆计算装置(VCD)102,所述VCD 102具有用于处理车辆的各种部件以及操作环境100的其他部件、与其进行通信和交互的装置。在一个实施例中,VCD 102可以用示例性主车辆300(图3)来实施例如作为远程信息处理单元、主机单元、导航单元、信息娱乐单元、电子控制单元等等的一部分。在其他实施例中,可以在远离示例性主车辆300的位置处例如利用便携式装置(未示出)或经由网络(例如,网络140)连接的另一装置来实施VCD 102的部件和功能。

[0036] 通常,VCD 102包括各自可经由总线112和/或其他有线和无线技术操作地连接以用于计算机通信的处理器104、存储器106、磁盘108和输入/输出(I/O)接口110。I/O接口110提供软件和硬件以促进在VCD 102的部件与将在本文中描述的其他部件、网络和数据源之间进行数据输入和输出。另外,处理器104包括识别模块114、预测模块116、控制模块118和汇合模块120以辅助由操作环境100的部件促进的主车辆预测汇合位置。

[0037] VCD 102还可操作地连接以用于(例如,经由总线112和/或I/O接口110)与一个或多个车辆系统122进行计算机通信。车辆系统122可以包括但不限于可以用于增强车辆、驾驶和/或安全性的任何自动或手动系统。本文中,根据示例性实施例,车辆系统122包括导航系统124、灯系统126、音频系统128和信息娱乐系统130。导航系统124存储、计算并提供路线和目的地信息,并且促进如逐向导航(turn-by-turn directions)的特征。灯系统126控制车辆的灯以进行致动,包括例如内部灯(诸如仪表盘灯)和/或外部灯(诸如安装在示例性主车辆300的侧视镜上的灯)。音频系统128控制示例性主车辆300中的音频(例如,音频内容、音量)。信息娱乐系统130提供视觉信息和/或娱乐,并且可以包括显示器132。

[0038] 车辆系统122包括各种车辆传感器134和/或可操作地连接以与各种车辆传感器进行计算机通信。车辆传感器134提供和/或感测与车辆、车辆环境和/或车辆系统122相关联的信息。车辆传感器134可以包括但不限于与车辆系统122相关联的主车辆传感器136、与示

例性主车辆300相关联的其他车辆传感器,和/或收集关于靠近示例性主车辆300的邻近车辆的数据的邻近车辆传感器138。

[0039] 主车辆传感器136可以包括但不限于环境传感器、车速传感器、加速踏板传感器、制动传感器、节气门位置传感器、车轮传感器、防抱死制动传感器、凸轮轴传感器等等。在一些实施例中,主车辆传感器136与车辆系统122结合。例如,一个或多个主车辆传感器136可以与导航系统124结合以监测主车辆的特性,诸如位置和速度。

[0040] 邻近车辆传感器138可以包括但不限于安装到示例性主车辆300的内部或外部的光学传感器(诸如摄像头、光学传感器、无线电传感器等)和安装到示例性主车辆300的外部的光传感器(诸如光探测和测距(LiDAR)传感器、雷达、激光传感器等)。此外,邻近车辆传感器138可以包括示例性主车辆300外部的传感器(例如,经由网络140访问),例如,车辆到车辆网络中的其他车辆上的外部摄像头、雷达和激光传感器、街道摄像头、监控摄像头等等。邻近车辆传感器监测示例性主车辆300的环境以检测邻近车辆的存在。另外,邻近车辆传感器138可以检测一辆或多辆邻近车辆的特性(诸如邻近车辆的位置和速度),以及主车辆和邻近车辆的相对特性,诸如主车辆与一辆或多辆邻近车辆之间的相对距离和速度。

[0041] 因此,车辆传感器134可操作以感测与车辆、车辆环境、车辆系统122、示例性主车辆300和/或邻近车辆相关联的数据的测量值,并生成指示所述数据测量值的数据信号。这些数据信号可以被转换成其他数据格式(例如,数字)和/或由车辆系统122和/或VCD 102使用以生成其他数据度量和参数。应理解,传感器可以是任何类型的传感器,例如声学、电气、环境、光学、成像、光、压力、力、热、温度、接近传感器等等。

[0042] VCD 102还可操作地连接以与网络140和自然行为数据库142进行计算机通信。应理解,可以通过各种方式促进从I/O接口110到网络140和自然行为数据库142的连接。例如,通过网络连接(例如,有线或无线)、来自便携式装置(未示出)的蜂窝数据网络、车辆到车辆自组织网络(未示出)、车内网络(未示出)等等或者它们的任何组合。在一些实施例中,自然行为数据库142可以位于车辆上,例如位于存储器106和/或磁盘108处。在其他实施例中,自然行为数据库142可以分布在一个或多个位置中。

[0043] 网络140例如是数据网络、因特网、广域网或局域网。网络140充当与各种远程装置(例如,数据库、网络服务器、远程服务器、应用程序服务器、中间服务器、客户端机器、其他便携式装置)的通信介质。在一些实施例中,自然行为数据库142可以包括在网络140中,由VCD 102通过网络140访问,和/或网络140可以访问自然行为数据库142。因此,在一些实施例中,VCD 102可以经由网络140从自然行为数据库142获得数据。

[0044] 系统和方法的应用

[0045] 相对于主车辆描述了系统和方法的应用。主车辆是具有上述操作环境100的车辆。主车辆可以是汇合车道202或主线车道204中的车辆。将描述其中汇合车辆208或主线车辆210是主车辆或者汇合车辆208和主线车辆210两者都是主车辆的示例。这些实施例本质上是示例性的并且没有被设置为限制性的。例如,汇合车辆208是主车辆的实施例并不暗示主线车辆210不是主车辆。主线车辆210可以是或可以不是主车辆。因此,主车辆是汇合车辆208和/或主线车辆210。因此,主车辆的所公开特征和功能或其替代物或变型可以通过汇合车辆或主线车辆来实施。

[0046] 图1是用于实施用于预测来自道路上的汇合车辆的汇合行为的系统和方法的操作

环境100的示意图。在如图2中所示的道路示例200中,道路具有汇合车道202、主线车道204和相邻主线车道206。汇合车辆208和/或主线车辆210可以是主车辆,所述主车辆采用操作环境100来辅助主车辆预测在主车辆附近行驶的至少一辆邻近车辆的行为。例如,在第一实施例中,主车辆可以是汇合车辆208,所述汇合车辆试图从汇合车道202汇合到主线车道204中。在第二实施例中,主车辆可以是已经在主线车道204中行驶的主线车辆210,汇合车辆208试图汇合到所述主线车道中。替代地,汇合车辆208和主线车辆210两者都可以是具有操作环境100的主车辆。

[0047] 如上所述,操作环境100包括具有识别模块114的处理器104。识别模块114识别车道中的至少一辆邻近车辆,所述车道具有在与主车辆相同的方向上移动的交通工具。返回到汇合车辆208是主车辆的第一实施例,识别模块114将主线车辆210识别为邻近车辆。识别模块114可以另外将也在主线车道204中行驶的第一邻近车辆212和/或第二邻近车辆214识别为邻近车辆。在其中一个以上车道具有在与主车辆相同的方向上行驶的交通工具的实施例中,识别模块114可以识别来自一个以上车道的邻近车辆。例如,识别模块114可以另外将在相邻主线车道206中行驶的第三邻近车辆216和/或第四邻近车辆218识别为邻近车辆。

[0048] 在主线车辆210是主车辆的第二实施例中,识别模块114将汇合车辆208识别为邻近车辆。识别模块114还可以将也在主线车道204中行驶的第一邻近车辆212和第二邻近车辆214以及在相邻主线车道206行驶的第三邻近车辆216和第四邻近车辆218识别为邻近车辆。

[0049] 识别模块114可以使用从车辆系统122和/或车辆传感器134中的邻近车辆传感器138接收的数据来识别至少一辆邻近车辆。邻近车辆传感器138可以包括一个或多个光学传感器(例如,无线电探测和测距(RADAR)装置、光成像探测和测距(LiDAR)装置等)和/或图像传感器(例如,摄像头、磁共振成像仪、x射线成像仪等)。

[0050] 图3示出了具有光学传感器和图像传感器的示例性主车辆300。示例性主车辆300具有多辆邻近车辆传感器138,诸如包括第一前程RADAR 302和第二前程RADAR 304的RADAR装置。示例性主车辆300还可以具有中程RADAR(诸如中程RADAR 306)和至少一个后程RADAR(诸如后程RADAR 308)。虽然第一前程RADAR 302、第二前程RADAR 304、中程RADAR 306和后程RADAR 308被描述为RADAR装置,但是也可以使用用于识别至少一辆邻近车辆的任何其他类型的传感器,诸如LiDAR。应理解,邻近车辆传感器138可以安置在示例性主车辆300的内部或外部的任何位置上。例如,传感器可以安置在门、保险杠、轮室体、后视镜、侧视镜、仪表板、后窗等中。

[0051] 示例性主车辆300还可以包括至少一个图像传感器,诸如摄像头310。摄像头310可以安装到示例性主车辆300的内部或外部。摄像头310可以检测来自邻近车辆的可见光和红外光。摄像头310还可以检测由识别模块114或车辆系统122处理的图像中的光图案。光的图案可以指示至少一个邻近车辆已经点亮转向信号或当路面上的标记停止时指示车道的终点。

[0052] 第一前程RADAR 302、第二前程RADAR 304、中程RADAR 306、后程RADAR 308和摄像头310本质上是示例性的,并且可以使用更多或更少的传感器。此外,第一前程RADAR 302、第二前程RADAR 304、中程RADAR 306、后程RADAR 308和摄像头310可以是与所描述的那些传感器不同的传感器。

[0053] 返回到图1,在一些实施例中,识别模块114可以实时识别邻近车辆,和/或存储、聚合并跟踪关于先前识别的邻近车辆的数据。在另一个实施例中,识别模块114可以从远程传感器(例如,经由网络140访问)接收关于邻近车辆的信息,所述远程传感器例如在诸如邻近车辆等其他车辆上、车辆到车辆网络中的外部摄像头、雷达和激光传感器、街道摄像头、监控摄像头、路面传感器等等。

[0054] 识别模块114可以另外识别指示邻近车辆可能即将尝试汇合的一个或多个汇合特性。汇合特性可以包括在邻近车辆上的转向信号点亮、邻近车辆到主车辆或路面线的接近度、汇合车道202的终点、汇合车道202中的障碍物、交通拥堵等。例如,主车辆可以检测在邻近车辆上点亮的转向信号。在另一个示例中,返回到主线车辆210是主车辆的第二实施例,识别模块114可以基于一个或多个汇合特性将汇合车辆208识别为尝试汇合到主线车道204中。

[0055] 在一个实施例中,识别模块114可以基于一个或多个汇合特性来标记尝试汇合的所识别邻近车辆。假设识别模块114识别多辆邻近车辆。识别模块114可以基于被识别的阈值数量的汇合特性将至少一辆邻近车辆标记为即将汇合。

