



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112498366 B

(45) 授权公告日 2022.04.05

(21) 申请号 202011309597.X

(22) 申请日 2020.11.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112498366 A

(43) 申请公布日 2021.03.16

(73) 专利权人 苏州智加科技有限公司
地址 215133 江苏省苏州市相城区高铁新城城通路66号领寓商务广场16楼

(72) 发明人 李焱 崔迪潇 王磊

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 刘飞 周达

(51) Int. Cl.

B60W 60/00 (2020.01)

B60W 40/02 (2006.01)

B60W 30/14 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 110083149 A, 2019.08.02

CN 111038478 A, 2020.04.21

CN 103035121 A, 2013.04.10

CN 110147105 A, 2019.08.20

CN 111002993 A, 2020.04.14

US 2020339153 A1, 2020.10.29

CN 110389584 A, 2019.10.29

US 2019079523 A1, 2019.03.14

US 2019196485 A1, 2019.06.27

US 2019346851 A1, 2019.11.14

KR 20180078985 A, 2018.07.10

CN 105383325 A, 2016.03.09

WO 2012069915 A2, 2012.05.31

US 2018364657 A1, 2018.12.20

史云阳等. 考虑交通环境和纯电动汽车电池电量的动态路径规划方法.《上海大学学报(自然科学版)》.2020,(第03期),

审查员 章渝

权利要求书4页 说明书16页 附图7页

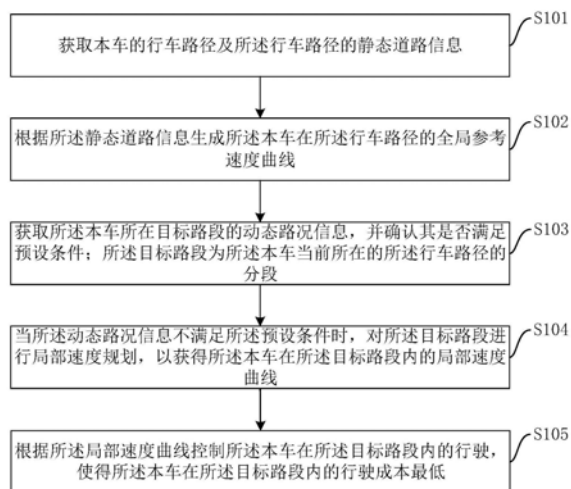
(54) 发明名称

自动驾驶车辆、控制方法、装置、设备及存储介质

(57) 摘要

本说明书实施例提供了一种自动驾驶车辆、控制方法、装置、设备及存储介质,该方法包括:获取本车的行车路径及所述行车路径的静态道路信息;根据所述静态道路信息生成所述本车在所述行车路径的全局参考速度曲线;获取所述本车所在目标路段的动态路况信息,并确认其是否满足预设条件;所述目标路段为所述本车当前所在的所述行车路径的分段;当所述动态路况信息不满足所述预设条件时,对所述目标路段进行局部速度规划,以获得所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线;根据所述局部速度曲线控制所述本车在所述目标路段内的行驶,使得所述本车在所述目标路段内的行驶成本最低。本说明书实施例可以提高自动驾驶车辆的能源利用效率和

行车效率。



1. 一种自动驾驶车辆的控制方法,其特征在于,包括:
 获取本车的行车路径及所述行车路径的静态道路信息;
 根据所述静态道路信息生成所述本车在所述行车路径的全局参考速度曲线;
 获取所述本车所在目标路段的动态路况信息,并确认其是否满足预设条件;所述目标路段为所述本车当前所在的所述行车路径的分段;
 当所述动态路况信息不满足所述预设条件时,对所述目标路段进行局部速度规划,以获得所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线;
 根据所述局部速度曲线控制所述本车在所述目标路段内的行驶,使得所述本车在所述目标路段内的行驶成本最低;
 当所述动态路况信息满足所述预设条件时,将所述全局参考速度曲线中与所述目标路段对应的曲线部分,作为所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线。

2. 如权利要求1所述的自动驾驶车辆的控制方法,其特征在于,所述不满足所述预设条件,包括:

所述目标路段的车流速度未达到设定的车流速度阈值;
 或者,所述目标路段的车流量达到预设的车流量阈值。

3. 如权利要求1所述的自动驾驶车辆的控制方法,其特征在于,所述对所述目标路段进行局部速度规划,以获得所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线,包括:

获取所述本车的初始位置,所述初始位置为所述本车当前时间在所述目标路段内的位置;

确定所述本车的终端位置,所述终端位置为所述本车在所述目标路段内预期到达的位置;

获取所述本车周围的障碍物的运动状态,并根据所述本车周围的障碍物的运动状态确定所述本车的避障位置;

获取所述目标路段的交通规则限制;

通过优化成本函数确定所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线,其中所述成本函数用于计算所述本车从所述初始位置到达所述终端位置的最小行驶成本,优化的约束包括所述避障位置和所述交通规则限制。

4. 如权利要求3所述的控制方法,其特征在于,所述成本函数包括能耗、行驶时间和/或能耗与行驶时间按权重的组合。

5. 如权利要求3所述的控制方法,其特征在于,所述成本函数表示为:

$$\min_{x(t), u(t), t_f} \int_0^{t_f} (w_f \times q(u, n_e) + w_t) dt$$

其中, min表示最小化, x(t) 为本车位置变量, u(t) 为动力控制变量, t_f 为预测时长, q(u, n_e) 为预设的能耗函数, u 为动力控制量, n_e 为发动机转速, w_f 为能耗权重, w_t 为行驶时间权重, t 为时间。

6. 如权利要求3所述的控制方法,其特征在于,所述优化的约束还包括所述本车的运动学约束;

所述运动学约束包括所述本车的初始速度和终端速度;所述初始速度为所述本车在所

述初始位置时的速度;所述终端速度为预期的所述本车在所述终端位置时的速度。

7. 如权利要求3所述的控制方法,其特征在于,所述终端位置由车载传感器确定。

8. 如权利要求6所述的控制方法,其特征在于,所述终端速度通过以下方式确定:

当前方障碍物速度未超出所述目标路段上限速度时,将所述前方障碍物速度作为所述本车的终端速度;或者,

当前方障碍物速度超出所述目标路段上限速度时,将所述目标路段上限速度作为所述本车的终端速度。

9. 如权利要求8所述的控制方法,其特征在于,所述前方障碍物速度为所述本车前方多个车辆的平均速度。

10. 如权利要求5所述的控制方法,其特征在于,所述动力控制量为油门踏板百分比。

11. 如权利要求5所述的控制方法,其特征在于,利用直接配点法计算所述成本函数,以确定所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线。

12. 如权利要求1所述的控制方法,其特征在于,所述根据所述局部速度曲线控制所述本车在所述目标路段内的行驶,包括:

获取所述本车的当前档位和当前速度;

基于所述本车的升档关系表,在所述当前速度高于在所述当前档位进行升档的最低速度时,计算在所述当前速度下升档所需的目标加速度,所述升档关系表为预先确定的在至少一个升档点处所述本车的速度和加速度的对应关系;

当根据所述局部速度曲线确定所述当前速度对应的下一规划速度为加速时,根据所述目标加速度生成动力控制量调节信号;所述动力控制量调节信号用于指示所述本车的车辆控制模块将所述本车的加速度调整为所述目标加速度;

将所述动力控制量调节信号发送至所述车辆控制模块,使得所述车辆控制模块在所述本车达到所述目标加速度后进行升档操作。

13. 一种自动驾驶车辆的控制装置,其特征在于,包括:

获取模块,用于获取本车的行车路径及所述行车路径的静态道路信息;

生成模块,用于根据所述静态道路信息生成所述本车在所述行车路径的全局参考速度曲线;

确认模块,用于获取所述本车所在目标路段的动态路况信息,并确认其是否满足预设条件;所述目标路段为所述本车当前所在的所述行车路径的分段;

规划模块,用于当所述动态路况信息不满足所述预设条件时,对所述目标路段进行局部速度规划,以获得所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线;当所述动态路况信息满足所述预设条件时,将所述全局参考速度曲线中与所述目标路段对应的曲线部分,作为所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线;

控制模块,用于根据所述局部速度曲线控制所述本车在所述目标路段内的行驶,使得所述本车在所述目标路段内的行驶成本最低。

14. 如权利要求13所述的自动驾驶车辆的控制装置,其特征在于,所述不满足所述预设条件,包括:

所述目标路段的车流速度未达到设定的车流速度阈值;

或者,所述目标路段的车流量达到预设的车流量阈值。

15. 如权利要求13所述的自动驾驶车辆的控制装置,其特征在于,所述对所述目标路段进行局部速度规划,以获得所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线,包括:

获取所述本车的初始位置,所述初始位置为所述本车当前时间在所述目标路段内的位置;

确定所述本车的终端位置,所述终端位置为所述本车在所述目标路段内预期到达的位置;

获取所述本车周围的障碍物的运动状态,并根据所述本车周围的障碍物的运动状态确定所述本车的避障位置;

获取所述目标路段的交通规则限制;

通过优化成本函数确定所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线,其中所述成本函数用于计算所述本车从所述初始位置到达所述终端位置的最小行驶成本,优化的约束包括所述避障位置和所述交通规则限制。

16. 如权利要求15所述的控制装置,其特征在于,所述成本函数包括能耗、行驶时间和/或能耗与行驶时间按权重的组合。

17. 如权利要求15所述的控制装置,其特征在于,所述成本函数表示为:

$$\min_{x(t), u(t), t_f} \int_0^{t_f} (w_f \times q(u, n_e) + w_t) dt$$

其中, \min 表示最小化, $x(t)$ 为本车位置变量, $u(t)$ 为动力控制变量, t_f 为预测时长, $q(u, n_e)$ 为预设的能耗函数, u 为动力控制量, n_e 为发动机转速, w_f 为能耗权重, w_t 为行驶时间权重, t 为时间。

18. 如权利要求15所述的控制装置,其特征在于,所述优化的约束还包括所述本车的运动学约束;

