



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113246961 B

(45) 授权公告日 2024. 06. 18

(21) 申请号 202110182717.2

(22) 申请日 2021.02.10

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113246961 A

(43) 申请公布日 2021.08.13

(30) 优先权数据
16/787698 2020.02.11 US

(73) 专利权人 通用汽车环球科技运作有限责任公司

地址 美国密执安州

(72) 发明人 S·A·纳希迪 S·K·马哈巴迪
J·H·霍尔布鲁克 谭华林
B·B·利特库希

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

专利代理师 邓雪萌 王丽辉

(51) Int.Cl.
B60W 30/02 (2012.01)
B60W 10/06 (2006.01)
B60W 10/02 (2006.01)
B60W 10/08 (2006.01)
B60W 10/14 (2012.01)
B60W 10/30 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 105599637 A, 2016.05.25
CN 101288081 A, 2008.10.15
WO 2008092003 A2, 2008.07.31
KR 20180060734 A, 2018.06.07

审查员 王磊

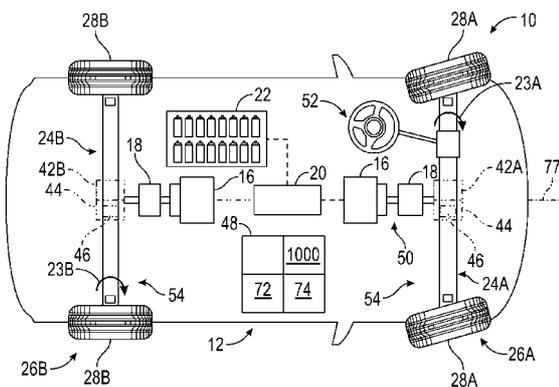
权利要求书3页 说明书19页 附图5页

(54) 发明名称

控制车辆稳定性的系统和方法

(57) 摘要

用于带有标准的稳定性特征的集成车轮和车身动态控制的架构和方法。控制车辆的稳定性的方法以及用于车辆的稳定性控制系统。基于驾驶员输入数据确定驾驶员命令。向一个或多个车辆系统发送至少一个输出命令,以基于驾驶员命令控制车辆的稳定性。控制器基于控制层级发送输出命令,控制层级提供控制器控制车辆的车身运动、车辆的车轮滑移、以及车辆的标准稳定性的顺序,以控制车辆的稳定性。顺序指令在控制器控制车辆的标准稳定性之前,控制器控制车辆的车身运动和车辆的车轮滑移。经由控制层级如指令地基于发送的输出命令,控制车辆系统中的一个或多个的状态。



1. 一种控制车辆的稳定性的方法,所述方法包括:

经由控制器收集驾驶员输入数据;

基于所述驾驶员输入数据确定驾驶员命令;

经由所述控制器向一个或多个车辆系统发送至少一个输出命令,以基于所述驾驶员命令控制所述车辆的稳定性;

其中,所述控制器基于控制层级发送所述输出命令,所述控制层级提供所述控制器控制所述车辆的车身运动、所述车辆的车轮滑移、以及所述车辆的标准稳定性的顺序,以控制所述车辆的稳定性;

其中,所述顺序指令在所述控制器控制所述车辆的所述标准稳定性之前,所述控制器控制所述车辆的所述车身运动和所述车辆的所述车轮滑移;并且

经由所述控制层级如指令地基于发送的所述输出命令,控制所述车辆系统中的一个或多个的状态,

所述控制层级还包括:

所述顺序指令所述控制器首先控制所述车辆的所述车身运动,并且如果所述车辆的一个或多个车轮指示不稳定行为,那么所述控制器控制所述车辆的所述车轮滑移,并且然后如果所述车身运动和所述车轮未如请求地行为,那么所述控制器控制所述车辆的所述标准稳定性;或者

所述顺序指令所述控制器一起控制所述车身运动和所述车轮滑移,并且如果所述车身运动和所述车辆的一个或多个车轮未如请求地行为,那么所述控制器控制所述车辆的标准稳定性。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述车辆系统包括多个致动器;并且其中,发送所述输出命令包括,向所述车辆系统的一个或多个的致动器中的至少一个发送所述输出命令,以控制所述车辆的所述车身运动和所述车辆的所述车轮滑移。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,控制所述状态包括基于所述输出命令控制所述致动器中的一个或多个的所述状态。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述致动器包括电动机、离合器、电子限滑变速器、主动空气动力学组件、以及发动机/轴转矩致动器;并且其中,控制所述状态还包括选择性地致动所述电动机、所述离合器、所述电子限滑变速器、所述主动空气动力学组件、和所述发动机/轴转矩致动器中的至少一个。

5. 根据权利要求4所述的方法,还包括彼此间隔开的前轴和后轴;并且其中,控制所述状态还包括选择性地致动所述电子限滑变速器,以控制相应的所述前轴和相应的所述后轴的横向转矩分布以控制所述车轮滑移。

6. 根据权利要求2所述的方法,还包括彼此间隔开的前轴和后轴,并且所述致动器中的至少一个联接到所述前轴和所述后轴中的一个,并且其中,控制所述状态还包括选择性地致动联接到所述前轴和所述后轴中的一个的所述致动器中的至少一个,以控制前至后轴转矩。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述致动器包括联接到所述前轴和所述后轴中的另一个的电子限滑变速器,并且其中,控制所述状态还包括选择性地致动所述电子限滑变速器,以控制相应的所述前轴和相应的所述后轴的横向转矩分布以控制所述车轮滑移。

8. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述致动器中的一个联接到所述前轴以控制所述前轴的轴转矩,并且所述致动器中的另一个联接到所述后轴以控制前至后轴转矩,并且其中,控制所述状态还包括选择性地致动联接到所述前轴的所述致动器并选择性地致动联接到所述后轴的所述致动器。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述致动器包括联接到所述前轴和所述后轴中的一个的电子限滑变速器,并且其中,控制所述状态还包括选择性地致动所述电子限滑变速器,以控制相应的所述前轴和相应的所述后轴的横向转矩分布以控制所述车轮滑移。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述驾驶员输入数据包括经由加速器的所述车辆的加速度的量、经由转向输入的所述车辆的转向角、所述车辆沿纵向轴线的速率、以及经由制动器的所述车辆的制动的量,并且其中,确定所述驾驶员命令包括基于所述加速度的量、所述转向角、所述车辆的所述速率、和所述制动的量确定所述驾驶员命令。

11. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述车辆系统包括牵引控制系统、防抱死制动系统、和电子稳定性控制系统,所述牵引控制系统、所述防抱死制动系统、和所述电子稳定性控制系统是在所述车辆的所述标准稳定性中进行控制的车辆系统。

12. 根据权利要求1所述的方法,还包括,经由所述控制器,基于在重心点处的所述车辆的横向速度、在所述重心点处的所述车辆的横摆率、以及在所述重心点处的所述车辆的总横摆力矩计算目标车身运动,并且其中,发送所述输出命令还包括基于所述目标车身运动发送所述输出命令以控制所述车辆的所述车身运动。

13. 根据权利要求1所述的方法,还包括,经由所述控制器,基于车轮的惯性矩、所述车轮的驱动转矩、和所述车轮的制动转矩计算目标车轮运动,并且其中,发送所述输出命令还包括基于所述目标车轮运动发送所述输出命令以控制所述车辆的所述车轮滑移。

14. 根据权利要求1所述的方法:

其中,所述驾驶员输入数据包括经由加速器的所述车辆的加速度的量、经由转向输入的所述车辆的转向角、所述车辆沿纵向轴线的速率、以及经由制动器的所述车辆的制动的量,并且其中,确定所述驾驶员命令包括基于所述加速度的量、所述转向角、所述车辆的所述速率、和所述制动的量确定所述驾驶员命令;

其中,所述车辆系统包括牵引控制系统、防抱死制动系统、和电子稳定性控制系统,所述牵引控制系统、所述防抱死制动系统、和所述电子稳定性控制系统是在所述车辆的所述标准稳定性中进行控制的车辆系统;

还包括,经由所述控制器,基于在重心点处的所述车辆的横向速度、在所述重心点处的所述车辆的横摆率、以及在所述重心点处的所述车辆的总横摆力矩计算目标车身运动,并且其中,发送所述输出命令还包括基于所述目标车身运动发送所述输出命令以控制所述车辆的所述车身运动;并且

还包括,经由所述控制器,基于车轮的惯性矩、所述车轮的驱动转矩、和所述车轮的制动转矩计算目标车轮运动,并且其中,发送所述输出命令还包括基于所述目标车轮运动发送所述输出命令以控制所述车辆的所述车轮滑移。

15. 一种用于车辆的稳定性控制系统,所述稳定性控制系统包括:

前轴;

与所述前轴间隔开的后轴;

联接到所述前轴的第一组车轮；
联接到所述后轴的第二组车轮；
包括处理器的控制器,所述处理器配置为执行来自存储器的指令,并且其中,所述控制器配置为:

收集驾驶员输入数据;
基于所述驾驶员输入数据确定驾驶员命令;
向一个或多个车辆系统发送至少一个输出命令,以基于所述驾驶员命令控制所述车辆的稳定性;

其中,所述控制器基于控制层级发送所述输出命令,所述控制层级提供所述控制器控制所述车辆的车身运动、所述车辆的所述第一组车轮和所述第二组车轮中的一个或多个的车轮滑移、以及所述车辆的标准稳定性的顺序,以控制所述车辆的稳定性;

其中,所述顺序指令在所述控制器控制所述车辆的所述标准稳定性之前,所述控制器控制所述车辆的所述车身运动和所述车辆的所述车轮滑移;并且

经由所述控制层级如指令地基于发送的所述输出命令,控制所述车辆系统中的一个或多个的状态,

其中,所述控制层级还包括:

所述顺序指令所述控制器首先控制所述车辆的所述车身运动,并且如果所述车辆的一个或多个车轮指示不稳定行为,那么所述控制器控制所述车辆的所述车轮滑移,并且然后如果所述车身运动和所述车轮未如请求地行为,那么所述控制器控制所述车辆的所述标准稳定性;或者

所述顺序指令所述控制器一起控制所述车身运动和所述车轮滑移,并且如果所述车身运动和所述车辆的一个或多个车轮未如请求地行为,那么所述控制器控制所述车辆的标准稳定性。

16. 根据权利要求15所述的系统,其中:

所述车辆系统包括多个致动器,并且所述致动器中的至少一个联接到所述前轴和所述后轴中的一个,并且其中,所述控制器配置为经由选择性地致动联接到所述前轴和所述后轴中的一个的所述致动器中的至少一个控制所述状态,以控制前至后轴转矩,

所述驾驶员输入数据包括经由加速器的所述车辆的加速度的量、经由转向输入的所述车辆的转向角、所述车辆沿纵向轴线的速率、以及经由制动器的所述车辆的制动的量,并且其中,所述控制器配置为确定所述驾驶员命令包括基于所述加速度的量、所述转向角、所述车辆的所述速率、和所述制动的量确定所述驾驶员命令;并且