[0056] 在另一个实施例中,汇合特性可以是分层的。例如,转向信号点亮可以是邻近车辆上的第一层汇合特性,而邻近车辆与主车辆或路面线的接近度、汇合车道202的终点和汇合车道202中的障碍物(未示出)可以是第二层汇合特性。当识别单个第一层汇合特性时,识别模块114可以将邻近车辆标记为即将汇合,但是如果识别两个或更多个第二层汇合特性,则可以仅标记邻近车辆。虽然描述了两层,但是可以采用更多或更少的层。

[0057] 处理器104的预测模块116基于所识别的至少一辆邻近车辆来选择一个或多个车辆模型。可以基于至少一辆邻近车辆相对于主车辆的位置来选择一个或多个车辆模型。例如,预测模块116可以为每辆识别的邻近车辆来选择车辆模型。在另一个实施例中,即使识别多辆邻近车辆,预测模块116也可以为单一邻近车辆选择单个车辆模型。可以为单一邻近车辆分配车辆模型,因为单一邻近车辆被标记为即将汇合或基于单一邻近车辆与主车辆相对于其他邻近车辆的接近度来标记。例如,单一邻近车辆可以比其他邻近车辆更靠近主车辆。

[0058] 然后,预测模块116使用所选择的一个或多个车辆模型来计算与所选择的一个或多个车辆模型相对应的一个或多个汇合因子。预测模块116基于一个或多个汇合因子来预测汇合位置。

[0059] 一个或多个车辆模型可以基于以下预测模型方程式:

$$[0060] \quad P(\text{前方汇合}) = P(y = 1) = \pi(\beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i x_i)$$

[0061] 其中 $\pi(q) \triangleq \frac{e^q}{1+e^q}$, x_i = 候选因子 i , β_i = 模型系数

[0062] 候选因子和模型系数是基于一个或多个车辆模型选择的模型参数。例如,在其中邻近车辆在主车辆前面的场景下,预测模块116选择前行车辆模型。在其中邻近车辆跟随主车辆的场景下,预测模块116选择跟随车辆模型。基于所选择的车辆模型,可以使用不同的模型参数。候选因子是主车辆和邻近车辆的特性,诸如彼此的相对距离或它们的相对速度。所述模型系数是根据自然数据估计的。可以经由网络140从自然行为数据库142接收自然数

据。

[0063] 自然数据可以包括来自主车辆的数据,诸如主车辆的驾驶员的被监测行为、特定道路上的车辆被监测行为,或者一个或多个道路上的多辆车的被监测行为可以被聚合为全局数据。例如,可以监测主公路的入口匝道以确定自然行为。自然行为数据库142可以经由网络140从诸如捕获道路视频的交通摄像头等道路传感器、路面传感器、来自道路上的其他车辆的车辆传感器等等接收被监测行为。

[0064] 在一些实施例中,自然行为可以按道路的不同特征来分类,所述特征诸如在相同方向上行驶的车道的数量(例如,2个车道、4个车道、5个车道、6个车道)、汇合车道202的长度(例如,短入口匝道、长入口匝道)、汇合的即时性(例如,紧急汇合或自由汇合)、从汇合车辆到汇合车道的终点的距离、交通堵塞量等等。自然数据可以是联邦公路管理下一代模拟(NGSIM)数据集的形式。所选择的车辆模型使用模型系数来结合自然数据以在数学上表示可观察的汇合模式。

[0065] 示例性候选因子 x_i ,是在时间 $t_{\text{开始}}$ 处定义的,并且 β_i 是具有要估计的未知值的模型系数,并且 p 是模型中的特征的数量。模型系数的特定值(b_i)可以使用最大似然逻辑回归分析方法来估计。这种最大似然法最大限度地减少了定义为以下项的偏差:

$$D = -2 \sum_{k=1}^n (y_k \ln \hat{y}_k + (1 - y_k) \ln(1 - \hat{y}_k))$$

[0067] 其中 $\hat{P}_{\text{前面}} = \hat{y} = \pi(b_0 + \sum_{i=1}^p b_i x_i)$

[0068] 并且其中 n 是分析中使用的观察到的汇合事件的数量。

[0069] 对于前行车辆模型,示例性候选因子 x_i 和模型系数 b_i 是基于主车辆和邻近车辆的相对运动以及接收到的自然数据,并且可以如下:

前行车辆模型			
b_0	2.7		
b_1	-0.0558	x_1	Δd_{th}
b_2	0.000126	x_2	$(\Delta d_{th})^2$
b_3	0.133	x_3	v
b_4	-0.104	x_4	Δv_p
b_5	-4.26	x_5	F
b_6	-0.127	x_6	v_{avg}

[0071] 因此,候选因子包括在前行车辆的尾部与主车辆的头部之间的相对前行距离 Δd_{th} (以ft为单位测量),以及主车速度 v 和相对前行速度 Δv_p (前行车辆相对于主车辆的速度)。所有速度可以以ft/s为单位测量。候选因子还包括跟随车辆变量 F ,其是指示跟随车辆存在的二进制值,例如(1)指示存在跟随车辆或者(0)指示不存在跟随车辆。候选因子还包括平均主线速度 v_{avg} (在主线车道中行驶的车辆的平均速度)。在对模型系数 b_i 的相应变化的情况下,候选因子也可以是其他单位或单位系统中的量度,诸如每小时英里数或度量。

[0072] 候选因子可以另外包括考虑较大车辆所表现的不同方式的变量。前行运输车辆变量T可以是指示前行运输车辆的存在值的二进制值,例如(1)指示主车辆前方的车辆是前行运输车辆或者(0)指示主车辆前方的车辆不是前行运输车辆。同样地,阻碍车辆变量I允许由于在主车辆前方存在车辆而导致的汇合行为的潜在差异。例如,阻碍车辆变量I可以是(1)主车辆前方的车辆可能阻碍主车辆或者(0)主车辆前方的车辆不可能阻碍主车辆。通过这种方式,前行运输车辆变量T和阻碍车辆变量I如同跟随车辆变量F一样是分类变量。

[0073] 候选因子可以由预测模块116基于从主车辆传感器136和邻近车辆传感器138接收的数据来确定。例如,主车辆传感器136可以检测主车辆的速度。同样地,邻近车辆传感器138可以检测来自邻近车辆以及来自邻近车辆相对于主车辆的数据,诸如相对跟随速度 Δv_f (跟随车辆相对于主车辆的速度)。在一个实施例中,后程RADAR 308和/或邻近车辆传感器138的摄像头310检测跟随车辆。因此,预测模块116使用来自后程RADAR 308和/或摄像头310的数据来确定跟随车辆变量F的二进制值。

[0074] 在一些实施例中,汇合因子可以被计算为概率(例如,0至1之间的值),其指示人类驾驶员将在潜在汇合位置处汇合的可能性。例如,在前行车辆模型中,一个或多个汇合因子指示人类驾驶员将在前行车辆前方或其后面的任何地方汇合的概率。假设概率由0至1之间的值表示。在一些实施例中,汇合因子越高,人类驾驶员将在前行车辆前方汇合的可能性就越大。因此,可以基于一个或多个汇合因子的值来预测汇合位置。

[0075] 如果主车辆试图在预测的汇合位置处汇合,模仿人类行为,则汇合操纵将可能使前行车辆避让,因为汇合将是前行车辆的驾驶员会期望的操纵。通过这种方式,即使主车辆是汇合车辆,主车辆也可以使用车辆模型来预测可以发起汇合操纵的汇合,诸如从主线车辆的礼貌汇合操纵(例如,减速以增加间隙长度)。

[0076] 在一个示例中,车辆模型(诸如所得的前行车辆模型)可以是:

$P(\text{在前行车辆前面汇合})$

$$[0077] \quad = \frac{e^{2.7-0.0558(\Delta d_{th})+0.000126(\Delta d_{th})^2+0.133v-0.104\Delta v_p-4.26F-0.127v_{avg}}}{1 + e^{2.7-0.0558(\Delta d_{th})+0.000126(\Delta d_{th})^2+0.133v-0.104\Delta v_p-4.26F-0.127v_{avg}}}$$

[0078] 关于图4描述前行车辆模型,所述图示出了根据示例性实施例的汇合车辆402相对于主线车辆408从汇合车道404汇合到主线车道406中的示意图400。假设汇合车辆402是主车辆。主线车辆408在汇合车辆402前方,因此选择前行车辆模型。前行车辆模型用于计算一个或多个汇合因子以便估计汇合驾驶员将在前行车辆之前或之后汇合的概率。

[0079] 预测模块116根据一个或多个汇合因子来识别汇合车辆402可以尝试汇合的至少一个潜在汇合位置。潜在汇合位置可以落在邻近车辆前方或后面,诸如第一潜在汇合位置410和第二潜在汇合位置412。虽然潜在汇合位置被示为具有为了清楚起见的区域的圆圈,但是应理解,潜在汇合位置可能不对应于预测汇合发生的空间的面积或体积。相反,潜在汇合位置可以对应于邻近车辆前方或后面的空间点,其指示汇合车辆402将在邻近车辆前方还是后面汇合。

[0080] 一个或多个汇合因子的值可以对应于一个潜在汇合位置。在一个实施例中,每个潜在汇合位置可以对应于一系列值。在一个实施例中,值的范围取决于汇合阈值。例如,预测模块116基于哪个范围对应于一个或多个汇合因子的值来预测来自潜在汇合位置的汇合位置。假设第一潜在汇合位置410对应于大于或等于0.5的汇合阈值,并且第二潜在汇合位

置412对应于小于0.5的汇合阈值。汇合因子可以对应于概率,因此在0.5至1之间的值范围中的汇合因子将对应于第一潜在汇合位置,并且0至0.49之间的值范围中的汇合因子对应于第二潜在汇合位置412。因此,如果汇合因子被计算为0.6,则预测模块116将第一潜在汇合位置410预测为最可能基于自然的人类行为的预测汇合位置。

[0081] 可以选择汇合阈值以使预测模块116根据仿真参数来选择潜在汇合位置。仿真参数可以包括预测准确度和/或驾驶员行为。例如,可以选择汇合阈值以减少由预测模块116预测的误报的数量。还可以通过调整汇合阈值来模仿驾驶员行为。在一个实施例中,可以降低汇合阈值以使预测模块116预测更积极的汇合。例如,汇合阈值下限将使预测模块116更频繁地选择第一潜在汇合位置410,使得汇合车辆402被预测为更频繁地在主线车辆408前方汇合。替代地,可以提高汇合阈值以使预测模块116预测更谨慎的汇合,使得预测模块116将更频繁地选择第二潜在汇合位置412,使得汇合车辆402被预测为更频繁地在主线车辆408后面汇合。

