



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117279816 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 22

(21) 申请号 202280032474.7

A • 阿斯图迪洛奥拉拉

(22) 申请日 2022.04.29

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

(30) 优先权数据

专利代理师 雷明 秘凤华

FR2104645 2021.05.03 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int.Cl.

2023.11.01

B60W 30/095 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2022/061576 2022.04.29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/233739 FR 2022.11.10

(71) 申请人 雷诺股份公司

地址 法国布洛涅-比扬古

(72) 发明人 N • 莫利纳拉莫斯 V • 米兰尼斯

D • 冈萨雷斯鲍蒂斯塔

I • 科尔特斯拉富恩特

权利要求书2页 说明书9页 附图3页

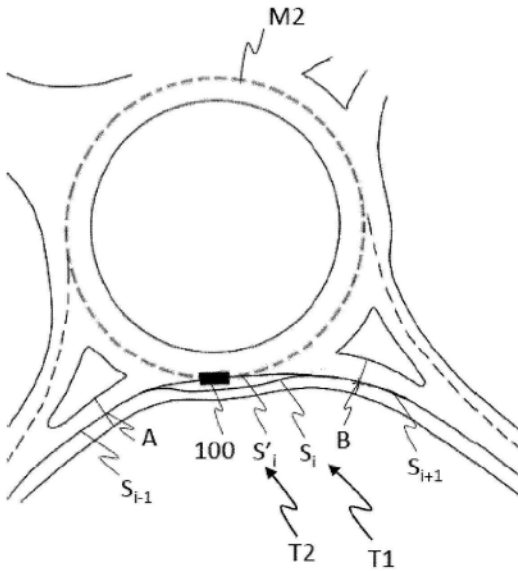
(54) 发明名称

车辆(100)在给定段(S)上的移动的步骤(E4)。

用于控制自主车辆的方法

(57) 摘要

披露了一种用于控制配备有至少一个感知装置(21)和第一地图(M1)的自主车辆(100)的方法,该第一地图包括表示自主车辆(100)的环境的实际基础设施的存储的数字数据,其特征在于,该方法包括:-定义自主车辆(100)的第一轨迹(T1)和第一相关联的运动学廓线(P1)的步骤(E1),-根据由至少一个感知装置(21)传输的数据检测第一轨迹(T1)的给定段(S)上的要优化的情况的步骤(E2),该给定段(S)位于自主车辆(100)的前方、在小于至少一个感知装置(21)的最大检测距离(DLIM)的距离内,-优化第一地图(M1)和第一运动学廓线(P1)中的至少一个元素的步骤(E3),优化第一地图包括确定给定段(S)上的局部地图(M2),和/或优化第一运动学廓线(P1)包括确定与给定段(S)相关联的第二运动学廓线(P2),第二运动学廓线(P2)的至少一个参数不同于第一运动学廓线的参数(P1),-考虑局部地图(M2)和/或第二运动学廓线(P2)来控制自主



1. 一种用于控制配备有至少一个感知装置 (21) 和第一地图 (M1) 的自主车辆 (100) 的方法, 该第一地图包括表示该自主车辆 (100) 的环境的实际基础设施的存储的数字数据, 其特征在于, 该方法包括:

- 定义该自主车辆 (100) 的第一轨迹 (T1) 和第一相关联的运动学廓线 (P1) 的步骤 (E1);
- 根据由该至少一个感知装置 (21) 传输的数据检测该第一轨迹 (T1) 的给定段 (S) 上的要优化的情况的步骤 (E2), 该给定段 (S) 位于该自主车辆 (100) 的前方、在小于该至少一个感知装置 (21) 的最大检测距离 (DLIM) 的距离内;
- 优化该第一地图 (M1) 和该第一运动学廓线 (P1) 中的至少一个元素的步骤 (E3),
优化该第一地图包括确定该给定段 (S) 上的局部地图 (M2), 和/或
优化该第一运动学廓线 (P1) 包括确定与该给定段 (S) 相关联的第二运动学廓线 (P2),
其中该第二运动学廓线 (P2) 的至少一个参数不同于该第一运动学廓线的参数 (P1);
- 考虑该局部地图 (M2) 和/或该第二运动学廓线 (P2) 来控制该自主车辆 (100) 在该给定段 (S) 上的移动的步骤 (E4)。

2. 如前一权利要求所述的控制方法, 其特征在于, 确定局部地图 (M2) 允许尤其是通过贝塞尔曲线在该给定段 (S) 的入口点 (A) 与出口点 (B) 之间确定该给定段 (S) 的新曲线, 并且该新曲线在该入口点 (A) 处和该出口点 (B) 处与该第一轨迹 (T1) 具有连续性 G2。

