



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112477876 B

(45) 授权公告日 2022.06.21

(21) 申请号 202011309837.6

B60W 50/00 (2006.01)

(22) 申请日 2020.11.20

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112477876 A

CN 111032467 A, 2020.04.17

CN 101497336 A, 2009.08.05

CN 105593089 A, 2016.05.18

(43) 申请公布日 2021.03.12

CN 109383495 A, 2019.02.26

(73) 专利权人 北京罗克维尔斯科技有限公司  
地址 101300 北京市顺义区高丽营镇恒兴  
路4号院1幢103室(科技创新功能区)

CN 105722739 A, 2016.06.29

WO 2016163210 A1, 2016.10.13

CN 103398717 A, 2013.11.20

(72) 发明人 吕传龙 郑艺强 马俊彦 王俊敏  
关书伟

任殿波. 自动化公路系统纵横向控制.《中国  
博士学位论文全文数据库(电子期刊)》.2008,

审查员 张永明

(74) 专利代理机构 北京开阳星知识产权代理有  
限公司 11710  
专利代理师 安伟

(51) Int. Cl.

B60W 40/109 (2012.01)

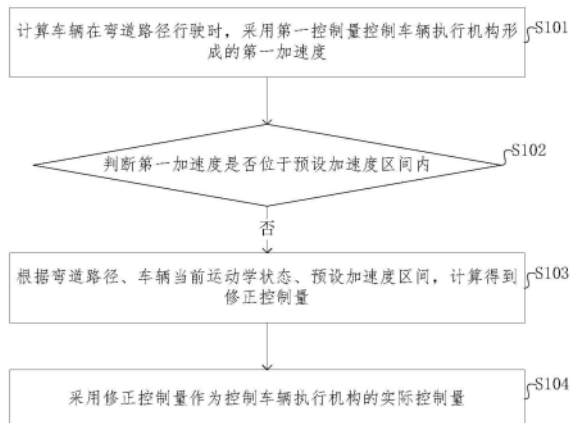
权利要求书2页 说明书12页 附图2页

(54) 发明名称

车辆弯道行驶的控制方法和装置

(57) 摘要

本申请提供一种车辆弯道行驶的控制方法和装置,前述方法包括:计算车辆在弯道路径行驶时,采用第一控制量控制车辆执行机构形成的第一加速度;判断第一加速度是否位于预设加速度区间内;预设加速度区间为使得乘客处在乘坐舒适状态的加速度区间;若否,根据弯道路径、车辆当前运动学状态、预设加速度区间,计算得到修正控制量;采用修正控制量作为控制车辆执行机构的实际控制量。这样分层控制思路减小了在第一控制单元的中相关处理算法的开发难度,使得其能够尽可能地设计满足直线路况的位置路径跟踪精度要求,同时又能兼顾车辆在弯道路径上行驶时对乘坐舒适性的要求,提高了整个系统控制的健壮性和安全性,也提高了用户乘坐体验。



1. 一种车辆弯道行驶的控制方法,其特征在于,包括:

计算车辆在弯道路径行驶时,采用第一控制量控制车辆执行机构形成的第一加速度,所述第一控制量为使车辆在规划的路径行驶的控制量;

判断所述第一加速度是否位于预设加速度区间内;所述预设加速度区间为使得乘客处在乘坐舒适状态的加速度区间;

若否,根据所述弯道路径、车辆当前运动学状态和所述预设加速度区间,计算得到修正控制量;

采用所述修正控制量作为控制所述车辆执行机构的实际控制量。

2. 根据权利要求1所述车辆弯道行驶的控制方法,其特征在于,根据所述弯道路径、车辆当前运动学状态和所述预设加速度区间,计算得到修正控制量,包括:

根据所述弯道路径、所述车辆当前运动学状态、所述预设加速度区间和横向位置偏差阈值,计算得到所述修正控制量。

3. 根据权利要求2所述车辆弯道行驶的控制方法,其特征在于:

根据所述弯道路径、所述车辆当前运动学状态、所述预设加速度区间和横向位置偏差阈值,计算得到所述修正控制量,包括:

根据所述弯道路径、所述预设加速度区间、所述车辆当前运动学状态和所述横向位置偏差阈值,计算得到可选控制量;

根据所述车辆当前运动学状态,选择代价最小的可选控制量作为所述修正控制量。

4. 根据权利要求1-3任一项所述车辆弯道行驶的控制方法,其特征在于,根据所述弯道路径、车辆当前运动学状态、所述预设加速度区间,计算得到修正控制量,包括:

根据所述弯道路径、所述第一控制量、所述车辆当前运动学状态和所述预设加速度区间,计算得到控制补偿量;

采用所述控制补偿量修正所述第一控制量,得到所述修正控制量。

5. 根据权利要求1-3任一项所述车辆弯道行驶的控制方法,其特征在于:所述第一加速度为车辆的横向加速度。

6. 根据权利要求5所述车辆弯道行驶的控制方法,其特征在于,计算车辆在弯道路径行驶时,采用第一控制量控制车辆执行机构形成的第一加速度,包括:

计算采用第一控制量控制车辆执行机构时的向心加速度和对应横向位移的运动加速度;

求取所述向心加速度和所述运动加速度之和,得到所述横向加速度。

7. 根据权利要求1-3任一项所述车辆弯道行驶的控制方法,还包括:

若是,采用所述第一控制量作为控制所述车辆执行机构的实际控制量。

8. 一种车辆弯道行驶的控制装置,其特征在于,包括:

加速度计算单元,用于计算车辆在弯道路径行驶时,采用第一控制量控制车辆执行机构形成的第一加速度,所述第一控制量为使车辆在规划的路径行驶的控制量;

判断单元,用于判断所述第一加速度是否位于预设加速度区间内;所述预设加速度区间为使得乘客处在乘坐舒适状态的加速度区间;

