

规划控制算法与不同性能线控底盘的适配性研究

宋朝忠

深圳市易成自动驾驶技术有限公司

DOI:10.12238/ems.v4i8.6045

[摘要] 通过对线控转向和线控换挡这两个典型的线控底盘典型性能进行分析,归纳总结了其控制策略和控制算法在设计时的通用原则和策略。在此基础上,本文根据规划控制算法的基本原理,对其与不同性能线控底盘的适配性进行研究。研究表明,在开发时需要综合考虑线控底盘各性能之间的相互影响和作用关系,通过对其进行合理规划,实现线控底盘在不同性能方面的最佳适配性。

[关键词] 线控底盘; 适配性; 动力传动系统

中图分类号: TH137.1 **文献标识码:** A

Research on the Adaptability of Planning Control Algorithm to Chassis-by-wire with Different Performance

Chaozhong Song

Shenzhen Echiev Autonomous Driving Technology Co., Ltd

[Abstract] By analyzing the typical performance of two typical chassis-by-wire, namely, wire-controlled steering and wire-controlled shifting, the general principles and strategies of its control strategy and control algorithm in the design are summarized. On this basis, according to the basic principle of planning control algorithm, the adaptability of it to different performance chassis-by-wire is studied. The results show that the interaction and relationship between the performances of the chassis-by-wire need to be comprehensively considered during development, and the best adaptability of the chassis-by-wire in different performance aspects can be achieved through reasonable planning.

[Key words] chassis-by-wire; adaptability; drivetrain

引言

规划控制算法与不同性能线控底盘的适配性研究需要结合车辆动力学建模、控制算法设计、参数调整与优化以及适配性评估等多个方面,可以实现规划控制算法与不同性能线控底盘的有效适配,并提高整体系统的控制性能、稳定性和适应性。

1 线控底盘典型性能

线控转向系统是线控底盘的重要组成部分,其控制策略的设计主要包括电机控制、转向助力控制和方向盘转角控制。其中,电机控制是指利用电机驱动系统实现转向助力和方向盘转角的控制,其控制方式包括直接转矩输出、电子差速、随动转向等;助力力矩和转向角则是通过驾驶员的操作来实现的,其控制方式包括直接转矩输出和电子差速。其中,直接转矩输出是指电机直接驱动方向盘转角,而电子差速则是指通过调节电机转速来实现车辆横摆角速度的调整。方向盘转角是指驾驶员输入的转角量,电子差速则是指通过调节电机转速来调节车轮转动速度。

线控换挡系统主要由离合器、变速器、执行机构等组成,

其主要功能是将驾驶员操作转换为汽车运行过程中所需的机械能。其结构主要包括离合器、变速器、执行机构等。线控悬架系统由底盘和悬架系统组成,其主要功能是将底盘承受的载荷传递给悬架系统,再由悬架系统将载荷传递给车轮,以实现对车身的支撑作用。线控悬架系统在设计时主要考虑其结构复杂、成本较高、安装空间要求严格等问题。在结构设计方面,由于线控悬架系统结构复杂,因此在设计时需要综合考虑其各部分的匹配关系。在性能方面,线控悬架系统具有良好的路感,且控制算法可以根据实际需求灵活配置。

线控转向系统和线控换挡系统各性能之间均存在着一定程度的耦合关系。线控转向系统主要通过电机控制、方向盘转角控制和车身姿态控制等来实现对转向角度的控制,而线控换挡系统则是通过电机直接驱动车轮实现对车辆行驶状态的控制。

2 线控转向

线控转向(Line-in Steering, LIP)是一种车辆自动执行转向的系统,它通过车载电子控制器直接驱动车轮和转向盘,代替传统汽车的方向盘和踏板,在紧急情况下能为驾驶员提供安全

可靠的驾驶。传统汽车方向盘的转向力矩是通过驾驶员操纵转向盘和车轮实现的,但这种方法存在一定的局限性,如会限制车辆的速度、加速度、操纵稳定性等。

为了解决上述问题,线控转向系统通过利用汽车转向时所产生的侧向力来直接控制车轮转向,实现了车辆自动转向。线控转向系统将动力传动系统与转向机构完全分离开来,实现了线控转向与传统机械转向技术的区别。

线控转向系统中,车辆通过一个液压或气压驱动的电机驱动车辆,而不是通过机械传动机构。与传统汽车不同,车辆在受到冲击时,线控转向系统需要先将传递给车轮的侧向力传递到转向盘上,然后再传递给转向盘。在线控转向系统中,为了使车轮获得合适的侧向加速度以及能够提供更大的侧向力矩,需要在各个阶段进行相应控制。而不同的控制策略能够在一定程度上影响车辆对各工况的适应能力。

2.1 线控底盘系统的组成

线控转向系统由传感器、控制器、执行器以及线控转向系统的执行机构组成。传感器负责获取车辆的状态信息,并将采集到的信息传递给控制器;控制器则负责控制执行器,以满足驾驶员的需求;执行器是一种执行机构,用于驱动车轮、转向盘等执行机构。