3. 如前述权利要求中任一项所述的控制方法, 其特征在于, 确定与该给定段 (S) 相关联的第二运动学廓线 (P2) 包括根据源自该至少一个感知装置 (21) 的数据计算最大无碰撞速度阈值 (VCOL), 并且其中, 该第二运动学廓线 (P2) 包括低于该最大无碰撞速度阈值 (VCOL) 的最大速度。

4. 如前一权利要求所述的控制方法, 其特征在于, 该最大无碰撞速度阈值 (VCOL) 通过求解方程来计算, 在该方程中, 该最大无碰撞速度阈值 (VCOL) 等于达到该最大无碰撞速度阈值 (VCOL) 所需的制动值与该至少一个感知装置 (21) 的最大检测距离 (DLIM) 的两倍的乘积的平方根。

5. 如前述权利要求之一所述的控制方法, 其特征在于, 检测要优化的情况的该步骤 (E2) 包括测量该自主车辆 (100) 保持在要优化的情况下的保持时间, 以及将该保持时间与和所述情况相关联的触发阈值进行比较, 并且其中, 当该保持时间大于该触发阈值时, 执行优化步骤 (E3)。

6. 如前述权利要求之一所述的控制方法, 其特征在于, 一组预定义情况被存储在电子存储器 (6) 中, 并且其中, 检测要优化的情况的该步骤 (E2) 包括将源自该至少一个感知装置 (21) 的感知与该一组预定义情况进行比较。

7. 如前一权利要求所述的控制方法, 其特征在于, 该一组预定义情况包括通过具有两个空车道的环岛, 和/或在交通密集的状况下进入环岛, 和/或两个交通车道合并为单车道, 和/或穿过拥堵的汇合处, 和/或在每个方向包括单车道的双向道路上超过非常慢的车辆。

8. 如前述权利要求之一所述的控制方法, 其特征在于, 该第二运动学廓线 (P2) 包括比该第一运动学廓线 (P1) 高至少 20% 的最大速度、和/或高至少 200% 的最大加速度、和/或高至少 1,000% 的加加速度。

9. 一种用于控制自主车辆 (100) 的设备 (10), 该自主车辆配备有运动致动器 (4), 该设备包括实施如权利要求 1 至 8 之一所述的方法的硬件元件和/或软件元件 (1, 2, 3, 5, 6, 7, 11,

12,13,14,21,22)、尤其是被设计成实施如前述权利要求之一所述的方法的硬件元件和/或软件元件(1,2,3,5,6,7,21,22),并且/或者该设备包括用于实施如前述权利要求之一所述的方法的装置。

10.一种自主车辆(100),其特征在于,该自主车辆包括如前一权利要求所述的控制设备(10)。

11.一种计算机程序产品,该计算机程序产品包括存储在计算机可读介质上的程序代码指令,这些指令用于当所述程序在计算机上运行时实施如权利要求1至8中任一项所述的方法的步骤,或者一种能够从通信网络下载和/或存储在计算机可读数据介质上和/或能够由计算机执行的计算机程序产品,其特征在于,该计算机程序产品包括指令,当该程序被该计算机执行时,使得该计算机实施如权利要求1至8中任一项所述的方法。

12.一种存储计算机程序的计算机可读数据存储介质,该计算机程序包括用于实施如权利要求1至8之一方法的或如权利要求11所述的程序代码指令,或者一种包括指令的计算机可读存储介质,这些指令在被计算机执行时使得该计算机实施如权利要求1至8中任一项所述的方法。

用于控制自主车辆的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于控制自主车辆的方法。本发明进一步涉及一种用于控制自主车辆的设备。本发明还涉及一种实施上述方法的计算机程序。最后,本发明涉及一种存储有这种程序的存储介质。

背景技术

[0002] 自主车辆技术基本上使用高清地图,结合满足自主车辆的横向约束参数和纵向约束参数的速度廓线,来预定义与给定交通区域中不同自动驾驶场景相对应的轨迹。

[0003] 例如,当自主车辆接近X形路口时,接近路口的潜在轨迹(右转、左转、直行)已经预先绘制好,相关联的速度廓线也是如此。

[0004] 然而,这些技术的缺点是本质上限于从地图预定义的交通场景。

[0005] 文献US 9511767 B1披露了一种用于使用源自感知系统的数据来控制自主车辆以用于随周围车辆的行为的来调整自主车辆的轨迹的方法。然而,该解决方案有缺点。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供克服上述缺点并改进现有技术中已知的用于控制自主车辆的设备和方法的用于控制自主车辆的设备和方法。特别地,本发明的目的是提供简单且可靠并且改进自动驾驶的设备和方法。