修正控制量计算单元,用于在所述判断单元判断第一加速度位于所述预设加速度区间外的情况下,根据所述弯道路径、车辆当前运动学状态和所述预设加速度区间,计算得到修

正控制量；

控制量确定单元，用于采用所述修正控制量作为控制所述车辆执行机构的实际控制量。

9. 根据权利要求8所述车辆弯道行驶的控制装置，其特征在于，

所述修正控制量计算单元根据所述弯道路径、所述车辆当前运动学状态和所述预设加速度区间和横向位置偏差阈值，计算得到所述修正控制量。

10. 根据权利要求9所述车辆弯道行驶的控制装置，其特征在于，所述修正控制量计算单元包括：

可选量计算子单元，用于根据所述弯道路径、所述预设加速度区间、所述车辆当前运动学状态和所述横向位置偏差阈值，计算得到可选控制量；

修正量筛选子单元，用于根据所述车辆当前运动学状态，选择代价最小的可选控制量作为所述修正控制量。

11. 根据权利要求8-10任一项所述车辆弯道行驶的控制装置，其特征在于，所述控制量计算单元包括：

补偿量计算子单元，用于根据所述弯道路径、所述第一控制量、所述车辆当前运动学状态和所述预设加速度区间，计算得到控制补偿量；

修正量计算子单元，用于采用所述控制补偿量修正所述第一控制量，得到所述修正控制量。

12. 根据权利要求8-10任一项所述车辆弯道行驶的控制装置，其特征在于，所述第一加速度为车辆的横向加速度；所述加速度计算单元包括：

加速度计算子单元，用于计算采用第一控制量控制车辆执行机构的向心加速度和对应横向位移的运动加速度；

加速度求和子单元，用于求取所述向心加速度和所述运动加速度之和，得到所述横向加速度。

13. 根据权利要求8-10任一项所述车辆弯道行驶的控制装置，其特征在于：

所述控制量确定单元还用于，在所述判断单元判定所述第一加速度位于预设加速度区间内的情况下，采用所述第一控制量作为控制所述车辆执行机构的实际控制量。

14. 一种智能驾驶控制系统，其特征在于，包括：

存储器，用于存储的程序或指令；

处理器，用于调用所述存储器存储的程序或指令，基于获取到的车辆传感器信号，生成滤波动力学参数；以及，用于采用如权利要求1-7任一项所述的车辆弯道行驶的控制方法。

15. 一种车辆，其特征在于，包括车辆传感器和如权利要求14所述的智能驾驶控制系统。

## 车辆弯道行驶的控制方法和装置

### 技术领域

[0001] 本申请涉及自动驾驶控制技术领域,尤其涉及一种车辆弯道行驶的控制方法和装置。

### 背景技术

[0002] 车辆处在某一级别的自动驾驶状态时,根据全局路网数据和宏观的交通信息制定自动驾驶的行驶路径,并基于行驶路径和车辆状态确定指定执行层的控制策略,以控制车辆的执行机构按照控制策略执行、追踪行驶路径。在道路为弯路或者车辆行驶到交叉路口需要变换道路时,预先规划的行驶路径为曲线行驶路径,车辆在沿曲线行驶路径行驶时会产生横向加速度。

[0003] 而过高的横向加速度将使得车内乘客的乘坐舒适性降低,甚至产生不适。为了提高自动驾驶使用体验,自动驾驶需要考虑弯道行驶可能造成的横向加速度过高的问题。目前针对弯道行驶场景为了尽可能地提高车内乘客乘坐舒适性,可以采取的控制策略如下。

[0004] (1) 使得路径规划单元尽可能地规划较小曲率的行驶路径;但是受制于实际道路宽度和道路中其他交通参与者的限制,这种方法也仅能在极少数情况下改善部分道路的路径规划。

[0005] (2) 在路径规划单元规划的行驶路径的基础上,通过降低对行驶路径的跟踪能力,允许车辆实际行驶路径相对于预先指定的行驶路径具有较大的横向偏差,使得车辆的执行机构能够通过减小方向轮转向的方式提高小曲率半径的过弯能力。但是此种方法可能使得自动驾驶的整体控制策略改变,在进入大曲率半径弯道时,会造成跟踪不足而导致控制精度降低。

### 发明内容

[0006] 为了解决上述技术问题或者至少部分地解决上述技术问题,本申请提供了一种车辆弯道行驶的控制方法和装置。

[0007] 一方面,本申请提供一种车辆弯道行驶的控制方法,包括:

[0008] 计算车辆在弯道路径行驶时,采用第一控制量控制车辆执行机构形成的第一加速度;

[0009] 判断所述第一加速度是否位于预设加速度区间内;所述预设加速度区间为使得乘客处在乘坐舒适状态的加速度区间;

[0010] 若否,根据所述弯道路径、车辆当前运动学状态和所述预设加速度区间,计算得到修正控制量;

[0011] 采用所述修正控制量作为控制所述车辆执行机构的实际控制量。

[0012] 可选地,根据所述弯道路径、车辆当前运动学状态和所述预设加速度区间,计算得到修正控制量,包括:

[0013] 根据所述弯道路径、所述车辆当前运动学状态、所述预设加速度区间和横向位置

偏差阈值,计算得到所述修正控制量。

[0014] 可选地,根据所述弯道路径、所述车辆当前运动学状态、所述预设加速度区间和横向位置偏差阈值,计算得到所述控制补偿量包括:

[0015] 根据所述弯道路径、所述预设加速度区间、所述车辆当前运动学状态和所述横向位置偏差阈值,计算得到可选控制量;

[0016] 根据所述车辆当前运动学状态,选择代价最小的可选控制量作为所述修正控制量。

[0017] 可选地,根据所述弯道路径、车辆当前运动学状态和所述预设加速度区间,计算得到修正控制量,包括:

[0018] 根据所述弯道路径、所述第一控制量、所述车辆当前运动学状态和所述预设加速度区间,计算得到控制补偿量;

[0019] 采用所述控制补偿量修正所述第一控制量,得到所述修正控制量。

[0020] 可选地,所述第一加速度为车辆的横向加速度。

[0021] 可选地,计算车辆在弯道路径行驶时,采用第一控制量控制车辆执行机构形成的第一加速度,包括:

[0022] 计算采用第一控制量控制车辆执行机构时的向心加速度和对应横向位移的运动加速度;

[0023] 求取所述向心加速度和所述运动加速度之和,得到所述横向加速度。

[0024] 可选地,所述方法还包括:若是,采用所述第一控制量作为控制所述车辆执行机构的实际控制量。

[0025] 另一方面,本申请提供一种车辆弯道行驶的控制装置,包括:

[0026] 加速度计算单元,用于计算车辆在弯道路径行驶时,采用第一控制量控制车辆执行机构形成的第一加速度;

[0027] 判断单元,用于判断所述第一加速度是否位于预设加速度区间内;所述预设加速度区间为使得乘客处在乘坐舒适状态的加速度区间;

[0028] 控制量计算单元,用于在所述判断单元判断第一加速度位于所述预设加速度区间外的情况下,根据所述弯道路径、车辆当前运动学状态和所述预设加速度区间,计算得到修正控制量;

[0029] 控制量确定单元,用于采用所述修正控制量作为控制所述车辆执行机构的实际控制量。

[0030] 可选地,所述控制量计算单元根据所述弯道路径、所述车辆当前运动学状态、所述预设加速度区间和横向位置偏差阈值,计算得到所述修正控制量。

[0031] 可选地,所述控制量计算单元包括:

[0032] 可选量计算子单元,用于根据所述弯道路径、所述预设加速度区间、所述车辆当前运动学状态和所述横向位置偏差阈值,计算得到可选控制量;

[0033] 修正量筛选子单元,用于根据所述车辆当前运动学状态,选择代价最小的可选控制量作为所述修正控制量。

[0034] 可选地,所述控制量计算单元包括:

[0035] 补偿量计算子单元,用于根据所述弯道路径、所述第一控制量、所述车辆当前运动

学状态和所述预设加速度区间,计算得到控制补偿量;

[0036] 修正量计算子单元,用于采用所述控制补偿量修正所述第一控制量,得到所述修正控制量。

[0037] 可选地,所述第一加速度为车辆的横向加速度;所述加速度计算单元包括:

[0038] 加速度计算子单元,用于计算采用第一控制量控制车辆执行机构的向心加速度和对应横向位移的运动加速度;

[0039] 加速度求和子单元,用于求取所述向心加速度和所述运动加速度之和,得到所述横向加速度。

[0040] 可选地,所述控制量确定单元还用于,在所述判断单元判定所述第一加速度位于预设加速度区间内的情况下,采用所述第一控制量作为控制所述车辆执行机构的实际控制量。

[0041] 本申请提供的控制车辆弯道行驶的控制方法和装置,仅在确定第一控制单元输出的控制量无法保证第一加速度在预设加速度区间的情况下才会生成修正控制量作为真实控制量。这样分层控制思路减小了在第一控制单元的中相关处理算法的开发难度,使得其能够尽可能地设计满足直线路况的位置路径跟踪精度要求,同时又能兼顾车辆在弯道路径上行驶时对乘坐舒适性的要求,提高了整个系统控制的健壮性和安全性,也提高了用户乘坐体验。

## 附图说明

[0042] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本申请的实施例,并与说明书一起用于解释本申请的原理。

[0043] 为了更清楚地说明本申请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,对于本领域普通技术人员而言,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。

[0044] 图1是用于实现本申请实施例方法的自动驾驶车辆的结构示意图;

[0045] 图2是本申请实施例提供的车辆弯道行驶的控制方法流程图;

[0046] 图3是本申请实施例提供的确定执行机构控制量的装置的结构示意图;

[0047] 图4是本申请实施例提供的智能驾驶控制系统的结构示意图;

[0048] 其中:01-环境感知传感器,02-车辆定位传感器,03-处理器,04-执行机构;11-加速度计算单元,12-判断单元,13-修正控制量计算单元,14-控制量确定单元;21-处理器,22-存储器,23-通信接口,24-总线系统。

## 具体实施方式

[0049] 为了能够更清楚地理解本申请的上述目的、特征和优点,下面将对本申请的方案进行进一步描述。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0050] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本申请,但本申请还可以采用其他不同于在此描述的方式来实施;显然,说明书中的实施例只是本申请的一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0051] 本申请实施例提供一种车辆弯道行驶的控制方法和装置,在对已有的第一控制单元并不修改的情况下,对采用第一控制单元输出的第一控制量控制车辆行驶时的运动学状态进行计算,确定是否车辆是否会进入会使得乘客舒适性不佳的运动学状态;如果车辆进入使得乘客舒适性不佳的运动学状态,根据加速度约束条件重新计算修正控制量,并将修正控制量作为控制车辆执行机构的实际控制量。

[0052] 应当注意的是,在本申请实施例提供的方法执行时,车辆应当处在一定的自动驾驶状态下,即此时车辆能够在一定程度上自动控制车辆完成某些驾驶任务,而不再由驾驶员对车辆进行操控而直接控制车辆执行机构。前述的自动驾驶状态可以是辅助驾驶(L1)、有条件的自动驾驶(L2或者L3)、高度自动驾驶(L4)或者全自动驾驶(L5)中的任一等级。

[0053] 图1是用于实现本申请实施例方法的自动驾驶车辆的结构示意图。如图1所示,本申请实施例中应用中,自动驾驶车辆包括用于环境感知传感器01、车辆定位传感器02、处理器03和执行机构04。

[0054] 环境感知传感器01可以为摄像头、毫米波雷达、超声波雷达、激光雷达或者其他对车辆周围环境状态进行感知的传感器。

[0055] 车辆定位传感器02为卫星导航传感器、惯性测量传感器等能够对车辆位置进行定位的传感器。

[0056] 处理器03用于根据前述的车辆定位传感器02确定的车辆位置信息,结合高精度地图信息确定车辆所在位置,根据环境感知传感器01确定环境状态,并基于车辆所在位置、环境状态和高精度地图指定规划路径,以及基于规划路径制定用于控制执行机构04的控制量。

