



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112005184 A

(43) 申请公布日 2020.11.27

(21) 申请号 201980027846.5

(22) 申请日 2019.04.18

(30) 优先权数据

102018109883.9 2018.04.24 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.10.23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/DE2019/100367 2019.04.18

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2019/206377 DE 2019.10.31

(71) 申请人 罗伯特·博世有限公司

地址 德国斯图加特

申请人 大陆-特韦斯贸易合伙股份公司及
两合公司

(72) 发明人 亨瑞克·福克斯

弗洛里安·威尔德施特

托马斯·米哈尔克

伊格纳西奥·莱瑟·马蒂

马克西姆·多尔戈夫

塞巴斯蒂安·斯特伦克

乔纳斯·斯格尼切

托马斯·格罗滕斯托斯特

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事
务所(普通合伙) 11201

代理人 宋融冰

(51) Int.Cl.

G05D 1/02 (2020.01)

G08G 1/0967 (2006.01)

B60W 30/095 (2012.01)

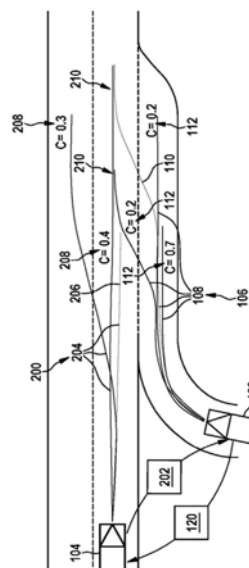
权利要求书2页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

用于将车辆的未来驾驶操纵与至少一个同
伴车辆的同伴操纵进行协作协调的方法和设备

(57) 摘要

本发明涉及将车辆(100)的未来驾驶操纵与至少一个其他车辆(104)的操纵进行协作协调的方法。对车辆(100)包括相应复杂度值(112)的轨迹(108)进行评估;将轨迹(108)和其他车辆的轨迹(204)组合成元组(210);选择无碰撞元组(210)的轨迹(108)和对应复杂度值(112)作为参考轨迹(110)和参考复杂度值(114);将具有低复杂度值(112)作为参考复杂度值(114)的轨迹(108)分类为需求轨迹;将具有高复杂度值(112)作为参考复杂度值(114)的轨迹(108)分类为备选轨迹;及向其他车辆(104)传输数据包(120),包括参考轨迹(110)的轨迹集合(106)和对应参考复杂度值(114)及来自包括需求轨迹和备选轨迹的集合的至少一条轨迹(108)和对应复杂度值(112)。



1. 一种将车辆(100)的未来驾驶操纵与至少一个同伴车辆(104)的同伴操纵进行协作协调的方法,所述方法包括以下步骤:

使用至少一个评定标准,对用于所述车辆(100)的预先规划的轨迹(108)的轨迹集合(106)进行评定,为每条轨迹评定一个努力值(112);

从所述同伴车辆(104)接收同伴数据包(202),其中所述同伴数据包(202)包含同伴轨迹集合(200),所述同伴轨迹集合(200)具有用于所述同伴车辆(104)的不同的预先规划的同伴轨迹(204)以及用于每条同伴轨迹(204)的同伴努力值(208);

将一条轨迹(108)和一条同伴轨迹(204)进行组合来形成每个元组(210),并且将相应的努力值(112)与相应的同伴努力值(208)进行组合来形成所述元组(210)的元组努力值;

选择无碰撞元组(210),其中选择其中所述轨迹(108)和所述同伴轨迹(204)在碰撞范围内是无碰撞的元组(210);

选择具有最低元组努力值的无碰撞元组(210),并且将此元组(210)的轨迹(108)和相关联的努力值(112)分类为参考轨迹(110)和参考努力值(114);

选择具有比所述参考努力值(114)低的努力值(112)的轨迹(108),并且将这些轨迹(108)和相关联的努力值(112)分类为需求轨迹和需求努力值,其中需求轨迹是指示所述车辆的愿望的轨迹,用所述需求轨迹能够比用所述参考轨迹更有利地到达期望的行驶目的地;

选择具有比所述参考努力值(114)高的努力值(112)的轨迹(108),并且将这些轨迹(108)和相关联的努力值(112)分类为备选轨迹和备选努力值,其中备选轨迹是指示在可用的情况下所述车辆可能愿意驾驶的车辆协作提议的轨迹;以及

向所述同伴车辆(104)传输数据包(120),其中所述数据包(120)包含所述参考轨迹(110)的轨迹集合(106)和相关联的参考努力值(114)、以及来自包括所述需求轨迹和所述备选轨迹的群组的至少一条轨迹(108)和对应的努力值(112)。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中在选择步骤中,所述碰撞范围取决于情况。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中在接收的步骤中,所述同伴数据包(202)还包含所述同伴车辆(104)的传感器数据,其中在选择步骤中,使用所述传感器数据设置所述碰撞范围,和/或在传输的步骤中,所述数据包(120)还包含所述车辆(100)的传感器数据。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中在选择步骤中,使用道路交通法规选择所述无碰撞元组(210),其中选择其轨迹(108)的优先级高于同伴轨迹(204)的元组(210)作为无碰撞元组(210)。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中在接收的步骤中,从另外的同伴车辆(104)接收至少一个另外的同伴数据包(202),其中在组合的步骤中,将另外的同伴轨迹(204)添加到所述元组(210),其中用另外的同伴努力值(208)补充所述元组努力值。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中在接收的步骤中,所述同伴轨迹集合(200)还包括所述同伴车辆(104)的同伴参考轨迹(206)和所述同伴参考轨迹(206)的同伴参考努力值,其中在组合的步骤中,由所述轨迹(108)的一条轨迹与所述同伴参考轨迹(206)组合成同伴参考元组,其中在选择步骤中,选择具有最低元组努力值的无碰撞同伴参考元组的轨迹(108)作为参考轨迹(110)。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中在接收的步骤中,为至少一条同伴轨迹(204)接收类别,其中在选择步骤中,使用所述类别进一步选择所述参考轨迹(110)。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中在选择步骤中,从在所述碰撞范围内无碰撞的元组(210)中选择所述备选轨迹。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中在组合的步骤中,如果所述同伴车辆(104)使用较短的同伴预测范围,在至少直到所述车辆(100)的预测范围内对所述同伴轨迹(204)进行预测。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中在组合的步骤中,将所述同伴轨迹(204)变换为所述轨迹(108)的计算时间。

11. 一种设备(102),其中所述设备(102)被适配用于在对应单元中执行、实施和/或控制根据前述权利要求中任一项所述的方法。

12. 一种计算机程序产品,所述计算机程序产品被适配用于执行、实施和/或控制根据权利要求1至10中任一项所述的方法。

13. 一种机器可读存储介质,所述机器可读存储介质上存储有根据权利要求12所述的计算机程序产品。

用于将车辆的未来驾驶操纵与至少一个同伴车辆的同伴操纵 进行协作协调的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于将车辆的未来驾驶操纵与至少一个同伴车辆的同伴操纵进行协作协调的方法和设备。

背景技术

[0002] 车辆可以经由无线电与另一车辆以及与基础设施安装交换信息。例如，车辆可以在其检测范围内检测对象，并且传输描述检测到的对象的对象消息。另一车辆可以因此包括以其自身的计算在其自身检测范围之外的、由该车辆检测的对象。而且，该车辆可以提供表示其规划路线的路线消息，以使得能够改进其他车辆的路线规划。