[0007] 为此,本发明涉及一种用于控制配备有至少一个感知装置和第一地图的自主车辆的方法,该第一地图包括表示自主车辆的环境的实际基础设施的存储的数字数据。该控制方法包括:

[0008] -定义自主车辆的第一轨迹和第一相关联的运动学廓线的步骤;

[0009] -根据由至少一个感知装置传输的数据检测第一轨迹的给定段上的要优化的情况的步骤,该给定段位于自主车辆的前方、在小于至少一个感知装置的最大检测距离的距离内;

[0010] -优化第一地图和第一运动学廓线中的至少一个元素的步骤,优化第一地图包括确定给定段上的局部地图,和/或

[0011] 优化第一运动学廓线包括确定与给定段相关联的第二运动学廓线,其中第二运动学廓线的至少一个参数不同于第一运动学廓线的参数;

[0012] -考虑局部地图和/或第二运动学廓线来控制自主车辆在给定段上的移动的步骤。

[0013] 确定局部地图可以允许尤其是通过贝塞尔曲线在给定段的入口点与出口点之间确定给定段的新曲线,并且新曲线可以在入口点处和出口点处与第一轨迹具有连续性G2。

[0014] 确定与给定段相关联的第二运动学廓线可以包括根据源自至少一个感知装置的数据计算最大无碰撞速度阈值,并且第二运动学廓线可以包括低于最大无碰撞速度阈值的最大速度。

[0015] 最大无碰撞速度阈值可以通过求解方程来计算,在该方程中,最大无碰撞速度阈

值等于达到最大无碰撞速度阈值所需的制动值与至少一个感知装置的最大检测距离的两倍的乘积的平方根。

[0016] 检测要优化的情况的步骤包括测量自主车辆保持在要优化的情况下的保持时间,以及将保持时间与和所述情况相关联的触发阈值进行比较,并且当保持时间大于触发阈值时,可以执行优化步骤。

[0017] 一组预定义情况可以被存储在电子存储器中,并且检测要优化的情况的步骤可以包括将源自至少一个感知装置的感知与该一组预定义情况进行比较。

[0018] 该一组预定义情况可以包括通过具有两个空车道的环岛,和/或在交通密集的状况下进入环岛,和/或两个交通车道合并为单车道,和/或穿过拥堵的汇合处,和/或在每个方向包括单车道的双向道路上超过非常慢的车辆。

[0019] 第二运动学廓线可以包括比第一运动学廓线高至少20%的最大速度、和/或高至少200%的最大加速度、和/或高至少1,000%的加加速度。

[0020] 本发明还涉及一种用于控制自主车辆的设备,该自主车辆配备有运动致动器。该设备包括实施如上文所定义的方法的硬件元件和/或软件元件、尤其是被设计成实施根据本发明的方法的硬件元件和/或软件元件,和/或该设备包括用于实施如上文所定义的方法的装置。

[0021] 本发明进一步涉及一种包括如前一权利要求所述的控制设备的自主车辆。

[0022] 本发明还涉及一种计算机程序产品,该计算机程序产品包括存储在计算机可读介质上的程序代码指令,这些指令用于当所述程序在计算机上运行时实施如上文所定义的方法的步骤。本发明还涉及一种可从通信网络下载和/或存储在计算机可读数据介质上和/或可由计算机执行的计算机程序产品,该计算机程序产品包括当该程序由计算机执行时使该计算机实施如上文所定义的方法的指令。

[0023] 本发明还涉及一种计算机可读数据存储介质,该计算机可读数据存储介质存储计算机程序,该计算机程序包括用于实施如上文所定义的方法的程序代码指令。本发明还涉及一种计算机可读存储介质,该计算机可读存储介质包括在由计算机执行时使该计算机实施如上文所定义的方法的指令。