[0057] 执行机构04则用于根据前述的控制量执行动作,实现车辆的移动和运动学状态的改变;具体应用中,执行机构04包括动力输出机构、转向机构、刹车机构等。

[0058] 本申请实施例提供的车辆弯道行驶的控制方法即是应用在处理器03中的方法,以得到用于控制执行机构04的实际控制量。

[0059] 图2是本申请实施例提供的车辆弯道行驶的控制方法流程图。如图2所示,本申请实施例提供的确定控制量的方法包括步骤S101-S104。

[0060] S101:计算车辆在弯道路径行驶时,采用第一控制量控制车辆执行机构形成的第一加速度。

[0061] 应当注意的是,本申请实施例中提供的确定执行机构控制量的方法用于对车辆在弯道路径行驶执行控制量进行计算。弯道路径为自动驾驶时由控制器生成的规划路径中,被划定为弯道的路径。弯道路径可以为常规道路行驶中的针对弯曲道路指定的弯曲路径,针对道路交叉口规划的从某一道路进入另一道路时的弯曲路径,也可以是诸如从当前行驶车道变道进入到另一车道过程中的路径。

[0062] 具体应用中,可以预先设定判断车辆行驶路径是否为弯道路径的条件(例如将曲率半径小于某一半径的路径作为弯道路径),并利用此条件确定车辆是否沿弯道路径行驶。

[0063] 本申请实施例中,第一控制量是由第一控制单元输出的控制量。第一控制单元是用于对车辆所有行驶路径均进行控制量输出的控制单元,其为适应各种路况的精度控制要求而综合制定的控制单元。第一控制单元在根据规划的弯道路径指定第一控制量时,严格限定车辆的行驶路径为路径规划单元制定的路径(或者说保证路径横向偏差较小)。因为第

一控制量为严格限制车辆行驶路径下制定的控制量,所以采用第一控制量控制车辆在这些弯道行驶时,车辆可能处在第一加速度较大的运动学状态。

[0064] 本申请实施例中,计算采用第一控制量控制车辆执行机构时的第一加速度,是基于当前的车辆运动学状态,结合第一控制量控制车辆确定的车辆的动力学状态,计算车辆随后的运动学状态,并获取其中运动学状态中的第一加速度参数。

[0065] 本申请实施例中具体应用中,第一加速度可以是车辆的横向加速度;车辆的横向加速度为与车辆行驶方向垂直方向的加速度。具体应用中,可以通过步骤S1011-S1013的方法确定车辆的横向加速度。

[0066] S1011:计算采用第一控制量控制车辆执行机构时的横向位移、航向角和纵向速度。

[0067] S1012:根据横向位移计算对应的运动加速度,根据航向角和纵向速度计算向心加速度。

[0068] 根据车辆侧向动力学可知,横向加速度可以分解为横向位移对应的运动加速度,以及因为车辆转弯对应的向心加速度。因此可以分别求解运动加速度和向心加速度,再利用二者计算得到横向加速度。

[0069] 根据位移、速度和加速度之间的对应关系可知,加速度为位移的二阶导数,因此可以根据横向位移的二阶导数作为运动加速度;根据向心加速度的计算原理,可以采用航向角的变化率和纵向速度计算得到向心加速度。

[0070] S1013:求取横向位移对应的加速度和向心加速度之和,得到横向加速度。

[0071] 综上分析,横向加速度可以采用公式 $a_y = \ddot{y} + V_x \dot{\psi}$ ;其中, $a_y$ 为横向加速度, $y$ 为横向位移, $V_x$ 为纵向速度, $\psi$ 为航向角。

[0072] 在本申请实施例其他应用中,第一加速度也可以是车辆横向加速度和纵向加速度之和,其中纵向加速度可以根据车辆纵向方向的位移通过二阶求导得到。

[0073] 在完成S101,确定第一控制量情况下第一加速度后,即可以执行后续操作。

[0074] S102:判断第一加速度是否位于预设加速度区间内;若否,执行S103。

[0075] 本申请实施例中,预设加速度区间为使得乘客处在乘坐舒适性状态的加速度区间。具体应用中,针对不同类型的车辆,预设加速度区间可以设置地不同。例如对于悬挂性能较好、座椅包裹性能较好的车辆(例如运动型轿车),预设加速度区间中的上限加速度(也就是临界加速度)可以设置地较大;对于特种作业车辆或者特殊人群乘坐的车辆(例如校车等),预设加速度区间的上限加速度可能要设置地较小。

[0076] 本申请实施例中,判断第一加速度是否位于预设加速度区间内,是将计算得到的第一加速度与预设加速度区间的临界加速度进行比较,判断其是否小于临界加速度;如果第一加速度小于临界加速度,则可以确定第一加速度位于预设加速度区间内。

[0077] 经过步骤S102的判断,预估到如果按照第一控制量在弯道路径上行驶,车辆的第一加速度超出了预设加速度区间范围,表明车内乘客可能感觉到明显地乘坐舒适度下降(例如感觉到相对座椅的侧滑),此时也就判定了第一控制单元输出的第一控制量并不符合弯道行驶要求,需要舍弃第一控制量。

[0078] S103:根据弯道路径、车辆当前运动学状态、预设加速度区间,计算得到修正控制量。



[0079] 本申请实施例中,根据弯道路径、车辆当前运动学状态、预设加速度区间,计算得到修正补偿量,是将预设加速度区间作为约束条件,采用已有的控制量计算算法,得到修正补偿量的过程。

[0080] 可以想到,因为采用了预设加速度区间作为约束条件,经此运算得到的修正控制量被应用后,车辆的实际加速度被限定在预设加速度区间之内。

[0081] 在本申请实施例中,根据弯道路径、车辆当前运动学状态、预设加速度区间,计算得到修正控制量时,还可以引入另一约束性条件-横向位置偏差阈值。横向位置偏差阈值为车辆沿着弯道路径时,设定的使得车辆在横向方向相对于规划的弯道路径的最大偏差值。