所述车辆系统包括牵引控制系统、防抱死制动系统、和电子稳定性控制系统,所述牵引控制系统、所述防抱死制动系统、和所述电子稳定性控制系统是在所述车辆的所述标准稳定性中进行控制的车辆系统。

控制车辆稳定性的系统和方法

背景技术

[0001] 车辆已经设计为带有不同的驱动系统。例如,一些车辆驱动系统可是后轮驱动、前轮驱动或全轮驱动(AWD)。根据驱动系统配置,在车辆沿道路转向期间,车辆可具有以某种方式移动的倾向。例如,当AWD车辆沿道路的弯道行驶时,轴转矩可导致车辆转向不足或车辆转向过度。

发明内容

[0002] 本公开提供了控制车辆的稳定性的方法。经由控制器收集驾驶员输入数据。基于驾驶员输入数据确定驾驶员命令。经由控制器向一个或多个车辆系统发送至少一个输出命令,以基于驾驶员命令控制车辆的稳定性。控制器基于控制层级发送输出命令,该控制层级提供控制器控制车辆的车身运动、车辆的车轮滑移、以及车辆的标准稳定性的顺序,以控制车辆的稳定性。该顺序指令在控制器控制车辆的标准稳定性之前,控制器控制车辆的车身运动和车辆的车轮滑移。经由控制层级如指令地基于发送的输出命令,控制车辆系统中的一个或多个的状态。

[0003] 在一个方面中,控制层级还包括,顺序指令控制器首先控制车辆的车身运动,并且如果车辆的一个或多个车轮指示不稳定行为,然后控制器控制车辆的车轮滑移,并且然后如果车身运动和车轮未如请求地行为,然后控制器控制车辆的标准稳定性。

[0004] 在另一方面中,控制层级还包括,顺序指令控制器一起控制车身运动和车轮滑移,并且如果车身运动和车辆的一个或多个车轮未如请求地行为,然后控制器控制车辆的标准稳定性。

[0005] 在一个方面中,车辆系统包括多个致动器。向车辆系统的一个或多个的致动器中的至少一个发送输出命令,以控制车辆的车身运动和车辆的车轮滑移。因此,在某些配置中,基于输出命令控制致动器中的一个或多个的状态。此外,在某些配置中,致动器包括电动机、离合器、电子限滑差速器(eLSD)、主动空气动力学组件、以及发动机/轴转矩致动器,并且选择性地致动电动机、离合器、eLSD、主动空气动力学组件、和发动机/轴转矩致动器中的至少一个以控制状态。

[0006] 在另一方面中,前轴和后轴彼此间隔开。选择性地致动eLSD,以控制相应的前轴和相应的后轴的横向转矩分布以控制车轮滑移。

[0007] 在又另一方面中,致动器中的至少一个联接到前轴和后轴中的一个。选择性地致动联接到前轴和后轴中的一个的致动器中的至少一个,以控制前至后轴转矩。

[0008] 在另一方面中,eLSD联接到前轴和后轴中的另一个。选择性地致动eLSD以控制相应的前轴和相应的后轴的横向转矩分布以控制车轮滑移。

[0009] 在又另一方面中,致动器中的一个联接到前轴以控制前轴的轴转矩,并且致动器中的另一个联接到后轴以控制前至后轴转矩。选择性地致动联接到前轴的致动器并选择性地致动联接到后轴的致动器。

[0010] 在一个方面中,eLSD联接到前轴和后轴中的一个。选择性地致动eLSD以控制相应

的前轴和相应的后轴的横向转矩分布以控制车轮滑移。

[0011] 在另一方面中,驾驶员输入数据包括经由加速器的车辆的加速度的量、经由转向输入的车辆的转向角、车辆沿纵向轴线的速率、以及经由制动器的车辆的制动的量。基于加速度的量、转向角、车辆的速率、和制动的量确定驾驶员命令。

[0012] 在又另一方面中,车辆系统包括牵引控制系统、防抱死制动系统、和电子稳定性控制系统,该牵引控制系统、防抱死制动系统、和电子稳定性控制系统是在车辆的标准稳定性中进行控制的车辆系统。

[0013] 在又另一方面中,经由控制器,基于在重心点处的车辆的横向速度、在重心点处的车辆的横摆率、以及在重心点处的车辆的总横摆力矩计算目标车身运动。基于目标车身运动发送输出命令以控制车辆的车身运动。

[0014] 在又另一方面中,经由控制器,基于车轮的惯性矩、车轮的驱动转矩、和车轮的制动转矩计算目标车轮运动。基于目标车轮运动发送输出命令以控制车辆的车轮滑移。

[0015] 本公开还提供了用于车辆的稳定性控制系统,该车辆包括前轴和与前轴间隔开的后轴。第一组车轮联接到前轴,并且第二组车轮联接到后轴。控制器包括处理器,该处理器配置为执行来自存储器的指令。控制器配置为收集驾驶员输入数据,并基于驾驶员输入数据确定驾驶员命令。控制器还配置为向一个或多个车辆系统发送至少一个输出命令,以基于驾驶员命令控制车辆的稳定性。控制器基于控制层级发送输出命令,控制层级提供控制器控制车辆的车身运动、车辆的第一组车轮和第二组车轮中的一个或多个的车轮滑移、以及车辆的标准稳定性的顺序,以控制车辆的稳定性。该顺序指令在控制器控制车辆的标准稳定性之前,控制器控制车辆的车身运动和车辆的车轮滑移。控制器还配置为经由控制层级如指令地基于发送的输出命令,控制车辆系统中的一个或多个的状态。

[0016] 在一个方面中,控制层级还包括,顺序指令控制器首先控制车辆的车身运动,并且如果车辆的一个或多个车轮指示不稳定行为,然后控制器控制车辆的车轮滑移,并且然后如果车身运动和车轮未如请求地行为,然后控制器控制车辆的标准稳定性。

[0017] 在另一方面中,控制层级还包括,顺序指令控制器一起控制车身运动和车轮滑移,并且如果车身运动和车辆的一个或多个车轮未如请求地行为,然后控制器控制车辆的标准稳定性。

[0018] 在一个方面中,车辆系统包括多个致动器,并且致动器中的至少一个联接到前轴和后轴中的一个。控制器配置为选择性地致动联接到前轴和后轴中的一个的致动器中的至少一个,以控制前至后轴转矩。

[0019] 在另一方面中,致动器中的一个包括联接到前轴和后轴中的另一个的电子限滑差速器(eLSD)。控制器配置为选择性地致动eLSD以控制相应的前轴和相应的后轴的横向转矩分布,以控制车辆的第一组车轮和第二组车轮中的一个或多个的车轮滑移。

[0020] 在又另一方面中,控制器配置为,基于在重心点处的车辆的横向速度、在重心点处的车辆的横摆率、以及在重心点处的车辆的总横摆力矩计算目标车身运动。控制器配置为,基于目标车身运动发送输出命令以控制车辆的车身运动。

[0021] 在又另一方面中,控制器配置为,基于车轮的惯性矩、车轮的驱动转矩、和车轮的制动转矩计算目标车轮运动。控制器配置为,基于目标车轮运动发送输出命令以控制车辆的第一组车轮和第二组车轮中的一个或多个的车轮滑移。

[0022] 在另一方面中,驾驶员输入数据包括经由加速器的车辆的加速度的量、经由转向输入的车辆的转向角、车辆沿纵向轴线的速率、以及经由制动器的车辆的制动的量。控制器配置为确定驾驶员命令,在某些配置中,包括基于加速度的量、转向角、车辆的速率、和制动的量确定驾驶员命令。

[0023] 在又另一方面中,车辆系统包括牵引控制系统、防抱死制动系统、和电子稳定性控制系统,该牵引控制系统、防抱死制动系统、和电子稳定性控制系统是在车辆的标准稳定性中进行控制的车辆系统。

[0024] 详细描述和绘图或附图对本公开是支持性和描述性的,但是本公开的范围仅由权利要求限定。尽管已经详细描述了用于实现权利要求的最佳模式和其他配置中的一些,但是存在用于实施限定在所附权利要求中的公开的多种替代设计和配置。

[0025] 本发明还提供了以下技术方案:

[0026] 1.一种控制车辆的稳定性的方法,所述方法包括:

[0027] 经由控制器收集驾驶员输入数据;

[0028] 基于所述驾驶员输入数据确定驾驶员命令;

[0029] 经由所述控制器向一个或多个车辆系统发送至少一个输出命令,以基于所述驾驶员命令控制所述车辆的稳定性;

[0030] 其中,所述控制器基于控制层级发送所述输出命令,所述控制层级提供所述控制器控制所述车辆的车身运动、所述车辆的车轮滑移、以及所述车辆的标准稳定性的顺序,以控制所述车辆的稳定性;

[0031] 其中,所述顺序指令在所述控制器控制所述车辆的所述标准稳定性之前,所述控制器控制所述车辆的所述车身运动和所述车辆的所述车轮滑移;并且

[0032] 经由所述控制层级如指令地基于发送的所述输出命令,控制所述车辆系统中的一个或多个的状态。

[0033] 2.根据方案1所述的方法,其中,所述控制层级还包括,所述顺序指令所述控制器首先控制所述车辆的所述车身运动,并且如果所述车辆的一个或多个车轮指示不稳定行为,那么所述控制器控制所述车辆的所述车轮滑移,并且然后如果所述车身运动和所述车轮未如请求地行为,那么所述控制器控制所述车辆的标准稳定性。

[0034] 3.根据方案1所述的方法,其中,所述控制层级还包括,所述顺序指令所述控制器一起控制所述车身运动和所述车轮滑移,并且如果所述车身运动和所述车辆的一个或多个车轮未如请求地行为,那么所述控制器控制所述车辆的标准稳定性。

[0035] 4.根据方案1所述的方法,其中,所述车辆系统包括多个致动器;并且其中,发送所述输出命令包括,向所述车辆系统的一个或多个的致动器中的至少一个发送所述输出命令,以控制所述车辆的所述车身运动和所述车辆的所述车轮滑移。

[0036] 5.根据方案4所述的方法,其中,控制所述状态包括基于所述输出命令控制所述致动器中的一个或多个的所述状态。

[0037] 6.根据方案5所述的方法,其中,所述致动器包括电动机、离合器、电子限滑差速器(eLSD)、主动空气动力学组件、以及发动机/轴转矩致动器;并且其中,控制所述状态还包括选择性地致动所述电动机、所述离合器、所述eLSD、所述主动空气动力学组件、和所述发动机/轴转矩致动器中的至少一个。

[0038] 7. 根据方案6所述的方法,还包括彼此间隔开的前轴和后轴;并且其中,控制所述状态还包括选择性地致动所述eLSD,以控制相应的所述前轴和相应的所述后轴的横向转矩分布以控制所述车轮滑移。