[0024] 本发明进一步涉及一种数据介质的信号,该信号传送如上文所定义的计算机程序产品。

附图说明

[0025] 附图通过举例的方式示出了根据本发明的控制设备的实施例以及用于执行根据本发明的控制方法的模式。

[0026] 图1示出了配备有控制设备的自主车辆的实施例。

[0027] 图2展示了根据本发明的实施例的用于确定自主车辆的运动学廓线的模式。

[0028] 图3示出了根据本发明实施例的用于执行控制方法的模式的流程图。

[0029] 图4展示了用于实施根据本发明的实施例的控制方法的第一示例。

[0030] 图5展示了用于实施根据本发明的实施例的控制方法的第二示例。

具体实施方式

[0031] 根据本发明的实施例的自主车辆100可以是任何类型的自主车辆,尤其是客车、多用途车、卡车或者甚至公共运输车辆(比如公共汽车或摆渡车)。

[0032] 自主车辆100包括控制系统10和运动致动器4。

[0033] 运动致动器4形成自主车辆100的底盘的一部分。它们尤其包括发动机扭矩致动器、制动致动器和用于方向盘的旋转致动器。运动致动器4接收来自控制系统10的命令,以便实施自主车辆沿着由控制系统10确定的轨迹的移动。

[0034] 控制系统10主要包括以下元件:

[0035] -感知系统2,该感知系统包括感知装置21和用于处理电子地平线的模块22;

[0036] -电子存储器3;以及

[0037] -计算单元5,该计算单元包括微处理器1、本地电子存储器6、以及允许微处理器1与感知系统2和运动致动器4通信的通信接口7。

[0038] 感知装置21可以包括以下装备中的全部或一些:一组相机和/或激光雷达和/或雷达。替代性地或另外,感知装置21可以包括车辆间通信系统(V2V系统)或车辆对一切通信系统(V2X系统),从而允许车辆彼此、与基础设施和与行人交换信息。

[0039] 有利地,感知装置21允许感知位于自主车辆100周围360°的环境。

[0040] 在优选实施例中,感知装置21包括五个相机和一个激光雷达。来自相机的图像被周期性且同步地捕获,并与源自激光雷达旋转一圈的数据聚合。

[0041] 基于源自感知装置21的数据,用于处理电子地平线的模块22构建对驾驶场景的结构化感知。

[0042] 周期性地,特别是每次接收到数据时,模块22确定感知系统2的最大容量,即感知装置21的根据驾驶场景而变化的最大检测距离DLIM。例如,当自主车辆100在高速公路上行驶时,距离DLIM大于其在交通转盘路口(通常称为“环岛”)上行驶时的距离。

[0043] 距离DLIM还取决于其他参数,比如天气状况、亮度、道路基础设施元素(例如隧道)的存在、或者周围交通(例如卡车)。

[0044] 在整个文档的其余部分中,术语“环岛”表示交通转盘路口,其中在路口上行驶的车辆比进入路口的车辆具有优先权。另外,感知装置的最大检测距离被称为“感知极限距离DLIM”。

[0045] 感知极限距离DLIM可以根据每个感知装置的感知极限来确定。在一个实施例中,感知极限距离DLIM是关于源自相机的图像的感知极限与源自激光雷达的数据的感知极限之间的最小值。

[0046] 源自相机的图像的感知极限可以被定义为以下最大距离,在该最大距离以下,任何感兴趣对象(车辆、行人)的高度大于最小阈值,例如25像素。在正常能见度状况(尤其是在天气方面)下,该第一极限的数量级是几十米,例如四十米。

[0047] 源自激光雷达的数据的感知极限可以定义为以下最大距离,在该最大距离以下,到达感兴趣对象(车辆、行人)的激光点的数量大于最小阈值。

[0048] 在由以自主车辆为中心且半径等于感知极限距离DLIM的圆限定的感知区域中,用于处理电子地平线的模块22构建驾驶场景的占用网格。源自激光雷达的点云在一定程度上被离散化为单元。网格的每个单元被确定为空闲、被占用或未确定。这种确定尤其基于对单

元的点的高度的处理,比如应用单元中的点的最小高度阈值和最大高度阈值。

[0049] 占用网格限定了自主车辆100的位置周围没有碰撞危险的区域,以及位于感知区域中的障碍物的三维表示。

[0050] 源自用于处理电子地平线的模块22的数据提供对感知区域上的驾驶场景的结构化感知,尤其是在交通密度和感兴趣对象(车辆、行人)的位置方面对自主车辆100周围的交通的感知。

[0051] 控制系统10进一步包括电子存储器3,其中存储表示自主车辆100的环境的实际基础设施的一组数字数据。该数字数据通常涉及能够推断出自主车辆100的驾驶选择的所有元素。它们尤其涉及可通行行车道的部分的布局 and 限制、行车道的部分的车道数量、适用于行车道的部分的速度限制、地面标记的类型及其位置、交通标志的存在和位置、红绿灯和环岛。

[0052] 该数字数据在下文将被简称为“地图M1”。

[0053] 在本发明的实施例中,计算机1允许执行包括以下模块的软件:

[0054] -用于确定轨迹的模块11,其与感知系统2和地图3协作;

[0055] -用于检测要优化的情况的模块12,其与感知系统2协作;

[0056] -优化模块13,其与感知系统2协作;

[0057] -用于控制自主车辆的移动的模块14,其与运动致动器4配合。

[0058] 下文参考图3描述执行用于控制自主车辆的方法的模式。该方法包括四个步骤E1至E4。

[0059] 在第一步骤E1中,确定自主车辆100的起始点与到达点之间的计划轨迹T1。为此,尤其使用存储在电子存储器3中的地图M1和源自感知系统2的数据。

[0060] 在整个文档的其余部分中,术语“轨迹”用于指定定义自主车辆100的移动的特征的状态向量的时间演变。在优选实施例中,状态向量包括位置(尤其是坐标x、y)、纵向速度和横向速度、和/或纵向加速度和横向加速度、和/或偏航速率、和/或加加速度。在整个文档的其余部分中,术语“位置”用于指定状态向量的x、y坐标或整个状态向量。

[0061] 计划轨迹T1优选地被分成轨迹段,在整个文档的其余部分中也称为“段”。

[0062] 有利地,这些段各自被限定为在自主车辆100进入该段时能够完全位于所述车辆的感知区域中。尤其,段的长度小于感知极限距离DLIM。

[0063] 术语“运动学廓线”在整个文档的其余部分中用于指定由车辆实施的通用速度、加速度和加加速度廓线。运动学廓线在一定程度上充当用于计算轨迹计算中实施的速度、加速度和加加速度的模板。由运动学廓线限定的模板设定了速度、加速度和加加速度方面的限制。

[0064] 运动学廓线考虑了由道路基础设施施加的约束:道路布局、车道数量、每个车道的宽度、路口和/或红绿灯的存在、速度限制等。它还根据自主车辆的技术特征来确定。它进一步基于驾驶舒适性标准(特别是与最大速度和/或横向加速度和/或加加速度阈值相关的驾驶舒适性标准)定义。

[0065] 在一个实施例中,运动学廓线可以根据图2所示的用于限制加加速度(其中加加速度是加速度的导数)的方法来定义。

[0066] 图2是包括三个曲线J(t)、a(t)和v(t)的曲线图,这三个曲线分别表示自主车辆

100的加加速度、加速度和速度的时间演变。

[0067] 曲线 $J(t)$ 是阶梯式曲线:时间被分成固定的持续时间间隔,并且加加速度的值在每个间隔内都是恒定的。间隔的持续时间取决于车辆的加速度限制以及可用于加速或制动的距离。

[0068] 在所示例中,加加速度可以采用三个离散值:零值、最大值 $J_{\max}$ 和最小值 $-J_{\max}$ 。

[0069] $J_{\max}$ 的值较小,以提高自主车辆100的用户的舒适性。在一个实施例中, $J_{\max}$ 的值被设定为 1m/s^{-3} 。

[0070] 因此,曲线 $J(t)$ 确定了加速度 $a(t)$ 的时间演变:

[0071] -曲线 $a(t)$ 由线性段组成,这些线性段的斜率由 $J_{\max}$ 的值和时间间隔的持续时间确定;

[0072] -它在加速度值 $A_{\max}$ 与 $-A_{\max}$ 之间演变。

[0073] 曲线 $a(t)$ 确定速度 $v(t)$ 在零速度与最大速度 $V_{\max}$ 之间的时间演变,其中 $V_{\max}$ 能够由相对于轨迹段的速度限制来确定。

[0074] 在每个轨迹段上重复该方法,以便根据道路基础设施定义轨迹 $T1$,该轨迹在不减慢交通速度的情况下尽可能令人舒适。因此,对于每个轨迹段,所应用的速度、加速度和加加速度根据运动学廓线和地图 $M1$ 进行确定。

[0075] 在整个文档的其余部分中,轨迹 $T1$ 被认为被分成 N 个段 $S_1, \dots, S_N$,其中第一运动学廓线 $P1_i$ 与每个段 S_i 相关联,每个第一运动学廓线 $P1_i$ 根据第一地图 $M1$ 进行定义,并且每个段 S_i 根据第一地图 $M1$ 和与其相关联的第一廓线 $P1_i$ 进行定义。