[0082] 通过设置横向位置偏差阈值作为一个放大性的约束条件,使得车辆沿着弯道路径行驶时能够在横向方向相对已经确定的弯道路径有一定的偏差,也就可以增大修正控制量可能范围,继而获取得到修正控制量的可选性也就越大。

[0083] 在本申请实施例的一个具体应用中,可以采用遍历方法,遍历所有可能的控制量组合条件,确定所有可选的修正控制量;随后,再在可选的修正控制量中选定一个控制量作为最终修正控制量。例如,在实际应用中,可以选择代价最小的可选控制量作为修正控制量。

[0084] 本申请实施例中,代价最小可以是指的使得车辆动能损失最小(也就是速度损失最小),车辆经过弯道路径的时间损失最小,或者兼顾车辆的动能损失和时间损失的最小。

[0085] 在本申请实施例中的另一具体应用中,在采用代价最小、临界加速度和弯道路径作为约束性条件时,可以采用粒子群优化算法或者其他本领域已知的数学算法对可能的控制量组合做判断,直至通过设定的循环次数确定一个最终的修正控制量。

[0086] S104:采用修正控制量作为控制车辆执行机构的实际控制量。

[0087] 根据具体实际情况,在车辆过弯过程中可能的执行机构包括动力机构、刹车机构和转向机构,对应的实际控制量可能包括对动力机构、刹车机构和转向机构的实际控制量;例如实际控制量相对于第一控制量可能为改变转向机构的输出转角、改变动力机构的输出扭矩、改变刹车机构的制动力。

[0088] 本申请实施例采用步骤S101-S104确定的方法,在确定第一控制单元输出的第一控制量使得车辆在弯道路径行驶时处在第一加速度过大状态时,则丢弃第一控制量,基于弯道路径、车辆当前运动学状态和预设加速度区间,计算得到修正控制量作为实际控制执行机构的控制量。修正控制量被用于控制执行动作时,执行机构使得车辆形成的运行学状态为加速度小于某一特定加速度值的运动学状态,这一运动学状态使得驾乘人员并不会感受到车辆加速度强度,如此可以保证车辆在弯道行驶时驾乘人员的舒适性。

[0089] 本申请实施例中,前述的步骤S101-S103可以由一第二控制单元执行;第二控制单元是一作为第一控制单元的辅助控制单元。如果第二控制单元计算第一加速度并判定第一加速度处在预设加速度区间内,其则不再进行计算和输出修正补偿量。

[0090] 前述步骤S103和S104为第一加速度超过预设加速度区间的情况下的执行步骤,而如果在步骤S102中,判断第一控制单元输出的第一控制量不会使得车辆在弯道路径行驶时出现第一加速度过大时,则可以直接执行步骤S105。

[0091] S105:采用第一控制量作为控制车辆执行机构的实际控制量。

[0092] 本申请实施例提供的控制车辆弯道行驶的控制方法,构建了分层控制的思路,仅

在确定第一控制单元输出的控制量无法保证第一加速度在预设加速度区间的情况下才会生成修正控制量作为真实控制量。这样分层控制思路减小了在第一控制单元的中相关处理算法的开发难度,使其能够尽可能地设计满足直线路况的位置路径跟踪精度要求,同时又能兼顾车辆在弯道路径上行驶时对乘坐舒适性的要求,提高了整个系统控制的健壮性和安全性,也提高了用户乘坐体验。

[0093] 在本申请实施例具体应用中,前述的步骤S103根据弯道路径、车辆当前运动学状态和预设加速度区间,计算得到补偿量的过程可以如步骤S1031-S1033。

[0094] S1031:根据弯道路径、预设加速度区间和车辆当前运动学状态,计算得到优化控制量。

[0095] 本申请实施例中,可以将弯道路径、临界加速度作为目标约束性条件,根据车辆当前运动学状态以及各种可能得到的控制量组合作为输入,判断在此控制量组合下车辆加速度是否位于预设加速度区间内;如果控制量不在预设加速度区间内,则丢弃此控制量组合;而将剩余的控制量组合作为可选的控制量。

[0096] 在本申请实施例的一个具体应用中,可以采用遍历方法,遍历所有可能的控制量组合条件,确定所有可选的控制量;随后,再在可选的控制量中选定一个控制量作为最终的优化控制量。例如,在实际应用中,可以选择代价最小的可选控制量作为优化控制量。

[0097] 本申请实施例中,代价最小可以是指的使得车辆动能损失最小(也就是速度损失最小),车辆经过弯道路径的时间损失最小,或者兼顾车辆的动能损失和时间损失的最小。

[0098] 在本申请实施例中的另一具体应用中,在采用代价最小、临界加速度和弯道路径作为约束性条件时,可以采用粒子群优化算法或者其他本领域已知的数学算法对可能的控制量组合做判断,直至通过设定的循环次数确定一个最终的优化控制量。

[0099] S1032:根据优化控制量和第一控制量得到控制补偿量。

[0100] 在确定优化控制量后,可以根据优化控制量和第一控制量之间的差别确定控制补偿量。

[0101] S1033:采用控制补偿量修正第一控制量,得到修正控制量。

[0102] 本申请实施例中,专门设置一用于实现控制补偿量和第一控制量进行混合的处理单元;此处理单元通过缓存第一控制量,等待对应的控制补偿量,并利用补偿量对第一控制量进行修正,而得到修正控制量。

[0103] 如前步骤S1031-S1033,为了能够适应整体软件架构,减小实际应用中可能出现的异常问题,本申请实施例并没有直接丢弃第一控制单元输出的第一控制量,重新制定一使得车辆能够在弯道路径上处在预设加速度区间的合适控制量,而是在第一控制量的基础上,通过制定补偿量,利用补偿量对第一控制量进行适当的修正。

[0104] 图3是本申请实施例提供的一种确定执行机构控制量的装置的结构示意图。如图3所示,确定执行机构控制量的装置包括加速度计算单元11、判断单元12、修正控制量计算单元13和控制量确定单元14。