[0039] 8. 根据方案4所述的方法,还包括彼此间隔开的前轴和后轴,并且所述致动器中的至少一个联接到所述前轴和所述后轴中的一个,并且其中,控制所述状态还包括选择性地致动联接到所述前轴和所述后轴中的一个的所述致动器中的至少一个,以控制前至后轴转矩。

[0040] 9. 根据方案8所述的方法,其中,所述致动器包括联接到所述前轴和所述后轴中的另一个的电子限滑差速器(eLSD),并且其中,控制所述状态还包括选择性地致动所述eLSD,以控制相应的所述前轴和相应的所述后轴的横向转矩分布以控制所述车轮滑移。

[0041] 10. 根据方案8所述的方法,其中,所述致动器中的一个联接到所述前轴以控制所述前轴的轴转矩,并且所述致动器中的另一个联接到所述后轴以控制前至后轴转矩,并且其中,控制所述状态还包括选择性地致动联接到所述前轴的所述致动器并选择性地致动联接到所述后轴的所述致动器。

[0042] 11. 根据方案10所述的方法,其中,所述致动器包括联接到所述前轴和所述后轴中的一个的电子限滑差速器(eLSD),并且其中,控制所述状态还包括选择性地致动所述eLSD,以控制相应的所述前轴和相应的所述后轴的横向转矩分布以控制所述车轮滑移。

[0043] 12. 根据方案1所述的方法,其中,所述驾驶员输入数据包括经由加速器的所述车辆的加速度的量、经由转向输入的所述车辆的转向角、所述车辆沿纵向轴线的速率、以及经由制动器的所述车辆的制动的量,并且其中,确定所述驾驶员命令包括基于所述加速度的量、所述转向角、所述车辆的所述速率、和所述制动的量确定所述驾驶员命令。

[0044] 13. 根据方案1所述的方法,其中,所述车辆系统包括牵引控制系统、防抱死制动系统、和电子稳定性控制系统,所述牵引控制系统、所述防抱死制动系统、和所述电子稳定性控制系统是在所述车辆的所述标准稳定性中进行控制的车辆系统。

[0045] 14. 根据方案1所述的方法,还包括,经由所述控制器,基于在重心点处的所述车辆的横向速度、在所述重心点处的所述车辆的横摆率、以及在所述重心点处的所述车辆的总横摆力矩计算目标车身运动,并且其中,发送所述输出命令还包括基于所述目标车身运动发送所述输出命令以控制所述车辆的所述车身运动。

[0046] 15. 根据方案1所述的方法,还包括,经由所述控制器,基于车轮的惯性矩、所述车轮的驱动转矩、和所述车轮的制动转矩计算目标车轮运动,并且其中,发送所述输出命令还包括基于所述目标车轮运动发送所述输出命令以控制所述车辆的所述车轮滑移。

[0047] 16. 根据方案1所述的方法:

[0048] 其中,所述驾驶员输入数据包括经由加速器的所述车辆的加速度的量、经由转向输入的所述车辆的转向角、所述车辆沿纵向轴线的速率、以及经由制动器的所述车辆的制动的量,并且其中,确定所述驾驶员命令包括基于所述加速度的量、所述转向角、所述车辆的所述速率、和所述制动的量确定所述驾驶员命令;

[0049] 其中,所述车辆系统包括牵引控制系统、防抱死制动系统、和电子稳定性控制系统,所述牵引控制系统、所述防抱死制动系统、和所述电子稳定性控制系统是在所述车辆的所述标准稳定性中进行控制的车辆系统;

[0050] 还包括,经由所述控制器,基于在重心点处的所述车辆的横向速度、在所述重心点处的所述车辆的横摆率、以及在所述重心点处的所述车辆的总横摆力矩计算目标车身运动,并且其中,发送所述输出命令还包括基于所述目标车身运动发送所述输出命令以控制所述车辆的所述车身运动;并且

[0051] 还包括,经由所述控制器,基于车轮的惯性矩、所述车轮的驱动转矩、和所述车轮的制动转矩计算目标车轮运动,并且其中,发送所述输出命令还包括基于所述目标车轮运动发送所述送输出命令以控制所述车辆的所述车轮滑移。

[0052] 17. 一种用于车辆的稳定性控制系统,所述稳定性控制系统包括:

[0053] 前轴;

[0054] 与所述前轴间隔开的后轴;

[0055] 联接到所述前轴的第一组车轮;

[0056] 联接到所述后轴的第二组车轮;

[0057] 包括处理器的控制器,所述处理器配置为执行来自存储器的指令,并且其中,所述控制器配置为:

[0058] 收集驾驶员输入数据;

[0059] 基于所述驾驶员输入数据确定驾驶员命令;

[0060] 向一个或多个车辆系统发送至少一个输出命令,以基于所述驾驶员命令控制所述车辆的稳定性;

[0061] 其中,所述控制器基于控制层级发送所述输出命令,所述控制层级提供所述控制器控制所述车辆的车身运动、所述车辆的所述第一组车轮和所述第二组车轮中的一个或多个的车轮滑移、以及所述车辆的标准稳定性的顺序,以控制所述车辆的稳定性;

[0062] 其中,所述顺序指令在所述控制器控制所述车辆的所述标准稳定性之前,所述控制器控制所述车辆的所述车身运动和所述车辆的所述车轮滑移;并且

[0063] 经由所述控制层级如指令地基于发送的所述输出命令,控制所述车辆系统中的一个或多个的状态。

[0064] 18. 根据方案17所述的系统,其中,所述控制层级还包括,所述顺序指令所述控制器首先控制所述车辆的所述车身运动,并且如果所述车辆的一个或多个车轮指示不稳定行为,那么所述控制器控制所述车辆的所述车轮滑移,并且然后如果所述车身运动和所述车轮未如请求地行为,那么所述控制器控制所述车辆的所述标准稳定性。

[0065] 19. 根据方案17所述的系统,其中,所述控制层级还包括,所述顺序指令所述控制器一起控制所述车身运动和所述车轮滑移,并且如果所述车身运动和所述车辆的一个或多个车轮未如请求地行为,那么所述控制器控制所述车辆的标准稳定性。

[0066] 20. 根据方案17所述的系统,其中:

[0067] 所述车辆系统包括多个致动器,并且所述致动器中的至少一个联接到所述前轴和所述后轴中的一个,并且其中,所述控制器配置为经由选择性地致动联接到所述前轴和所述后轴中的一个的所述致动器中的至少一个控制所述状态,以控制前至后轴转矩,

[0068] 所述驾驶员输入数据包括经由加速器的所述车辆的加速度的量、经由转向输入的所述车辆的转向角、所述车辆沿纵向轴线的速率、以及经由制动器的所述车辆的制动的量,并且其中,所述控制器配置为确定所述驾驶员命令包括基于所述加速度的量、所述转向角、

所述车辆的所述速率、和所述制动的量确定所述驾驶员命令；并且

[0069] 所述车辆系统包括牵引控制系统、防抱死制动系统、和电子稳定性控制系统，所述牵引控制系统、所述防抱死制动系统、和所述电子稳定性控制系统是在所述车辆的所述标准稳定性中进行控制的车辆系统。

附图说明

[0070] 图1是车辆的示意图。

[0071] 图2是在期望路径和转向过度路径上沿道路行驶的车辆的示意图。

[0072] 图3是在期望路径和转向不足路径上沿道路行驶的车辆的示意图。

[0073] 图4是控制车辆的稳定性的方法的示意图。

[0074] 图5是轮胎的示意透视图。

[0075] 图6是标识多种力、力矩、转向角等的车辆的示意图。

[0076] 图7是车轮相对于道路的示意图。

具体实施方式

[0077] 本领域普通技术人员将认识到，所有方向性参考（例如，上方、下方、向上、上、向下、下、顶、底、左、右、竖直、水平等）均描述性地用于附图以帮助读者理解，并且不表示对如由所附权利要求限定的本公开的范围的限制（例如，对位置、朝向、或用途等的限制）。

[0078] 参考附图，其中，贯穿若干视图，相似的附图标记指示相似或对应的部分，在图1中总体上示出了可移动平台，诸如车辆10。稳定性控制系统12和对应的方法1000可实施在车辆10中，以在车辆10沿道路14行驶时提高车辆10的稳定性和操纵性。稳定性控制系统12和方法1000增强了车身动态控制，并且在不会在多种操纵操作中不会失去车轮动态控制。车身和车轮动态控制与标准控制特征协调，这将在下面进一步讨论。

[0079] 车辆10的非限制性示例可包括汽车、卡车、摩托车、越野车、农用车、船舶、飞机、有轨车辆、或任何其他合适的可移动平台。另外，车辆10可是混合动力车辆、电动车辆、燃气动力或柴油动力车辆，或任何其他可移动的车辆等。应当理解，替代地，可使用非车辆应用，诸如农用设备、机器人、输送机、运输平台等。为了说明的目的，在下文中将在车辆10的背景下描述图1的可移动平台，而总体上不将本教导限制于车辆应用。

[0080] 继续图1，车辆10可包括发动机16和联接到发动机16的变速器18。可使用任何合适的发动机16，并且非限制性的示例可包括内燃机、一个或多个电动机等及其组合。通常，变速器18联接到发动机16以接收从发动机16输出的转矩。图1示出了具有两个电动机的能力，其中电动机中的每个都电连接到功率逆变器20；并且具有不同选择的能力，其中一个电动机电连接到功率逆变器20并且分开的内燃机不电连接到功率逆变器20。在功率逆变器20与标有数字16的框中的一个之间的虚线（划-点-划-点-划-点-划-点）指示可选的电连接，这取决于所使用的发动机16的类型。功率逆变器20与动力源22（诸如一个或多个电池等）电通信。

[0081] 发动机16可包括输出轴，并且变速器18可包括输入构件。发动机16的输出轴以发动机速率旋转，并且来自输出轴的旋转的转矩传递到变速器18的输入构件，这使得输入构件旋转。车辆10的动力总成可包括处于可选的混合动力配置中的一个或多个电牵引电动机，以提供输入转矩的额外来源。变速器18的非限制性示例可包括自动变速器、双离合变

速器、机械式自动变速器、无级变速器 (CVT) 等。

[0082] 变速器18可包括联接到变速器18的输入构件的主减速器,以及通过主减速器将输出转矩23A、23B传递到一个或多个驱动轴24A、24B并最终传递到车轮组的输出构件,每个车轮组具有相应的与道路14接合的轮胎28A、28B。通常,车辆10的稳定性控制系统12可包括前轴24A和与前轴24A间隔开的后轴24B;并且前轴24A和后轴24B中的一个或两个可是驱动轴。第一组车轮26A可联接到前轴24A,并且第二组车轮26B可联接到后轴24B。