[0082] 为了便于解释,每个潜在汇合位置被描述为具有不同的范围,但是潜在汇合位置可以具有重叠范围。在范围重叠的情况下,预测模块116可以基于满足先前的一个或多个汇合因子的潜在汇合位置来重新计算一个或多个汇合因子。通过这种方式,可以针对重叠的潜在汇合位置改进重新计算的汇合因子,直到一个或多个汇合因子对应于单个潜在汇合位置。另外,当预测模块116基于一个或多个汇合因子预测两个或更多个潜在汇合位置时,可以提示车辆乘员选择汇合位置。例如,可以用来自音频系统128的音频提示或显示器132上的视觉提示来提示车辆乘员。

[0083] 如上面所讨论的,可以将一个或多个汇合因子计算为概率(例如,0至1之间的值),其指示人类驾驶员将在潜在汇合位置处汇合的可能性。因此,在一些实施例中,汇合预测模块116可以选择潜在汇合位置,所述潜在汇合位置对应于一个或多个汇合因子中的具有最高值以及因此具有人类将选择该潜在汇合位置的最高概率的汇合因子。

[0084] 在另一个实施例中,一旦已经计算了一个或多个汇合因子,预测模块116还可以考虑驾驶参数以选择多个潜在汇合位置中的一者。驾驶参数可以包括转向角、制动力、主车辆速度、邻近车辆速度、主车辆的跟随距离,或驾驶操纵期间转向角随时间的变化等。因此,预测模块116可以基于历史车辆乘员行为数据来预测汇合位置。

[0085] 预测模块116还可以考虑不受车辆模型影响的邻近车辆的行为。假设跟随车辆416正在接近主线车辆408和/或汇合车辆402正在接近前行车辆418。预测模块116可以基于诸如主线车辆408相对于跟随车辆416的速度或汇合车辆402正接近前行车辆418的邻近车辆速度等驾驶参数来选择第一潜在汇合位置410或第二潜在汇合位置412。例如,如果跟随车辆416正在快速接近主线车辆408,由此关闭第二潜在汇合位置412,则预测模块116可以预测第一潜在汇合位置410是最可能由车辆乘员基于自然的人类行为选择的汇合位置。

[0086] 如所描述的,汇合车辆402的预测模块116可以使用前行车辆模型基于主线车辆408相对于汇合车辆402的位置来预测汇合行为。另外或替代地,汇合车辆402的预测模块116可以使用跟随模型根据另一邻近车辆(诸如跟随车辆416)来预测汇合行为。基于跟随模型,预测模块116可以预测来自第二潜在汇合位置412或第三潜在汇合位置414的汇合位置。

[0087] 跟随车辆模型可以使用相同或不同的候选因子 x_n 和模型系数 β_n 。对于跟随车辆模型,示例性候选因子 x_n 和模型系数 β_n 是基于主车辆和邻近车辆的相对运动以及所接收的自

然数据,并且可以如下:

[0088]	跟随车辆模型			
	β_0	0.35		
	β_1	-0.628	x_1	Δd_{hh}
	β_2	-0.156	x_2	Δv_f

[0089] 因此,候选因子包括在跟随车辆的头部到主车辆的头部之间测量的相对跟随距离 Δd_{hh} ,以及相对跟随速度 Δv_f (跟随车辆相对于主车辆的速度)。可以根据来自主车辆传感器136的数据来确定候选因子。例如,主车辆传感器136可以检测主车辆的速度。同样地,邻近车辆传感器138可以检测来自邻近车辆以及来自邻近车辆相对于主车辆的数据,诸如相对跟随速度 Δv_f (跟随邻近车辆相对于主车辆的速度)。

[0090] 所得的跟随车辆模型可以是:

$$[0091] \quad P(\text{在跟随车辆前面汇合}) = \frac{e^{0.35-0.628(\Delta d_{hh})-0.156\Delta v_f}}{1 + e^{0.35-0.628(\Delta d_{hh})-0.156\Delta v_f}}$$

[0092] 基于根据跟随模型计算的一个或多个汇合因子,预测模块116可以通过与如上所述类似的方式预测邻近车辆之间的汇合位置,诸如第二潜在汇合位置412和第三潜在汇合位置414。例如,一个或多个汇合因子的值可以对应于一个潜在汇合位置。因此,预测模块116可以通过与如上文关于前行车辆模型描述的方式类似的方式基于哪个值范围对应于一个或多个汇合因子来预测潜在汇合位置中的潜在汇合位置。所述范围可以基于与如上文关于前行车辆模型所描述的汇合阈值相同或不同的汇合阈值。选择预测的汇合位置作为车辆乘员将基于自然的人类行为数据选择汇合的最可能位置。

[0093] 作为使用范围的替代形式,可以将一个或多个汇合因子与阈值进行比较以确定哪个潜在汇合位置最可能基于自然的人类行为。例如,汇合因子大于阈值可以指示将预测人类驾驶员在跟随车辆416前方在第二潜在汇合位置412处汇合。相反,如果汇合因子小于阈值,则将预测人类驾驶员在跟随车辆416后面在第三潜在汇合位置414处汇合。

[0094] 虽然为了清楚起见已经分别描述了前方模型和跟随模型,但是可以组合前方模型和跟随模型以形成行为模型,所述行为模型可以对诸如主线车辆408和跟随车辆416等多辆邻近车辆的行为进行建模。由于预测是基于一个以上的邻近车辆,因此预测模块可以从两个以上的潜在汇合位置中进行选择。例如,由于在本文中对主线车辆408和跟随车辆416进行建模,因此可以根据行为模型从第一潜在汇合位置410、第二潜在汇合位置412或第三潜在汇合位置414中选择潜在汇合位置。如上所述,基于被建模的主车辆和邻近车辆的相对位置来选择前行车辆模型或跟随车辆模型。因此,主车辆可以基于任何一辆邻近车辆相对于主车辆的相对位置来选择前行车辆模型或跟随车辆模型。

[0095] 可以使用机器学习方法从跟随车辆模型和前行车辆模型生成行为模型。可以实施任何类型的机器学习模型,诸如随机森林模型、支持向量机或逻辑回归模型。

[0096] 例如,假设主线车辆408正在接近主线车辆408和/或汇合车辆402正在接近汇合前行车辆418。预测模块116可以基于诸如跟随车辆416相对于主线车辆408的车速或汇合车辆402正在接近汇合前行车辆438时的车速等驾驶参数来预测第一潜在汇合位置410或第二潜

在汇合位置412。例如,如果汇合前行车辆438与主线车辆408以类似速度首尾相接地行驶,则第一潜在汇合位置430可能对汇合车辆不可用,且因此,预测模块116可以预测第二潜在汇合位置412。

[0097] 虽然图4中的示例将相对于汇合车辆402的跟随车辆模型描述为主车辆,但是跟随车辆416也可以是主车辆。例如,由于汇合车辆402在跟随车辆416前方,因此用作主车辆的跟随车辆416可以使用前行车辆模型而不是跟随车辆模型。

[0098] 在到目前为止描述的实施例中,将一辆邻近车辆应用于车辆模型。然而,可以将多辆邻近车辆应用于车辆模型,从而导致计算出多个汇合因子。例如,假设汇合车辆402是主车辆,预测模块116相对于跟随车辆416可以选择跟随车辆模型,并且相对于主线车辆408选择前行车辆模型。通过这种方式,预测模块116可以使用前行车辆模型和跟随车辆模型这两者。在另一个实施例中,预测模块116可以相对于主线车辆408和前行车辆418这两者使用前行车辆模型。

[0099] 返回到其中图4的跟随车辆416是主车辆的示例,预测模块116可以基于汇合车辆402相对于跟随车辆416的位置来选择前行车辆模型。基于所选择的模型来计算一个或多个汇合因子,并且预测模块116基于一个或多个汇合因子来预测汇合位置。

[0100] 控制模块118基于预测的汇合位置来调整跟随车辆416的运动学参数。例如,控制模块118可以调整跟随车辆416的运动学参数以在预测的汇合位置处形成或扩大间隙。因此,控制模块118可以控制跟随车辆416以在预测的第二潜在汇合位置412处形成具有足够尺寸的间隙以允许汇合车辆402从汇合车道404移动到主线车道406。因此,控制模块118可以使跟随车辆416以与人类驾驶员可能类似的方式促进汇合车辆402的礼貌汇合。

[0101] 运动学参数可以包括改变主车辆的运动的主车辆的当前速度(speed/velocity)、罗盘航向等。在一些实施例中,控制模块118可以采用应用程序接口(API)部件(未示出)。API部件可以基于来自控制模块118的信息来操作主车辆。通过这种方式,控制模块118和/或API部件可以通过自主方式来操作主车辆。

[0102] 例如,假设主车辆是当前在汇合车道中的汇合车辆,控制模块118可以控制将以更高的速率(诸如10Hz)进行评估的纵向速度控制功能,因为它使用可以快速变化的信息。控制模块118使用纵向速度控制功能将主车辆与预测的汇合位置对齐。通过这种方式,控制模块可以实施以下加速命令:

[0103] $a = \lim(-0.5g, K_y y_e + K_u u_e, 0.5g)$

[0104] 其中 $K_y = 1/\text{sec}^2$ 并且 $K_u = 2/\text{sec}^2$

[0105] 项 y_e 和 u_e 是基于由识别模块114识别的至少一辆邻近车辆的相对间隙和速度误差。在一些实施例中,还将以10Hz评估校验间隙功能。在该示例中,如果满足以下条件:主车辆处于不是入口匝道的汇合车道中,前后间隙都大于预定间隙长度(例如,1.52m(5ft))并且1.52m间隙的前后时间都大于5秒,则将发起汇合操作。

[0106] 通过这种方式,使用车辆模型来预测汇合行为。从车辆模型计算一个或多个汇合因子。一个或多个汇合因子可以指示1) 不受限制的汇合,其中没有前行车辆或跟随车辆;2) 在跟随车辆前方汇合,其中没有前行车辆;3) 在前行车辆前方汇合;4) 在前行车辆与跟随车辆之间汇合;5) 在跟随车辆后面汇合;6) 在前行车辆后面汇合,其中没有跟随车辆。例如,在一个实施例中,相对于可能在道路上的邻近车辆的汇合因子可以指示:

[0107]	由汇合因子指示的汇合类型	预测的潜在 汇合位置	在车辆 前方	在车辆 后面
	不受限制的汇合-其中没有前行车辆或跟随车辆	412	无	无
	在跟随车辆前方汇合-其中没有前行车辆	412	无	416
	在前行车辆前方汇合	410	(a)	408
	在前行车辆与跟随车辆之间汇合	412	408	416
	在跟随车辆后面汇合	414	416	(b)
	在前行车辆后面汇合-其中没有跟随车辆	412	408	无

[0108] 所述表示出了基于道路示例中的车辆的汇合类型。在“在前行车辆前方汇合”行中,“(a)”指示在前行车辆的前方可能存在另一车辆。如果是,则使用前行车辆前方的车辆的相对距离和速度来确定主车辆的可接受的间隙和速度调节。在“跟随车辆后面汇合”行中,“(b)”指示跟随车辆后面可能存在另一车辆。如果是,则使用车辆在跟随车辆后面的相对距离和速度来确定主车辆的可接受的间隙和速度调节。