[0105] 加速度计算单元11用于计算车辆在弯道路径行驶时,采用第一控制量控制车辆执行机构形成的第一加速度。

[0106] 弯道路径为自动驾驶时由控制器生成的规划路径中,被划定为弯道的路径。弯道路径可以为常规道路行驶中的针对弯曲道路指定的弯曲路径,针对道路交叉口规划的从某

一道路进入另一道路时的弯曲路径,也可以是诸如从当前行驶车道变道进入到另一车道过程中的路径。具体应用中,可以预先设定判断车辆行驶路径是否为弯道路径的条件(例如将曲率半径小于某一半径的路径作为弯道路径),并利用此条件确定车辆是否沿弯道路径行驶。

[0107] 本申请实施例中,第一控制量是由第一控制单元输出的控制量。第一控制单元是用于对车辆所有行驶路径均进行控制量输出的控制器,其为适应各种路况而综合制定的控制单元。

[0108] 第一控制单元在根据规划的弯道路径指定第一控制量时,严格限定车辆的行驶路径为路径规划单元制定的路径(或者说保证路径横向偏差较小)。因为第一控制量为严格限制车辆行驶路径下制定的控制量,所以采用第一控制量控制车辆在这些弯道行时,车辆可能处在第一加速度较大的运动学状态。

[0109] 本申请实施例中,计算采用第一控制量控制车辆执行机构时的第一加速度,是基于当前的车辆运动学状态,结合第一控制量控制车辆确定的车辆的动力学状态,计算车辆随后的运动学状态,并获取其中运动学状态中的第一加速度参数。

[0110] 具体应用中,加速度计算单元11可以包括子加速度计算单元和加速度求和单元。

[0111] 子加速度单元用于计算采用第一控制量控制车辆执行机构时对应横向位移的运动加速度以及向心加速度;加速度求和单元用于求取运动加速度和向心加速度之和,得到横向加速度。

[0112] 根据车辆侧向动力学可知,横向加速度可以分解为横向位移对应的运动加速度,以及因为车辆转弯对应的向心加速度。因此可以分别求解运动加速度和向心加速度,再利用二者计算得到横向加速度。

[0113] 根据位移、速度和加速度之间的对应关系可知,加速度为位移的二阶导数,因此可以根据横向位移的二阶导数作为运动加速度;根据向心加速度的计算原理,可以采用航向角的变化率和纵向速度计算得到向心加速度。

[0114] 综上分析,横向加速度可以采用公式 $a_y = \ddot{y} + V_x \dot{\psi}$ ;其中, $a_y$ 为横向加速度, $y$ 为横向位移, $V_x$ 为纵向速度, $\psi$ 为航向角。

[0115] 在本申请实施例其他应用中,第一加速度也可以是车辆横向加速度和纵向加速度之和,其中纵向加速度可以根据车辆纵向方向的位移通过二阶求导得到。

[0116] 判断单元12用于判断第一加速度是否位于预设加速度区间内。本申请实施例中,预设加速度区间为使得乘客处在乘坐舒适状态的加速度区间。

[0117] 具体应用中,针对不同类型的车辆,预设加速度区间可以设置地不同。例如对于悬挂性能较好、座椅包裹性能较好的车辆(例如运动型轿车),预设加速度区间中的上限加速度(也就是临界加速度)可以设置地较大;对于特种作业车辆,预设加速度区间的上限加速度可能要设置地较小。

[0118] 本申请实施例中,判断单元12判断第一加速度是否位于预设加速度区间内,是将计算得到的第一加速度与预设加速度区间的临界加速度进行比较,判断其是否小于临界加速度;如果第一加速度小于临界加速度,则可以确定第一加速度位于预设加速度区间内。

[0119] 如果判断单元判断第一加速度不再预设加速度区间内,则可以预估:如果按照第一控制量在弯道路径上行驶,车辆的第一加速度超出了预设加速度区间范围,车内乘客可

能感觉到明显地乘坐舒适感下降(例如感觉到相对座椅的侧滑),此时也就判定了第一控制单元输出的第一控制量并不符合弯道路径要求,需要舍弃第一控制量。

[0120] 修正控制量计算单元13用于在判断单元12判断第一加速度位于预设加速度区间外的情况下,根据弯道路径、车辆当前运动学状态、预设加速度区间,计算得到修正补偿量。

[0121] 如果判断单元12预估到如果按照第一控制量在弯道路径上行驶,车辆的第一加速度超出了预设加速度区间范围,车内乘客可能感觉到明显地乘坐舒适感下降(例如感觉到相对座椅的侧滑),此时也就判定了第一控制单元输出的第一控制量与弯道路径并不完全适配,此时需要丢弃第一控制量。

[0122] 本申请实施例中,修正控制量计算单元13根据弯道路径、车辆当前运动学状态、预设加速度区间,计算得到修正补偿量,是将预设加速度区间作为约束条件,采用已有的控制量计算算法,得到修正补偿量的过程。

[0123] 可以想到,因为采用了预设加速度区间作为约束条件,经此运算得到的修正控制量被应用后,车辆的实际加速度被限定在预设加速度区间之内。

[0124] 在本申请实施例中,根据弯道路径、车辆当前运动学状态、预设加速度区间,计算得到修正控制量时,还可以引入另一约束性条件-横向位置偏差阈值。横向位置偏差阈值为车辆沿着弯道路径时,设定的使得车辆在横向方向相对于规划的弯道路径的最大偏差值。

[0125] 可以想到,通过设置横向位置偏差阈值作为一个放大性的约束条件,使得车辆沿着弯道路径行驶时能够在横向方向相对已经确定的弯道路径有一定的偏差,也就可以增大修正控制量可能范围,继而获取得到修正控制量的可选性也就越大。

[0126] 在本申请实施例的一个具体应用中,修正控制量计算单元可以包括可选量计算单元和修正量筛选子单元。

[0127] 可选控制量计算子单元用于根据弯道路径、预设加速度区间、车辆当前运动学状态和横向位置偏差阈值,计算得到可选控制量。

[0128] 本申请实施例中,可寻控制量计算子单元可以采用遍历方法,遍历所有可能的控制量组合条件,确定所有可选的控制量。

[0129] 修正量筛选子单元用于根据车辆当前运动学状态,选择代价最小的可选控制量作为修正控制量。

[0130] 本申请实施例中,代价最小可以是指的使得车辆动能损失最小(也就是速度损失最小),车辆经过弯道路径的时间损失最小,或者兼顾车辆的动能损失和时间损失的最小。