[0076] 因此,术语“轨迹段”同样指定轨迹的曲线以及为了使车辆根据该段的曲线移动而应用的速度值、加速度值和加加速度值。

[0077] 因此,给定两个不同的点 C 和 D ,如果将点 C 连接到点 D 的两个段的相应曲线不同,或者如果为了使车辆在这两个段中的任一个的曲线上移动而分别应用的速度值或加速度值或加加速度值不同,则认为这两个段是不同的。将如此分成轨迹段的轨迹 $T1$ 存储在计算单元5的本地存储器6中。

[0078] 然后是步骤 $E2$ 。在步骤 $E2$ 中,目的是检测轨迹 $T1$ 的位于自主车辆100前方的段 S_i 上的要优化的情况,其中段 S_i 完全位于感知装置21的感知极限 $DLIM$ 内。

[0079] 换句话说,步骤 $E2$ 确定轨迹 $T1$ 的要优化的情况所在的段 S_i 。段 S_i 位于车辆的前方,这意味着段 S_i 形成轨迹 $T1$ 的自主车辆尚未覆盖的一部分。在所描述的实施例中,假设要优化的情况限于孤立的段。在替代性实施例中,可以认为要优化的情况可以在几个连续的轨迹段上延伸。然而,所有段必须在感知极限 $DLIM$ 内。

[0080] 要优化的情况是以下交通场景,在该交通场景中,自主车辆的移动受到第一轨迹 $T1$ 的阻碍,尤其是受到与轨迹 $T1$ 、 $V1_{\max}$ 和/或 $A1_{\max}$ 和/或 $J1_{\max}$ 相关联的第一运动学廓线 $P1$ 的限制的阻碍。例如,在交通密集的情况下,如果与自主车辆100的轨迹相关联的运动学廓线不允许该自主车辆足够加速以进入交通,则该自主车辆可能会在环岛的入口处保持停滞不前很长时间。

[0081] 换句话说,由轨迹 $T1$ 实施的运动学廓线 $P1$ 是根据限制自主车辆的响应性的驾驶舒适性标准来定义的。廓线 $P1$ 允许自主车辆在最佳安全性和舒适性状况下管理绝大多数情况。然而,廓线 $P1$ 可能被证明不适合某些情况。因此,这种不适合性可能显著减慢车辆速度

(例如,当车辆无法超越其前方的卡车时),或者甚至使车辆长时间保持静止(例如,当车辆由于交通密度而无法进入环岛时)。

[0082] 要优化的其他情况可能不涉及第一运动学廓线P1,而是涉及表示自主车辆100的交通环境的实际基础设施的第一地图M1。在一些情况下,第一地图M1引起车辆的不对应于人类驾驶员的通常行为并且不优化驾驶的特定轨迹。例如,在穿过没有其他车辆行驶的双车道环岛的轨迹段上就是这种情况。第一轨迹T1确定在环岛的外车道上的移动,这需要自主车辆在进入环岛之前显著降低速度。因此已经参考表示包括两个车道的环岛的地图M1来定义了轨迹T1。然而,当人类驾驶员接近没有其他车辆行驶的多车道环岛时,他们会根据这种情况调整他们的车辆的轨迹:他们预料如下事实,即通过使用两个车道,他们将减少他们的轨迹的曲率,因此,他们以比他们仅在环岛的外车道上行驶时将使用的速度明显更大的速度接近环岛。人类驾驶员实施的调整实际上相当于修改了道路基础设施,尤其是通过考虑环岛仅包括一个车道。

[0083] 在用于执行该方法的模式中,将从感知系统2接收的数据(尤其是源自用于处理电子地平线的模块22的数据)与存储在本地电子存储器6中的一组预定义情况进行比较。

[0084] 在整个文档的其余部分中:

[0085] -源自用于处理电子地平线的模块22的数据称为“感知数据”;

[0086] -存储在本地电子存储器6中的一组预定义情况称为“情况表”;

[0087] -情况表中包含的且与预定义情况相关的数据称为“情况参数”。

[0088] 预定义情况对应于要优化的情况。它可以包括:

[0089] -环岛入口处有两个空车道,在整个文档的其余部分中称为“空环岛情况”;以及/或者

[0090] -在交通密集的情况下在环岛入口处长时间停车,在整个文档的其余部分中称为“环岛拥挤情况”;以及/或者

[0091] -在交通堵塞的情况下将两个交通车道合并为单车道;以及/或者

[0092] -在拥挤的路口处长时间停车;以及/或者

[0093] -在每个方向包括单车道的双向道路上长时间保持在非常慢的车辆后面。

[0094] 预定义情况中的每一种可以与一个或多个情况参数相关联,该一个或多个情况参数包括道路基础设施元素和/或交通密度和/或触发阈值。

[0095] 因此,将感知数据与所有预定义情况进行比较可以包括将轨迹T1所采取的道路基础设施元素与和预定义情况中的每一种相关联的道路基础设施元素进行比较。道路基础设施元素可以包括例如多车道环岛、或X形路口或两个车道之间的汇合处、或每个方向具有一个车道的双向道路。