[0003] DE 10 2007 058 538 A1描述一种控制交通中的危险情况的方法。

[0004] DE 10 2012 011 994 A1描述一种支持操纵车辆的驾驶员辅助和/或安全功能的方法。

[0005] DE 10 2015 221 817 A1描述一种驾驶操纵的分布式协调的方法。

发明内容

[0006] 针对这种背景，根据独立权利要求所述的，这里呈现的方法引入一种将车辆的未来驾驶操纵与至少一个同伴车辆的同伴操纵进行协作协调的方法、对应的设备、以及最后是对应的计算机程序产品。这里呈现的方法的有利的进一步发展和改进由说明书得出并且在从属权利要求中进行了描述。

[0007] 本发明的优点

[0008] 本发明的实施例可以有利地使不同车辆的未来驾驶操纵能够在相互同意的情况下进行协调，使得没有车辆必须执行不成比例的大转向干预、制动干预和/或加速干预以使交通畅通。可以使用诸如控制单元的设备实施用于该方法的方法。为了执行方法，可以使用和/或分析例如由传感器、测量仪器或类似设备提供的信号、测量值等。方法可以完全或部分自动地实施。可能不会排除人为干预，但可能不是必要的。

[0009] 提出一种将车辆的未来驾驶操纵与至少一个同伴车辆的同伴操纵进行协作协调的方法，方法包括以下步骤：

[0010] 1) 使用至少一个评定标准，对用于车辆的预先规划的轨迹的轨迹集合进行评定，为每条轨迹评定一个努力值；

[0011] 2) 从同伴车辆接收同伴数据包，其中同伴数据包包含同伴轨迹集合，同伴轨迹集合具有同伴车辆的不同预先规划的同伴轨迹和每条同伴轨迹的同伴努力值；

[0012] 3) 将一条轨迹和一条同伴轨迹进行组合来形成每个元组，并且将相应的努力值与相应的同伴努力值进行组合来形成所述元组的元组努力值；

[0013] 4) 选择无碰撞元组，其中选择其中轨迹和同伴轨迹在碰撞范围内是无碰撞的元组；

[0014] 5) 选择具有最低元组努力值的无碰撞元组的轨迹和相关联的努力值,作为参考轨迹和参考努力值;

[0015] 6) 将具有比参考努力值低的努力值的轨迹分类为需求轨迹和需求努力值;

[0016] 7) 将具有比参考努力值高的努力值的轨迹分类为备选轨迹和备选努力值;以及

[0017] 8) 向同伴车辆传输数据包,其中数据包包含参考轨迹的轨迹集合和相关联的参考努力值、以及来自包括需求轨迹和备选轨迹的群组的至少一条轨迹和相应的努力值。

[0018] 特别地,步骤(5)到(7)可以被指定为以下:

[0019] 5a) 选择具有最低元组努力值的无碰撞元组(210),并且将此元组(210)的轨迹(108)和相关联的努力值(112)分类为参考轨迹(110)和参考努力值(114);

[0020] 6a) 选择具有比参考努力值(114)低的努力值(112)的轨迹(108),并且将这些轨迹(108)和相关联的努力值(112)分类为需求轨迹和需求努力值,其中需求轨迹是指示车辆的愿望的轨迹,用所述需求轨迹能够比用所述参考轨迹更有利地到达期望的行驶目的地;

[0021] 7a) 选择具有比所述参考努力值(114)高的努力值(112)的轨迹(108),并且将这些轨迹(108)和相关联的努力值(112)分类为备选轨迹和备选努力值,其中备选轨迹是指示在可用的情况下所述车辆可能愿意驾驶的车辆协作提议的轨迹。

[0022] 有关本发明的实施例的想法可以被认为尤其是基于以下描述的想法和发现。

[0023] 车辆的驾驶操纵可以理解为导向、制动和/或加速车辆。车辆的驱动机构可以通过阻力扭矩制动车辆并且通过驱动扭矩使车辆加速。车辆的制动系统可以通过制动扭矩制动车辆。车辆的转向系统可以使车辆转向转向角。驾驶操纵取决于速度。例如,车辆的当前速度确定当前最小可驱动曲线半径。通过在转向之前制动,可以驱动较小的曲线半径。

[0024] 车辆可以被描述为自身车辆或自我车辆。在车辆的设备中,可以执行本文描述的方法。车辆可以至少部分地由驾驶员控制。出于该目的,驾驶员可以从设备接收驾驶指令。驾驶操纵也可以至少部分地由控制单元控制。车辆也可以由控制单元完全或部分自主地控制。

[0025] 同伴车辆是另一车辆。形容词“同伴”在文本中也用于区分与同伴车辆相关联的其他术语。同伴车辆由同伴驾驶员或同伴控制单元转向。这里呈现的方法也可以在同伴车辆的同伴设备上实施。同伴操纵可以理解为由同伴车辆的驾驶操纵。从同伴车辆的角度来看,这里呈现的方法也可以用互换的角色来执行,从而术语“车辆”和“同伴车辆”以及相关特征被互换。

[0026] 轨迹描述了状况(例如位置、方向、速度矢量和加速度矢量等)随时间变化,在该状况上可以使用驾驶操纵控制车辆。轨迹是多维的,特别是二维或三维的。轨迹可以沿着将由车辆驾驶的驾驶表面(例如道路)延伸。因此,轨迹描述车辆在什么时间的位置以及未来车辆的位置。至少在预测范围内规划轨迹。例如预测范围可以由车辆的传感器范围确定。预测范围可以取决于速度。碰撞范围可以小于或等于预测范围。碰撞范围也可以取决于速度。如果轨迹以车辆和同伴车辆每个彼此间具有至少最小距离这样的方式驶向碰撞范围,则该轨迹被评定为无碰撞。

[0027] 轨迹集合将一组可能轨迹组合起来,这些轨迹在公共点处相交或开始于公共点。公共点可以是车辆在当前时间的当前位置。在公共点处,对于轨迹集合的所有轨迹,车辆以相同的速度和相同的方向行驶。轨迹集合的轨迹都至少稍有不同。对于该轨迹集合的所有

轨迹,至少一个驾驶操纵是不同的。轨迹集合的不同轨迹可以彼此交叉。这里可以经由不同的轨迹在同一未来时间点到达未来位置。

[0028] 数据包可以是自包含消息。数据包可以被称为操纵协调消息。可以经由通信接口将数据包从车辆传输到同伴车辆。反之亦然,同伴车辆可以经由通信接口向车辆提供同伴数据包。数据包或同伴数据包可以包含针对车辆预先规划的单个轨迹的单个轨迹信息。车辆或同伴车辆传输至少两条轨迹的轨迹信息,使得至少三条轨迹可用于元组的生成。特别地,数据包包含针对车辆预先规划的轨迹集合的不同轨迹的轨迹信息。例如,轨迹可以被映射为彼此固定距离处的位置坐标的序列。距离可以是空间的或时间的。在空间距离的情况下,位置坐标提供有时间戳。轨迹也可以被映射为参数化。这里轨迹可以在数学上描述为曲线图。轨迹可以在各部分中描述。