[0131] 在本申请实施例中的一具体应用中,在采用代价最小、临界加速度和弯道路径作为约束性条件时,可以采用粒子群优化算法或者其他本领域已知的数学算法对可能的控制量组合做判断,直至通过设定的循环次数确定一个最终的修正控制量。

[0132] 在本申请实施例的另一具体应用中,控制量计算单元可以包括补偿量计算子单元和修正量计算子单元。补偿量计算子单元用于根据弯道路径、第一控制量、车辆当前运动学状态和预设加速度区间,计算得到控制补偿量。

[0133] 本申请实施例中,补偿量计算子单元可以将弯道路径、临界加速度作为目标约束性条件,根据车辆当前运动学状态以及各种可能得到的控制量组合作为输入,判断在此控制量组合下车辆加速度是否位于预设加速度区间内;如果控制量不在预设加速度区间内,则丢弃此控制量组合;而将剩余的控制量组合作为可选的控制量。

[0134] 在本申请实施例的一个具体应用中,可以采用遍历方法,遍历所有可能的控制量组合条件,确定所有可选的控制量;随后,再在可选的控制量中选定一个控制量作为最终的优化控制量。例如,在实际应用中,可以选择代价最小的可选控制量作为优化控制量。

[0135] 本申请实施例中,代价最小可以是指的使得车辆动能损失最小(也就是速度损失最小),车辆经过弯道路径的时间损失最小,或者兼顾车辆的动能损失和时间损失的最小。

[0136] 在确定优化控制量后,补偿量计算子单元可以根据优化控制量和第一控制量之间的差别确定控制补偿量。

[0137] 修正量计算子单元用于采用控制补偿量修正第一控制量,得到修正控制量。

[0138] 修正量计算子单元可以为一用于实现控制补偿量和第一控制量进行混合的处理单元;此处理单元通过缓存第一控制量,等待对应的控制补偿量,并利用补偿量对第一控制量进行修正,而得到修正控制量。

[0139] 为了能够适应整体软件架构,减小实际应用中可能出现的异常问题,本申请实施例并没有直接丢弃第一控制单元输出的第一控制量,重新制定一使得车辆能够在弯道路径上处在预设加速度区间的合适控制量,而是在第一控制量的基础上,通过制定补偿量,利用补偿量对第一控制量进行适当的修正。

[0140] 控制量确定单元14用于采用修正控制量作为控制车辆执行机构的控制量。

[0141] 本申请实施例提供的确定执行机构控制量的装置,在确定第一控制单元输出的第一控制量使得车辆在弯道路径行驶时出现第一加速度过大时,则基于弯道路径、车辆当前运动学状态和预设加速度区间,计算得到使得车辆在弯道行驶时能够保证第一加速度位于预设加速度区间的修正控制量。

[0142] 本申请实施例提供的控制车辆弯道行驶的控制装置,作为第一控制单元的补充,仅在确定第一控制单元输出的控制量无法保证第一加速度在预设加速度区间的情况下,才会生成修正控制量。这样分层控制思路减小了在第一控制单元的中相关处理算法的开发难度,使得其能够尽可能地设计满足直线路况的位置路径跟踪精度要求,同时又能兼顾车辆在弯道路径上行驶时对乘坐舒适性的要求,提高了整个系统控制的健壮性和安全性,也提高了用户乘坐体验。

[0143] 在具体应用中,如果本申请实施例提供的装置确定第一控制量下车辆的第一加速度在预设加速度区间内,则其中的控制量确定单元14采用第一控制量作为控制车辆执行机构的控制量。

[0144] 除了提供前述的车辆弯道行驶的的控制方法和装置外,本申请实施例还提供一种智能驾驶控制系统。

[0145] 图4是本申请实施例提供的智能驾驶控制系统的结构示意图。如图4所示,智能驾驶控制系统包括至少一个处理器21、至少一个存储器22和至少一个通信接口23。

[0146] 本实施例中的存储器22可以是易失性存储器或非易失性存储器,或是前述的二者相结合。在一些具体实施方式中,存储器22存储了如下的元素:可执行单元或者数据结构,或者他们的子集,或者他们的扩展集:操作系统和应用程序。其中,操作系统,包含各种系统程序,例如框架层、核心库层、驱动层等,用于实现各种基础任务以及处理基于硬件的任务。应用程序,包含各种应用任务的应用程序。实现本申请实施例车辆弯道行驶的控制方法的程序可以包含在应用程序中。

[0147] 在本申请实施例中,处理器21通过调用存储器22存储的程序或指令(具体的,可以是应用程序中存储的程序或指令),以执行车辆弯道行驶的控制方法的各个步骤。

[0148] 本申请实施例中,处理器21可以是通用处理器、数字信号处理器(DigitalSignalProcessor,DSP)、专用集成电路(ApplicationSpecific IntegratedCircuit,ASIC)、现成可编程门阵列(FieldProgrammableGateArray,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

[0149] 本申请实施例提供的车辆弯道行驶的控制方法的步骤可以直接体现为硬件译码处理器执行完成,或者用译码处理器中的硬件及软件单元组合执行完成。软件单元可以位于随机存储器,闪存、只读存储器,可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器22,处理器21读取存储器22中的信息,结合其硬件完成方法的步骤。

[0150] 通信接口23用于实现智能驾驶控制系统与外部设备之间的信息传输,例如以获得各种车辆传感器数据,以及生成相应的控制指令并下发给车辆的执行机构。

[0151] 智能驾驶控制系统中的存储器、处理器组件通过总线系统24耦合在一起,总线系统24用于实现这些组件之间的连接通信。本申请实施例中,总线系统可以为CAN总线,也可以是其他类型的总线。总线系统24除包括数据总线之外,还包括电源总线、控制总线和状态信号总线。但为了清楚说明起见,在图4中将各种总线都标为总线系统24。