所述运动学约束包括所述本车的初始速度和终端速度;所述初始速度为所述本车在所述初始位置时的速度;所述终端速度为预期的所述本车在所述终端位置时的速度。

19. 如权利要求15所述的控制装置,其特征在于,所述终端位置由车载传感器确定。

20. 如权利要求18所述的控制装置,其特征在于,所述终端速度通过以下方式确定:

当前方障碍物速度未超出所述目标路段上限速度时,将所述前方障碍物速度作为所述本车的终端速度;或者,

当前方障碍物速度超出所述目标路段上限速度时,将所述目标路段上限速度作为所述本车的终端速度。

21. 如权利要求20所述的控制装置,其特征在于,所述前方障碍物速度为所述本车前方多个车辆的平均速度。

22. 如权利要求17所述的控制装置,其特征在于,所述动力控制量为油门踏板百分比。

23. 如权利要求17所述的控制装置,其特征在于,利用直接配点法计算所述成本函数,以确定所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线。

24. 如权利要求13所述的控制装置,其特征在于,所述根据所述局部速度曲线控制所述本车在所述目标路段内的行驶,包括:

获取所述本车的当前档位和当前速度;

基于所述本车的升档关系表,在所述当前速度高于在所述当前档位进行升档的最低速

度时,计算在所述当前速度下升档所需的目标加速度,所述升档关系表为预先确定的在至少一个升档点处所述本车的速度和加速度的对应关系;

当根据所述局部速度曲线确定所述当前速度对应的下一规划速度为加速时,根据所述目标加速度生成动力控制量调节信号;所述动力控制量调节信号用于指示所述本车的车辆控制模块将所述本车的加速度调整为所述目标加速度;

将所述动力控制量调节信号发送至所述车辆控制模块,使得所述车辆控制模块在所述本车达到所述目标加速度后进行升档操作。

25. 一种电子设备,包括存储器、处理器、以及存储在所述存储器上的计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被所述处理器执行时实现权利要求1-12任一项所述的控制方法。

26. 一种计算机存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求1-12任一项所述的控制方法。

27. 一种自动驾驶车辆,其特征在于,所述自动驾驶车辆配置有权利要求25所述的电子设备。

自动驾驶车辆、控制方法、装置、设备及存储介质

技术领域

[0001] 本说明书涉及自动驾驶技术领域，尤其是涉及一种自动驾驶车辆、控制方法、装置、设备及存储介质。

背景技术

[0002] 自动驾驶技术是依靠人工智能、视觉计算、雷达、监控装置和导航定位系统等协同合作，可以在没有任何人类主动的操作下，自动安全地操控机动车辆的技术。当前自动驾驶重点关注自动驾驶的功能实现，并没有关注燃油经济性的提高。而油耗对于自动驾驶车辆（例如自动驾驶出租车和自动驾驶物流车等）是至关重要的。目前针对自动驾驶车辆提高燃油经济性的方法都是从发动机和变速器等去考虑，通过提高发动机效率和变速器换挡规律来提高燃油经济性。但是，这些方法都是从车辆自身去考虑，仅利用车辆自身传感设备信息，而没有考虑到当前交通和道路拓扑等外部信息，并且也未兼顾行车效率。因此，如何进一步提高自动驾驶车辆的能源利用效率和行车效率已成为目前亟待解决的技术问题。

发明内容

[0003] 本说明书实施例的目的在于提供一种自动驾驶车辆、控制方法、装置、设备及存储介质，以提高自动驾驶车辆的能源利用效率和行车效率。

[0004] 为达到上述目的，一方面，本说明书实施例提供了一种自动驾驶车辆的控制方法，包括：

[0005] 获取本车的行车路径及所述行车路径的静态道路信息；

[0006] 根据所述静态道路信息生成所述本车在所述行车路径的全局参考速度曲线；

[0007] 获取所述本车所在目标路段的动态路况信息，并确认其是否满足预设条件；所述目标路段为所述本车当前所在的所述行车路径的分段；

[0008] 当所述动态路况信息不满足所述预设条件时，对所述目标路段进行局部速度规划，以获得所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线；

[0009] 根据所述局部速度曲线控制所述本车在所述目标路段内的行驶，使得所述本车在所述目标路段内的行驶成本最低。

[0010] 在本说明书一实施例中，所述方法还包括：

[0011] 当所述动态路况信息满足所述预设条件时，将所述全局参考速度曲线中与所述目标路段对应的曲线部分，作为所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线。

[0012] 在本说明书一实施例中，所述不满足预设条件，包括：

[0013] 所述目标路段的车流速度未达到设定的车流速度阈值；

[0014] 或者，所述目标路段的车流量达到预设的车流量阈值。在本说明书一实施例中，所述对所述目标路段进行局部速度规划，以获得所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线，包括：

[0015] 获取所述本车的初始位置，所述初始位置为所述本车当前时间在所述目标路段内

的位置；

[0016] 确定所述本车的终端位置，所述终端位置为所述本车在所述目标路段内预期到达的位置；

[0017] 获取所述本车周围的障碍物的运动状态，并根据所述本车周围的障碍物的运动状态确定所述本车的避障位置；

[0018] 获取所述目标路段的交通规则限制；

[0019] 通过优化成本函数确定所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线，其中所述成本函数用于计算所述本车从所述初始位置到达所述终端位置的最小行驶成本，所述优化的约束包括所述避障位置和所述交通规则限制。

[0020] 在本说明书一实施例中，所述成本函数包括能耗、行驶时间和/或能耗与行驶时间按权重的组合。

[0021] 在本说明书一实施例中，所述成本函数表示为：

$$[0022] \quad \min_{x(t), u(t), t_f} \int_0^{t_f} (w_f \times q(u, n_e) + w_t) dt$$

[0023] 其中，min表示最小化，x(t)为本车位置变量，u(t)为动力控制变量，t_f为预测时长，q(u, n_e)为预设的能耗函数，u为动力控制量，n_e为发动机转速，w_f为能耗权重，w_t为行驶时间权重，t为时间。

[0024] 在本说明书一实施例中，所述优化的约束还包括所述本车的运动学约束；

[0025] 所述运动学约束包括所述本车的初始速度和终端速度；所述初始速度为所述本车在所述初始位置时的速度；所述终端速度为预期的所述本车在所述终端位置时的速度。

[0026] 在本说明书一实施例中，所述终端位置由车载传感器确定。

[0027] 在本说明书一实施例中，所述终端速度通过以下方式确定：

[0028] 当前方障碍物速度未超出所述目标路段上限速度时，将所述前方障碍物速度作为所述本车的终端速度；或者，

[0029] 当前方障碍物速度超出所述目标路段上限速度时，将所述目标路段上限速度作为所述本车的终端速度。

[0030] 在本说明书一实施例中，所述前方障碍物速度为所述本车前方多个车辆的平均速度。

[0031] 在本说明书一实施例中，所述动力控制量为油门踏板百分比。

[0032] 在本说明书一实施例中，利用直接配点法计算所述成本函数，以确定所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线。

[0033] 在本说明书一实施例中，所述根据所述局部速度曲线控制所述本车在所述目标路段内的行驶，包括：

[0034] 获取所述本车的当前档位和当前速度；

[0035] 基于所述本车的升档关系表，在所述当前速度高于在所述当前档位进行升档的最低速度时，计算在所述当前速度下升档所需的目标加速度，所述升档关系表为预先确定的在至少一个升档点处所述本车的速度和加速度的对应关系；

[0036] 当根据所述局部速度曲线确定所述当前速度对应的下一规划速度为加速时，根据所述目标加速度生成动力控制量调节信号；所述动力控制量调节信号用于指示所述本车的

车辆控制模块将所述本车的加速度调整为所述目标加速度；

[0037] 将所述动力控制量调节信号发送至所述车辆控制模块，使得所述车辆控制模块在所述本车达到所述目标加速度后进行升档操作。

[0038] 另一方面，本说明书实施例还提供了一种自动驾驶车辆的控制装置，包括：

[0039] 获取模块，用于获取本车的行车路径及所述行车路径的静态道路信息；

[0040] 生成模块，用于根据所述静态道路信息生成所述本车在所述行车路径的全局参考速度曲线；

[0041] 确认模块，用于获取所述本车所在目标路段的动态路况信息，并确认其是否满足预设条件；所述目标路段为所述本车当前所在的所述行车路径的分段；

[0042] 规划模块，用于当所述动态路况信息不满足所述预设条件时，对所述目标路段进行局部速度规划，以获得所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线；

[0043] 控制模块，用于根据所述局部速度曲线控制所述本车在所述目标路段内的行驶，使得所述本车在所述目标路段内的行驶成本最低。

[0044] 在本说明书一实施例中，所述规划模块还用于：

[0045] 当所述动态路况信息满足所述预设条件时，将所述全局参考速度曲线中与所述目标路段对应的曲线部分，作为所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线。

[0046] 在本说明书一实施例中，所述不满足预设条件，包括：

[0047] 所述目标路段的车流速度未达到设定的车流速度阈值；

[0048] 或者，所述目标路段的车流量达到预设的车流量阈值。

[0049] 在本说明书一实施例中，所述对所述目标路段进行局部速度规划，以获得所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线，包括：

[0050] 获取所述本车的初始位置，所述初始位置为所述本车当前时间在所述目标路段内的位置；

[0051] 确定所述本车的终端位置，所述终端位置为所述本车在所述目标路段内预期到达的位置；

[0052] 获取所述本车周围的障碍物的运动状态，并根据所述本车周围的障碍物的运动状态确定所述本车的避障位置；

[0053] 获取所述目标路段的交通规则限制；

[0054] 通过优化成本函数确定所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线，其中所述成本函数用于计算所述本车从所述初始位置到达所述终端位置的最小行驶成本，所述优化的约束包括所述避障位置和所述交通规则限制。

[0055] 在本说明书一实施例中，所述成本函数包括能耗、行驶时间和/或能耗与行驶时间按权重的组合。

[0056] 在本说明书一实施例中，所述成本函数表示为：

$$[0057] \min_{x(t), u(t), t_f} \int_0^{t_f} (w_f \times q(u, n_e) + w_t) dt$$

[0058] 其中，min表示最小化，x(t)为本车位置变量，u(t)为动力控制变量，t_f为预测时长，q(u, n_e)为预设的能耗函数，u为动力控制量，n_e为发动机转速，w_f为能耗权重，w_t为行驶时间权重，t为时间。