[0109] 图5是描绘根据示例性实施例的汇合车辆在预测的汇合位置的汇合距离内移动的示意图。控制模块118在与主线车道506相邻的汇合车道504中调整汇合车辆502的运动学参数。预测的汇合位置508在主线车道506中的主线车辆510前方。调整汇合车辆502(在本文中是主车辆)的运动学参数以使汇合车辆502在预测的汇合位置508的汇合距离512内。汇合距离512可以是距预测的汇合位置508的阈值距离,例如预定数量的码、英尺或米,所述阈值距离将汇合车辆502与预测的汇合位置508纵向、横向或对角地分开。

[0110] 在一个实施例中,当汇合车辆502在预测的汇合位置508的汇合距离512内时,主线车辆510(如果是主车辆)由控制模块118控制以通过调整主线车辆510的运动学参数以在预测的汇合位置508处形成间隙514来发起礼貌汇合。

[0111] 替代地,假设汇合车辆502是主车辆。在另一个实施例中,汇合车辆502的汇合模块120可以确定预测的汇合位置508处的间隙514是否具有足以容纳汇合车辆502的尺寸。汇合车辆502的车辆传感器134可以测量间隙514的间隙长度516。间隙长度516可以由从主线车辆510到前方主线车辆518的距离来定义。在没有前行主线车辆518的情况下,间隙长度516可以被认为是开放式的,并且替代地计算在跟随车辆的头部与主车辆的头部之间测量的相对跟随距离 Δd_{hh} ,所述主车辆在该示例中是汇合车辆502。

[0112] 在另一个实施例中,可以将间隙长度516与间隙阈值进行比较以确定间隙514的尺寸是否足以容纳汇合车辆502。在一些实施例中,间隙阈值是汇合车辆502的长度的两倍。在一些实施例中,间隙长度516大于间隙阈值指示间隙514的尺寸足以容纳汇合车辆502。相反,间隙长度516小于间隙阈值指示间隙514的尺寸不足以容纳汇合车辆502。

[0113] 响应于确定间隙514具有足够尺寸,汇合模块120使汇合车辆502发起汇合操纵。汇合操纵可以包括主车辆移动到预测的汇合位置中或发起礼貌汇合。例如,纵向速度控制可以继续以便停留在汇合终点车道中的期望目标车辆之间,主车辆根据诸如 20° 等行进方向

角转向以汇合到终点车道中,并且检查汇合完成情况。

[0114] 在一些实施例中,发起汇合操纵可以包括警告车辆乘员汇合的可能性。例如,导航可以示出汇合参数,诸如位置、距离和通向预测的汇合位置的方向。汇合参数可以显示在信息娱乐系统130的显示器132上或抬头显示器(未示出)上。

[0115] 图6示出了根据示例性实施例的汇合图像和汇合警报灯的视角。将关于图5描述图6。具体地,图6示出了在汇合图像604中显示汇合警报的同时驾驶员通过车辆600的挡风玻璃602观察的视角。汇合图像604可以由抬头显示系统(未示出)投影。汇合图像604包括汇合参数。例如,可以在汇合图像604上示出位置606、距离608和通向预测的汇合位置508的方向610。在一些实施例中,汇合图像604与由导航系统124提供的导航信息重叠。通过这种方式,在提供通向目的地的方向时,可以提供特定于道路上的所识别车道(诸如具有预测的汇合位置508的车道)的车道信息。

[0116] 除了显示汇合图像604之外或作为显示汇合图像604的替代形式,汇合模块120可以使用灯系统126来控制灯,例如内部车厢灯、前照灯、转向灯、盲点指示器(未示出)。在一个实施例中,汇合灯指示器612可以并入一个或多个灯(诸如发光二极管),以指示预测的汇合位置508的存在和位置。例如,假设汇合车辆502是主车辆。响应于确定间隙514具有足够尺寸,汇合模块120使汇合灯指示器612以预定颜色点亮、闪烁预定图案或这两者。

[0117] 除了汇合模块120之外,灯系统126还可以由控制模块118控制。例如,假设主线车辆510是主车辆。当调整运动学参数时,控制模块118还可以控制灯系统126来以多种颜色和/或图案点亮汇合灯指示器612以指示主线车辆510的运动响应于汇合位置508被预测而改变。

[0118] 在另一个实施例中,处理器104可以使灯系统126控制汇合灯指示器612来以某种图案和/或颜色点亮以在整个汇合过程中向车辆乘员提供视觉提示。例如,假设汇合车辆502是主车辆,响应于转向信号被点亮,汇合灯指示器612可以被点亮为红色,直到预测的汇合位置508被预测为止,被点亮为黄色直到汇合车辆502在预测的汇合位置508的汇合距离512内为止,和/或当间隙具有足够的尺寸来进行汇合或指示汇合操纵已经发起时被点亮为绿色。因此,汇合图像604和/或汇合灯指示器612可以用于向车辆乘员提供视觉警报。

[0119] 另外,音频系统128可以向车辆乘员提供音频提示。例如,音频系统128可以在每个车辆乘员周围(例如,靠近车辆乘员或在靠近车辆乘员的扬声器处)的区域中播放警报或调整音频的内容和/或音量。例如,汇合灯指示器612可以包括扬声器。警报可以是声音、声音模式或声音警报。声音警报可以描述汇合参数或关于汇合操纵的状态指令。在一些实施例中,导航系统124、灯系统126和音频系统128可以与信息娱乐系统130协同工作以向车辆乘员提供视觉和音频混合警报。

[0120] 返回到图5,汇合模块120可以控制汇合车辆502以通过促进汇合车辆502汇合到主线车道506中的间隙514中的方式来操作或操纵。例如,汇合模块120可以触发自动驾驶系统或辅助驾驶员辅助系统以使汇合车辆502相应地操作或操纵。响应于确定间隙514不具有足够尺寸,汇合模块120使预测模块116预测更新的汇合位置。因此,当先前预测的汇合位置变得不可行时,预测模块116将会更新预测的汇合位置。更新的预测汇合位置以与如上所述相同的方式计算,所述更新的预测汇合位置并入邻近车辆(诸如主线车辆510或前方主线车辆518)的当前相对位置。

[0121] 通过这种方式,可以迭代地确定预测的汇合位置508,直到汇合车辆502选择不汇合或移动到间隙514中。间隙514可能不是最佳汇合位置,但是由于模型包括自然数据集,因此预测的汇合位置近似于人类行为结果以提供平滑汇合辅助。因此,汇合行为系统实施具有基于自然数据集的汇合位置预测的汇合方法和系统,并且在高应力情况下的汇合操纵期间通过更智能且更像人类的行为来改善车辆乘员体验。

[0122] 图7是用于预测汇合行为的方法的过程流程图。可以从作为主车辆的汇合车辆或作为主车辆的主线车辆预测汇合行为。应理解,本文讨论的说明性示例本质上是示例性的,并且可以实施变化的主车辆、车辆模型和运动学参数。

[0123] 在框702处,所述方法包括识别汇合车道和/或主线车道中的至少一辆邻近车辆。在一个实施例中,识别模块114从邻近车辆传感器138接收数据流以确定一辆或多辆邻近车辆是否接近主车辆。识别模块114还可以通过网络140从远程传感器(例如,交通摄像头、路面传感器、车辆到车辆网络)接收数据流。在一些实施例中,在主车辆的接近距离半径内的车辆被识别为邻近车辆。接近距离半径可以是主车辆测量的预定径向距离。

[0124] 在框704处,所述方法包括基于至少一辆邻近车辆来选择一个或多个车辆模型。例如,预测模块116可以基于至少一辆邻近车辆相对于主车辆的位置来选择车辆模型。所述模型是基于近似人类行为结果的自然数据集。因此,选择模型以在给定邻近车辆相对于主车辆的位置的情况下影响人类驾驶员可以进行的操作的近似。

[0125] 在一个实施例中,两辆或更多辆车可以被识别为包括第一车辆和第二车辆的邻近车辆。因此,可以选择分别与第一车辆和第二车辆相对应的第一车辆模型和第二车辆模型。例如,假设第一邻近车辆是相对于主车辆的前行车辆。将选择前行车辆模型以对应于第一车辆。基于前行间隙长度,第一车辆可以被视为前行车辆。前行间隙长度可以是到主车辆前方的邻近车辆的距离。前行间隙长度不仅仅是纵向测量值。例如,诸如当主车辆和邻近车辆处于不同车道时,前行间隙长度可以并入在主车辆对角线前方的邻近车辆。

[0126] 同样地,第二车辆可以是相对于主车辆的跟随车辆。因此,可以选择与第二车辆相对应的跟随车辆。基于跟随间隙长度,第二车辆可以被视为跟随车辆。跟随间隙长度可以是到主车辆后面的邻近车辆的距离。跟随间隙长度也不仅仅是纵向测量值。例如,诸如当主车辆和邻近车辆处于不同车道时,跟随间隙长度(如同前行间隙长度)可以并入在主车辆的对角线后面的邻近车辆。

[0127] 在框706处,所述方法包括计算与所述一个或多个模型相对应的一个或多个汇合因子。基于候选因子和模型系数(诸如具有基于所述至少一辆邻近车辆是否包括跟随车辆的二进制值的跟随车辆变量)从一个或多个模型计算一个或多个汇合因子。

[0128] 在框708处,所述方法包括基于一个或多个汇合因子来预测汇合位置。可以通过将一个或多个汇合因子与和潜在汇合位置相关联的范围和/或阈值进行比较来选择预测的汇合位置。例如,一个或多个汇合因子可以与至少一个阈值进行比较,并且预测的汇合位置基于所述比较来预测。

[0129] 在框710处,所述方法包括调整主车辆的运动学参数。例如,可以调整运动学参数以使主车辆在预测的汇合位置的汇合距离内。假设主车辆是汇合车辆,可以调整运动学参数以使汇合车辆与预测的汇合位置横向地对齐。例如,运动学参数可以是主车辆的速度以便使主车辆加速或减速到预测的汇合位置。替代地,假设主车辆是主线车辆,可以调整运动

学参数以在预测的汇合位置处形成间隙。

[0130] 运动学参数可以由控制模块118调整。在一些实施例中,控制模块118可以利用高级驾驶员辅助系统或自动驾驶系统(未示出)来调整运动学参数。在另一个实施例中,控制模块118可以采用车辆系统122(诸如防抱死制动系统、制动辅助系统、自动制动预充系统、低速跟随系统或巡航控制系统)来调整动力学参数。

[0131] 图8是根据示例性实施例的用于从包括汇合行为模型的汇合车辆预测汇合行为的方法的过程流程图。图8具有框702至710,所述框与在上面关于图7所讨论的并且关于图5所描述的那些框类似。图8的框702至710以与上面针对图7所描述的方式类似的方式来操作。应理解,本文讨论的说明性示例本质上是示例性的,并且可以实施主车辆、模型和运动学参数。