线控转向系统的执行机构主要包括电机、液压助力器以及悬架。其中,电机负责将液压助力器提供的助力直接传递到车轮上,实现了车辆的自动转向;而悬架则能够对车轮进行减震,减少路面与车身之间的作用力,从而提高车辆行驶的稳定性。在线控转向系统中,车辆需要根据驾驶员需求和工况需求来对各执行机构进行控制,而不是像传统汽车一样由驾驶员直接控制转向盘和车轮。

线控转向系统中有很多不同类型的执行机构。其中,液压助力器的主要功能是为驾驶员提供助力,并通过其将压力信号传递给执行机构;液压助力器在转向时会产生较大的扭矩,能够有效地减小驾驶员在方向盘操作时产生的压力。而液压助力器在转向时会产生较大的阻力,这也是线控转向系统与传统汽车最大的区别之一。线控转向系统中还有一些其他类型的执行机构,如电子控制单元(ECU)、线控助力模块以及线控阻尼模块等。其中电子控制单元(ECU)能够接收来自其他执行机构的信号并对其进行处理。

2.2 线控底盘规划控制算法研究

线控底盘规划控制算法的研究主要集中在两个方面:一是在线控底盘规划控制算法中,需要考虑转向时车辆的横摆角速度以及质心侧偏角这两个参数,并根据这两个参数来优化转向时的横摆角速度和质心侧偏角。

二是需要考虑车辆的安全性,在规划控制算法中,需要在保证车辆性能的同时,保证车辆在高速行驶时不发生侧翻。

对于第二个方面的研究,学者们已经提出了一些比较有效的算法。例如,黄宇涵等人提出了一种基于滑模控制理论的线控转向车辆横摆角速度和质心侧偏角跟踪控制算法。该算法采用

滑模控制理论设计了一个三自由度参考模型,并采用反馈线性化方法得到参考模型的滑模面。然后采用了一个基于误差和误差变化率的滑模控制器,来实现对参考模型的跟踪控制。但是在实际情况中,由于车辆在高速行驶时会出现较大的侧倾力矩,这种侧向力可能会导致车辆发生侧翻,因此这种算法并不适用于高速行驶时的车辆规划控制。

2.3 规划控制算法在线控底盘中的应用

在线控转向系统中,由于转向系统的复杂性,采用传统控制方法难以满足要求,因此规划控制算法应用广泛。

在车辆行驶过程中,由于转向系统的存在,车辆的横摆角速度和质心侧偏角会发生变化,导致车辆的横摆稳定性受到影响。因此,规划控制算法需要对横摆角速度和质心侧偏角进行相应的控制。

在规划控制算法中,最常用的方法是路径规划方法,也就是对车辆进行路径规划。当车辆在行驶过程中受到冲击时,转向系统会通过横摆角速度和质心侧偏角进行相应的控制,来确保车辆行驶过程中不会发生侧翻、侧滑等危险情况。

在规划控制算法中,有两种常用的路径规划算法:线性二次型最优控制(LQR)和蚁群算法(ACO)。其中线性二次型最优控制需要确定车辆在行驶过程中的轨迹;而蚁群算法则是通过选择合适的路径来找到最优解。

3 线控换挡

线控换挡是指在驾驶员操作下,由动力传动系统完成车辆的换挡过程。其典型工作流程如下:发动机通过离合器将动力传递至变速器,变速器将动力传递至驱动轮,驱动轮将动力传递至路面。驾驶员通过油门踏板控制车辆的加速或减速。在直线行驶过程中,驾驶员可通过方向盘直接控制车辆行驶的方向;而在弯道行驶过程中,驾驶员只需控制油门踏板即可实现车辆的减速或加速。

线控换挡控制策略包括:(1)换挡执行器的选择;(2)执行器的结构设计;(3)执行器的动力学分析及建模;(4)执行器的控制策略及算法设计等。线控换挡控制策略中涉及的主要控制算法包括:(1)离合器的接合与分离策略;(2)动力传动系统动力分配策略;(3)动力传动系统动力学模型及模型修正算法;(4)换挡执行器参数优化及控制算法设计等。

3.1 离合器

离合器接合与分离的过程,是汽车换挡过程中最关键的环节之一,也是车辆动力学分析的重点。目前,国内外各大主机厂均将线控技术应用于车辆的换挡过程中。由于传统离合器采用机械式结构,因此在线控换挡过程中,离合器接合与分离速度较慢,导致车辆换挡时速度较慢。本文针对不同性能车辆的线控换挡控制策略进行了仿真分析。结果表明:当发动机转速高于一定值时,线控底盘可以实现正常的换挡;当发动机转速低于一定值时,线控底盘不能正常换挡;当发动机转速高于一定值时,线控底盘在低速或高速运行过程中都不能实现正常换挡。因此,从实现线控换挡的角度来看,应该选择合适的发动机转速。