[0152] 本申请实施例还提出一种非暂态计算机可读存储介质,非暂态计算机可读存储介质存储程序或指令,程序或指令使计算机执行如前的车辆弯道行驶的控制方法实施例的步骤,为避免重复描述,在此不再赘述。

[0153] 在前述实施例基础上,本申请实施例还提供一种车辆,车辆包括车辆传感器、前述的智能驾驶控制系统和执行机构。

[0154] 车辆传感器包括加速传感器、转速传感器、速度传感器、扭矩输出传感器和位置传感器中的一个和多个,以能够获取相应的信号提供给智能驾驶控制系统,以使得智能驾驶控制系统根据信号制定行驶路径和控制量。

[0155] 在智能驾驶控制系统安装在车辆的情况下,智能驾驶控制系统中的处理器可以直接为车辆的车机处理器或者动力域处理器。本申请实施例中的车辆除了包括前述的智能驾驶控制系统外,还包括车架、悬挂系统等完成相应功能的子系统或者机构;对此本申请实施例对此并在赘述。

[0156] 应当注意的是,本申请实施例提及的车辆可以是诸如小轿车等四轮以上机动车,也可以是二轮、三轮摩托车;在一些应用中,车辆还可以是平衡车等车辆。

[0157] 需要说明的是,在本文中,诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0158] 以上仅是本申请的具体实施方式,使本领域技术人员能够理解或实现本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本申请将不会被限制于本文的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

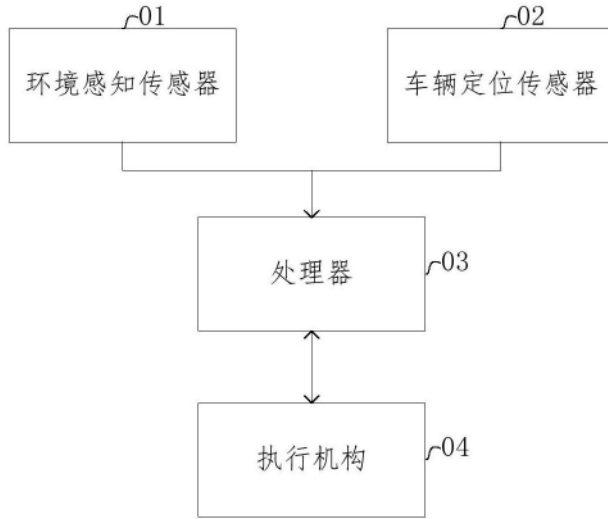


图1

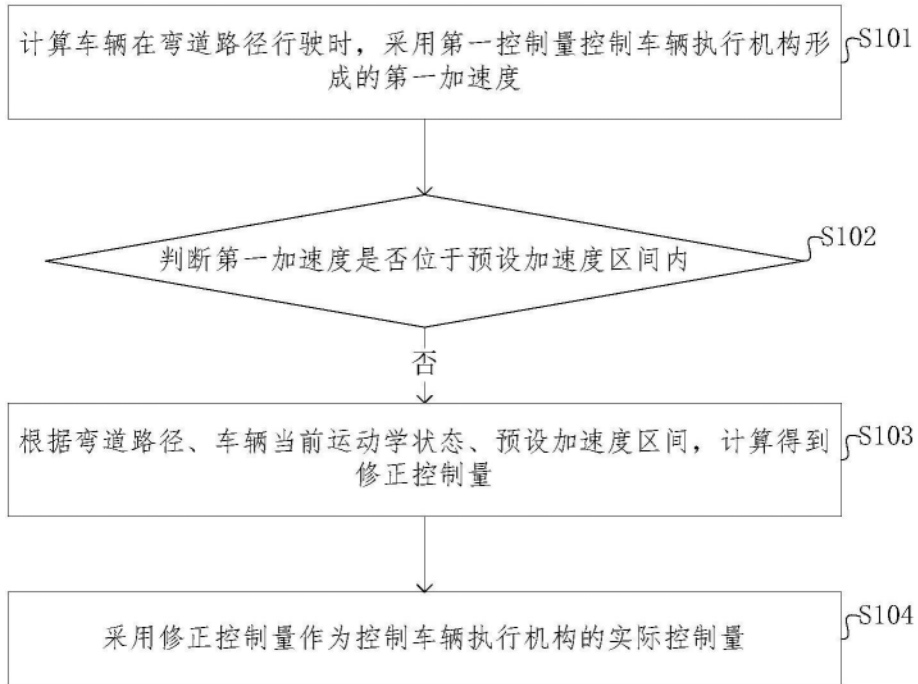


图2

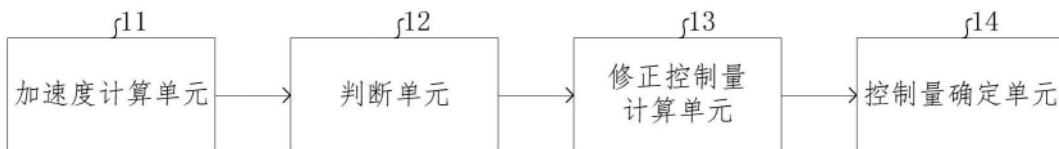


图3



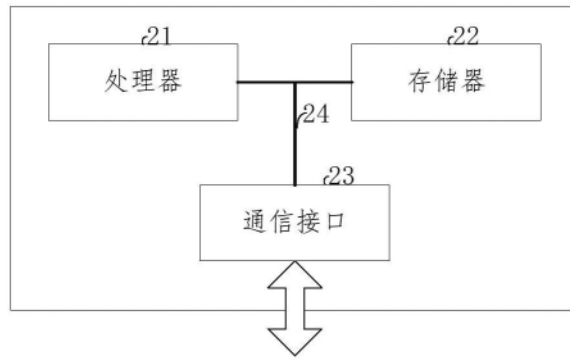


图4