- [0059] 在本说明书一实施例中,所述优化的约束还包括所述本车的运动学约束;
- [0060] 所述运动学约束包括所述本车的初始速度和终端速度;所述初始速度为所述本车在所述初始位置时的速度;所述终端速度为预期的所述本车在所述终端位置时的速度。
- [0061] 在本说明书一实施例中,所述终端位置由车载传感器确定。
- [0062] 在本说明书一实施例中,所述终端速度通过以下方式确定:
- [0063] 当前方障碍物速度未超出所述目标路段上限速度时,将所述前方障碍物速度作为所述本车的终端速度;或者,
- [0064] 当前方障碍物速度超出所述目标路段上限速度时,将所述目标路段上限速度作为所述本车的终端速度。
- [0065] 在本说明书一实施例中,所述前方障碍物速度为所述本车前方多个车辆的平均速度。
- [0066] 在本说明书一实施例中,所述动力控制量为油门踏板百分比。
- [0067] 在本说明书一实施例中,利用直接配点法计算所述成本函数,以确定所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线。
- [0068] 在本说明书一实施例中,所述根据所述局部速度曲线控制所述本车在所述目标路段内的行驶,包括:
- [0069] 获取所述本车的当前档位和当前速度;
- [0070] 基于所述本车的升档关系表,在所述当前速度高于在所述当前档位进行升档的最低速度时,计算在所述当前速度下升档所需的目标加速度,所述升档关系表为预先确定的在至少一个升档点处所述本车的速度和加速度的对应关系;
- [0071] 当根据所述局部速度曲线确定所述当前速度对应的下一规划速度为加速时,根据所述目标加速度生成动力控制量调节信号;所述动力控制量调节信号用于指示所述本车的车辆控制模块将所述本车的加速度调整为所述目标加速度;
- [0072] 将所述动力控制量调节信号发送至所述车辆控制模块,使得所述车辆控制模块在所述本车达到所述目标加速度后进行升档操作。
- [0073] 另一方面,本说明书实施例还提供了一种子设备,包括存储器、处理器、以及存储在所述存储器上的计算机程序,所述计算机程序被所述处理器执行时实现上述的控制方法。
- [0074] 另一方面,本说明书实施例还提供了一种计算机存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现上述的控制方法。
- [0075] 另一方面,本说明书实施例还提供了一种自动驾驶车辆,所述自动驾驶车辆配置有上述的电子设备。
- [0076] 由以上本说明书实施例提供的技术方案可见,本说明书实施例可以根据行车路径的静态道路信息生成行车路径的全局参考速度曲线;在此基础上,获取本车所在目标路段(目标路段为本车当前所在的行车路径的分段)的动态路况信息,并确认其是否满足预设条件;当动态路况信息不满足预设条件时,对目标路段进行局部速度规划,以获得本车在目标路段内能耗成本及行驶时间成本最优的局部速度曲线。由于目标路段的局部速度规划综合考虑到了目标路段的动态路况信息的影响,从而使得在根据局部速度曲线控制本车在目标路段内的行驶成本最低,从而了提高自动驾驶车辆的能源利用效率和行车效率。

附图说明

[0077] 为了更清楚地说明本说明书实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有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是本说明书中记载的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。在附图中:

[0078] 图1为本说明书提供的实施例中自动驾驶车辆的控制方法的流程图;

[0079] 图2为本说明书提供的实施例中局部速度规划方法的流程图;

[0080] 图3为本说明书提供的实施例中行车路径的高程示意图;

[0081] 图4为本说明书提供的实施例中发动机油耗特性示意图;

[0082] 图5为本说明书提供的实施例中车辆动力学受力分析示意图;

[0083] 图6为本说明书提供的实施例中避障位置约束示意图;

[0084] 图7为本说明书提供的实施例中道路限速约束示意图;

[0085] 图8为本说明书提供的实施例中自动驾驶车辆的控制装置的结构框图;

[0086] 图9为本说明书提供的实施例中电子设备的结构框图。

[0087] **【附图标记说明】**

[0088] 30、高程曲线;

[0089] 40、发动机油耗特性曲线;

[0090] 50、车辆;

[0091] S11、 t_0 时刻预测的避障上限位置线;

[0092] S12、 t_0 时刻预测的避障下限位置线;

[0093] S21、 t_1 时刻预测的避障上限位置线;

[0094] S22、 t_1 时刻预测的避障下限位置线;

[0095] P1、在 t_0 时刻预测出的当前预测时长;

[0096] P2、在 t_1 时刻预测出的下一预测时长;

[0097] 71、本车前方路段的上限速度;

[0098] 72、预测出的动力控制量所对应的速度曲线;

[0099] 73、本车前方路段的下限速度;

[0100] 81、获取模块;

[0101] 82、生成模块;

[0102] 83、确认模块;

[0103] 84、规划模块;

[0104] 85、控制模块;

[0105] 902、电子设备;

[0106] 904、处理器;

[0107] 906、存储器;

[0108] 908、驱动机构;

[0109] 910、输入/输出模块;

[0110] 912、输入设备;

[0111] 914、输出设备;

- [0112] 916、呈现设备；
- [0113] 918、图形用户接口；
- [0114] 920、网络接口；
- [0115] 922、通信链路；
- [0116] 924、通信总线。

具体实施方式

[0117] 为了使本技术领域的人员更好地理解本说明书中的技术方案，下面将结合本说明书实施例中的附图，对本说明书实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本说明书一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本说明书中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本说明书保护的范围。

[0118] 本说明书实施例主要涉及自动驾驶车辆的车速规划技术，以通过合理的车速规划控制自动驾驶车辆实现节能和行驶高效。在本说明书一些实施例中，所述自动驾驶车辆(或称为车辆)可以包括但不限于具有自动驾驶功能的燃料汽车或电动汽车等。

[0119] 本说明书实施例提供的自动驾驶车辆的控制方法可以由自动驾驶车辆配置的自动驾驶系统执行。参考图1所示，在本说明书一些实施例中，所述自动驾驶车辆的控制方法可以包括：

[0120] S101、获取本车的行车路径及所述行车路径的静态道路信息。

[0121] S102、根据所述静态道路信息生成所述本车在所述行车路径的全局参考速度曲线。

[0122] S103、获取所述本车所在目标路段的动态路况信息，并确认其是否满足预设条件。所述目标路段为所述本车当前所在的所述行车路径的分段。

[0123] S104、当所述动态路况信息不满足所述预设条件时，对所述目标路段进行局部速度规划，以获得所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线。

[0124] S105、根据所述局部速度曲线控制所述本车在所述目标路段内的行驶，使得所述本车在所述目标路段内的行驶成本最低。

[0125] 在上述实施例的自动驾驶车辆的控制方法中，可以根据行车路径的静态道路信息生成行车路径的全局参考速度曲线；在此基础上，获取本车所在目标路段(目标路段为本车当前所在的行车路径的分段)的动态路况信息，并确认其是否满足预设条件；当动态路况信息不满足预设条件时，对目标路段进行局部速度规划，以获得本车在目标路段内能耗成本及行驶时间成本最优的局部速度曲线。由于目标路段的局部速度规划综合考虑到了目标路段的动态路况信息的影响，从而使得在根据局部速度曲线控制本车在目标路段内的行驶成本最低，从而提高了自动驾驶车辆的能源利用效率和行车效率。

[0126] 在本说明书一些实施例中，车辆的导航定位装置(或其他具有类似功能的装置)一般配置有人机接口。通过人机接口，导航定位装置可以与用户进行交互。例如，通过人机接口，导航定位装置可以接收用户设定的本次行程的起点和终点，从而可以根据起点和终点自动规划出一条行车路径(也可以规划出若干条行车路径以供用户选择)，并可以将行车路径及其静态道路信息提供给车辆的自动驾驶系统，以便于自动驾驶系统可以进行全局参考

速度规划(以速度为例的全局参考速度曲线规划)。在本说明书一实施例中,所述人机接口例如可以为触控屏、语音交互接口等等。在本说明书一实施例中,上述行车路径的静态道路信息可以包括但不限于:行车路径中心线上各位置点的经纬度坐标、高程信息(例如图3中的高程曲线30所示)、坡度信息,以及道路限速信息和道路曲率信息等等。

[0127] 在本说明书另一些实施例中,行程的起点和终点也可以由服务端指定。对于一些运营车辆(例如物流车辆等),这种方式可能相对较为适用。相应的,导航定位装置也可以据此自动规划出一条行车路径(也可以规划出若干条行车路径以供用户选择),并可以将行车路径及其静态道路信息提供给车辆的自动驾驶系统。

[0128] 在本说明书一些实施例中,基于静态道路信息,自动驾驶系统可以利用动态规划算法(或其他合适的算法)为行车路径全程规划出一个速度曲线,作为参考车速信息,因此,可以称之为全局参考速度曲线。这里的动态规划算法会综合考虑节能和行车效率。在本说明书一实施例中,利用动态规划算法为行车路径全程规划出一个速度曲线的具体实现可以参考公开号为CN111038478A中国专利申请,在此不再赘述。应当指出的是,在本说明书其他的实施例中,还可以利用其他算法(例如基于搜索和采样的方法等)规划行车路径的全局参考速度曲线。

[0129] 上述根据静态道路信息生成行车路径的全局参考速度曲线主要考虑了行车路径的静态道路信息,而并未考虑行车路径的动态路况信息(例如车流速度、车流量等)。然而,动态路况信息(尤其是车辆前方道路的动态路况信息)对于车辆的速度会造成较大影响。因此,需要获取本车所在目标路段的动态路况信息,并确认其是否满足预设条件,以判断全局参考速度曲线中,与目标路段对应的速度曲线是否还适用于该路况场景。