3. 2动力传动系统

动力传动系统主要包括发动机、变速器、驱动轮和传动轴等部件,其动力传动系统的形式可分为机械式、液压式和电驱动式3种。其中,机械式换挡机构结构简单,但可靠性较低;液压式换挡机构结构复杂,但可靠性较高;电驱动式换挡机构具有可靠性高、响应快等特点,但存在成本高的问题。

在线控换挡控制策略中,考虑到整车行驶性能及控制策略要求等因素,不同类型的动力传动系统在控制策略上均存在一定的差异性。对于传统机械结构的机械式换挡系统,其结构简单、可靠性高,但控制策略中需考虑驾驶员意图等因素;对于液压式换挡系统及电驱动式换挡系统,其结构复杂、成本高且控制策略中需考虑驾驶员意图等因素。

4 规划控制算法

规划控制算法是一种以给定目标函数、约束条件和目标函数的优化求解方法,其实质是一种非线性最优控制算法,该算法通过迭代求解的方式对问题进行求解,能够在满足约束条件的前提下,获得最优解。规划控制算法适用于非线性、强耦合、高约束的非线性系统,但其求解过程较为复杂,容易陷入局部最优解,且在求解时会占用大量的计算资源。

规划控制算法与常规的PID控制算法相比,具有以下优点:

(1)能够对汽车在不同工况下的响应进行动态优化,以实现汽车的最佳控制;(2)在考虑系统状态约束、车辆状态约束和质量约束等多重约束条件下进行优化求解;(3)规划控制算法能够极大地减少汽车转向系统与驱动系统之间的耦合程度。

因此,规划控制算法作为一种先进的控制方法,具有良好的发展前景。在线控底盘中,由于其具有较高的结构复杂度和较大的控制难度,因此采用规划控制算法进行线控底盘开发具有一定难度。由于规划控制算法适用于非线性、强耦合、高约束的非线性系统,因此本文将采用基于规划控制算法的线控底盘开发策略进行研究。

4.1 算法流程

根据以上分析,本文采用规划控制算法开发线控底盘。在本研究中,采用的规划控制算法为LQR控制算法,其中,LQR控制算法是一种非线性最优控制算法。LQR控制算法的主要思想为:汽车在运行过程中,车辆的质心侧偏角应保持恒定不变,同时汽车需要根据当前速度和当前转向角度计算下一时刻的质心侧偏角,并将计算出的质心侧偏角反馈给横摆力矩控制器。当汽车转向角度增大时,横摆力矩控制器将增大横摆力矩以使汽车稳定。在满足上述约束条件的前提下,汽车的横摆角速度与质心侧偏角

均可进行调节。当汽车质心侧偏角和横摆力矩发生变化时,汽车就可以通过对当前速度和当前转向角度的调整来实现对车辆状态和行驶工况的最优控制。基于以上思想,规划控制算法首先通过优化算法获得最优控制目标函数;然后将其代入优化算法进行求解。

4.2 算法分析

根据线控底盘的结构特点,其具有多个自由度,包括纵向自由度、横向自由度和垂向自由度,因此对其进行规划控制的过程如下:(1)对于纵向动力学,将汽车纵向动力学方程中的侧向加速度和横摆角速度作为状态变量,建立目标函数;(2)对于横向动力学,将汽车横向动力学方程中的纵向加速度和横摆角速度作为状态变量,建立目标函数;(3)对于垂向动力学,将汽车垂向动力学方程中的侧向加速度和横摆角速度作为状态变量,建立目标函数。然后对上述三个目标函数进行迭代求解,以获得满足系统约束条件的最优控制。其中,对汽车纵向动力学和横向动力学分别进行控制时,可以采用相同的控制策略。

5 结语

本文对线控底盘的基本结构和工作原理进行了介绍,并分析了线控底盘在线控转向、线控换挡和线控悬架三个方面的典型性能,指出了其控制策略和算法在设计时的通用原则和策略,并结合规划控制算法的基本原理对这三种线控底盘在不同性能方面进行了适配性研究。研究表明:线控底盘开发时需要各项性能进行综合考虑,以实现线控底盘各性能之间的最佳适配性,提高线控底盘的整体性能。

[深圳市科创委项目]

项目编号:JSGG20201103093402007,项目名称:重2021095 5G群体智能无人专用车系统关键技术研发。

[参考文献]

- [1]线控底盘赛道火起来了[J].汽车纵横,2022,No.138(9):30.
- [2]黎冲森.线控底盘窗口期来临[J].汽车纵横,2022,No.138(09):31-35.
- [3]郑雪芹.线控底盘是未来发展趋势[J].汽车纵横,2021,No.128(11):80-83.
- [4]甄文媛.聚焦线控底盘领域,舍弗勒发力智能化新赛道[J].汽车纵横,2022,No.138(09):66-69.

作者简介:

宋朝忠(1975--),男,汉族,山东人,本科,从事自动驾驶技术的研究及开发。