[0029] 数据包包含针对每条轨迹的努力值。轨迹由于努力值是可比较的,而不必重构对每条轨迹的个别驾驶操纵的驾驶努力。

[0030] 努力值描述行驶轨迹中的一条轨迹所需的驾驶努力。对于不同的车辆,驾驶努力可能不同。例如,在相同的轨迹上,敏捷、轻型车辆的驾驶努力可能比大的重型车辆的驾驶努力低。不改变速度和方向的恒定驾驶进行可以被评定为较低的驾驶努力或根本没有驾驶努力。强制制动被评定为与弱制动相比高的驾驶努力。强加速度可以被评定为与弱加速度相比高的驾驶努力。窄曲线半径可以被评定为与宽曲线半径相比高的驾驶努力。努力值将沿着相应的轨迹所需的驾驶努力组合成数值。因此,具有极端驾驶操纵的轨迹被评定为与以较弱驾驶操纵的轨迹相比高的努力值。评定标准可以将用于驾驶努力的数值分配给个别驾驶操纵。评定标准可以受车辆的驾驶员影响。

[0031] 元组由至少两条轨迹组成。元组的轨迹是不同车辆的不同轨迹集合的部分。因此元组的轨迹开始于不同点。元组的轨迹可能相交。如果不同车辆在不同时间到达轨迹的相交处,如果车辆间始终是至少最小距离,然后该元组被认为是无碰撞的。在轨迹方向上的最小距离可以比跨轨迹的最小距离大。最小距离可以取决于速度。如果最小距离低于下限,则将元组评定为易于碰撞。

[0032] 元组努力值表示元组中考虑的所有车辆的总驾驶努力。如果一个或多个车辆必须在元组的轨迹上执行根本驾驶操纵以便允许另一车辆执行优化的轨迹,则该元组的元组努力值将高于其中所有涉及的车辆执行适度驾驶操纵的元组的努力值。

[0033] 例如,可以将元组中的各轨迹的个体努力值相加在一起,以获得该元组的元组努力值。也可以对努力值进行不同地加权以确定元组努力值。在加权努力值时,可以考虑观察到的车辆驾驶员的协作意愿。

[0034] 参考轨迹可以是待实际由车辆行驶的轨迹集合中选择的轨迹。参考努力值可以用作其他努力值的参考值。可以将其他努力值标准化为参考努力值。例如,参考努力值可以被设置为努力值范围的平均值。具有比参考轨迹高的驾驶努力的轨迹然后可以具有比平均值大的努力值,并且可以被称为备选轨迹。具有比参考轨迹低的驾驶努力的轨迹然后可以具有比平均值小的努力值,并且可以被称为需求轨迹。

[0035] 元组努力值中还可以包括特定于功能的组件。特定于功能的组件可以是例如舒适性条件,其会导致特别是对具有非关键车辆距离的元组的偏爱。

[0036] 碰撞范围可以取决于情况。例如,碰撞范围可以取决于交通密度。在拥挤的交通

中,碰撞范围可能小于在交通不拥挤中的碰撞范围。碰撞范围也可以取决于交通状况。当车辆停在交通灯处时,碰撞范围可能小于车辆在高速公路上行驶时的碰撞范围。

[0037] 数据包还可以包含车辆的传感器数据。传感器数据可以用于改善对当前情况的评估,因为可以从与用户自己的视角不同的视角获得传感器数据。替代地或额外地,同伴数据包也可以包含同伴车辆的传感器数据。可以使用传感器数据调整碰撞范围。例如,通过组合来自多个车辆的传感器数据,可以容易地检测到障碍物。

[0038] 可以使用道路交通法规选择无碰撞元组。即使轨迹之间的距离小于最小距离,也可以选择其轨迹优先(通行权)于同伴轨迹的元组作为无碰撞元组。车辆必须给同伴车辆让路且空间最小距离不足的元组可以选择为易于碰撞元组。因此,可以根据道路交通法规解决碰撞。道路交通法规可以理解为在相应国家有效的法律法规,诸如德国的StVO。

[0039] 可以从另一同伴车辆接收至少一个其他同伴数据包。可以将另一同伴轨迹添加到元组。元组努力值可以用另一同伴努力值进行补充。元组可以由三条或更多条轨迹形成。如果自身轨迹与同伴轨迹中的至少一条易于碰撞,并且必须产生通行权,则在选择参考轨迹时不考虑元组。

[0040] 同伴轨迹集合还可以具有同伴车辆的参考轨迹和参考轨迹的参考努力值。可以由轨迹中的一条与同伴参考轨迹组合成同伴轨迹元组。具有最低元组努力值的无碰撞同伴参考元组的轨迹可以被选择为参考轨迹。其他车辆的参考轨迹可以在同伴数据包中被识别为同伴参考轨迹。同伴参考轨迹当前用于控制同伴车辆。可以在考虑同伴参考轨迹的情况下选择自身参考轨迹,特别是如果同伴参考轨迹比自身轨迹具有优先级的话。

[0041] 对于至少一条同伴轨迹,可以接收类别。也可以使用类别选择参考轨迹。替代地或额外地,可以为至少一个轨迹发送类别。在同伴车辆中,可以使用类别选择同伴参考轨迹。类别可以是关于轨迹的附加信息。例如,可以通过使用类别指示例外情况。例如,轨迹可以被分类为紧急轨迹。紧急轨迹可能由于例如由于缺陷、紧急情况或规避操纵而受到外部约束而被施加在车辆上。在紧急轨迹上的车辆可能接收来自其他车辆的较高协作意图。被分类为协作提议的轨迹可以允许对其他车辆有利的轨迹选择。轨迹也可以被分类为具有特殊权利的轨迹。例如,紧急车辆可能要求其他道路使用者放弃通行权。

[0042] 可以从无碰撞元组选择用于传输到同伴车辆的备选轨迹。备选轨迹需要车辆付出更多的努力,并且被选择作对同伴车辆或其他车辆的提议。有利的是,仅选择对于其他车辆可能有利的那些轨迹。

[0043] 如果同伴车辆对所传递的轨迹使用较小同伴预测范围,则在该车辆的预测范围内至少可以预测到同伴轨迹。在类似框架条件下,同伴轨迹可以扩展到自身预测范围。因此没有事先规划得太远的同伴轨迹可以合理地用于碰撞分析。

[0044] 可以将同伴轨迹集合变换为轨迹的计算时间。由于同伴数据包和数据包的数据传输以及该方法的计算时间,同伴轨迹可能示出相对于自身轨迹的时间偏移。借助时间变换,可以更精确地区分易于碰撞元组和无碰撞元组。因为可以更精确地确定同伴车辆的未来位置,所以可以减小安全距离。

[0045] 可以例如以软件、或硬件、或以软件和硬件(诸如在控制单元中)的混合形式实施方法。

[0046] 此外,这里呈现的方法建立了一种设备,该设备被配置为以适当的单元执行、控制

或实施这里呈现的方法的变型的步骤。

[0047] 设备可以是具有用于处理信号或数据的至少一个计算单元、用于存储信号或数据的至少一个存储单元、以及用于读取或输出嵌在通信协议中的数据的数据的至少一个接口和/或通信接口的电子设备。计算单元可以是例如信号处理器、所谓的系统ASIC、微处理器或微控制器,用于处理本车和/或同伴车辆的传感器信号并且取决于传感器信号输出数据信号。存储单元可以是例如闪存、EPROM或磁存储单元。接口可以被配置为用于从传感器读取传感器信号的传感器接口和/或被配置为用于向致动器输出数据信号和/或控制信号的致动器接口。通信接口可以被配置为无线和/或有线地读取或输出数据。接口也可以是软件模块,例如,在其他软件模块旁边的微控制器上。

[0048] 同样有利的是具有程序代码的计算机程序产品或计算机程序,程序代码可以存储在机器可读的载体或存储介质(诸如半导体存储器、硬盘存储器或光学存储器)上,并且特别是在程序产品或程序在计算机或设备上执行的情况下,用于执行、实施和/或控制根据以上描述的实施例中的一个的方法的步骤。