[0096] 另外,感知数据与预定义情况之间的比较还可以包括将源自感知数据的交通密度与和预定义情况中的每一种相关联的密度阈值进行比较。和预定义情况相关联的密度阈值可以是例如针对拥挤环岛情况的最小密度阈值。密度阈值也可以是例如针对空环岛情况的最大阈值。

[0097] 此外,情况参数可以包括与保持在所述情况中的最小时间相对应的“触发”阈值。保持在某种情况下的最小时间根据预定义情况而变化。例如,对于空环岛情况,它可以为零。对于拥挤环岛情况,它可以是一分钟或多分钟的量级。

- [0098] 可以设想本文档中未描述的其他情况参数。
- [0099] 当检查到与要优化的情况相关联的所有情况参数时(尤其是与感知数据进行比较),检测到该要优化的情况。
- [0100] 如果没有检测到要优化的情况,然后是步骤E4,该步骤涉及控制自主车辆100的移动。
- [0101] 当检测到要优化的情况时,然后是步骤E3,该步骤涉及优化轨迹。
- [0102] 通过修改第一地图M1和/或第一运动学廓线P1、尤其是与要优化的情况所在的段 S_i 相关联的运动学廓线 $P1_i$ 来优化轨迹。
- [0103] 有利地,情况表将至少一种预定义优化方法与每种预定义情况相关联。
- [0104] 预定义优化方法可以是:
- [0105] -地图修改;或者
- [0106] -运动学廓线修改;或者
- [0107] -地图和运动学廓线修改。
- [0108] 对于空环岛情况,情况表可以将其与涉及创建局部地图M2的地图修改相关联,该局部地图将两车道环岛转换为单车道环岛。可选地,情况表可以在某些交通状况下将地图和运动学廓线修改与该情况相关联。
- [0109] 在拥挤环岛情况下,情况表可以将其与以下项相关联:运动学廓线修改和新轨迹段 S'_i 的计算,该新轨迹段的曲线叠加在段 S_i 的曲线上;以及实施运动学廓线 $P2_i$,该运动学廓线包括比运动学廓线 $P1_i$ 的最大速度阈值和/或加速度阈值和/或加加速度阈值大的最大速度阈值和/或加速度阈值和/或加加速度阈值。
- [0110] 在优选实施例中,确定第二运动学廓线 $P2_i$ 包括基于源自感知装置2的数据计算最大无碰撞速度阈值VCOL,并且第二运动学廓线 $P2_i$ 被定义为包括低于最大无碰撞速度阈值VCOL的速度。
- [0111] 阈值VCOL是自主车辆可以移动同时有可能停车以免与由感知系统2检测到的障碍物碰撞的最大速度。
- [0112] 阈值VCOL是根据由用于处理电子地平线的模块21定义的驾驶场景的占用网格来计算的。驾驶场景用于确定哪些障碍物最接近自主车辆100,特别是感兴趣的对象,比如其他车辆或行人。
- [0113] 在简化的实施例中,可以通过求解以下方程Math1来计算阈值VCOL:
- [0114] [Math1]
- [0115]
$$VCOL = \sqrt{2 \times A \times DLIM}$$
- [0116] 其中:
- [0117] -A是加速度,尤其是达到速度VCOL所需的制动值;
- [0118] -DLIM是感知极限距离。
- [0119] 为了确定第二运动学廓线 $P2_i$,可以使用先前描述的用于限制加加速度的方法。在这种情况下,将通过将第二廓线 $P2_i$ 的最大速度阈值设定为既大于第一廓线 $P1_i$ 的最大速度阈值 V_{max1} 又小于最大无碰撞速度VCOL的值 V_{max2} 来获得自主车辆100的响应性的增加。有利地,第二廓线的最大加速度阈值和/或加加速度阈值 A_{max2} 和 J_{max2} 分别大于第一廓线 $P1_i$

的 A_{max1} 和 J_{max1} 阈值。

[0120] 在确定局部地图M2和/或第二运动学廓线 $P2_i$ 之后,该方法返回到确定轨迹的步骤E1,以便计算替代第一轨迹段 S_i 的第二轨迹段 S'_i 或优化段 S'_i 。