[0083] 来自发动机16的转矩传递到变速器18,并且变速器18输出转矩23A、23B以驱动车轮26A、26B中的一个或多个。应当理解,主减速器可由无端可旋转构件驱动,并且无端可旋转构件的非限制性示例可包括带或链条。

[0084] 在某些配置中,车辆10可是前轮驱动车辆,其中转矩23A传递到前轴24A以驱动车辆10的前轮26A。在其他配置中,车辆10可是后轮驱动车辆,其中转矩23B传递到后轴24B以驱动车辆10的后轮26B。在又其他配置中,车辆10可是全轮驱动 (AWD) 车辆,其中转矩23A、23B传递到前轴24A和后轴24B以驱动车辆10的相应的前轮26A和相应的后轮26B。转矩23A、23B在本文中也可称为轴转矩23A、23B。

[0085] 参考图2和图3,当车辆10沿道路14行驶时,期望的是保持车辆10沿期望的路径30。当车辆10行驶通过道路14中的弯道32时,期望的是最小化通过弯道32的车辆10的转向过度(见图2,转向过度路径34)和转向不足(见图3,转向不足路径36)。当车辆10行驶通过比期望路径30更陡的弯道时,车辆10转向过度。通常,当车辆10绕弯道32行驶时,当过多的转矩23B传递到后轮胎28B时,发生转向过度。当车辆10行驶通过比期望路径30更直的弯道时,车辆10转向不足。通常,当车辆10绕弯道32行驶时,当过多的转矩23A传递到前轮胎28A时,发生转向不足。

[0086] 可利用多种机构以最小化车辆10的转向过度 and 转向不足,并改善车辆10的稳定性和操纵性。例如,控制到车轮26A、26B的转矩23A、23B可改善稳定性和操纵性,并最小化转向过度 and 转向不足。到车轮26A、26B的转矩23A、23B可线性(经由箭头38示出线性示例)和/或横向(经由箭头40示出横向示例)地控制,这可称为转矩分配。关于线性地,前-后转矩分配可包括前轴24A到后轴24B,或后轴24B到前轴24A。关于横向地,转矩23A、23B可相对于前轴24A侧到侧控制,或者转矩23A、23B可相对于后轴24B侧到侧控制。为了说明的目的,侧到侧可包括左到右或右到左,并且在本文中可总体上称为左-右转矩分配。

[0087] 返回图1,用于控制转矩23A、23B的一个方式是利用一个或多个致动器42A、42B。因此,例如,稳定性控制系统12可包括联接到前轴24A和后轴24B中的一个的第一致动器42A。第一致动器42A可线性地控制转矩23A、23B。这样,第一致动器42A可控制前-后转矩分配。第一致动器42A可用于辅助车身动态控制。在某些配置中,第一致动器42A联接到前轴24A。第一致动器42A可是电动机64或用以控制转矩23A的任何其他合适类型的致动器。

[0088] 在某些配置中,稳定性控制系统12可包括第二致动器42B,其联接到前轴24A和后轴24B中的另一个。第二致动器42B可线性地控制转矩23A、23B。这样,第二致动器42B可控制前-后转矩分配。当车辆10包括第一致动器42A和第二致动器42B二者时,第一致动器42A可联接到前轴24A,并且第二致动器42B可联接到后轴24B。第二致动器42B可用于辅助车身动态控制。第二致动器42B可是电动机64或用以控制转矩23B的任何其他合适类型的致动器。

[0089] 额外地,稳定性控制系统可包括联接到前轴24A和后轴24B中的一个的电子限滑差

速器(eLSD)44。通常,eLSD 44功能在于允许轴24A、24B中的一个的车轮26A、26B和对应的轮胎28A、28B以不同的速率旋转,并限制传递到轴24A、24B的车轮26A、26B和对应的轮胎28A、28B中的每个的转矩23A、23B的量。eLSD 44可辅助车身动态控制以及车轮动态控制。

[0090] 在某些配置中,第一致动器42A可联接到前轴24A,并且eLSD 44可联接到后轴24B。在其他配置中,第一致动器42A可联接到后轴24B,并且eLSD 44可联接到前轴24A。在又其他配置中,第一致动器42A可联接到前轴24A并且第二致动器42B可联接到后轴24B,并且eLSD 44也可联接到轴24A、24B中的一个。因此,在某些配置中,eLSD 44可与致动器42A、42B中的一个联接到相同的轴24A、24B。图1根据上面刚刚讨论的不同位置变化以虚线示出了第一致动器42A、第二致动器42B和eLSD 44。

[0091] 不论eLSD 44联接到轴24A、24B中的哪个,eLSD 44横向地控制转矩23A、23B。这样,eLSD 44可控制左-右转矩分配。通常,如果eLSD 44联接到前轴24A,取决于在车辆10沿弯道32行驶时前轴24A的轮胎28A中的哪个具有较高的速度,转矩23A、23B从较高速轮胎向较低速轮胎传递。类似地,如果eLSD 44联接到后轴24B,取决于当车辆10沿弯道32行驶时后轴24B的轮胎28B中的哪个具有较高的速度,转矩23A、23B从较高速轮胎向较低速轮胎传递。

[0092] eLSD 44可包括离合器46,该离合器46配置为选择性地接合以将转矩23A、23B传递到对应轮胎28A、28B的车轮26A、26B,该车轮26A、26B旋转慢于前轴24A或后轴24B的对应轮胎28A、28B的另一车轮26A、26B。这样,可通过eLSD 44控制车轮滑移。应当理解,eLSD 44可包括其他部件,在此不对其进行讨论。

[0093] 本公开提供了控制车辆10的稳定性的方法1000。本文中讨论的方法1000可使用预测模型2000或任何合适的多输入多输出(MIMO)模型以增强车辆10的稳定性和操纵性。出于说明性目的,下面参考预测模型2000。该方法和预测模型2000可改善车辆10的车身行为(诸如横摆跟踪)和车辆10的车轮行为,以满足车辆10的驾驶员的期望路径30。

[0094] 参考图1和图4,可利用控制器48以与车辆10的多种部件和系统通信和/或控制车辆10的多种部件和系统。例如,控制器48可与多种车辆系统通信,并且部件和车辆系统中的一些的非限制性示例可包括稳定性控制系统12;发动机16;节气门系统50;转向系统52;制动系统54;牵引控制系统(TCS)56;防抱死制动系统(ABS)58;电子稳定性控制系统(ESC)60;eLSD 44;一个或多个致动器,诸如第一致动器42A(其可是电动机64)、第二致动器42B(其可是电动机64)、eLSD 44的离合器46、其他离合器、双离合62、一个或多个电动机64、主动空气动力学组件66、和发动机/轴转矩致动器68等;以及一个或多个传感器70等,下面讨论其中的一些。主动空气动力学组件可包括扰流器、尾翼、分流器、或襟翼等,其暴露在车辆10的外侧,并且扰流器是经由致动器中的一个(诸如电动马达64中的一个)可调节的以改变车辆10上的下压力。发动机/轴转矩致动器68可用于改变前轴24A和后轴24B中的每个的驱动转矩。通常,与eLSD 44相比,双离合62可用于通过配置为在相应的车轮26A、26B之间横向地、双向地传递转矩以控制车辆10的车身行为,eLSD 44则相对于相应的前轴24A和后轴24B从较高速车轮26A、26B向较低速车轮26A、26B传递转矩。

[0095] 控制器48可收集关于致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68的致动的数据。控制器48可使用收集自车辆系统12、16、18、50、52、54、56、58、60,致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68,传感器70的数据或其他数据以控制车辆10沿道路14(诸如弯道32)的稳定性和操纵性。控制器48可包括配置为执行来自存储器74的指令的处理器72。因此,指令可储存在控制

器48的存储器74中并且经由控制器48的处理器72自动地执行以提供相应的控制。预测模型2000储存在控制器48的存储器74中。

[0096] 控制器48配置为经由处理器72执行来自存储器74的指令。例如,控制器48可是主机或分布式系统,例如计算机,诸如数字计算机或微型计算机;并且作为存储器74,可是有形非暂时性计算机可读存储器,诸如只读存储器(ROM)或闪存。控制器48还可具有存储器74、随机存取存储器(RAM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、高速时钟、模数(A/D)和/或数模(D/A)电路、以及任何需要的输入/输出电路和相关联的装置,以及任何需要的信号调节和/或信号缓冲电路。因此,控制器48可包括,例如,当使用预测模型2000时控制车辆10的多种部件所需的所有软件、硬件、存储器74、算法、连接、传感器70等。由此,操作以控制车辆系统12、16、18、50、52、54、56、58、60和致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68的控制方法1000可体现为软件或与控制器48相关联的固件。应当理解,控制器48还可包括能够分析来自多种传感器70的数据、比较数据、做出控制和/或监视车辆10的多种部件和系统所需的必要判断的任何装置。可选地,可利用一个以上的控制器48。

[0097] 参考图4,经由控制器48收集驾驶员输入数据76。通常,驾驶员输入数据76是响应于驾驶员沿道路14引导车辆10而收集的数据。因此,驾驶员输入数据76可包括来自节气门系统50的对应于车辆10的加速度的数据、来自转向系统52的对应于车辆10的转向的数据、来自车辆10沿纵向轴线77行驶的速率的数据(也可称为车辆10的纵向速率或速度)、以及来自制动系统54的对应于车辆10的制动或减速的数据。例如,驾驶员输入数据76可包括经由加速器78的车辆10的加速度的量、经由转向输入80的车辆10的转向角(δ)、经由传感器81识别的车辆10沿纵向轴线77的速率、以及经由制动器82的车辆10的制动的量。驾驶员可接合加速器78以改变推进车辆10的加速度的量,这改变了输出自发动机16的转矩的量。驾驶员可经由转向输入80(诸如方向盘、操纵杆等)使车辆10转向,以改变车辆10的方向(即转向角)。驾驶员可接合制动器82以使车辆10减速或停止。

[0098] 继续图4,基于驾驶员输入数据76确定驾驶员命令84。在某些配置中,基于加速度的量、转向角、车辆10的(沿纵向轴线77)速率、以及制动的量确定驾驶员命令84。驾驶员命令84可称为驾驶员命令解释器(DCI)。

[0099] 经由控制器48,使用驾驶员命令84以实现车辆10的期望的稳定性和操纵性。也就是,驾驶员已请求车辆10以某种方式表现,并且控制器48使用多种车辆系统12、16、18、50、52、54、56、58、60以实现期望请求。期望的是控制车身动态(例如,车辆10的车身运动86)已经车轮动态(例如,车辆10的车轮滑移88)以改善车辆10的稳定性和操纵性。还期望的是提供车辆10的标准稳定性90,其可是经由官方或组织规定和要求的稳定性和操纵性特征。一个或多个控制器48可用于控制车身运动86、车轮滑移88、和标准稳定性90。例如,一个控制器可用于控制车身运动86,另一控制器可用于控制车轮滑移88,并且又另一控制器可用于控制标准稳定性90。作为另一示例,一个控制器可用于控制车身运动86、车轮滑移88、和标准稳定性90中的一个以上。因此,在某些配置中,(主)控制器48可与一个或多个其他(副)控制器通信。