[0049] 指出的是,在这里关于不同实施例描述本发明的可能特征和优点中的一些。本领域技术人员将认识到的是,可以以适当的方式组合、修改或交换方法和设备的特征,以达到本发明的其他实施例。

附图说明

[0050] 在下文中,参考附图描述了本发明的实施例,其中附图和说明书均不应解释为对本发明的限制。

[0051] 图1示出具有根据实施例的设备的车辆的表示。

[0052] 图2示出具有轨迹集合和同伴轨迹集合的车辆和同伴车辆的表示。

[0053] 图3示出根据实施例的具有与同伴轨迹集合匹配的轨迹集合的车辆和同伴车辆的表示。

[0054] 图4示出根据实施例的具有彼此匹配的轨迹集合的车辆和同伴车辆的表示。

[0055] 这些附图仅是示意性的,而没有按比例绘制。附图中相同附图标记指示相同或相似作用的特征。

具体实施方式

[0056] 当协调车辆之间的操纵以增加舒适性、效率和安全性等时,这可以称为协作驾驶。直接车辆对车辆的通信(V2V)的可能性以及车辆自动化程度的增加促进了这一点。

[0057] 在不同场景中,可以执行车辆之间的不同类型的操纵协调的方法。

[0058] 例如,在避开障碍物时可以实现操纵协调。其中,所涉及的车辆首先传输许多可能的规避轨迹。轨迹分别描述车辆的位置或状况随时间的变化。因此,它对车辆在未来某个时间点处的位置进行编码。轨迹可以被非参数地表示为例如位置点的序列、或随时间变化的离散分布或连续分布,或被参数地表示为取决于时间的图形,例如呈多项式或回旋曲线的形式、或者离散分布或连续分布的流。在此过程中,所谓的备选轨迹被传输到相邻的车辆。随后从备选轨迹的可能组合的数量中,选择一种将预期损害最小化或完全避免的轨迹。组合的评定还考虑相应备选轨迹的优先级。

[0059] 操纵协调也可以在一般道路交通状况下进行。如果需要,车辆可以以轨迹的形式传输关于其当前驾驶行为以及其意图驾驶行为的信息。另一车辆检查其是否可以实现对正在传输的车辆的意图操纵,并且根据具体情况通过调整其参考轨迹来明确地或隐含地确认这一点,使得已经传输其预期操纵的车辆将能够执行该意图操纵。

[0060] 本发明的实施例

[0061] 图1示出具有设备102的车辆100的表示,设备102用于将车辆100的未来驾驶操纵与至少一个其他车辆104的驾驶操纵进行协作协调。这里车辆100正在其他车辆104后面的道路上驾驶。其他车辆104可以称为同伴车辆104。车辆100的传感器检测车辆100附近的当前交通状况。替代地或额外地,车辆100经由无线电接收关于交通状况的信息。取决于交通状况,针对车辆100规划当前可能轨迹108中的轨迹集合106,并且轨迹108中的一条轨迹被选择为参考轨迹110。轨迹108描述预先计算的一系列位置坐标,如果车辆100使用诸如转向、制动或加速的驾驶操纵沿着轨迹108行驶,则车辆100未来将会处于这些位置坐标。实际上选择参考轨迹110来进行驾驶。

[0062] 轨迹108都具有相同的原点。这里原点位于车辆100的当前位置。参考预测范围规划轨迹集合106。预测范围指示车辆100在一段时间后将位于哪个位置坐标。取决于车辆100如何被加速、制动和/或转向,轨迹108具有不同的长度并且在不同的位置坐标处结束。例如,这里示出具有最大减速度的轨迹108、具有车道改变的轨迹108、没有转向干预和制动干预的参考轨迹110、具有规避操纵的轨迹108以及具有适度制动干预的轨迹108。

[0063] 在设备102中轨迹集合106的轨迹108被分别评定为努力值112。因此,这里具有车道改变的轨迹108被示例性地评定为-0.1的努力值112。具有规避操纵的轨迹108被评定为-0.2的努力值112。参考轨迹110被评定为0的努力值114,以及具有适度制动干预的轨迹108被评定为0.7的努力值112。

[0064] 在实施例中,具有大于参考努力值114的努力值112的轨迹被称为备选轨迹116。具有小于参考努力值114的努力值的轨迹108被称为需求轨迹118。

[0065] 设备102将数据包120发送到其他车辆104。数据包120包含关于轨迹集合106的轨迹108的信息。相应的努力值112也经由数据包120传输。

[0066] 在实施例中,数据包120包含关于参考轨迹110和轨迹集合106中的至少一条其他轨迹108的信息。

[0067] 图2示出具有轨迹集合106和同伴轨迹集合200的车辆100和同伴车辆104的表示。以使得车辆100将经由入口坡道驾驶到多车道道路上这样的方式规划轨迹集合106。以使得车辆100将在进入入口坡道的加速车道的大约一半处改变到道路的右侧车道这样的方式规划参考轨迹110。作为其他可能性,规划了轨迹108,其中车辆100在加速车道上停留更长的时间并在稍后点处改变到右侧车道、或在加速车道上制动。

[0068] 同伴车辆104已经在道路的右侧车道上驾驶。车辆100从同伴车辆104接收同伴数据包202,同伴数据包202具有关于规划的同伴轨迹集合200的信息。对于同伴车辆104,同伴轨迹206被规划为恒定驾驶在道路的右侧车道上。在备选轨迹204上,同伴车辆104在右侧车道上加速或制动。在另一轨迹204上,规划了将车道改变到左侧车道。同伴数据包202还包含同伴轨迹204的同伴努力值208。车道改变被评定为0.3,加速被评定为0.2,以及制动被评定为0.1。

[0069] 在车辆100中,轨迹集合106中的各个轨迹108与同伴轨迹集合200的同伴参考轨迹206比较。出于此目的,元组210每个由一条轨迹108与同伴参考轨迹206形成。在每个元组210中,由相应的努力值112和相应的同伴努力值208确定元组努力值。对于碰撞212检查元组210。还认识到,车辆100不能从加速车道改变为没有与当前同伴参考轨迹206发生碰撞212的道路,因为道路的右侧车道被同伴车辆104占据。

[0070] 在仅有的无碰撞轨迹108上,车辆100将在加速车道上制动。

[0071] 图3示出根据实施例的具有与同伴轨迹集合200匹配的轨迹集合106的车辆100和同伴车辆104的表示。该表示基本上对应于图2中的表示。这里车辆100已经从轨迹108中选择了仅有的无碰撞轨迹108作为参考轨迹110,已经分配努力值0并且已经以新努力值112评定了其他轨迹108。在新参考轨迹110上,车辆100现在被制动在加速车道上以使同伴车辆104在右侧车道上通过。如果几条无碰撞轨迹108可用,则将会选择该轨迹108,其将与同一条轨迹204一起形成具有最低元组努力值的元组210。

[0072] 具有较早改变到右侧车道的轨迹108现在被评定为-0.2的努力值112。具有较迟改变的轨迹108被评定为-0.6。其中将甚至更强烈地制动车辆100在加速车道上的新轨迹108被评定为0.7的努力值。如图1所示,轨迹108和其相关联的新努力值112在数据包120中被发送到同伴轨迹104。

[0073] 在同伴车辆104中,元组210每个现在由同伴轨迹204和轨迹108形成,并且由相关联的同伴努力值208和相关联的努力值112确定相应的元组努力值。选择无碰撞元组210,并且选择具有最低元组努力值的元组210。由于车辆100中的努力值112的先前的重新确定,很明显的是,选择了由迟点向右侧车道的改变的轨迹108和具有轻微减速的同伴轨迹204组成的元组210。