[0132] 以框802继续,所述方法包括确定在预测的汇合位置508处是否存在间隙514。例如,汇合模块120可以使用包括主车辆传感器136和/或邻近车辆传感器的车辆传感器134来确定在预测的汇合位置处是否存在具有足够尺寸的间隙。例如,车辆传感器134可以用于测量间隙长度。可以测量两辆邻近车辆、邻近车辆与障碍物(例如,停止的交通工具、车道终点等)或两个障碍物之间的间隙长度。

[0133] 如果在预测的汇合位置处没有间隙可用,则所述方法返回到框702。在框702处,一辆或多辆邻近车辆在其相对于主车辆的当前位置上被识别。如果间隙在预测的汇合位置处可用,则所述方法继续到框804。

[0134] 在框804处,发起汇合操纵。汇合模块120可以采用自动驾驶系统或高级驾驶员辅助系统来发起汇合操纵。发起汇合操纵可以包括以下各项中的一个或多个:触发音频提示(例如,声音警报、声音警报等)、触发视觉提示(例如,照明序列、显示器132、抬头显示投影等)、促进汇合移动(例如,变道、移动到足够大的间隙中等)。通过促进汇合操纵,本文中描述的系统和方法提供了改善的驾驶员体验。此外,由于建模是基于自然行为数据集,因此所促进的汇合操纵近似于车辆乘员的行为。

[0135] 图9是根据示例性实施例的用于训练车辆模型的方法的过程流程图。例如,在一些实施例中,预测模块116可以另外基于所接收的训练数据来生成、构建和改进车辆模型。应理解,本文讨论的说明性示例本质上是示例性的,并且可以实施变化的训练数据和车辆模型。

[0136] 在框902处,所述方法包括接收训练数据。所述训练数据包括自然数据。可以经由网络140从自然行为数据库142、经由网络140从远程传感器(例如,交通摄像头、路面传感器、车辆到车辆网络、航拍图像数据集等)以及从可以监测车辆乘员的行为的主车辆传感器136接收自然数据。例如,可以从公路车辆的航拍图像数据集中提取自然数据。这可能涉及搜索原始时间历史数据并识别从汇合车道变为最右主行车道的车辆。然后,可以隔离汇合车辆和相邻车辆的时间历史数据以用于后续分析。车辆轨迹数据包括许多变量,所述变量促进定位每辆独特车辆并推断其尺寸和运动学。轨迹数据变量的示例包括每个车辆唯一识别号码、定时、GPS位置、车辆尺寸、速度、当前车道和周围车辆识别号码。

[0137] 在框904处,所述方法包括生成训练模型。可以通过从训练数据中提取和计算候选因子和模型系数来生成训练模型。

[0138] 在框906处,确定训练模型是否具有足够的训练数据来生成模型。例如,可以确定

是否能够从所接收的训练数据计算候选因子和模型系数。如果否,则所述方法返回到框902以重新接收训练数据来生成训练模型。如果所接收的训练数据足够,则所述方法继续到框908。

[0139] 在框908处,基于训练模型来生成车辆模型。车辆模型可以包括来自训练模型以及附加训练模型的输入或车辆乘员的行为。

[0140] 在框910处,计算车辆模型的准确度。可以基于车辆乘员的历史行为、与例如主道路上的实时车辆行为的比较来计算准确度。

[0141] 在框912处,当实施车辆模型时,确定在预测的汇合位置处是否存在间隙。可以使用主车辆传感器136和邻近车辆传感器138来确定间隙的存在。如果检测到间隙,则所述方法继续到框914。在框914处,所述方法包括定义车辆模型的准确度。可以在框912处基于所实施的车辆模型的所计算的准确度和成功程度来定义准确度。相反,如果在框912处未检测到间隙,则所述方法继续到框916。在框916处,所述方法接收附加的训练数据。附加训练数据用于进一步改进车辆模型。所述方法然后返回到框908。通过这种方式,可以改进车辆模型以提高准确度使得车辆模型可以更好地接近人类行为。

[0142] 虽然已经关于可能汇合到主线车道中的入口匝道车道中的车辆描述了汇合行为,但是应理解,车辆模型也可以用于汇合到出口匝道车道中或主线车道之间的主车辆。

[0143] 图10是根据结合前行车辆模型和跟随车辆模型的行为模型来预测汇合行为的方法的过程流程图。关于图1和图4描述行为模型。应理解,本文讨论的说明性示例本质上是示例性的,并且可以实施变化的主车辆、车辆模型和运动学参数。

[0144] 在框1002处,所述方法包括确定主线车道406中是否有在主车辆的传感器范围内并与汇合车道404相邻的前行车辆。例如,假设主车辆是汇合车辆402。因此,主线车辆408在汇合车辆402前方。如果识别模块114感测并识别到前行车辆(诸如主线车辆408),则所述方法继续到框1004。在一些实施例中,如果到车辆402的距离大于距离阈值,则前行车辆的识别将排除车辆408。距离阈值是从主车辆到邻近车辆的预定距离(例如,300ft)。

[0145] 在框1004处,所述方法包括根据前行车辆模型来计算第一汇合因子。可以通过与关于图4描述的方式类似的方式来计算汇合因子。

[0146] 在框1006处,所述方法包括预测模块116确定第一汇合因子是否超过第一汇合阈值。第一汇合阈值可以是诸如0.5的概率值。如果第一汇合因子超过第一汇合阈值,则所述方法继续到框1008。

[0147] 在框1008处,所述方法包括选择第一潜在汇合位置410。第一潜在汇合位置410是在主线车辆408前方的位置。

[0148] 返回到框1006,如果第一汇合因子未超过第一汇合阈值,则所述方法继续到框1010。

[0149] 在框1010处,所述方法包括确定主线通道406中是否有在传感器范围内并且在一些实施例中在距离阈值内的跟随车辆。相对于汇合车辆402确定是否有车辆跟随。如果识别模块114未识别跟随车辆(诸如跟随车辆416),则所述方法继续到框1012。

[0150] 在框1012处,所述方法包括选择第二潜在汇合位置412。第二潜在汇合位置412是在主线车辆408后面的位置。

[0151] 返回到框1010,如果识别模块114确实识别跟随车辆(诸如跟随车辆416),则所述

方法继续到框1014。

[0152] 在框1014处,所述方法包括根据跟随车辆模型来计算第二汇合因子。可以通过与关于图4描述的方式类似的方式来计算第二汇合因子。

[0153] 在框1016处,所述方法包括预测模块116确定第二汇合因子是否超过第二汇合阈值。与第一汇合阈值类似,第二汇合阈值可以是概率值。在一些实施例中,第二汇合阈值可以与第一汇合阈值相同,例如,第二汇合阈值可以是0.5。如果第二汇合因子超过第二汇合阈值,则所述方法继续到框1018。

[0154] 在框1018处,所述方法包括选择第二潜在汇合位置412。由于在框1010处识别到跟随车辆416,因此第二潜在汇合位置412位于主线车辆408后面并且还位于跟随车辆416前方。

[0155] 返回到框1016,如果第二汇合因子未超过第二汇合阈值,则所述方法继续到框1020。

[0156] 在框1020处,所述方法包括选择第三潜在汇合位置414。第三汇合位置414位于跟随车辆416后面。

[0157] 返回到框1002,在框1002处,确定是否存在前行车辆。如果识别模块114未识别前行车辆,则所述方法继续到框1022。

[0158] 在框1022处,所述方法包括确定在主线车道406中是否有在主车辆的传感器范围内并且(在一些实施例中)在到主车辆的距离阈值内的跟随车辆。此外,相对于汇合车辆402确定是否有车辆跟随。如果识别模块114未识别到跟随车辆(诸如跟随车辆416),则所述方法继续到框1024。

[0159] 在框1024处,所述方法包括确定潜在汇合位置是不受限制的。当在车辆402的传感器范围内的主线车道406中并且在一些实施例中在到车辆402的可能距离阈值(例如,300ft)内不存在车辆时,发生不受限制的汇合。因此,汇合车辆402可以从汇合车辆404移动到主线车道而不会阻碍邻近车辆或受到邻近车辆的阻碍。因此,预测模块116可以选择任何潜在汇合位置。此外,在发起汇合操纵之前不必识别或计算间隙和相应的间隙长度。因此,响应于预测模块116预测不受限制的汇合,可以触发汇合车辆402的汇合模块120以发起汇合操纵。

[0160] 返回到框1022,如果识别模块114确实识别到跟随车辆(诸如,跟随车辆416),则所述方法继续到框1026。

[0161] 在框1026处,所述方法包括根据跟随车辆模型来计算第三汇合因子。可以通过与关于图4描述的方式类似的方式来计算第三汇合因子。

[0162] 在框1028,所述方法包括预测模块116确定第三汇合因子是否超过第三汇合阈值。与第一汇合阈值和第二汇合阈值类似,第三汇合阈值可以是概率值。在一些实施例中,第三汇合阈值可以与第一汇合阈值和/或第二汇合阈值相同,例如,第三汇合阈值可以是0.5。如果第三汇合因子超过第三汇合阈值,则所述方法继续到框1030。

[0163] 在框1030处,所述方法包括选择第二潜在汇合位置412。由于在框1002处未识别到前行车辆,但是在框1010处识别到跟随车辆416,因此第二潜在汇合位置412位于跟随车辆416前方。

[0164] 返回到框1028,如果第三汇合因子未超过第三汇合阈值,则所述方法继续到框

1032。

[0165] 在框1032处,所述方法包括选择第三潜在汇合位置414。第三汇合位置414位于跟随车辆416后面。

[0166] 图10描述了使用前行车辆模型和跟随车辆模型这两者的行为模型的一个实施例。本文中,首先应用前行车辆模型,且随后并入跟随车辆模型。然而,在另一个实施例中,可以首先将跟随车辆模型应用于邻近车辆,且随后可以将前行车辆模型应用于邻近车辆。因此,前行车辆模型和跟随车辆模型可以单独地或组合地使用以辅助主车辆发起且甚至完成汇合操纵。

[0167] 虽然已经用特定于结构特征或方法动作的语言描述了本主题,但是应理解,所附权利要求的主题不必限于上文描述的特定特征或动作。相反,上文描述的特定特征和动作是作为示例性实施例而公开的。

[0168] 本文提供了实施例的各种操作。描述一种或多种操作或者全部操作的顺序不应被理解为暗示这些操作必须是顺序相关的。基于本描述将会明白替代的排序。此外,并非所有操作都一定必须存在于本文提供的每个实施例中。