[0100] 车辆10的车身运动86通常可指车身行为,诸如横摆率、横摆力矩、横向速度等。例如,车辆10的车身运动86可使用控制前-后转矩分配的致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68。车辆10的车轮滑移88通常可指车轮行为,诸如车轮26A、26B中的一个或多个的滑移,前

轴24A和/或后轴24B的移动等。例如,车辆10的车轮滑移88可使用控制左-右转矩分配的致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68。在某些配置中,用于控制车身运动86的致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68可以与用于控制车轮滑移88的致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68相同。

[0101] 在车辆10的标准稳定性90中控制的车辆系统12、16、18、50、52、54、56、58、60通常可包括TCS 56、ABS 58、和ESC 60。通常,当必须实施TCS 56、ABS 58、和/或ESC 60时,浪费了能量,并且本文中的稳定性控制系统12和方法1000用于尽可能地避免浪费能量。

[0102] 经由控制器48,相车辆系统12、16、18、50、52、54、56、58、60中的一个或多个发送至少一个输出命令92,以基于驾驶员命令84控制车辆10的稳定性。因此,经由控制器48收集的关于多种车辆系统12、16、18、50、52、54、56、58、60的数据或信息用于确定一个或多个输出命令92以控制车辆10的稳定性和操纵性,以便满足驾驶员的请求的车辆表现。

[0103] 控制器48基于控制层级发送输出命令92,该控制层级提供控制器48控制车辆10的车身运动86、车辆10的(第一组和第二组车轮26A、26B中的一个或多个的)车轮滑移88、和车辆10的标准稳定性90的顺序,以控制车辆10的稳定性。该控制层级提供了期望的车辆10的稳定性和操纵性,并且还通过延迟或推迟对车辆10的标准稳定性90特性的干预而节省能量。

[0104] 通常,顺序指令在控制器48控制车辆10的标准稳定性90之前,控制器48控制车辆10的车身运动86和车辆10的车轮滑移88。因此,最后控制车辆10的标准稳定性90。在诉诸实施车辆10的标准稳定性90特征之前,控制器48控制车身运动86和车轮滑移88以使施加到车身和车轮26A、26B的多种力重新分布。通过延迟或推迟对车辆10的标准稳定性90的控制可节省能量,这是因为指向标准稳定性90的车辆系统12、16、18、50、52、54、56、58、60可较少实施或完全不实施。

[0105] 在某些配置中,控制层级提供了,控制器48首先考虑车身运动86,然后考虑车轮滑移88,并且最后考虑标准稳定性90。也就是说,在某些配置中,控制层级还可包括,顺序指令控制器48首先控制车辆10的车身运动86;并且如果车辆10的车轮26A、26B中的一个或多个指示不稳定行为,然后控制器48控制车辆10的车轮滑移88;并且然后最后如果车身运动86和车轮26A、26B没有如请求地行为,则然后控制器48控制车辆10的标准稳定性90。由此,控制器48首先尝试通过控制车身运动86满足驾驶员命令84,并且然后尝试通过控制车轮滑移88满足驾驶员命令84,并且最后尝试通过控制标准稳定性90满足驾驶员命令84。通过最后诉诸标准稳定性90可节省能源,这是因为这些车辆系统12、16、18、50、52、54、56、58、60中的一个或多个较少实施或完全不实施。因此,例如,通过最后实现这些可减少来自TCS 56、ABS 58、和ESC 60(标准稳定性90特征的示例)的干预,这可节省能量。

[0106] 在其他配置中,控制层级提供了,控制器48一起考虑车身运动86和车轮滑移88,并且然后最后考虑标准稳定性90。也就是说,在某些配置中,控制层级还可包括,顺序指令控制器48一起控制车身运动86和车轮滑移88;并且如果车身运动86和车辆10的车轮26A、26B中的一个或多个不如请求地行为,则然后控制器48控制车辆10的标准稳定性90。通过最后诉诸标准稳定性90可节省能源,这是因为这些车辆系统12、16、18、50、52、54、56、58、60中的一个或多个较少实施或完全不实施。因此,例如,通过最后实现这些,减少了来自TCS 56、ABS 58、和ESC 60(标准稳定性90特征的示例)的干预,这可节省能量。

[0107] 车辆系统12、16、18、50、52、54、56、58、60中的一个或多个的状态94是经由控制层级如指令的基于发送的输出命令92控制的。车辆系统12、16、18、50、52、54、56、58、60可包括多个致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68,并且致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68可用于控制车身运动86、车轮滑移88、和标准稳定性90。因此,致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68、68中的一些可用于控制车身运动86、车轮滑移88、和标准稳定性90中的一个或多个。在某些配置中,输出命令92发送到车辆系统12、16、18、50、52、54、56、58、60中的一个或多个的致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68中的至少一个,以控制车辆10的车身运动86和车辆的车轮滑移88。因此,致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68中的一个或多个的状态94可基于输出命令92控制。可选地可包括致动器接口95,其统一或标准化在致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68和多种系统的控制之间的通信。

[0108] 可使用多种致动器,并且在上面和下面讨论了致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68中的一些的非限制性示例。在某些配置中,致动器可包括电动机64、离合器(诸如双离合62)、eLSD 44、主动空气动力学组件66、以及发动机/轴转矩致动器68。因此,在某些配置中,选择性地致动电动机64、离合器62、eLSD 44、主动空气动力学组件66、和发动机/车转矩致动器68中的至少一个以控制状态94。通过选择性地致动致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68,可提高车辆10的稳定性和操纵性。例如,以下是致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68中的一些以及可使用这些致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68进行的控制的若干示例。

[0109] 在某些配置中,eLSD 44联接到前轴24A和后轴24B中的一个。因此,如果利用eLSD 44,则选择性地致动eLSD 44以控制相应的前轴24A和相应的后轴24B的横向转矩分布,以控制车轮滑移88。因此,通常,eLSD 44可用于控制车辆10的车轮滑移88。eLSD 44还可用于控制车辆10的车身运动86。

[0110] 在某些配置中,致动器42A、42B中的至少一个联接到前轴24A和后轴24B中的一个。选择性地致动联接到前轴24A和后轴24B中的一个的致动器42A、42B中的至少一个,以控制前至后轴转矩。因此,控制前至后轴转矩通常涉及控制车辆10的车身运动86。

[0111] 与致动器42A、42B中的至少一个相结合,eLSD 44可联接到前轴24A和后轴24B中的另一个。选择性地致动eLSD 44以控制相应的前轴24A和相应的后轴24B的横向转矩分布以控制(车辆10的第一组和第二组车轮26A、26B中的一个或多个的)车轮滑移88。

[0112] 在又另一配置中,致动器42A、42B中的一个联接到前轴24A以控制前轴24A的轴转矩,并且致动器42A、42B中的另一个联接到后轴24B以控制前至后轴转矩。选择性地致动联接到前轴24A的致动器42A以控制状态94,并且选择性地致动联接到后轴24B的致动器42B以控制状态94。此外,在该配置中,eLSD 44联接到前轴24A和后轴24B中的一个。选择性地致动eLSD 44以控制相应的前轴24A和相应的后轴24B的横向转矩分布以控制车轮滑移88。

[0113] 计算可用于控制车身运动86和车轮滑移88。编译该数据并上面讨论的控制层级中使用在。因此,在某些配置中,用于车身运动86和车轮滑移88的计算保持分开,并且在其他配置中,用于车身运动86和车轮滑移88的计算是结合的。

[0114] 控制器48可使用多种计算以控制车身运动86。计算可用于最小化期望的与实际的车辆10的车身运动86之间的差异。例如,控制器48可使用关于转向角,横摆率,车辆10的横向速度,车辆10的横向加速度,车辆10的纵向速率或速度,车轮26A、26B的角速度,法向力,纵向力、和从致动器42A、42B中的一个传递的转矩等的的数据(例如,可是传感器的或估计的

信息)。控制器48可基于车辆10在重心(CG)点96处的横向速度、在CG点96处的车辆10的横摆率、以及在CG点96处的车辆10的总横摆力矩,计算目标车身运动。在某些配置中,基于目标车身运动发送输出命令92以控制车辆10的车身运动86。

[0115] 目标车身运动可包括轮胎模型2002,该轮胎模型2002编译关于车辆10的轮胎28A、28B中的一个或多个的信息。轮胎模型2002收集运动中的车辆10的实时数据。具体地,轮胎模型2002可提供关于在车辆10沿道路14行进时车辆10的轮胎28A、28B中的一个或多个的滑移的信息。因此,可经由轮胎模型2002获得横向轮胎力。轮胎模型2002可包含方程(1):

$$[0116] \quad F_{yi} = F_{zi}\mu_{yi} = F_{zi} \left(\frac{\rho_i}{\sqrt{v_{xi}^2\alpha_i^2 + \epsilon_i^2 s_i^2 + \gamma_i \rho_i}} + \sigma_{2y} \right) v_{xi} \alpha_i \quad (1)$$

[0117] 其中:

[0118] F_{yi} = 在y轴上的轮胎28A、28B上的力(见图5);

[0119] F_{zi} = 在z轴上的轮胎28A、28B上的力(见图5);

[0120] μ_{yi} = 在轮胎28A、28B上的归一化轮胎横向力;

[0121] ρ_i = 与轮胎瞬态函数和道路条件相关的变量;

[0122] σ_{2y} = 在y轴上的轮胎模型2002的相对粘性阻尼;

[0123] v_{xi} = 在x轴上的轮胎28A、28B的速度;

[0124] α_i = 轮胎28A、28B的侧滑角;

[0125] ϵ_i = 与车轮滑移88相关的变量;

[0126] S_i = 轮胎28A、28B的滑移率;以及

[0127] γ_i = 与车轮滑移88和轮胎橡胶刚度相关的变量。

[0128] F_{yi} 和 F_{zi} 标识在图5中。轮胎模型2002可包括方程(1)以确定轮胎28A、28B中的一个或多个的滑移。 F_{yi} 的导数获得自方程(2):

$$[0129] \quad \dot{F}_{yi} = F_{zi} \left(\frac{\partial \mu_{yi}}{\partial s_i} \dot{s}_i + \frac{\partial \mu_{yi}}{\partial \alpha_i} \dot{\alpha}_i \right) \quad (2)$$

[0130] 其中:

[0131] 上面限定了 F_{yi} 、 F_{zi} 、 μ_{yi} 、 α_i 和 S_i ;并且

[0132] ∂ = 偏导数。

[0133] \dot{F}_{yi} 与发动机16的转矩相关联或连接,并且方程(2)的 \dot{F}_{yi} 可重写为方程(3):

$$[0134] \quad \dot{F}_{yi} = \frac{F_{zi}(1 \mp s_i)}{w_i} \frac{\partial \mu_{yi}}{\partial s_i} \dot{w}_i + \frac{F_{zi}}{v_x} \frac{\partial \mu_{yi}}{\partial \alpha_i} \dot{\alpha}_i v_x \quad (3)$$