[0074] 图4示出根据实施例的具有彼此匹配的轨迹集合106、200的车辆100和同伴车辆104的表示。该表示基本上对应于图2和图3中的表示。这里同伴车辆104已经对改变的参考轨迹110以及对应改变的努力值112做出了反应,并且选择具有轻微减速的同伴轨迹204作为新同伴参考轨迹206,并且以新同伴参考轨迹208评定其余同伴轨迹204。具有加速的同伴轨迹204现在被评定为0.4的同伴努力值,同时车道改变仍被评定为0.3。

[0075] 该信息在新同伴数据包202中被传输到车辆100。该信息再次形成元组210并且将努力值112和同伴努力值208组合成元组努力值。因为几条轨迹108现在与同伴轨迹206无碰撞,选择具有最低元组努力值的元组210,并且具有迟点向右侧车道的车道改变的轨迹108被选择为新参考轨迹110。其余轨迹108的努力值112被相应地重新确定。早的车道改变现在被评定为0.2的努力值112。在加速车道上的适度减速还被评定为0.2。强减速仍被评定为0.7。该信息再次在新数据包120中被发送到同伴车辆104。

[0076] 换句话说,这里呈现的方法提出了一种基于可选轨迹的协作驾驶操纵的分布式协调。

[0077] 这里呈现的方法描述了一种基于轨迹交换的协作操纵协调方法。这里关于当前规划轨迹或参考轨迹以及可能轨迹(例如规避操纵(备选轨迹)或预期操纵(需求轨迹))的信息与相关联的努力评定一起传递。这使得参与的车辆能够协调出最佳共同操纵(以最低的总努力)。并非总是精确地传递一条单个期望轨迹,这在复杂场景下增加了选择数量并且提高了互利协作的可能性。是否实现需求轨迹的决策不是基于对其他车辆的成本进行假设的

全局成本函数。因此,为了进行最佳的决策,不需要在所有车辆制造商中均是相同的成本函数,可以免除容易出错的假设。每个车辆在内部计算自身成本,然后以标准化到间隔 $[-1,1]$ 的方式将其传输给其他车辆。参考轨迹不需要无条件的无碰撞,因为虚拟碰撞也可能是由于以下事实引起的:所考虑的轨迹的预测范围(投影的持续时间)不匹配,例如如果协作伙伴中的一个使用 $<1s$ 的极短预测范围。在这种情况下,参考轨迹的碰撞将很少发生。在其他的极端中,很大的预测范围将始终导致碰撞,这将触发需求轨迹的持续发送。“正确的”预测范围取决于具体情况。

[0078] 使用这里呈现的方法,协作不需要主动询问。这里可以借助备选轨迹由车辆提供协作,该车辆已经预先认识到未来需要另一车辆的协作,例如因为该车辆由于其卓越的传感器技术具有更全面的环境模型。

[0079] 此外,可能的是协商或优化操纵协调。例如,如果第二车辆想要协作,则第一车辆可以发送迫使第二车辆将速度降低 $20km/h$ 的需求轨迹。这里呈现的方法中,第二车辆可以传达出以 $10km/h$ 的速度减速是可以接受的,然后该第二车辆将会准备进行协作。其中参考轨迹的具体改变是不必要的,使得对车辆控制的直接干预被避免。因此,实现了非约束性的连续协商/优化。

[0080] 使用这里呈现的方法,轨迹的纯粹信息传输发生。分布式协作操纵协调包括两个部分。首先,提出具有一组规则的协议,该协议允许车辆进行通信。其次,提出使用该协议执行不同的协作操纵协调的方法。基本原理是车辆交换轨迹集合或一定数量的轨迹或轨迹集群。该数量由一条“参考轨迹”、0至 n 条“备选轨迹”和/或0至 m 条“需求轨迹”组成。

[0081] “参考轨迹”是车辆当前遵循的轨迹,并且由驾驶控制器/驾驶员作为目标参数来实施。该“参考轨迹”始终被通信。“备选轨迹”描述比参考轨迹“更昂贵”、但如果可用的话车辆将愿意驾驶的操纵。“备选轨迹”被可选地通信。“需求轨迹”描述期望的操纵,该期望的操纵是车辆由于较低的“成本”而想要驾驶,但车辆当前不能驾驶,例如因为所需的操纵空间被其他车辆占用。“需求轨迹”被可选地通信。这些轨迹(参考轨迹、需求轨迹、备选轨迹)没有通过ID或标记显式地编码。而是,除了这样的轨迹之外,还为每条轨迹传输成本值。这使得能够与其他轨迹相关地设置每条轨迹,并从中得出它们的含义和优先级。每条轨迹的成本值的传递使其他道路使用者可以确定正在传输的车辆的成本函数的局部近似值。如果随时间总体地评定成本值和相关联轨迹,这将特别成功。

[0082] 另外,规定对于每条轨迹,可以可选地指定类别。该类别有助于在同伴车辆或其他车辆的操纵规划中考虑轨迹。

[0083] 如果车辆遵循“紧急轨迹”,然后该车辆处于技术性(例如轮胎爆胎)或与情况相关的紧急情况(例如,孩子跑到道路上),即它将无法遵守正常的交通规则(例如,在高速公路上停车)或对其他车辆构成潜在危险(由于严重的制动/转向)。

[0084] “协作提议”表示向其他车辆用以实施它们的需求轨迹的提议。可以借助所寻址车辆的V2X ID、经由附加可选字段指定相关车辆。

[0085] 如果将轨迹标记为“紧急车辆”类别,则该轨迹上的车辆在值时具有特殊的优先级(对于这样的车辆,信息已经包括在CAM(协作意识消息)中)。

[0086] 类别“建议”可以与V2X ID的字段结合地使用,以发送轨迹作为特定其他车辆的操纵建议。

[0087] 该概念包括每条具有一个成本值的轨迹以及对轨迹进行分类和归类的可能性。轨迹分类为参考轨迹、需求轨迹和备选轨迹。备选轨迹可以理解为协作提议。参考轨迹在定义的时间内易于碰撞。观察时间到期后,要求没有碰撞。即使车辆的参考轨迹不发生碰撞,备选轨迹和需求轨迹也是合理的。

[0088] 因此,车辆可以预防/主动地传达其愿意驾驶的轨迹,因为缺点在其自身成本函数内是可以接受的。在对相应车辆施加影响之前,可能的是协商协作。这提供了有效地优化参与协作的车辆的操纵的机会。此外,由于对所有协作伙伴的偏好经由努力值或成本进行明确地编码和传达,因此存在极大地减少计算需求的可能性,从而可以免除对其他车辆的大量成本分析。传递的成本值增加了成功协作的机会,因为可以更精确地估计协作伙伴的成本。如果适用,则可以完全省略对同伴成本的本地估计。接收到的同伴轨迹中的一条轨迹的成本也可以在车辆中进行本地估计。如果适用,则可以将所有同伴成本的接收成本值比例化。这样可以以较低的计算量粗略地比较自身成本和同伴成本。类别的引入可以更好地支持操纵规划算法。

[0089] 描述一种在若干车辆之间的协作操纵协调的方法,方法基于车辆之间的轨迹信息的周期性或基于事件的(即,当满足某些条件时)交换。首先描述传输的信息。然后以不同的方法变型描述协调概念。