[0130] 在本说明书一实施例中,当所述动态路况信息不满足所述预设条件时,表明路况的影响应当考虑,全局参考速度曲线中与所述目标路段对应的曲线部分不再适用;因此需要对该目标路段进行二次速度规划(局部速度规划)。在本说明书一实施例中,当所述动态路况信息满足所述预设条件时,表明路况的影响可以忽略;因此可以将所述全局参考速度曲线中与所述目标路段对应的曲线部分,作为所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线。如此,可以在获得目标路段内能耗成本及行驶时间成本最优的速度曲线同时,省去了对所述目标路段进行二次速度规划(局部速度规划)的成本。

[0131] 在本说明书一实施例中,所述预设条件可以为目标路段的车流速度阈值或车流量阈值等。例如,以目标路段的车流速度阈值为例,上述满足预设条件则可以为:目标路段的车流速度达到设定的车流速度阈值;上述不满足预设条件则可以为:目标路段的车流速度未达到设定的车流速度阈值。再如,以目标路段的车流量阈值为例,上述满足预设条件则可以为:目标路段的车流量未达到预设的车流量阈值;上述不满足预设条件则可以为:目标路段的车流量达到预设的车流量阈值。

[0132] 结合图2所示,在本说明书的一些实施例中,所述对目标路段进行局部速度规划,以获得所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线,可以包括:

[0133] S21、获取所述本车的初始位置,所述初始位置为所述本车当前时间在所述目标路段内的位置。

[0134] S22、确定所述本车的终端位置,所述终端位置为所述本车在所述目标路段内预期到达的位置。

[0135] S23、获取所述本车周围的障碍物的运动状态,并根据所述本车周围的障碍物的运动状态确定所述本车的避障位置。

[0136] S24、获取所述目标路段的交通规则限制。

[0137] S25、通过优化成本函数确定所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线,其中所述成本函数用于计算所述本车从所述初始位置到达所述终端位置的最小行驶成本,所述优化的约束包括所述避障位置和所述交通规则限制。

[0138] 基于行驶安全考虑,车辆在行驶过程中应避免碰撞障碍物,因此需要本车周围的障碍物的运动状态(或称为运动轨迹)。其中,本车周围的障碍物可以包括动态障碍物(例如车辆、行人等)和静态障碍物(例如道路绿化带、道路护栏(柱)、交通锥等)。

[0139] 自动驾驶车辆通常配置有多个障碍物传感设备(例如车载的摄像头、激光雷达和/或毫米波雷达等)。利用这些障碍物传感设备,可以对本车前方、后方和侧边的动静态障碍物进行检测、匹配和跟踪,从而可以获取本车周围的障碍物的运动状态。其中,运动状态例如可以包含障碍物的位置、速度和加速度等信息。

[0140] 在一实施例中,当采用多个障碍物传感设备检测本车周围的障碍物时,可以进行多障碍物传感设备融合,即可以将多个多障碍物传感设备获取的数据信息集中在一起进行综合分析,以便更加准确、可靠地描述本车周围的外界环境,从而提高系统速度决策的正确性。

[0141] 在一实施例中,在上述进行多障碍物传感设备融合的基础上,还可以将获取到的本车周围的障碍物的运动状态与高精度地图信息相结合,并利用深度学习算法预测本车周围的障碍物的运动状态。在预测本车周围的障碍物的运动状态时,还可以利用障碍物的历史信息,以及障碍物与车道的相关关系等。在一实施例中,利用深度学习算法预测本车周围的障碍物的运动状态的具体方案可以参考公开号为CN111002980A的中国专利申请,在此不再赘述。

[0142] 但是,本领域技术人员可以理解,上述利用深度学习算法预测本车周围的障碍物的运动状态的方案仅是举例说明。在其他实施例中也可以采用其他方案预测本车周围的障碍物的运动状态。例如,在一示例性实施例中,也可以利用其他合适的机器学习算法预测本车周围的障碍物的运动状态。在另一示例性实施例中,还可以利用非机器学习类的算法预测本车周围的障碍物的运动状态等。

[0143] 此外,为了避免本车在行驶过程中碰撞到障碍物,还需要考虑本车与其周围障碍物的安全距离。因此,在一些实施例中,可以根据预设的安全距离参数和本车周围的障碍物的运动轨迹生成所述本车的避障位置,以作为所述本车的避障约束条件。在一实施例中,所述安全距离参数可以是与车速相关的变量值。例如,当车速为100KM/h时,与前车的安全距离可以为100米;当车速为60KM/h时,与前车的安全距离可以为60米等等。在另一实施例中,根据需要,所述安全距离参数也可以为定值(例如30米、50米等)。

[0144] 在本说明书实施例提供的自动驾驶车辆的控制方法中,对车辆控制的目标有三个:不碰撞、节能、行驶效率;即在保证不碰撞的前提下,能耗最少且行驶效率最高。显然,这是实际一个具有约束条件的最优化问题。研究表明,除了上述的避障约束外,车辆还要受到运动学、动力学以及交通规则(例如道路限速等)等因素约束。其中,运动学和动力学约束代表两个轨迹点之间需要遵循的转移约束。

[0145] 上述运动学约束是位置与速度(例如车辆的初始速度和终端速度)的关系约束,这种约束与初始运动状态和终端运动状态相关,因此需要获取车辆的初始运动状态和终端运动状态。例如,在一实施例中,可以获取车辆的初始位置、初始速度、终端位置和终端速度。其中,初始位置可以为所述本车在当前时间的位置;所述终端位置可以为所述本车预期到达的位置;所述初始速度可以为所述本车在所述初始位置时的速度;所述终端速度可以为预期的所述本车在所述终端位置时的速度。

[0146] 在一实施例中,所述本车的终端位置可以由车载传感器确定。其中,车载传感器例如可以包括但不限于摄像头、雷达(例如毫米波雷达、激光雷达)等。例如,在一示例性实施例中,若车载摄像头的有效观测距离为200米,则终端位置中预期到达的位置为前方200米。

[0147] 在一实施例中,所述本车的终端速度可以通过以下方式确定:

[0148] 当前方障碍物速度未超出前方路段上限速度时,可以将所述前方障碍物速度作为所述本车的终端速度;或者,当前方障碍物速度超出前方路段上限速度时,将所述前方路段上限速度作为所述本车终端速度。其中,所述前方障碍物速度可以为所述本车前方(一般为正前方,也可以包括侧前方)多个车辆的平均速度。

[0149] 上述动力学约束是速度与加速度的关系。根据牛顿第二定律,在车辆质量确定的条件下,加速度与作用力成正比。通常,车辆的运动学受力分析可以如图5所示。在图5中 F_d 表示为作用于车辆50的驱动力, F_g 表示为作用于车辆50的坡道阻力, F_r 表示为作用于车辆50的滚动阻力, F_a 表示为作用于车辆50的空气阻力, θ 表示为坡度, G 表示为作用于车辆50的重力, g 表示为重力加速度, m 示为车辆50的质量。则车辆50所受的合力 F_j 可以为: $F_j = F_d - F_g - F_r - F_a$;其中, $F_g = mg \cdot \sin\theta$, $F_r = f \cdot mg \cdot \cos\theta$, $F_a = 0.5\rho_a C_d A_f v^2$, f 表示为路面的滚动阻力系数, ρ_a 表示为空气密度, C_d 表示为车辆50的风阻系数, A_f 表示为车辆50的迎风面积, v 表示为车辆50的行驶速度。则车辆50的瞬时加速度 a 可以表示为 $a = \frac{F_j}{m}$ 。一般地,驱动力 F_d 可以通过车辆

50的扭矩表征,而在车辆50的变速箱的传动参数(例如传动比等)确定的情况下,车辆50的扭矩与车辆50的动力控制量正相关。因此,需要获取本车的动力控制量。

[0150] 在一些实施例中,动力控制量可以用加速器开度和制动器开度来表示。在一些实施例中,动力控制量 u 的取值范围可以为: $-1 \leq u \leq 1$;当 $u < 0$,表示制动器开度(即刹车百分比),当 $u = -1$ 表示制动器开度达到100%;当 $u > 0$,表示加速器开度(即油门踏板百分比),当 $u = 1$ 表示加速器开度达到100%。此外,本领域技术人员可以理解,在另一些实施例中,当需要考虑乘车的舒适性时,可以使动力控制量 u 线性渐变(即控制动力控制量 u 的变化率在适当范围内),以避免急刹车或急加速。

[0151] 上述道路限速可以包含本车前方路段的下限速度、上限速度和转弯限速等。例如在图7所示的示例性实施例中,71为在本车前方路段的上限速度 V_{max} ,73为本车前方路段的下限速度 V_{min} ,72为预测出的动力控制量所对应的速度曲线 V_{target} 。显然, V_{target} 应满足: $V_{min} \leq V_{target} \leq V_{max}$ 。

[0152] 在一些实施例中,可以周期性预测本车的动力控制量。其中,预测时长是指从当前时间开始的预定时间范围。例如,在一示例性实施例中,预测时长可以为从当前时间开始,未来6秒、未来8秒或未来10秒等。比如,若预测时长为8秒,当前时间点12:00:00为预测时长的起始时间,则该次预测本车的动力控制量的时间范围为12:00:00~12:00:08。在一些实

施例中,成本函数可以表示为 $\min_{x(t),u(t),tf} \int_0^{tf} (w_f \times q(u, n_e) + w_t) dt$ 。其中, \min 表示最小化, $x(t)$ 为运动状态优化变量, $u(t)$ 为动力控制变量, tf 为预测时长, $q(u, n_e)$ 为能耗函数, u 为动力控制量, n_e 为发动机转速, w_f 为能耗权重, w_t 为行驶时间权重, t 为时间。在将本车的初始位置、避障位置和终端位置作为约束条件输入的情况下,通过求解该成本函数,即可以得到在 tf 这段时间内的 $x^*(t)$ 和 $u^*(t)$ 。其中, $x^*(t)$ 表示 tf 时段内的最优 $x(t)$, $u^*(t)$ 表示 tf 时段内的最优 $u(t)$ 。