[0135] 其中:

[0136] 上面限定了 F_{yi} 、 F_{zi} 、 α_i 、 ∂ 、 μ_{yi} 和 S_i ;

[0137] v_x = 在CG点96处车辆10的纵向速度;

[0138] w_i = 轮胎28A、28B的每个的转速;

[0139] ∇F_{S_i} = 关于轮胎28A、28B的滑移率的偏导数的系数;以及

[0140] ∇F_{α_i} = 关于轮胎28A、28B的侧滑角的偏导数的系数。

[0141] 使用方程 (3), 以矩阵形式从方程 (4) 获得 \dot{F}_{yt} :

$$\dot{F}_y = \underbrace{\begin{bmatrix} -\nabla F_{\alpha_1} & -l_f \nabla F_{\alpha_1} & 0 \\ -\nabla F_{\alpha_2} & -l_f \nabla F_{\alpha_2} & 0 \\ -\nabla F_{\alpha_3} & l_r \nabla F_{\alpha_3} & 0 \\ -\nabla F_{\alpha_4} & l_r \nabla F_{\alpha_4} & 0 \end{bmatrix}}_{A_2} \begin{bmatrix} \dot{v}_y \\ \dot{r} \\ \dot{M}_{zCG} \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} \nabla F_{S_1}/2l_w & 0 & 0 \\ \nabla F_{S_2}/2l_w & 0 & 0 \\ 0 & \nabla F_{S_3}/2l_w & \nabla F_{S_3}/2l_w \\ 0 & \nabla F_{S_4}/2l_w & -\nabla F_{S_4}/2l_w \end{bmatrix}}_{B_2} \underbrace{\begin{bmatrix} \Delta T_f \\ \Delta T_r \\ \Delta T_c \end{bmatrix}}_u$$

$$+ \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{\nabla F_{S_1}}{2l_w} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\nabla F_{S_2}}{2l_w} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\nabla F_{S_3}}{2l_w} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\nabla F_{S_4}}{2l_w} \end{bmatrix}}_{G_2} \underbrace{\begin{bmatrix} T_{d,f} - 2R_w F_{x1} \\ T_{d,f} - 2R_w F_{x2} \\ T_{d,r} + T_c - 2R_w F_{x3} \\ T_{d,r} - T_c - 2R_w F_{x4} \end{bmatrix}}_{d_2} \quad (4)$$

[0142] 其中:

[0143] F_y = 在轮胎28A、28B的每个上的横向轮胎力;

[0144] l_f = 前轴24A与车辆10的CG点96之间的长度(见图6);

[0145] l_r = 后轴24B与车辆10的CG点96之间的长度(见图6);

[0146] ∇F_{α_1} = 关于左前轮胎 28A 的侧滑角的偏导数的系数;

[0147] ∇F_{α_2} = 关于右前轮胎 28A 的侧滑角的偏导数的系数;

[0148] ∇F_{α_3} = 关于左后轮胎 28B 的侧滑角的偏导数的系数;

[0149] ∇F_{α_4} = 关于右后轮胎 28B 的侧滑角的偏导数的系数;

[0150] F_{S_1} = 关于左前轮胎 28A 的滑移率的偏导数的系数;

[0151] F_{S_2} = 关于右前轮胎 28A 的滑移率的偏导数的系数;

[0152] F_{S_3} = 关于左后轮胎 28B 的滑移率的偏导数的系数;

[0153] F_{S_4} = 关于右后轮胎 28B 的滑移率的偏导数的系数;

[0154] I_w = 轮胎28A、28B的滚动惯量的车轮质量矩;

[0155] $T_{d,f}$ = 由于输入数据50的前轴24A的转矩23A输入;

[0156] $T_{d,r}$ = 由于输入数据50的后轴24B的转矩23B输入;

[0157] T_c = eLSD 44的离合器46的转矩;

[0158] R_w = 车轮有效滚动半径;

[0159] F_{x1} = 沿前轮胎28A中的一个的x轴的力(见图6);

[0160] F_{x2} = 沿前轮胎28A中的另一个的x轴的力(见图6);

[0161] F_{x3} = 沿后轮胎28B中的一个的x轴的力(见图6);

[0162] F_{x4} = 沿后轮胎28B中的一个的x轴的力(见图6);

[0163] v_y = 在CG点96处车辆10的横向速度;

[0164] r = 在CG点96处车辆10的横摆率;

[0165] M_{zCG} = 在CG点96处车辆10的总横摆力矩;

[0166] ΔT_f = 前轴转矩23A的调整;

[0167] ΔT_r = 后轴转矩23B的调整;以及

[0168] ΔT_c = eLSD 44的离合器46的调整。

[0169] 方程(4) 通过将符号代表的方程的相应部分加括号以标识 A_2 、 B_2 、 u 、 G_2 、和 d_2 。

因此,来自方程(4)的 \dot{F}_y 的矩阵形式可简化为方程(5):

$$[0170] \quad \dot{F}_y = A_2 \dot{x} + B_2 u + G_2 d_2 \quad (5)$$

[0171] 其中:

$$[0172] \quad \dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{v}_y \\ \dot{r} \\ \dot{M}_{zCG} \end{bmatrix}$$

[0173] 上面限定了 v_y 、 r 和 M_{zCG} 。

[0174] 将方程(5)插入到另一方程中以获得方程(6)和(7),这将在下面进一步讨论。对多种车辆状态(包括来自轮胎模型2002的轮胎28A、28B的行为)凭借充分的细节进行建模,以包括轴转矩23A、23B和滑移条件的影响。因此,使用方程(6)和(7)可计算目标车身运动不论是否需要轴转矩23A、23B的调节:

$$[0175] \quad \dot{x} = \bar{A}_c x + \bar{B}_c u + \bar{d}_c \quad (6)$$

$$[0176] \quad y = C_c x \quad (7)$$

[0177] 其中:

$$[0178] \quad x = [v_y \quad r \quad M_{zCG}]^T;$$

$$[0179] \quad y = [v_r \quad r]^T;$$

$$[0180] \quad u = [\Delta T_f \quad \Delta T_r \quad \Delta T_c]^T;$$

[0181] 上面限定了 v_y 、 r 和 M_{zCG} ;

[0182] 上面限定了 ΔT_f 、 ΔT_r 、和 ΔT_c ;

[0183] T = 强调转矩转移问题的权重矩阵;

[0184] \bar{A}_c = 时变系统矩阵;

[0185] \bar{B}_c = 时变输入矩阵;

[0186] \bar{d}_c = 包括输入数据 50 的扰动项;以及

[0187] C_c = 输出矩阵。

[0188] 还见图4和图6,其包括在上面刚刚就方程(6)和(7)标识的符号中的一些。此外,经由方程(8),目标车身运动使用车辆10的多种状态:

$$[0189] \quad x = [v_y \quad r \quad M_{zCG}]^T \quad (8)$$

[0190] 其中:

[0191] M_{zCG} 在上面限定为在CG点96处车辆10的总横摆力矩,并且也由下述方程表示:

$$[0192] \quad M_{zCG} = -l_w(F_{x3} - F_{x4})/2 + l_f(F_{x1} \sin \delta + F_{y1} \cos \delta + F_{x2} \sin \delta + F_{y2} \cos \delta) - l_r(F_{y3} + F_{y4});$$

[0193] 上面限定了 l_f 、 l_r 、 F_{x1} 、 F_{x2} 、 F_{x3} 、 F_{x4} 、 T 、 v_x 和 r ;

[0194] l_w = 相应轮胎28A、28B之间的长度(见图6);

[0195] F_{y1} = 前轮胎28A中的一个的沿y轴的力(见图6);

[0196] F_{y2} = 前轮胎28A中的另一个的沿y轴的力(见图6);

[0197] F_{y3} = 后轮胎28B中的一个的沿y轴的力(见图6);

[0198] F_{y4} = 后轮胎28B中的一个的沿y轴的力(见图6);以及

[0199] δ = 转向角(见图6)。

[0200] 上面标识的方程 M_{zCG} 的导数获得自方程(9):

$$[0201] \quad \dot{M}_{zCG} \approx -l_w(\dot{F}_{x3} - \dot{F}_{x4})/2 + l_f(\dot{F}_{y1} \cos \delta + \dot{F}_{y2} \cos \delta) - l_r(\dot{F}_{y3} + \dot{F}_{y4}) \quad (9)$$

[0202] 其中:

[0203] 上面限定了 l_f 、 l_r 、 l_w 、 F_{x3} 、 F_{x4} 、 F_{y1} 、 F_{y2} 、 F_{y3} 、 F_{y4} 和 δ 。

[0204] 横向轮胎力影响车辆10的横向车身动态,并且横向轮胎力受到纵向轮胎力分布的影响。因此,经由方程(10),对包括横向轮胎力的多种车辆状态进行建模:

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_y \\ \dot{r} \\ \dot{M}_{zCG} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & -v_x & 0 \\ 0 & 0 & 1/I_{zz} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}}_{A_1} \begin{bmatrix} v_y \\ r \\ M_{zCG} \end{bmatrix} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -l_w/2 \tau R_w \end{bmatrix}}_{B_1} \underbrace{\begin{bmatrix} \Delta T_f \\ \Delta T_r \\ \Delta T_c \end{bmatrix}}_u$$

[0205]

$$+ \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ l_f \cos \delta & l_f \cos \delta & -l_r & -l_r \end{bmatrix}}_{C_1} \dot{F}_y + \underbrace{\begin{bmatrix} a_y \\ 0 \\ l_w(F_{x3} - F_{x4})/2 \tau - l_w T_c/2 \tau R_w \end{bmatrix}}_{d_1} \quad (10)$$

[0206] 其中:

[0207] 上面限定了 l_f 、 l_r 、 l_w 、 \dot{F}_y 、 F_{x3} 、 F_{x4} 、 δ 、 R_w 、 T_c 、 v_x 、 v_y 、 r 、 M_{zCG} 、 ΔT_f 、 ΔT_r 和 ΔT_c 。

[0208] I_{zz} = 车辆10的横摆力矩的惯性;