[0090] 首先,对不同轨迹定义用于传输的规则。交换的轨迹信息在下文中被描述为交换的轨迹集合或轨迹簇,它由车辆的参考轨迹、 $M(M \geq 0)$ 个数量的需求轨迹, N 个数量($N \geq 0$)的备选轨迹以及针对每条传递轨迹的相对成本值 $C(-1 \leq C \leq 1)$ 组成。

[0091] 参考轨迹例如通过总是在消息中排在第一而被明确指示。替代地或额外地,它也可以由显式标记识别。对于每条轨迹,可以传输诸如协作提议/紧急轨迹/部署轨迹等的特殊分类。每条轨迹可以补充其他车辆的V2X ID列表,该轨迹通过其分类引用该列表。

[0092] 例如在诸如为紧急车辆通道或避开障碍物形成过道的特殊情况下,类别“提议”可以用于向其随后可能跟随的同伴车辆提出轨迹。

[0093] 轨迹的相对成本值设置如下。参考轨迹具有在 $-1 < C_0 < 1$ 范围内的成本值 C_0 。需求轨迹具有 $C < C_0$ 的成本值。备选轨迹具有 $C > C_0$ 的成本值。

[0094] 参考轨迹是车辆当前遵循的轨迹,并且是驾驶控制器/驾驶员的目标量。参考轨迹原则上应该没有碰撞,但是对于有限时间段或在预测范围阈值以上或碰撞时间(TTC)阈值以上,可能会发生碰撞。如果发生碰撞,则根据StV0(道路交通法规)进行解决。根据StV0从属车辆可以解决碰撞。因此,优先车辆可以继续发送其碰撞的轨迹。

[0095] 备选轨迹是这样的轨迹:其成本比参考轨迹高,但是如果适用则车辆仍然愿意驾驶。“如果适用”这里表示“有储备”,即例如在备选轨迹可以成为参考轨迹之前,可能需要驾驶员的同意。另外,可以进行总体情况的评定,其中检查自身附加成本是否被其他车辆的足够收益所抵消(从本地角度来看)。可选地,可以以其不与所有其他参考轨迹碰撞的方式规划备选轨迹。

[0096] 需求轨迹是更好地满足期望目的地的轨迹,因此比参考轨迹更有利。需求轨迹与其他轨迹碰撞。“其他轨迹”应被理解为同伴参考轨迹。如果这些轨迹例如由于不同规划范围时间太短,如果与参考轨迹的内部外推发生碰撞就足够了。

[0097] 轨迹簇的交换轨迹不仅仅被视为欧几里得空间中的轨迹,还可以是其他可能空间

中的轨迹。示例是沿着车道中心的Frenet空间,其中轨迹可能包括相应车道的指示以及车道中心随时间变化的部分。以这样的方式,可以在结构化交通空间(=例如具有车道标记的高速公路)中有效地传递轨迹簇。

[0098] 在实施例中,涉及的车辆在其环境上使用与协作无关地交换的消息,诸如自我状态或传感器信息。以这种方式,例如通过在同伴传感器数据的帮助下更清楚地对情况进行分类,可以使其他道路使用者的轨迹更加合理。

[0099] 在实施例中,基于跨车辆的非常类似的成本函数,使用轨迹的协作成本值来应用协调概念。为了描述该协调概念,考虑示例性场景,在该场景中第一车辆驾驶到具有通行权的道路上,第二车辆正在该道路上驾驶。初始场景如图2所示,其中第二车辆最初在主车道上单独驾驶。由于不需要操纵,因此它在其轨迹簇中传输其参考轨迹以及在这种情况下会传输三条备选轨迹。可以通过轻微制动($C=0.1$)、轻微加速($C=0.2$)或车道改变($C=0.3$)获得备选轨迹。这意味着第二车辆会更愿意在入口坡道处稍微制动或施加阻力扭矩。备选操纵也可以分别以相同成本值传输,以近似成本函数。这使得有可能识别出,例如 -0.5m/s^2 的减速与正在传输的车辆以 1.0m/s^2 的加速一样昂贵。

[0100] 在其轨迹簇中,第一车辆在加速车道的一半处向上驾驶时发送其参考轨迹,这包括向上驾驶操纵,但因为其与具有通行权的第二车辆的参考轨迹发生碰撞而无法执行。这种情况是由于假设的传输扰动引起的,因为如果第一车辆已经知道第二车辆的优先轨迹,则它将会不同地规划其参考轨迹。此外,第一车辆在其轨迹簇中发送在加速车道上的停留作为备选轨迹以及在加速车道的尽头的向上驾驶作为需求轨迹。

[0101] 操纵协调利用了车辆能够发送需求轨迹和/或备选轨迹的事实。对协调的以下描述是从需要协作的第一车辆的角度以及从准予协作的第二车辆的角度进行的。

[0102] 当从需要协作的一方的角度进行协作时,第一车辆基于从第二车辆接收的轨迹簇确定其参考轨迹,即当前轨迹以及需求轨迹都不可行,因为它们与第二车辆的优先参考轨迹碰撞。由于参考轨迹的碰撞,第一车辆认识到有必要调节其参考轨迹,并因此需要协作,并且有必要对此进行通信。

[0103] 该过程分两个阶段进行,其中第二阶段仅在第一阶段不成功时才进行。如果仅执行第一阶段,则这两阶段过程允许协作的计算工作量降低。在这两个阶段中,使用同伴轨迹和自我轨迹的成本知识来最大化成功协作的机会。

[0104] 对于同伴车辆,轨迹计算的第一阶段仅使用从这些车辆接收的轨迹。以这样的方式执行计算,使得对于自我车辆产生轨迹集合以及相关成本值,由此忽略动态对象并且仅考虑静态约束(诸如车道边界)和静态对象(诸如抛锚的车辆)。随后可以将成本值标准化为间隔 $[-1;1]$ 。

[0105] 计算出的轨迹与同伴车辆中的每个车辆的一条轨迹组合以形成元组,即笛卡尔乘积由其他车辆的计算出的轨迹和接收到的轨迹形成。在此之前,同伴轨迹被转换为当前计算时间(所谓轨迹的时间对准)。对于没有轨迹可用(例如因为它们的技术上没有足够装备)的车辆,但是自我车辆可以经由车载传感器或经由通过V2V通信来自同伴车辆的信息识别这些轨迹,确定最可能的轨迹。

[0106] 首先,确定自我车辆的参考轨迹。出于此目的,对元组进行分类,在该元组中与同伴车辆的参考轨迹在与规划操纵有关的区域中发生碰撞。这里可以考虑安全距离,该安全

距离包括所涉及车辆的位置不确定性和轨迹的时间对准中的误差两者。从其余元组中,选择具有最低成本的元组,即同伴轨迹的成本与自我轨迹的成本相组合。该组合可以以取决于驾驶员表示利己的或利他的基本行为这样的方式被设计。来自该元组的自我轨迹被作为参考轨迹。选择的元组和因此选择的新参考轨迹现在充当参考值(参考元组)。

[0107] 基于此,从具有比参考元组低的总成本的所有元组(包括易于碰撞元组)中选择M个合适的元组(例如,最低成本和/或考虑最小距离以确保所选元组的足够多样性)。来自这些元组的自我轨迹被选择为待传输的新轨迹簇的“需求轨迹”。

[0108] 从具有比参考元组高的总成本的元组中,选择具有最低(和/或考虑元组之间的最小距离)成本的N个元组。来自这些元组的自我轨迹被选择为待传输的新轨迹簇的“备选轨迹”。可选地,可以选择至少一条备选轨迹,该备选轨迹尽可能与许多接收到的同伴参考轨迹无碰撞,以便最大化满足协作请求的机会。