[0169] 如本申请中所使用的,“或”意图表示包括性的“或”而非排他性的“或”。此外,包括性的“或”可以包括其任何组合(例如,A、B或其任何组合)。另外,除非另外指明或者从上下文清楚得出涉及单数形式,否则如本申请中所使用的“一个(a)”和“一个(an)”通常被解释为表示“一个或多个”。另外,A和B和/或类似者中的至少一者通常表示A或B或者A和B这两者。此外,在“包括(includes)”、“具有(having/has)”、“带有(with)”或其变型用于详细描述或权利要求书中的范围内,此类术语意图以类似于术语“包括(comprising)”的方式是包括性的。

[0170] 此外,除非另外指明,否则“第一”、“第二”或类似者并不意图暗示时间方面、空间方面、排序等。相反,此类术语仅用作特征、元件、项目等的标识符、名称等。例如,第一通道和第二通道通常对应于通道A和通道B或两个不同通道或两个相同通道或同一通道。另外,“包括(comprising/comprises)”、“包括(including/includes)”或类似者通常表示包括(comprising)或包括(including),但不限于此。

[0171] 应明白,可以合意地将各种上文公开的其他特征和功能或其替代方案或变型组合到许多其他不同的系统或应用中。此外,本领域技术人员可以随后实现本文中当前未预见或未预料到的各种替代方案、修改、变型或其中的改进,而这些也意图涵盖在所附权利要求中。