[0153] 上述能耗函数 $q(u, n_e)$ 是关于 u 和 n_e 函数,即 $q(u, n_e)$ 与 u 和 n_e 存在一定非线性关系。在一实施例中, $q(u, n_e)$ 可以预先通过拟合等方式得到。例如,若本车为燃料汽车,其发动机油耗特性可如图4所示,根据该发动机油耗特性图可以拟合出 $q(u, n_e)$ (如图4中的发动机油耗特性曲线40等所示)。

[0154] 上述能耗权重 w_f 反映了成本函数中对于节能的需求;上述行驶时间权重 w_t 反映了成本函数中对于行驶效率的需求,具体可以根据需要设置。由于 $w_f + w_t = 1$, 当对于节能和行驶效率的需求相等时,可以将 w_f 和 w_t 均设置为 0.5; 当对于节能的需求大于对行驶效率的需求时,可以适当增大 w_f , 并对应减少 w_t (例如可以设置 w_f 为 0.7, 并设置 w_t 为 0.3); 当对于行驶效率的需求大于对节能的需求时,可以适当增大 w_t , 并对应减少 w_f (例如可以设置 w_t 为 0.7, 并设置 w_f 为 0.3)。

[0155] 在另一些实施例中,考虑到上述成本函数的优化实际上是一个泛函问题,不易求解。为了提高计算处理效率,可以通过动态规划算法(例如直接配点法等)将该泛函问题转换为非线性规划问题进行求解,即可以利用直接配点法计算所述成本函数,以确定本车的动力控制量。

[0156] 在一实施例中,当利用直接配点法计算成本函数时,上述成本函数

$\min_{x(t),u(t),tf} \int_0^{tf} (w_f \times q(u, n_e) + w_t) dt$ 可以转化为:

$$[0157] \quad \min_{u_0 \cdots u_N, x_0 \cdots x_N} \sum_{k=0}^{N-1} \frac{h_k}{2} (w_f \times q(u_k, v_k) + w_f \times q(u_{k+1}, v_{k+1}) + 2w_t)$$

[0158] 其中,直接配点法可以为多种分段多项式样条函数(如梯形法、切比雪夫法等)中的任意一种。以梯形法为例,对应的优化约束可以包括:

[0159] 梯形配置动态约束(trapezoid collocation dynamic constraints):

$$[0160] \quad \frac{h_k}{2} (f_{k+1} + f_k) = x_{k+1} - x_k;$$

[0161] 路径约束(path constraints):

$$[0162] \quad \begin{cases} -1 \leq u_k \leq 1 \\ s_{lb,k} \leq u_k \leq s_{ub,k}; \\ v_{lb,k} \leq v_k \leq v_{ub,k} \end{cases}$$

[0163] 边界约束(boundary constraints):

$$[0164] \quad \begin{cases} x_0 = [0, v_0] \\ x_N = [s_{tf}, v_{tf}] \end{cases};$$

[0165] 配点数 (Number of grid points):

$$[0166] \quad \begin{cases} h_k = t_{k+1} - t_k \\ t_k = \frac{k \times tf}{N} \\ f_k = f(x_k, u_k, t_k) \end{cases}。$$

[0167] 其中, u_0 为预测时长内的第0个动力控制量 (即预测时长内的初始动力控制量), u_N 为预测时长内的第N个动力控制量, x_0 为预测时长内的第0个运动状态 (即预测时长内的初始位置), x_N 为预测时长内的第N个运动状态, N 为预测时长内的离散点数 (即配点数), k 为预测时长内的时间区间序号, 且其值为1到N之间的自然数, h_k 为第k个时间区间的长度, $q(u_k, v_k)$ 为第k个时间区间的能耗, $q(u_{k+1}, v_{k+1})$ 为第k+1个时间区间的能耗, u_k 和 u_{k+1} 分别为第k个和第k+1个时间区间的动力控制量, v_k 和 v_{k+1} 分别为第k个和第k+1个时间区间的发动机转速, w_f 为能耗权重, w_t 为行驶时间权重, t 为时间, f_k 为第k个时间区间的状态; f_{k+1} (即 $f(x_{k+1}, u_{k+1}, t_{k+1})$) 为第k+1个时间区间的状态, $s_{lb,k}$ 为第k个时间区间的避障位置下限, $s_{ub,k}$ 为第k个时间区间的避障位置上限; $v_{lb,k}$ 为第k个时间区间的速度下限, $v_{ub,k}$ 为第k个时间区间的速度上限, v_0 为预测时长内的第0个速度 (即预测时长内的初始速度), s_{tf} 为预测时长内的第N个位置, v_{tf} 为预测时长内第N个位置的速度, tf 为预测时长。

[0168] 上述离散点数 N 决定了预测频率。例如若预测时长为8秒, $N=9$; 则表示将预测时长8秒等分为8个时间区间 (即每个区间长度为1秒); 相应的, 预测频率为每秒预测1次。若预测时长为8秒, $N=5$; 则表示将预测时长8秒等分为4个时间区间 (即每个区间长度为2秒); 相应的, 预测频率为每2秒预测1次。在本说明书的实施例中, 离散点数 N 可以根据实际应用场景需要设定。

[0169] 在一示例性实施例中, 图6中示出了在 t_0 时刻和 t_1 时刻预测出的最优速度曲线 (即预测出的最优动力控制量所对应的速度曲线)。在图6中, 横坐标表示时间, 纵坐标表示位置, $P1$ 表示在 t_0 时刻预测出的当前预测时长 tf (即未来 $t_0 \sim t_6$) 时间段内本车随时间变化的位置曲线, 以用于表征在未来 $t_0 \sim t_6$ 时间段的最优速度曲线; $S11$ 和 $S12$ 分别为 t_0 时刻预测的避障上限位置线、避障下限位置线。 $P2$ 表示在 t_1 时刻预测出的下一预测时长 tf (即未来 $t_1 \sim t_7$, 图6中未画出 t_7 及其对应的位置点) 时间段内本车随时间变化的位置曲线, 以用于表征在未来 $t_1 \sim t_7$ 时间段的最优速度曲线; $S21$ 和 $S22$ 分别为 t_1 时刻预测的避障上限位置线、避障下限位置线。图6中上方的平行四边形表示在 t_0 时刻位于本车前方的车辆 (障碍物), 图6中下方的平行四边形表示在 t_1 时刻位于本车前方的车辆 (障碍物)。

[0170] 本说明书上述实施例在通过成本函数确定本车的动力控制量, 使得本车从初始位置到达终端位置的成本最小时, 所采用成本函数的约束不仅考虑到了本车周围的障碍物限制因素, 还考虑到了本车的初始位置 (即本车在当前时间的位置)、终端位置 (即本车预期到达的位置)、以及交通规则限制等限制因素, 从而使得在根据该动力控制量控制本车行驶时, 可以使本车在避免碰撞周围障碍物的前提下提高行车效率, 并减少或避免了不必要的

刹车或加速,从而也提高了自动驾驶车辆的能源利用效率。

[0171] 在一些实施例中,所述根据所述局部速度曲线控制所述本车在所述目标路段内的行驶,可以包括以下步骤:

[0172] 1)、获取所述本车的当前档位和当前速度。

[0173] 2)、基于所述本车的升档关系表,在所述当前速度高于在所述当前档位进行升档的最低速度时,计算在所述当前速度下升档所需的目标加速度。

[0174] 3)、当根据所述局部速度曲线确定所述当前速度对应的下一规划速度为加速时,根据所述目标加速度生成动力控制量调节信号(例如油门踏板开度调节信号);所述动力控制量调节信号用于指示所述本车的车辆控制模块将所述本车的加速度调整为所述目标加速度。

[0175] 相应的,当根据所述局部速度曲线确定所述当前速度对应的下一规划速度为减速时,为了避免发动机转速小于发动机怠速时的转速而导致车辆熄火,可以自动进行降档操作,以使发动机正常工作。当根据所述局部速度曲线确定所述当前速度对应的下一规划速度为等速时,可以维持所述本车的当前档位不变。

[0176] 4)、将所述动力控制量调节信号发送至所述车辆控制模块,使得所述车辆控制模块在所述本车达到所述目标加速度后进行升档操作。

[0177] 其中,上述升档关系表为预先确定的在至少一个升档点处所述本车的速度和加速度的对应关系。即,当所述本车在当前档位需要进行升档时,其速度和加速度均需要满足其中任意一组速度和加速度的对应关系,以使所述本车能够顺利完成升档。对应于同一升档点,本车可以具有多组速度和加速度的对应关系。相应的,对应于同一升档点,当升档时的速度越大时,加速度越小,反之亦然。

[0178] 与上述的自动驾驶车辆的控制方法对应,本说明书还提供了自动驾驶车辆的控制装置。参考图8所示,在本说明书的一些实施例中,所述自动驾驶车辆的控制装置可以包括:

[0179] 获取模块81,可以用于获取本车的行车路径及所述行车路径的静态道路信息;

[0180] 生成模块82,可以用于根据所述静态道路信息生成所述本车在所述行车路径的全局参考速度曲线;

[0181] 确认模块83,可以用于获取所述本车所在目标路段的动态路况信息,并确认其是否满足预设条件;所述目标路段为所述本车当前所在的所述行车路径的分段;

[0182] 规划模块84,可以用于当所述动态路况信息不满足所述预设条件时,对所述目标路段进行局部速度规划,以获得所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线;

[0183] 控制模块85,可以用于根据所述局部速度曲线控制所述本车在所述目标路段内的行驶,使得所述本车在所述目标路段内的行驶成本最低。

[0184] 在本说明书一实施例中,所述规划模块84还可以用于:

[0185] 当所述动态路况信息满足所述预设条件时,将所述全局参考速度曲线中与所述目标路段对应的曲线部分,作为所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线。

[0186] 在本说明书一实施例中,所述满足预设条件包括:

[0187] 所述目标路段的车流速度达到设定的车流速度阈值;

[0188] 或者,所述目标路段的车流量小于预设的车流量阈值。

[0189] 在本说明书一实施例中,所述对所述目标路段进行局部速度规划,以获得所述本

车在所述目标路段内的局部速度曲线,包括:

[0190] 获取所述本车的初始位置,所述初始位置为所述本车当前时间在所述目标路段内的位置;

[0191] 确定所述本车的终端位置,所述终端位置为所述本车在所述目标路段内预期到达的位置;

[0192] 获取所述本车周围的障碍物的运动状态,并根据所述本车周围的障碍物的运动状态确定所述本车的避障位置;

[0193] 获取所述目标路段的交通规则限制;

[0194] 过优化成本函数确定所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线,其中所述成本函数用于计算所述本车从所述初始位置到达所述终端位置的最小行驶成本,所述优化的约束包括所述避障位置和所述交通规则限制。

[0195] 在本说明书一实施例中,所述成本函数包括能耗、行驶时间和/或能耗与行驶时间按权重的组合。

[0196] 在本说明书一实施例中,所述成本函数表示为:

$$[0197] \quad \min_{x(t), u(t), t_f} \int_0^{t_f} (w_f \times q(u, n_e) + w_t) dt$$

[0198] 其中,min表示最小化,x(t)为本车位置变量,u(t)为动力控制变量,t_f为预测时长,q(u, n_e)为预设的能耗函数,u为动力控制量,n_e为发动机转速,w_f为能耗权重,w_t为行驶时间权重,t为时间。

[0199] 在本说明书一实施例中,所述优化的约束还包括所述本车的运动学约束;

[0200] 所述运动学约束包括所述本车的初始速度和终端速度;所述初始速度为所述本车在所述初始位置时的速度;所述终端速度为预期的所述本车在所述终端位置时的速度。

[0201] 在本说明书一实施例中,所述终端位置由车载传感器确定。

[0202] 在本说明书一实施例中,所述终端速度通过以下方式确定:

[0203] 当前方障碍物速度未超出所述目标路段上限速度时,将所述前方障碍物速度作为所述本车的终端速度;或者,

[0204] 当前方障碍物速度超出所述目标路段上限速度时,将所述目标路段上限速度作为所述本车的终端速度。

[0205] 在本说明书一实施例中,所述前方障碍物速度为所述本车前方多个车辆的平均速度。

[0206] 在本说明书一实施例中,所述动力控制量为油门踏板百分比。

[0207] 在本说明书一实施例中,利用直接配点法计算所述成本函数,以确定所述本车在所述目标路段内的局部速度曲线。

[0208] 在一些实施例中,所述根据所述局部速度曲线控制所述本车在所述目标路段内的行驶,包括:

[0209] 获取所述本车的当前档位和当前速度;

[0210] 基于所述本车的升档关系表,在所述当前速度高于在所述当前档位进行升档的最低速度时,计算在所述当前速度下升档所需的目标加速度,所述升档关系表为预先确定的在至少一个升档点处所述本车的速度和加速度的对应关系;

[0211] 当根据所述局部速度曲线确定所述当前速度对应的下一规划速度为加速时,根据所述目标加速度生成动力控制量调节信号;所述动力控制量调节信号用于指示所述本车的车辆控制模块将所述本车的加速度调整为所述目标加速度;

[0212] 将所述动力控制量调节信号发送至所述车辆控制模块,使得所述车辆控制模块在所述本车达到所述目标加速度后进行升档操作。

[0213] 为了描述的方便,描述以上装置时以功能分为各种单元分别描述。当然,在实施本说明书时可以把各单元的功能在同一个或多个软件和/或硬件中实现。

[0214] 与上述的自动驾驶车辆的控制方法对应,本说明书还提供了一种电子设备。参考图9所示,所述电子设备902可以包括一个或多个处理器904,诸如一个或多个中央处理单元(CPU)或图形处理器(GPU),每个处理单元可以实现一个或多个硬件线程。电子设备902还可以包括任何存储器906,其用于存储诸如代码、设置、数据等之类的任何种类的信息,一具体实施方式中,存储器906上并可在处理器904上运行的计算机程序,所述计算机程序被所述处理器904运行时,可以执行根据上述方法的指令。非限制性的,比如,存储器906可以包括以下任一项或多种组合:任何类型的RAM,任何类型的ROM,闪存设备,硬盘,光盘等。更一般地,任何存储器都可以使用任何技术来存储信息。进一步地,任何存储器可以提供信息的易失性或非易失性保留。进一步地,任何存储器可以表示电子设备902的固定或可移除部件。在一种情况下,当处理器904执行被存储在任何存储器或存储器的组合中的相关联的指令时,电子设备902可以执行相关联指令的任一操作。电子设备902还包括用于与任何存储器交互的一个或多个驱动机构908,诸如硬盘驱动机构、光盘驱动机构等。

[0215] 电子设备902还可以包括输入/输出模块910(I/O),其用于接收各种输入(经由输入设备912)和用于提供各种输出(经由输出设备914)。一个具体输出机构可以包括呈现设备916和相关联的图形用户接口918(GUI)。在其他实施例中,还可以不包括输入/输出模块910(I/O)、输入设备912以及输出设备914,仅作为网络中的一台计算机设备。电子设备902还可以包括一个或多个网络接口920,其用于经由一个或多个通信链路922与其他设备交换数据。一个或多个通信总线924将上文所描述的部件耦合在一起。

[0216] 通信链路922可以以任何方式实现,例如,通过局域网、广域网(例如,因特网)、点对点连接等、或其任何组合。通信链路922可以包括由任何协议或协议组合支配的硬连线链路、无线链路、路由器、网关功能、名称服务器等的任何组合。

[0217] 与上述的自动驾驶车辆的控制方法对应,本说明书还提供了自动驾驶车辆,其可以包括上述的电子设备。

[0218] 虽然上文描述的过程流程包括以特定顺序出现的多个操作,但是,应当清楚了解,这些过程可以包括更多或更少的操作,这些操作可以顺序执行或并行执行(例如使用并行处理器或多线程环境)。

[0219] 虽然上文描述的过程流程包括以特定顺序出现的多个操作,但是,应当清楚了解,这些过程可以包括更多或更少的操作,这些操作可以顺序执行或并行执行(例如使用并行处理器或多线程环境)。

[0220] 本申请是参照根据本说明书实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程

序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0221] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0222] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0223] 在一个典型的配置中,计算设备包括一个或多个处理器(CPU)、输入/输出接口、网络接口和内存。

[0224] 内存可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器,随机存取存储器(RAM)和/或非易失性内存等形式,如只读存储器(ROM)或闪存(flash RAM)。内存是计算机可读介质的示例。

[0225] 计算机可读介质包括永久性和非永久性、可移动和非可移动媒体可以由任何方法或技术来实现信息存储。信息可以是计算机可读指令、数据结构、程序的模块或其他数据。计算机的存储介质的例子包括,但不限于相变内存(PRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、其他类型的随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、快闪记忆体或其他内存技术、只读光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能光盘(DVD)或其他光学存储、磁盒式磁带,磁带磁磁盘存储或其他磁性存储设备或任何其他非传输介质,可用于存储可以被计算设备访问的信息。按照本文中的界定,计算机可读介质不包括暂存电脑可读媒体(transitory media),如调制的数据信号和载波。

[0226] 本领域技术人员应明白,本说明书的实施例可提供为方法、系统或计算机程序产品。因此,本说明书实施例可采用完全硬件实施例、完全软件实施例或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本说明书实施例可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0227] 本说明书实施例可以在由计算机执行的计算机可执行指令的一般上下文中描述,例如程序模块。一般地,程序模块包括执行特定任务或实现特定抽象数据类型的例程、程序、对象、组件、数据结构等等。也可以在分布式计算环境中实践本说明书实施例,在这些分布式计算环境中,由通过通信网络而被连接的远程处理设备来执行任务。在分布式计算环境中,程序模块可以位于包括存储设备在内的本地和远程计算机存储介质中。

[0228] 本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。尤其,对于系统实施例而言,由于其基本相似于方法实施例,所以描述的比较简单,相关之处参见方法实施例的部分说明即可。在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、

“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本说明书实施例的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0229] 以上所述仅为本申请的实施例而已,并不用于限制本申请。对于本领域技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的权利要求范围之内。