[0109] 传输表示该选择结果的轨迹束。对于图2所示的场景,解决方案如图4所示。

[0110] 如果在第一阶段中确定的元组都不是无碰撞的,则执行轨迹计算的第二阶段。其中,对于所有装备的车辆,计算轨迹集合。对于没有装备的车辆,确定最可能的轨迹。然后确定针对装备的车辆计算的轨迹的成本。对于自身车辆,根据自身成本函数计算成本并将其标准化为区间 $[-1;1]$ 。对于同伴车辆,使用距离量度相对于包含在由这些车辆接收的轨迹簇中的轨迹计算所计算轨迹的成本。以这种方式,使用相应车辆的成本函数的近似值对此车辆计算的轨迹进行评定。

[0111] 随后,执行第一阶段的相应步骤,并传输所得轨迹簇。

[0112] 从第一阶段开始描述的计算过程,并且必要时在多个传输周期中进行第二阶段,如果适用,直到第一车辆的参考轨迹不再与其他车辆在所规划的操纵相关的区域内的参考轨迹发生碰撞,并且因此可以被驱动。所考虑场景的可能解决方案示出在图4中。

[0113] 从准予在主车道上的第二车辆的角度来看,协调也是通过两阶段过程进行,其中只有在第一阶段没有产生结果的情况下,第二阶段才进行。如以上描述的,执行两个阶段中的轨迹的计算。在进行计算之前,检查是否需要协作。通过在相关区域中无法实现第一车辆的参考轨迹的事实,第二车辆可以认识到在个别情况下第一车辆的部分需要协作,如果由于阴影而在规划时发送者不知道另一车辆的存在可能会发生这种情况。因此,第二车辆将在内部将来自第一车辆的簇的另一轨迹视为其当前轨迹。出于此目的,将第一车辆的需求轨迹或备选轨迹视为其当前轨迹,其具有最低成本值并且在碰撞范围内不与第二车辆的当前轨迹相碰撞。在图2所示的示例中,它是成本值为 $C=0.7$ 的备选轨迹,因为需求轨迹也与第二车辆的当前轨迹发生碰撞,因此继续列为第二车辆内的需求轨迹。在随后的确定待传输的轨迹簇的计算过程中,如果有必要,第二车辆调整其当前轨迹,以便第一车辆可以向上驾驶。可能的解决方案如图4所示。

[0114] 例如,从其情况分析中识别出另一汽车将例如驶向高速公路然后需要协作的车辆可能已经主动提供协作。通过生成合适的备选轨迹并将其发送(可选地还设置“协作提议”类别)来做到这一点。驾驶车辆然后可以立即产生并传输合适的需求轨迹。随即主车道上的车辆将调整其参考轨迹。这里描述的计算效率更高的概念基于车辆(或多或少地)永久提供协作的事实。

[0115] 在某些情况下,将轨迹作为建议发送给其他车辆可能会有所帮助。例如,在想要在

高速公路上形成供紧急车辆进入的过道的紧急车辆的情况下。这样的建议作为对驾驶员的提示对于手动驾驶车辆可能是有用的。如果没有足够的时间进行协调,则在突发紧急情况下(避免未预期到的障碍物)可能会发生另一种可能使用。建议在模糊情况下也可能会有所帮助,诸如许多车辆同时处于左前右的十字路口。出于该目的,车辆为其他车辆计算轨迹,将其标记为“建议”,并且为其提供所寻址车辆的V2X ID。建议轨迹被附加到操纵协作消息并被发送。在这种情况下,建议轨迹的成本值无关紧要。其他车辆接收消息并看到该消息包含针对它们的建议。在它们通常的轨迹确定范围内,其他车辆评估建议的合理性并且在适用时给予优先考虑。优点是,如果有可能的备选内部解决方案,它们将提出由中心位置协调的变型。因此,这里描述的方法使得能够进行中心操纵协调。

[0116] 使用这里呈现的方法,可以实现协作操纵的有效优化。每个车辆发送这些轨迹的几种变型,而不是仅发送一条需求轨迹或一条备选轨迹。借助传达的协作成本,其他车辆可以知道其偏好。正在接收车的辆现在可以直接选择其优选解决方案。另外,它又可以围绕其自身的解决方案进一步确定并发送许多需求轨迹或备选轨迹。

[0117] 可以在以下资源中找到关于这里呈现的方法的技术背景的附加信息:

[0118] <https://www.imagine-online.de/home/> (called up on 26 January 2018)
Projekt IMAGInE-Intelligente **Manöver** Automatisierung-kooperative
Gefahrenvermeidung in Echtzeit

[0119] Werling et al., “Optimal trajectories for time-critical street scenarios using discretized terminal manifolds”, The International Journal of Robotics Research, 2011

[0120] Düring et al., “Adaptive Cooperative Maneuver Planning Algorithm for Conflict Resolution in Diverse Traffic Situations”, International Conference on Connected Vehicles and Expo, 2014