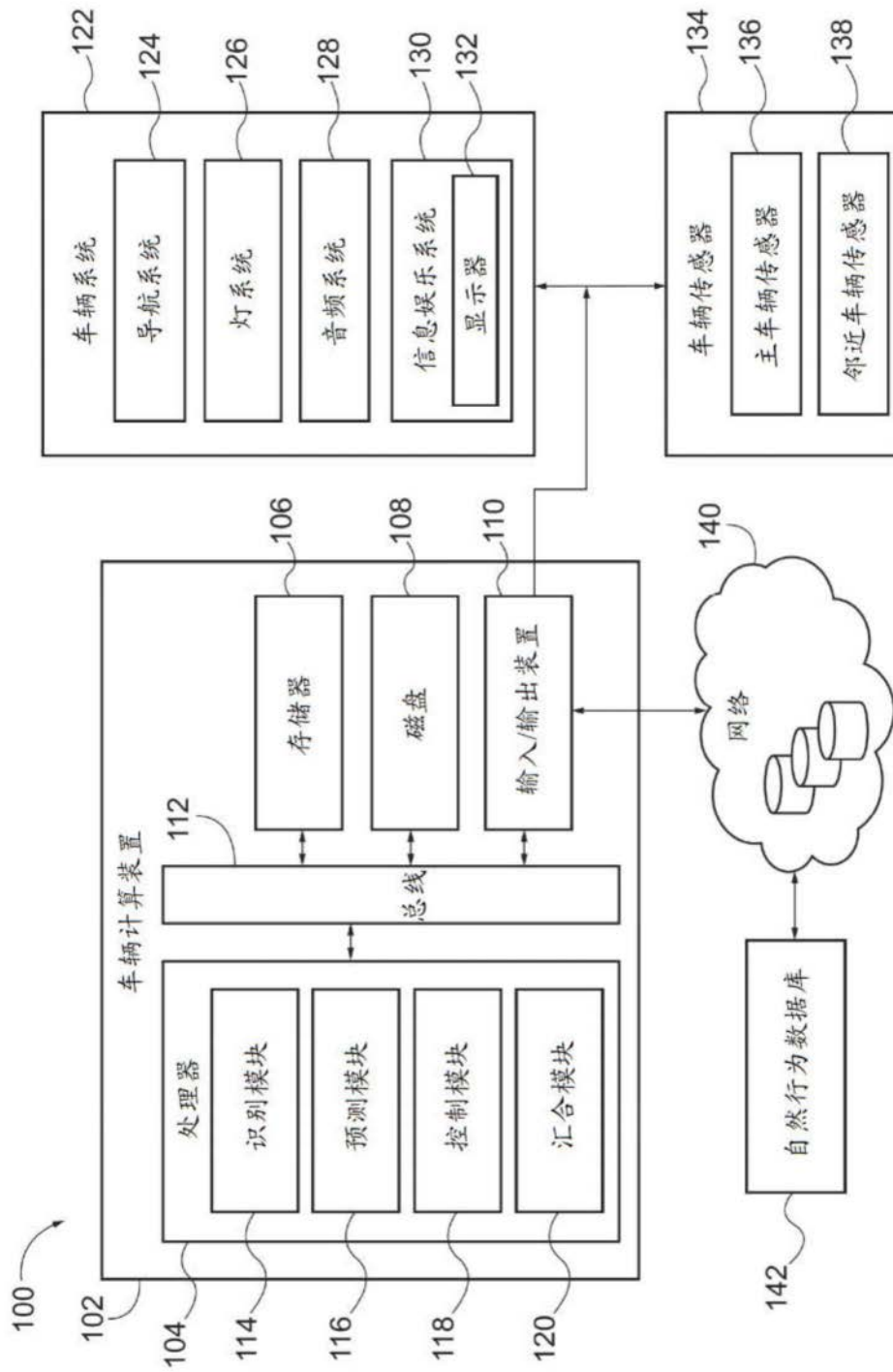


图1

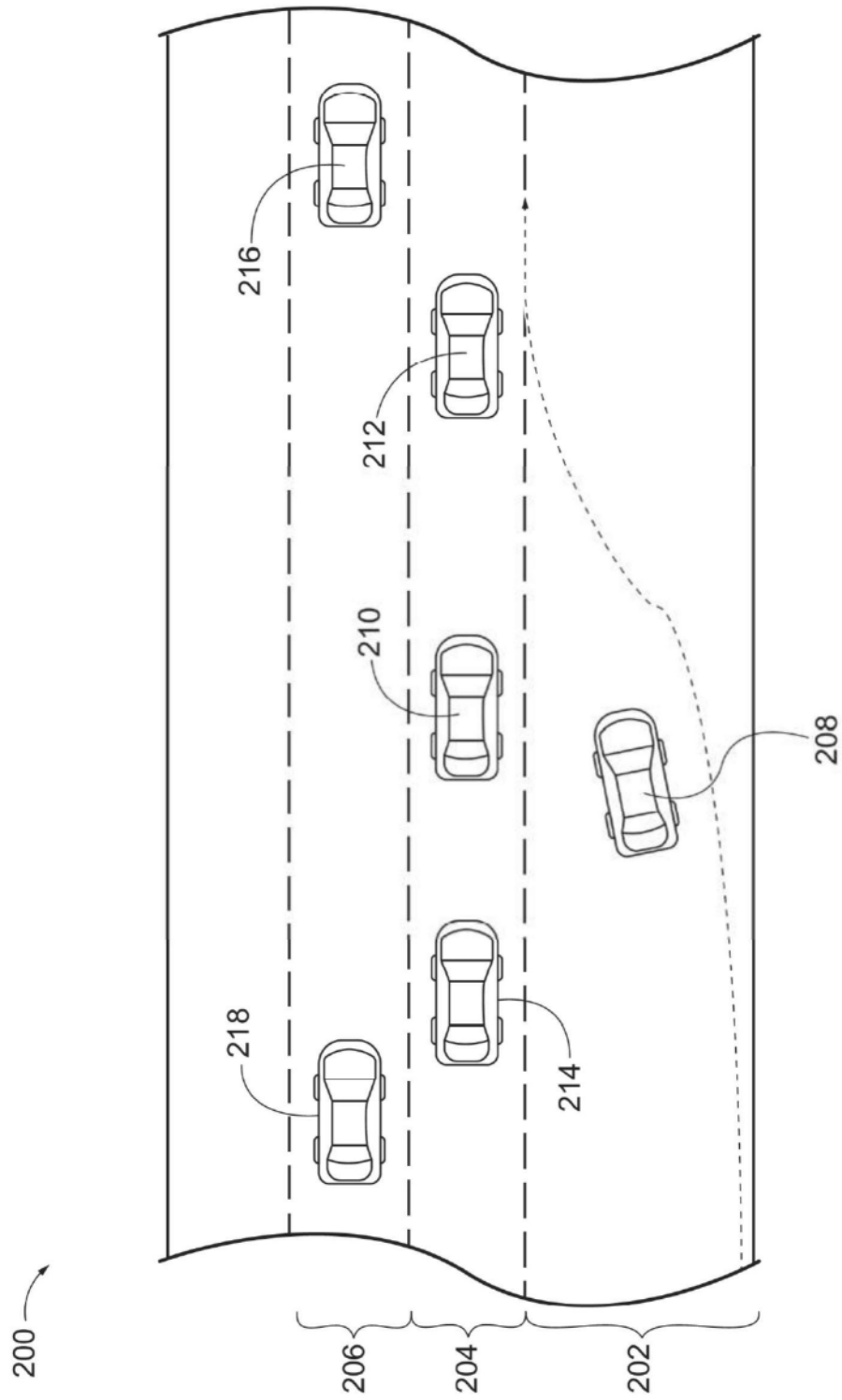


图2

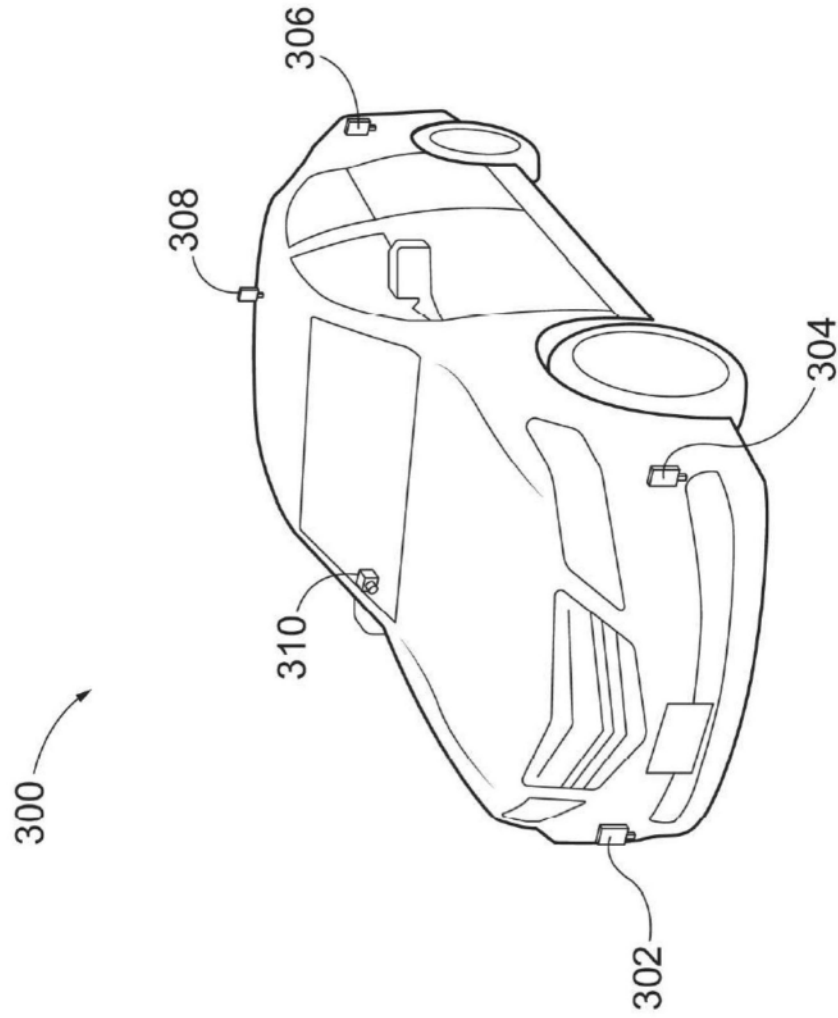


图3

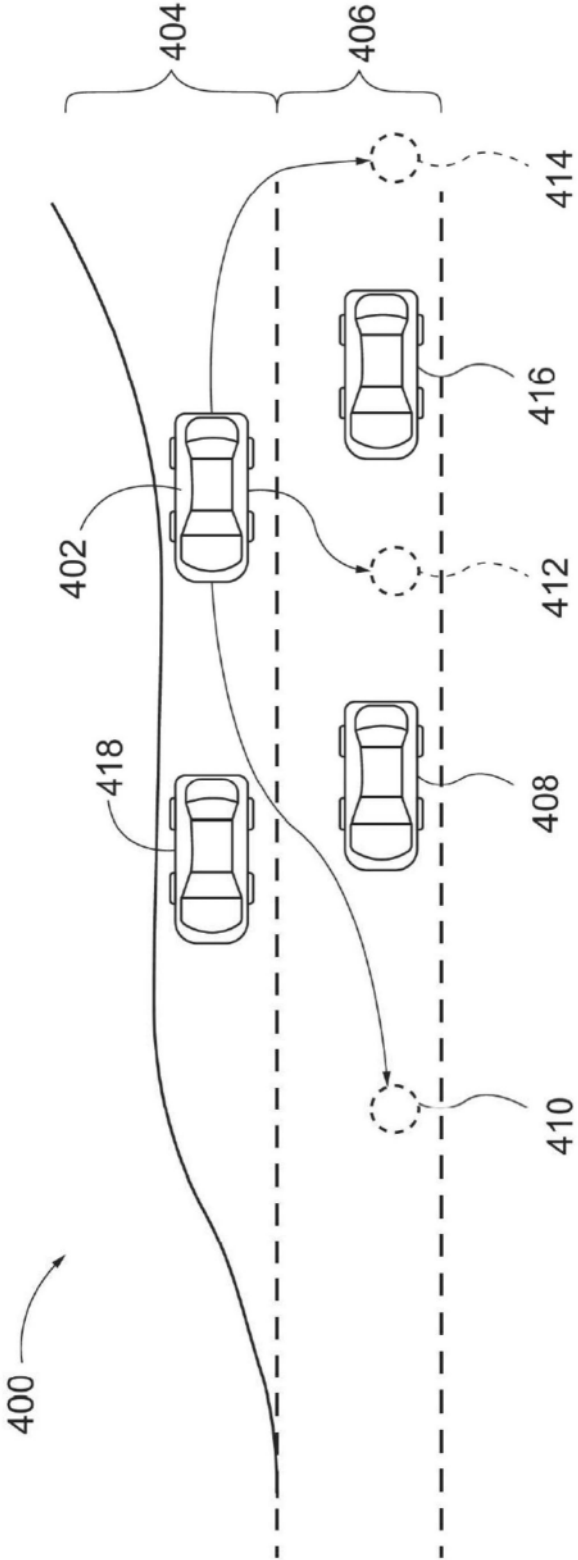


图4

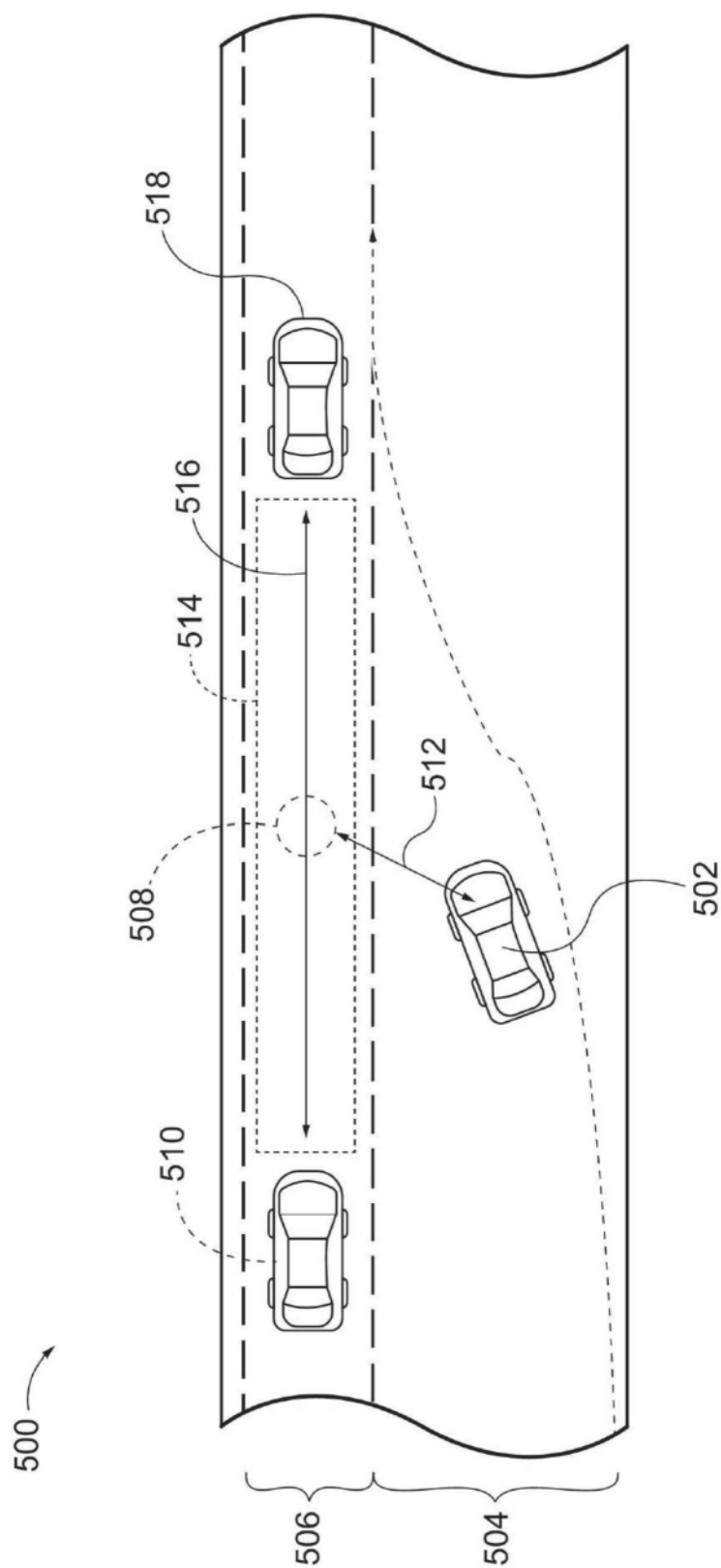