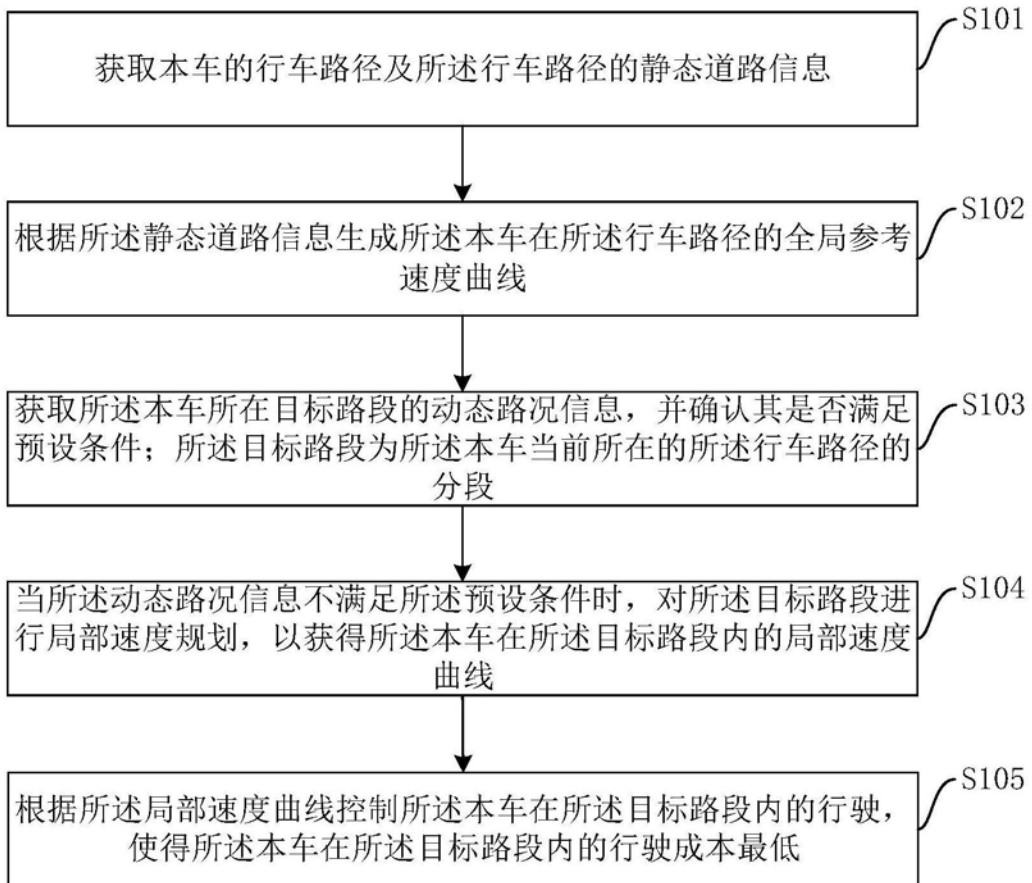


图1

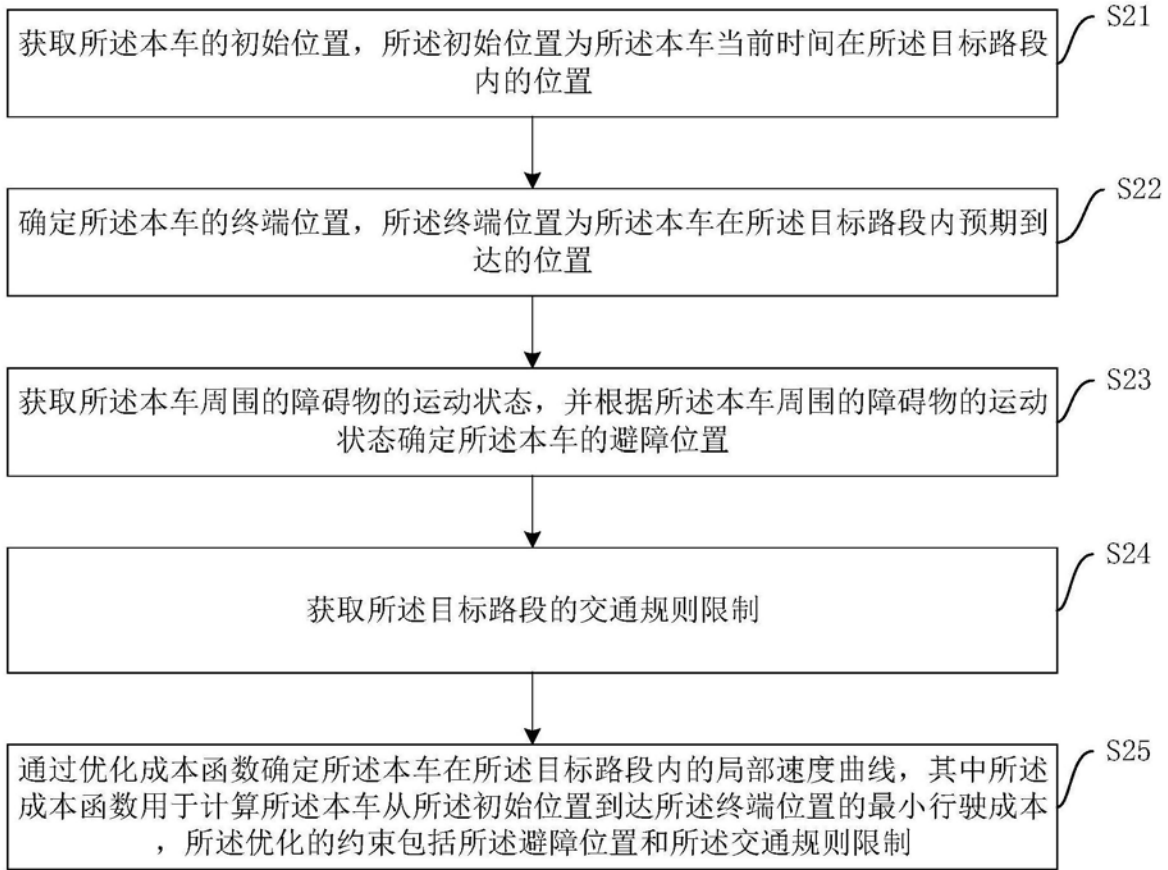


图2

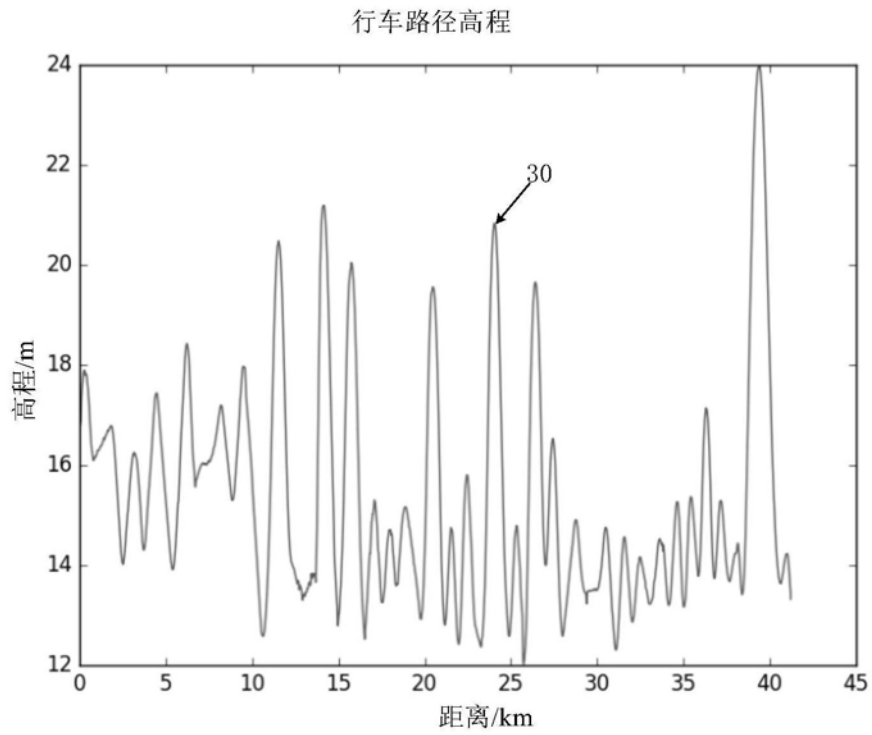


图3

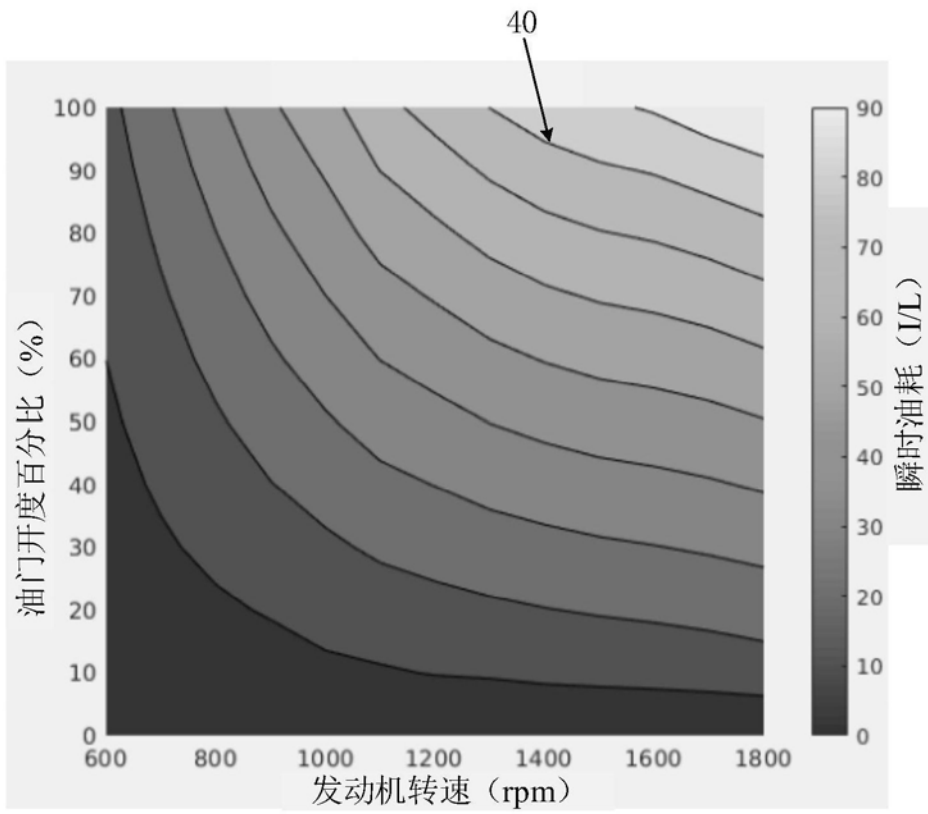


图4

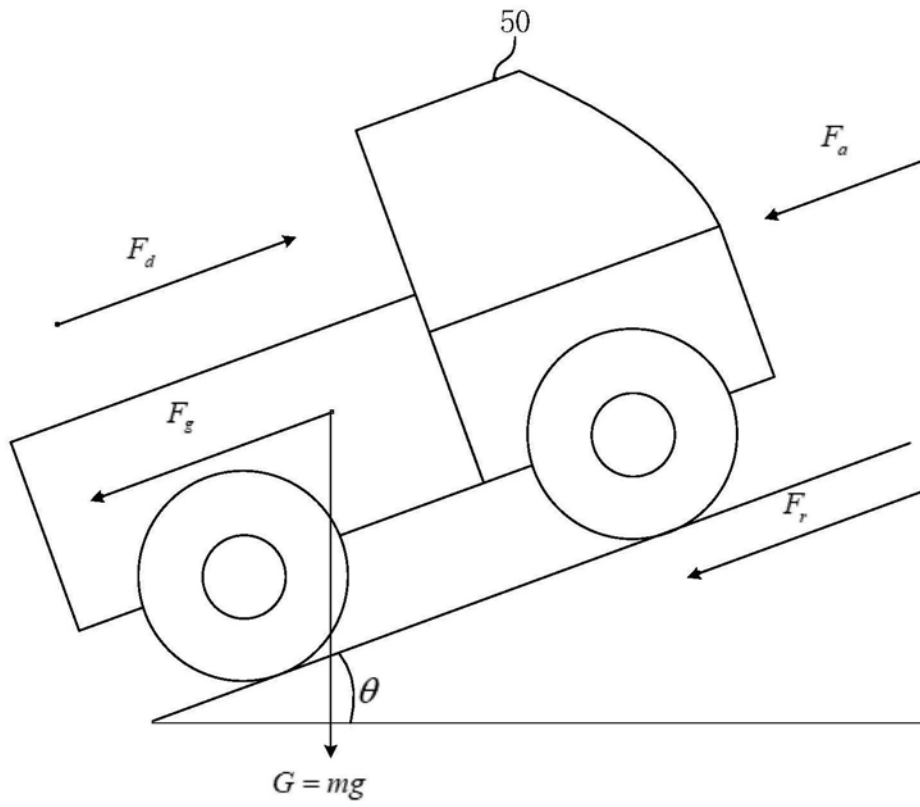