[0121] DE10 2016 209 330 A1

[0122] DE10 2012 011 994 A1

[0123] 最后,应注意,诸如“具有”、“包括”等术语不排除其他元件或步骤,以及诸如“一”或“一个”的术语并不排除多个。权利要求中的附图标记不被认为是限制。

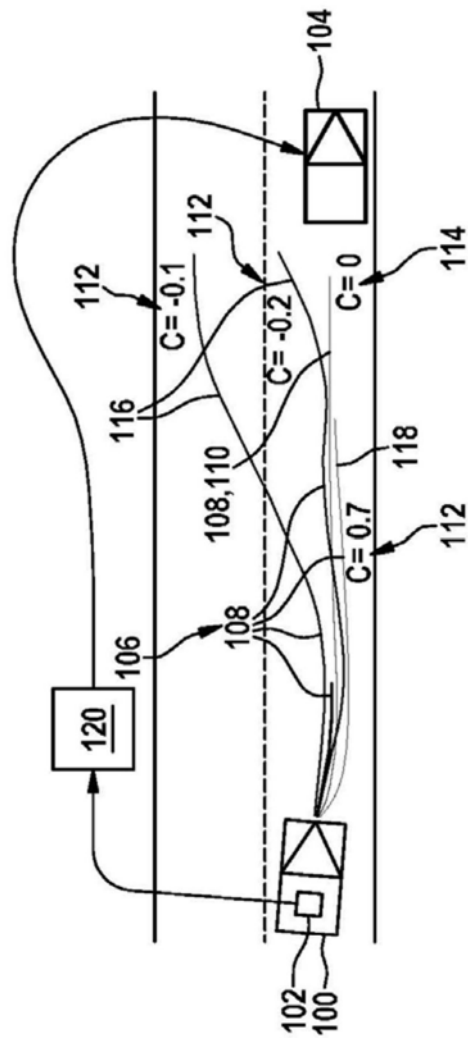


图1

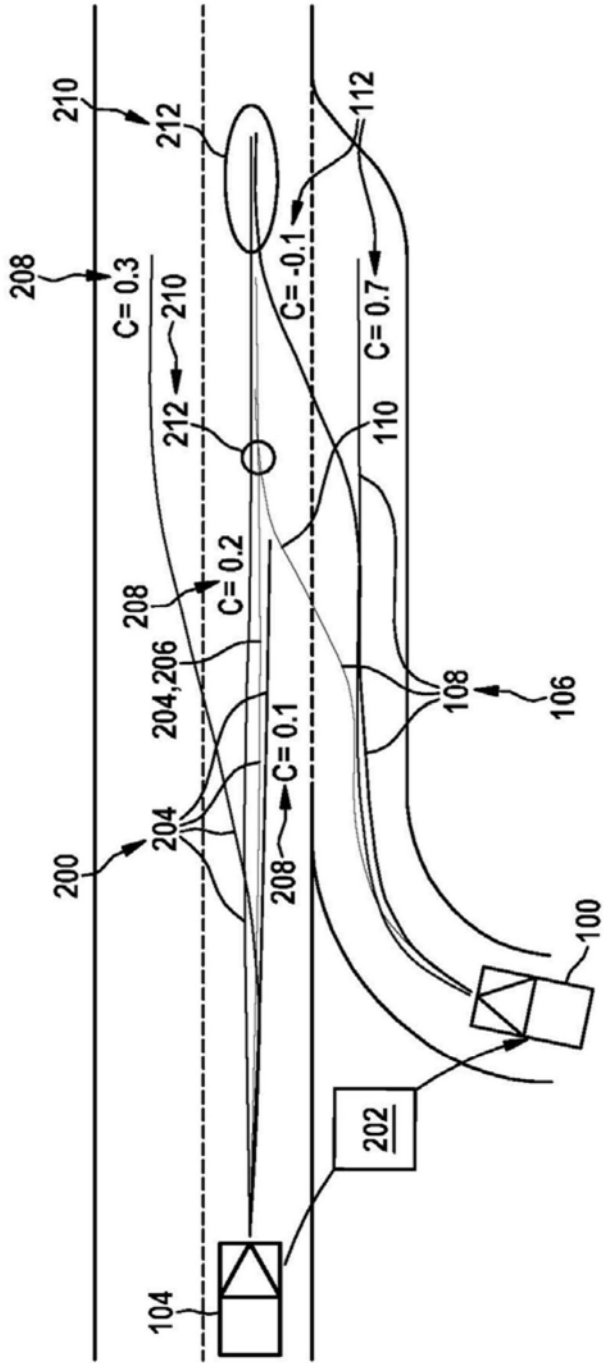


图2

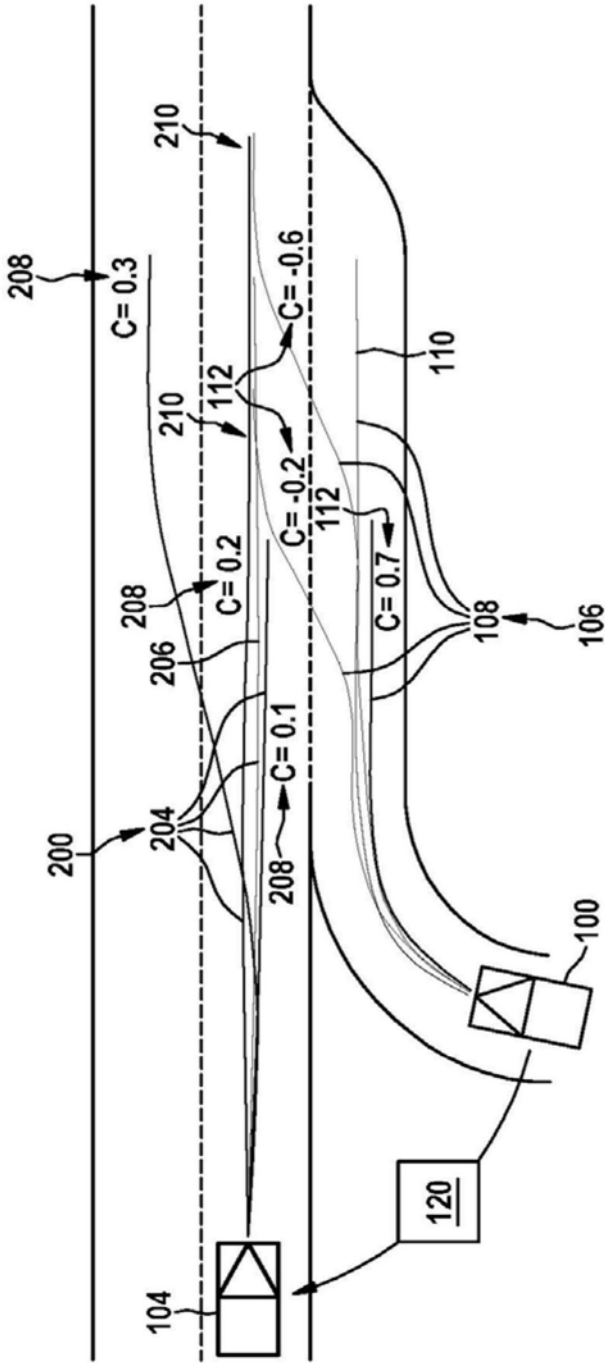


图3

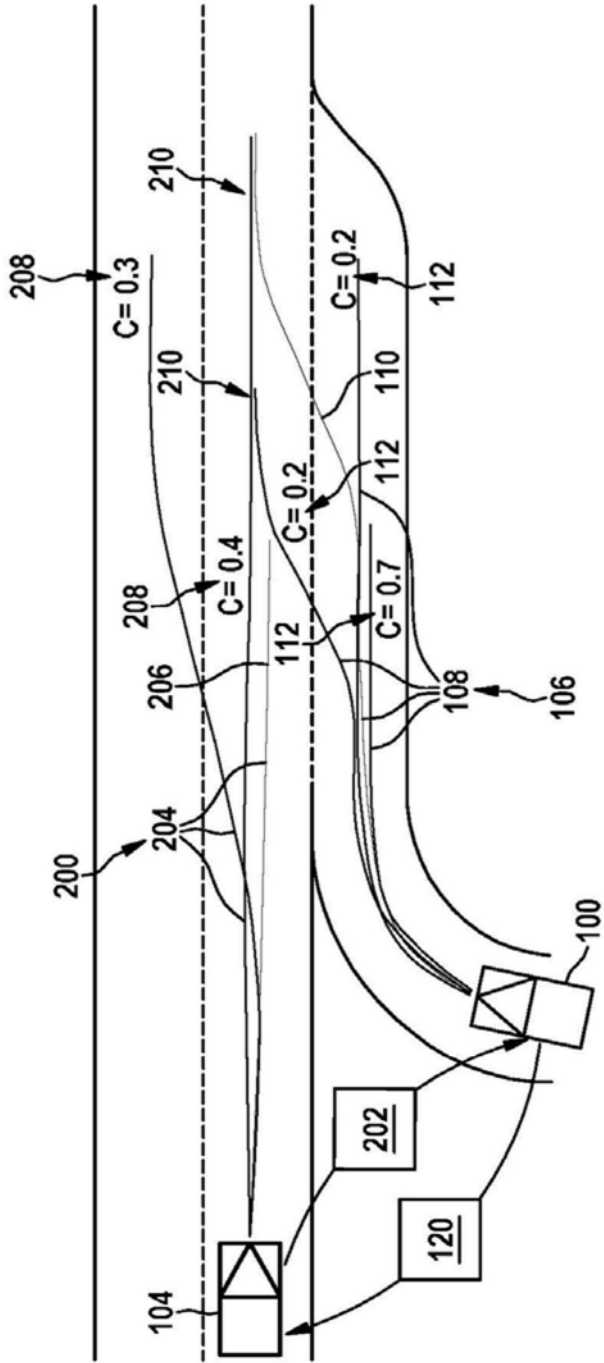


图4