图5

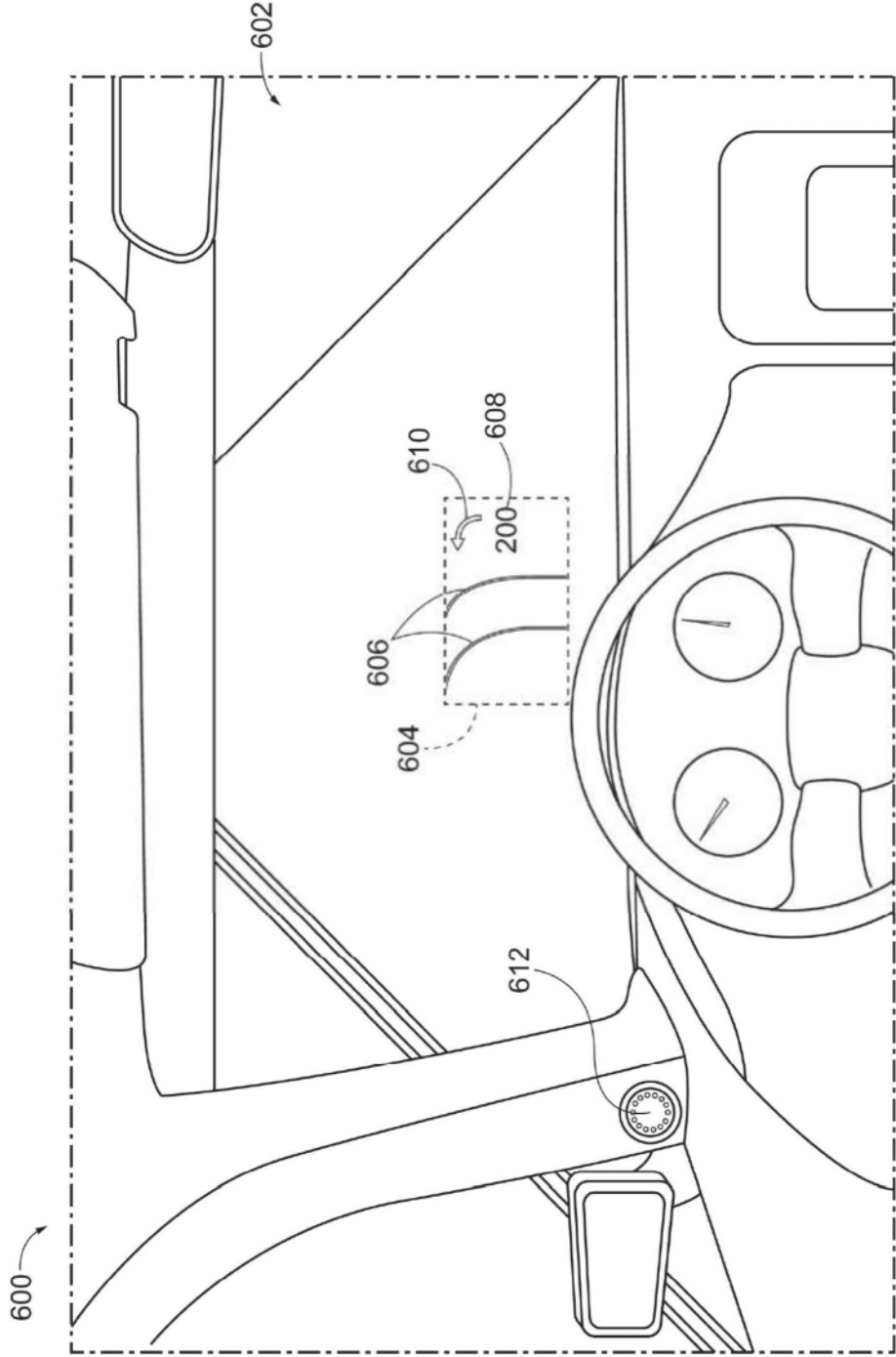


图6



图7

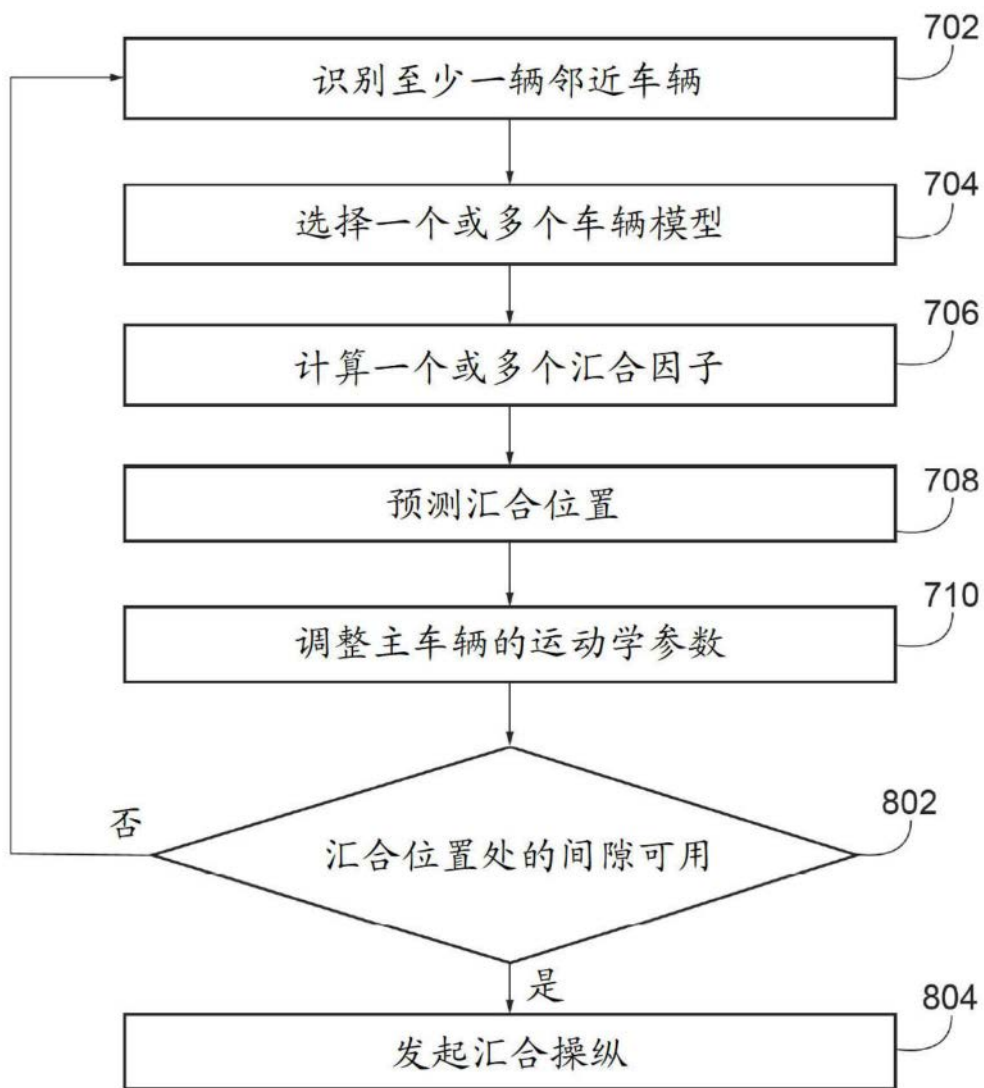


图8

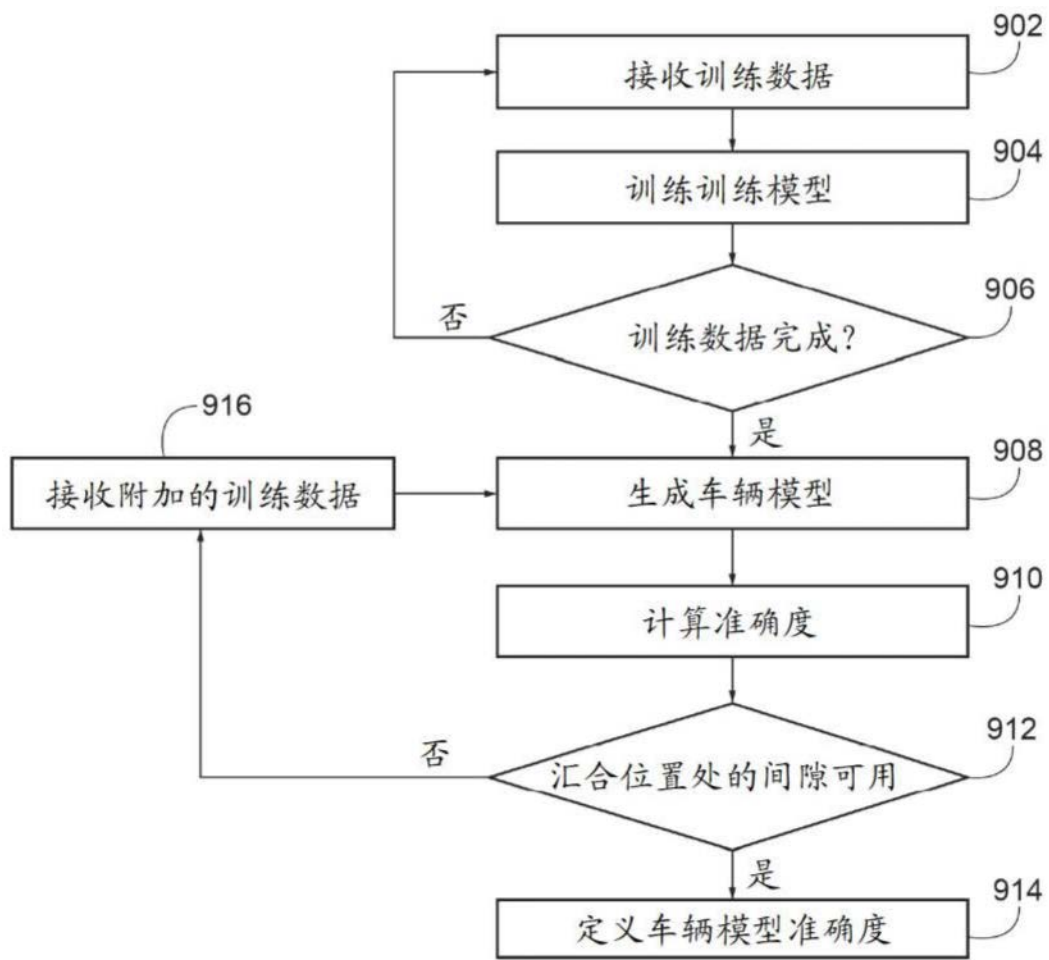


图9

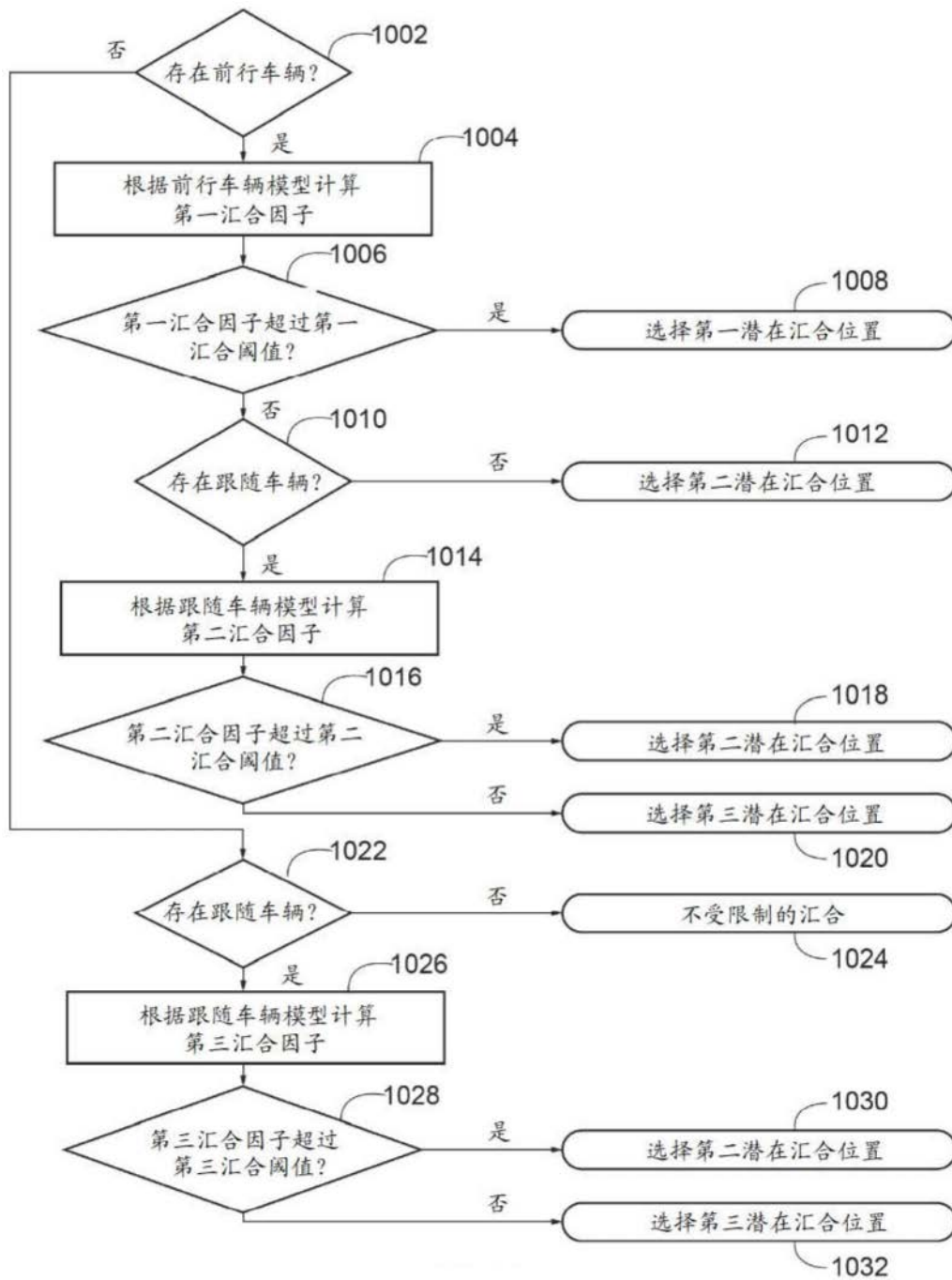


图10