图5

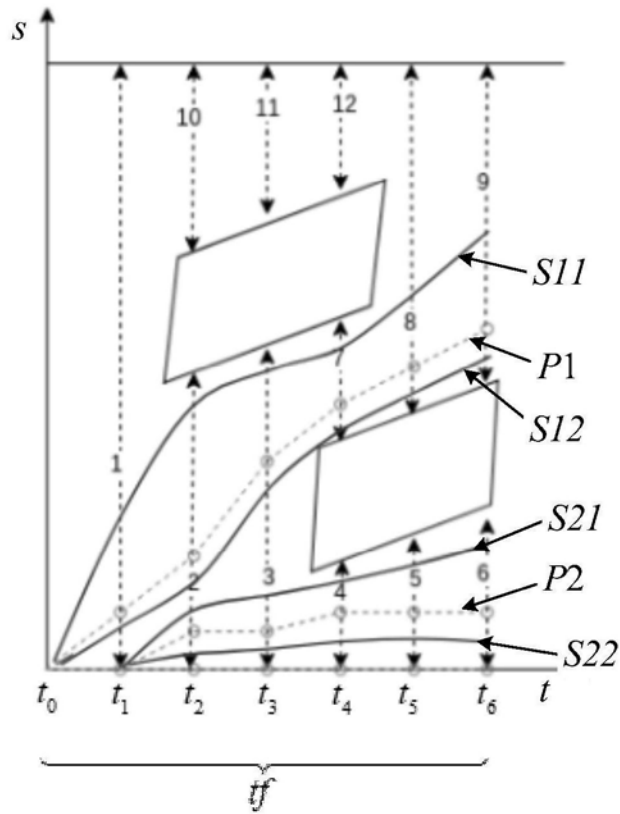


图6

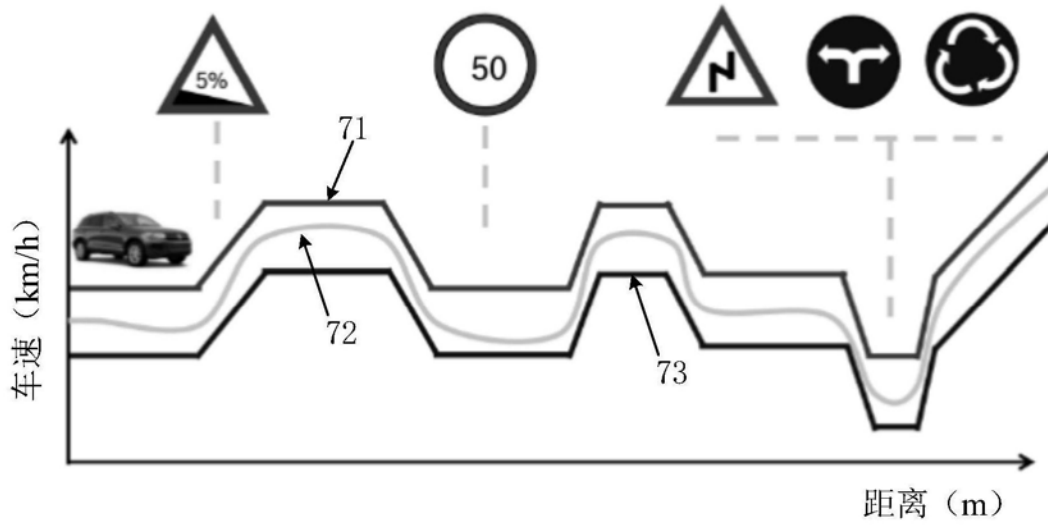


图7

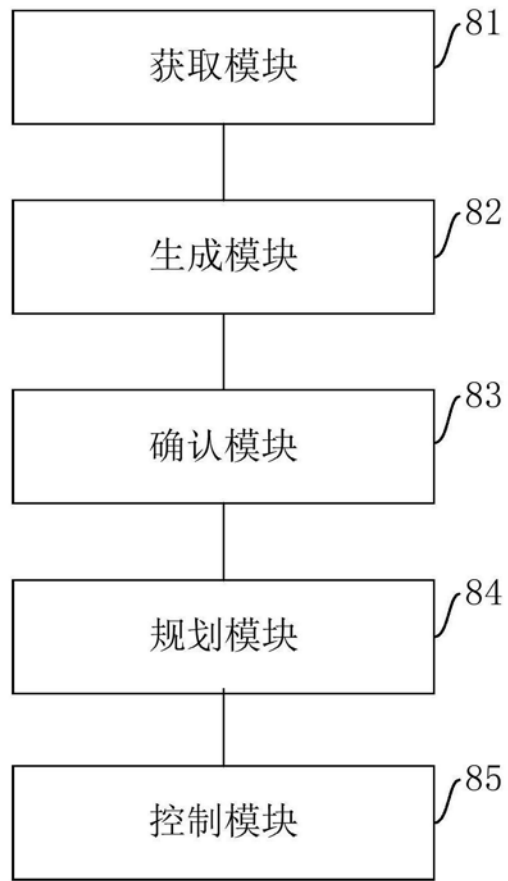


图8

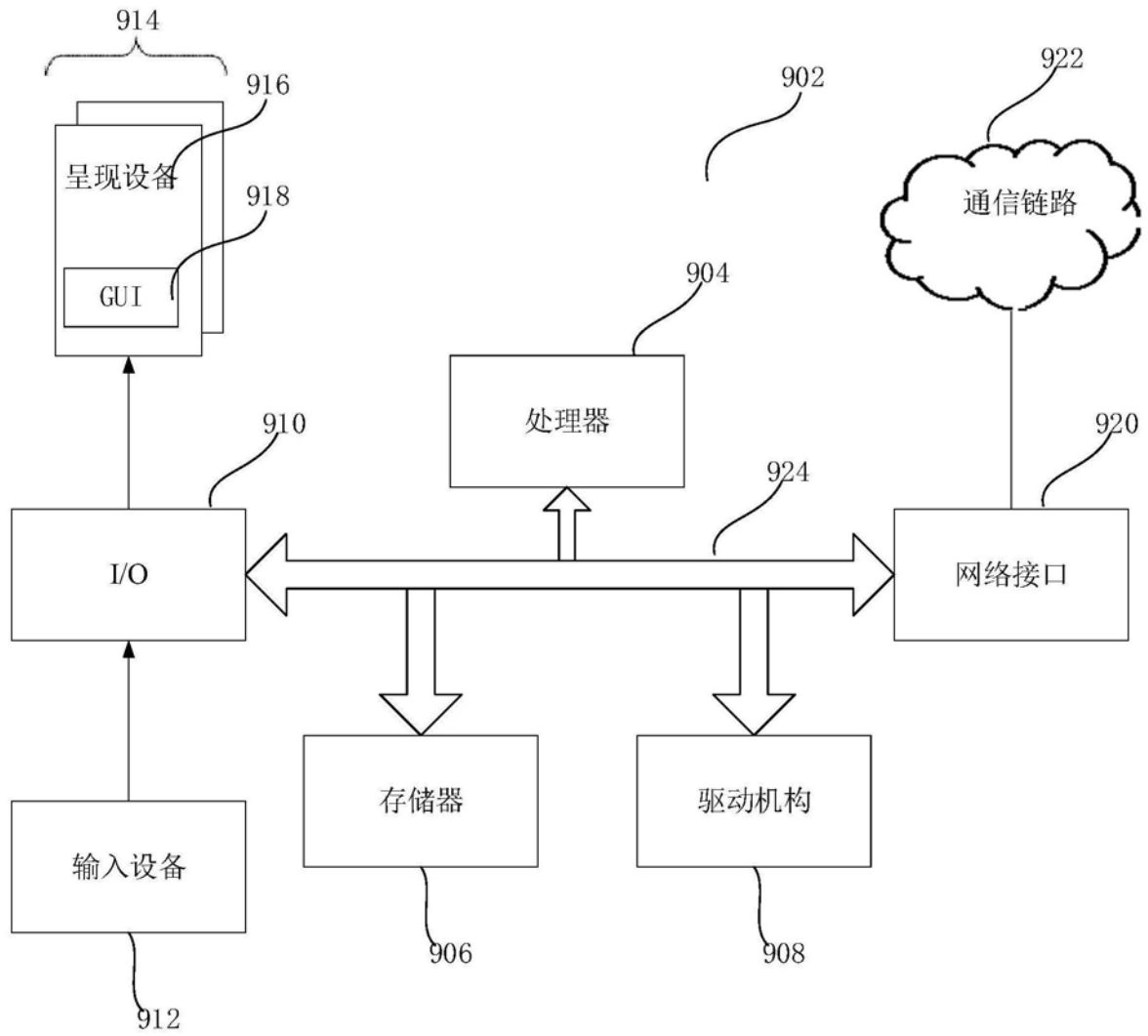


图9