[0209] a_y = 车辆10的测量横向加速度;以及

[0210] τ = eLSD 44的时间常数。

[0211] 经由目标车身运动使用包括方程(10)的横向轮胎力的多种车辆状态以获得方程(6)和(7)。方程(10)通过将符号代表的方程的相应部分加括号以标识 A_1 、 B_1 、 u 、 C_1 和 d_1 。因此,方程(10)的矩阵形式简化为方程(11):

$$[0212] \quad \dot{x} = A_1 x + B_1 u + C_1 \dot{F}_y + d_1 \quad (11)$$

[0213] 其中:

$$[0214] \quad x = \begin{bmatrix} v_y \\ r \\ M_{zCG} \end{bmatrix}$$

[0215] 上面限定了 v_y 、 r 和 M_{zCG} 。

[0216] 将方程(5)插入方程(11)以获得方程(6)和(7)。因此,目标车身运动使用方程(6)和(7)以在车辆10的实时行驶期间确定车辆状态,并且因此确定是否需要前轴24A和/或后轴24B的转矩23A、23B的调整以增强在车辆10沿道路14行驶时车辆10的稳定性和操纵性。

[0217] 控制器48可使用多种计算以控制车轮滑移88。该计算可用于最小化期望的与实际的车辆10的车轮动态之间的差异。例如,控制器48可使用关于车辆10的横向速度,车辆10的纵向速率或速度,车轮26A、26B的角速度,车轮滑移率(其是车轮26A、26B的转速和车轮26A、26B的中心速率或速度之间的差),纵向力,以及从致动器42A、42B中的一个传递的转矩等的的数据(例如,可是传感器的或估计的信息)。控制器48可基于车轮26A、26B的惯性的力矩、车轮26A、26B的驱动转矩、以及车轮26A、26B的制动转矩计算目标车轮运动。在某些配置中,基于目标车轮运动发送输出命令92,以控制车辆10的(第一和第二组车轮26A、26B中的一个或多个的)车轮滑移88。

[0218] 目标车轮运动可包括车轮模型2004,该车轮模型2004编译关于车辆10的车轮26A、26B的每个以及对应的轮胎28A、28B的信息。车轮模型2004收集运动中的车辆10的实时数据。具体地,车轮模型2004可提供关于车轮动态的信息,诸如在车辆10沿道路14行进时车辆10的车轮26A、26B以及对应的轮胎28A、28B的滑移。因此,车轮模型2004考虑致动器42A、42B、44、46、62、64、66、68在车辆10的角的每个(即,车轮26A、26B的每个)上的影响。车轮模型2004可包括方程(12) - (15),并且还见图7,其是可代表任何车轮26A、26B的概括:

$$[0219] \quad I_{\omega} \dot{\omega}_1 = (T_{d,f} + \Delta T_f) / 2 - T_{b1} - R_{eff} F_{x1} \quad (12)$$

[0220] 其中:

[0221] I_{ω} = 惯性矩;

[0222] $\dot{\omega}_1$ = 左前轮 26A 的转速;

[0223] $T_{d,f}$ = 左前轮26A的驱动转矩;

[0224] ΔT_f = 左前轮26A的转矩请求中的变化;

[0225] T_{b1} = 左前轮26A的制动转矩;

[0226] R_{eff} = 左前轮26A的轮胎28A的有效轮胎半径;以及

[0227] F_{x1} = 左前轮26A的轮胎28A与道路14之间的力。

$$[0228] \quad I_{\omega} \dot{\omega}_2 = (T_{d,f} + \Delta T_f) / 2 - T_{b2} - R_{eff} F_{x2} \quad (13)$$

[0229] 其中:

[0230] 上面限定了 I_{ω} 。

[0231] $\dot{\omega}_2$ = 右前轮 26A 的转速; $T_{d,f}$ = 右前轮26A的驱动转矩;

[0232] ΔT_f = 右前轮26A的转矩请求中的变化;

[0233] T_{b2} = 右前轮26A的制动转矩;

[0234] R_{eff} = 右前轮26A的轮胎28A的有效轮胎半径;

[0235] 以及

[0236] F_{x2} = 右前轮26A的轮胎28A与道路14之间的力。

$$[0237] \quad I_{\omega} \dot{\omega}_3 = \left((T_{d,r} + \Delta T_r) + (T_c + \Delta T_c) \right) / 2 - T_{b3} - R_{eff} F_{x3} \quad (14)$$

[0238] 上面限定了 I_{ω} 。

[0239] $\dot{\omega}_3$ = 左后轮 26B 的转速；

[0240] $T_{d,r}$ = 左后轮26B的驱动转矩；

[0241] ΔT_r = 左后轮26B的转矩请求中的变化；

[0242] T_c = eLSD 44的离合器46的转矩；

[0243] ΔT_c = eLSD 44离合器46的转矩中的变化；

[0244] T_{b3} = 左后轮26B的制动转矩；

[0245] R_{eff} = 左后轮26B的轮胎28B的有效轮胎半径；以及

[0246] F_{x3} = 左后轮26B的轮胎28B与道路14之间的力。

$$[0247] \quad I_{\omega} \dot{\omega}_4 = \left((T_{d,r} + \Delta T_r) - (T_c + \Delta T_c) \right) / 2 - T_{b4} - R_{eff} F_{x4} \quad (15)$$

[0248] 其中：

[0249] 上面限定了 I_{ω} 。

[0250] $\dot{\omega}_4$ = 右后轮 26B 的转速；

[0251] $T_{d,r}$ = 右后轮26B的驱动转矩；

[0252] ΔT_r = 右后轮26B的转矩请求中的变化；

[0253] T_{b4} = 右后轮26B的制动转矩；

[0254] R_{eff} = 右后轮26B的轮胎28B的有效轮胎半径；以及

[0255] F_{x4} = 右后轮26B的轮胎28B与道路14之间的力。

[0256] 车身运动86和车轮滑移88的以上计算可用在预测模型2000中,并且预测模型2000可包括代价函数模型2006,该代价函数模型2006可就限定的时间范围预测车辆10的未来特点以给出车辆10的优化控制的未来预览。

[0257] 代价函数模型2006可预测车辆10的未来特点,诸如跟踪问题,其可包括在CG点96处车辆10的横摆率(r)和车辆10的横向速度(v_y);以及控制努力,诸如前轴24A的转矩23A控制和后轴24B的转矩23B控制;并且以及车轮动态问题。

[0258] 代价函数模型2006还可预测驾驶员的转矩请求($\Delta T_f(k) + \Delta T_r(k)$)的未来特点,例如,其平衡总体驾驶员转矩请求,这是通过确保是否从后轴24B移除转矩,从后轴移除的转矩的量添加到前轴24A上,并且反之亦然。代价函数模型2006还可预测请求的制动54的量和请求的加速度56的量的未来特点。通过经由代价函数模型2006预测车辆10的多种特点,可找到轴转矩分布的优化方案,并且因此找到如期望的车辆10沿弯道32的位置,因此最小化转向过度 and 转向不足。

[0259] 通常,代价函数模型2006将实时问题从控制问题改变为优化问题。代价函数模型2006提供多种控制目标和关于车辆10的未来特点的充足细节,以调节控制器48,从而提供优化的车身动态和优化的车轮动态。代价函数模型2006可包括方程(16)：

$$\begin{aligned}
 U^* = \operatorname{argmin}: J(x(t), U_t) = & \sum_{k=1}^{N_p} \|y_{t+k,t} - y_{dt+k,t}\|_Q^2 + \sum_{k=0}^{N_p-1} \|u_{t+k,t}\|_R^2 \\
 & + \sum_{k=0}^{N_p-1} \|e_{t+k,t}\|_T^2
 \end{aligned} \tag{16}$$

[0261] 其中:

[0262] U^* = 优化未来控制动作的序列;

[0263] J = 用于将控制问题程式化转为优化问题的限定的代价函数;

[0264] $x(t) = x$ 的当前状态, 其中上面限定 x 为 $[v_y \ r \ M_{zCG}]^T$;

[0265] U_t = 限定的总序列或控制输入的矢量, 包括前轴24A的轴转矩 (T_f) 23A、后轴24B的轴转矩 (t_r) 23B和eLSD 44的离合器46的转矩 (t_c);

[0266] N_p = 预测范围的数 (换句话说, 预测多远的未来);

[0267] k = 在限定的范围 N_p 中的第 k 步;

[0268] y = 见以下有关 y 的不同应用的讨论;

[0269] $y_{t+1,t}$ = 方程 (6) 和 (7) 的第 k 预测实际输出;

[0270] $y_{dt+k,t}$ = 来自轮胎模型2002和车轮模型2004的第 k 期望输出;

[0271] Q = 强调跟踪问题的权重矩阵;

[0272] $u_{t+k,t}$ = 方程 (6) 和 (7) 的第 k 预测控制输入;

[0273] R = 强调控制努力的权重矩阵;

[0274] $e_{t+k,t}$ = 前轴24A和后轴24B的转矩23A、23B的调节的和; 以及

[0275] T = 强调转矩转移问题的权重矩阵。

[0276] 如在上面的方程 (16) 中出现的, 变量 y 可根据在控制层级中将车身运动86和车轮滑移88一起考虑还是分开考虑而不同地应用。下面讨论了每种情况。

[0277] 如上面提到的, 控制层级可一起控制车身运动86和车轮滑移88, 并且如果在一起控制车身运动86和车轮滑移88之后驾驶员命令84未满足, 则控制器48控制车辆10的标准稳定性90。当一起考虑车身运动86和车轮滑移88时, 变量 y 使用以下方程 (17):

$$y = \{v \ r \ M_{zCG} \ \omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3 \ \omega_4\}^T \tag{17}$$

[0279] 其中:

[0280] 上面限定了 v_y 、 r 、 M_{zCG} 、 ω_1 、 ω_2 、 ω_3 、 ω_4 和 T 。

[0281] 因此, 在方程 (17) 中, 将车身动态和车轮动态组合在一起以确定用于车辆10的稳定性和操纵性的方程 (16) 中的最终控制动作。

[0282] 如上所述, 控制层级可首先控制车身运动86, 然后控制车轮滑移88, 并且最后控制标准稳定性90。因此, 分开地考虑车身动态和车轮动态。在分开地控制车身动态和车轮动态之后, 然后如果驾驶员的请求未满足, 则控制器48将确定是否应实施标准稳定性90特征。

[0283] 当分开地考虑车身运动86和车轮滑移88时, 变量 y 具有独立地插入到方程 (16) 中的分开的两个方程。因此, 在该配置中, 将存在分开的两个控制命令, 其中一个命令用于车身动态并且另一个命令用于车轮动态。对于车身动态, 方程 (18) 插入到方程 (16) 中以确定优化车身动态:

[0284] $y = \{v \ r \ M_{zCG}\}^T,$ (18)

[0285] 其中:

[0286] 上面限定了 v_y 、 r 、 M_{zCG} 和 T 。

[0287] 对于车轮动态,方程(19)插入到方程(16)中以确定优化车轮动态:

[0288] $y = \{\omega_1 \ \omega_2 \ \omega_3 \ \omega_4\}^T$

[0289] 上面限定了 ω_1 、 ω_2 、 ω_3 、 ω_4 和 T 。

[0290] 预测模型2000还可包括动态模型2008,其提供车辆10的车身动态和车轮动态的实时优化。动态模型2008配置为确定车身动态和车轮的优化未来控制序列,并经由代价函数模型2006最小化代价。优化可经由二次规划提供。二次规划问题可在每个时间步实时解决,以通过使用二次规划找到具有最低代价的控制动作。通过在未来中的预测,控制器48能够在车身动态发生之前考虑这样的车身动态的影响,并且在车轮动态发生之前考虑这样的车轮动态的影响。

[0291] 尽管已经详细描述了用于实施本公开的最佳模式和其他配置,但是与本公开相关的领域的技术人员将认识到,在所附权利要求的范围内的用于实现本公开的多种替代设计和配置。此外,在附图中示出的配置或在本说明书中提到的多种配置的特点不必然理解为彼此独立的配置。相反,可能的是,将在配置的示例的一个中描述的特性中的每个与来自其他配置的其他期望特点中的一个或多个组合,得出未文字描述或未参考附图描述的其他配置。相应地,这样的其他配置落入所附权利要求的范围的框架内。

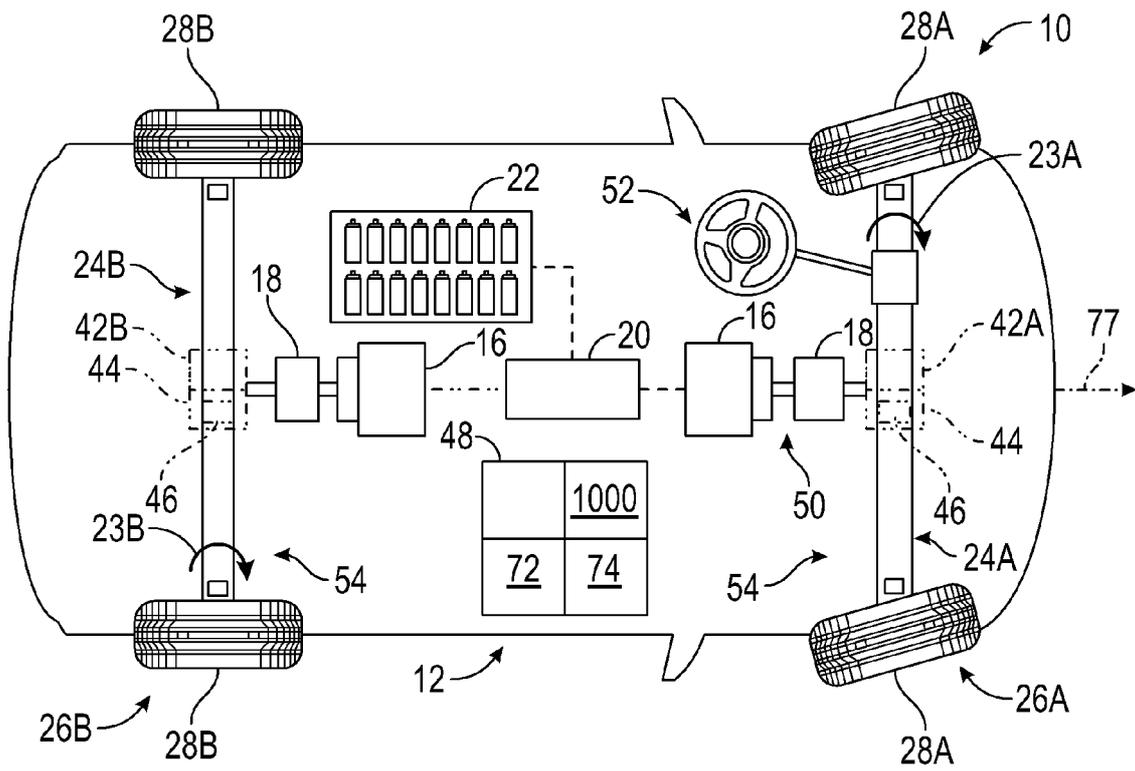


图 1

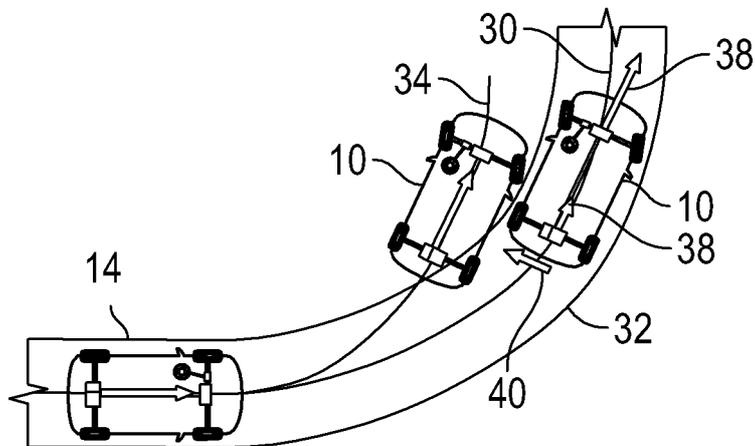


图 2

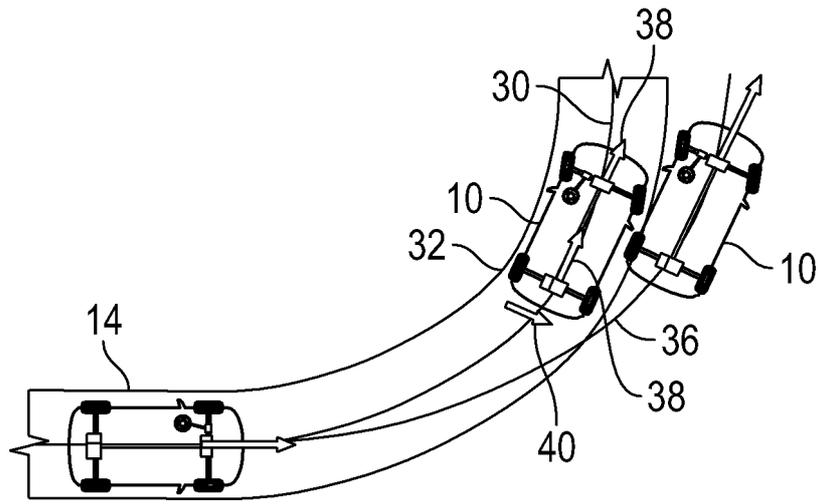


图 3

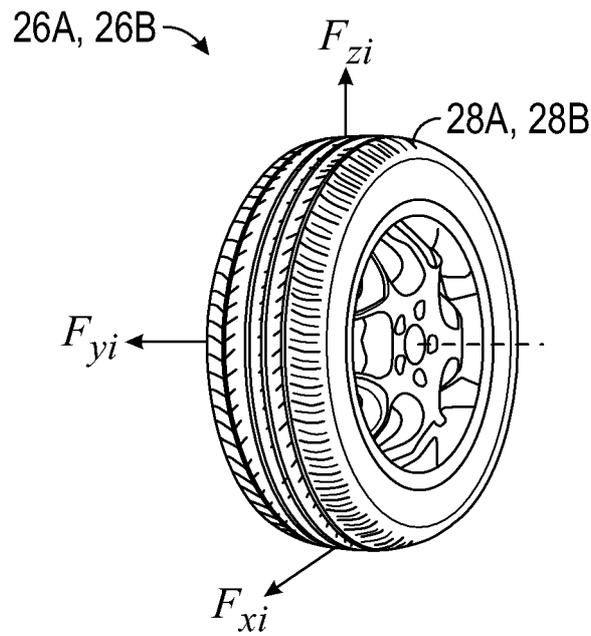


图 5

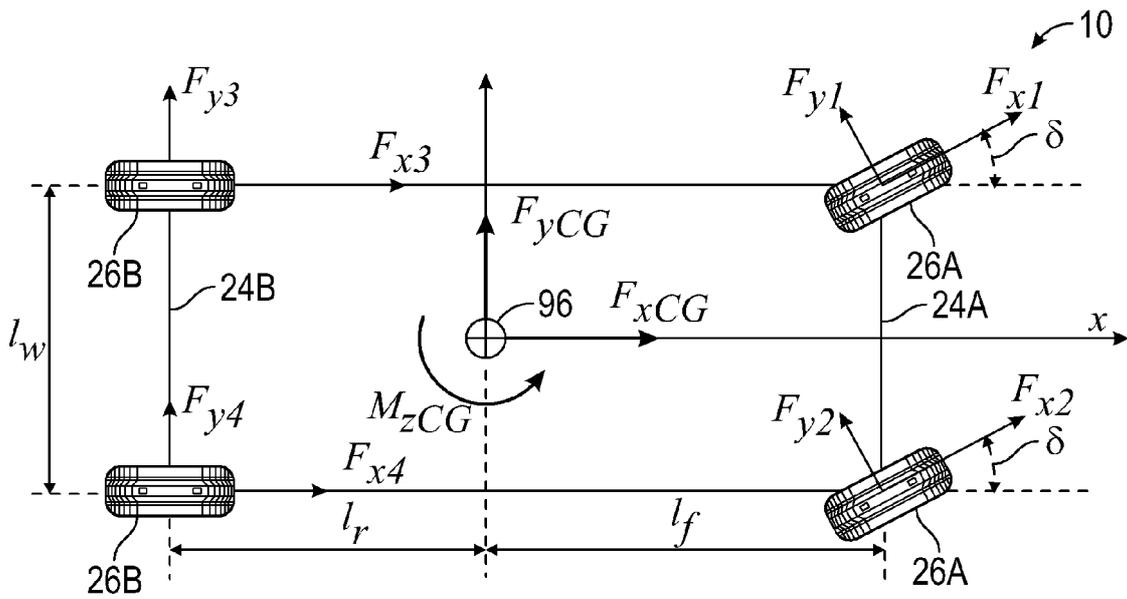


图 6

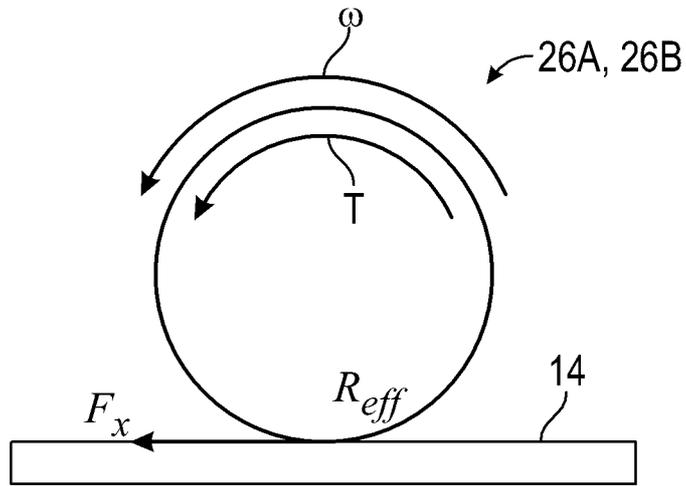


图 7