[0121] 优化段 S'_i 被确定成与局部地图M2和/或第二运动学廓线 $P2_i$ 兼容。

[0122] 优化段 S'_i 可以具有与第一段 S_i 相同的曲线,尤其是当地图M1没有被修改时。然而,它们在它们实施的速度和/或加速度和/或加加速度方面有所不同。

[0123] 优化段 S'_i 连接给定段 S_i 的入口点A和出口点B。优化段 S'_i 被有利地确定为具有连续性G2(即,形成它的各个弧之间的曲率连续性),而且还具有在点A处与其之前的轨迹段的曲率连续性以及在点B处与其之后的轨迹段的曲率连续性。

[0124] 在一个实施例中,优化段 S'_i 可以由五次多项式、尤其是使用贝塞尔曲线定义。

[0125] 然后是步骤E4。在第四步E4中,根据前方步骤中确定的轨迹来控制自主车辆的移动,其中该轨迹可能包括优化段 S'_i 。

[0126] 轨迹被传输到自主车辆100的控制律,以便被转换成传输到自主车辆100的运动致动器4的指令命令。

[0127] 图4和图5中描述了用于实施控制方法的两个示例。应当注意,这些图中的自主车辆100的位置表示使车辆沿着优化轨迹移动的步骤E4。

[0128] 图4展示了用于实施该方法的第一示例。在时刻T处,自主车辆100在轨迹T1的段 S_{i-1} 上行驶,其中轨迹T1根据地图M1和运动学廓线 $P1$ 进行计算。接下来的段 S_i 完全位于由在时刻T处计算的感知极限距离DLIM限定的感知区域中。接下来的段 S_i 实施环岛的外车道上的移动。在环岛上没有交通的情况下,在步骤E2中,检测到空环岛情况。在步骤E3中,地图M1被局部地图M2局部修改,以使用单车道环岛替代两车道环岛。然后,在步骤E1中使用局部地图M2计算新的轨迹 S'_i ,其中新的轨迹 S'_i 将段 S_i 的入口点A连接到段 S_i 的出口点B。在步骤E4中,控制自主车辆100以在点A与点B之间的段 S'_i 上移动。

[0129] 图5展示了用于实施该方法的第二示例。在该第二示例中,接下来的段 S_i 确定环岛的外车道上的移动。环岛上的交通是密集的,并且自主车辆100必须停在环岛的入口处。在自主车辆在环岛的入口处静止的给定持续时间结束时,在步骤E2中,检测到拥挤环岛情况。在步骤E3中,定义新的运动学廓线 $P2_i$ 以促进车辆进入环岛。然后,在步骤E1中使用运动学廓线 $P2_i$ 来确定连接点A和点B的新的段 S'_i 。段 S_i 和 S'_i 遵循相同的曲线,但不实施相同的速度和/或加速度和/或加加速度。在步骤E4中,控制自主车辆100以在点A与点B之间的段 S'_i 上移动。

[0130] 最后,根据本发明的控制方法使用感知装置来检测一组交通场景并根据所识别的交通场景来优化自主车辆的轨迹。

[0131] 根据本发明的轨迹优化实施了可以彼此独立地使用或同时使用的两个优化杠杆。第一个优化杠杆涉及局部修改表示所识别的交通场景的基础设施的地图。第二个优化杠杆涉及通过增加在自主车辆的轨迹中应用的最大速度阈值和/或加速度阈值和/或加加速度阈值来临时增加自主车辆的响应性。

[0132] 这些优化杠杆根据周围交通进行确定,以避免任何碰撞。地图修改优选地发生在没有周围交通的情况下。车辆的响应性的增加发生在交通密集的情况下,并且考虑到根据电子地平线的数据计算出的最大无碰撞速度。因此,轨迹的优化发生在安全状况下。

[0133] 除了道路安全方面的可靠性之外,本发明还具有几个优点。首先,它降低了自主车辆由于高的交通密度而陷入堵塞情况的风险。通过周期性增加自主车辆的响应性,它允许更轻松地进入密集的交通,同时在进入操作完成后恢复到最佳的驾驶舒适性水平。因此,本发明通过使自主车辆的驾驶方式适应周围交通来提高交通的流动性和驾驶舒适性。更一般地,在一组给定情况下,本发明允许自主车辆再现人类驾驶员面对这些情况时的优化选择。

[0134] 因此,本发明允许自主车辆根据与驾驶场景的静态数据(基础设施)和动态数据(尤其是交通)相关的感知数据来调整其驾驶的响应性。因此,自主车辆的驾驶流动性得到改进,尤其是避免了堵塞情况,同时考虑到驾驶安全。

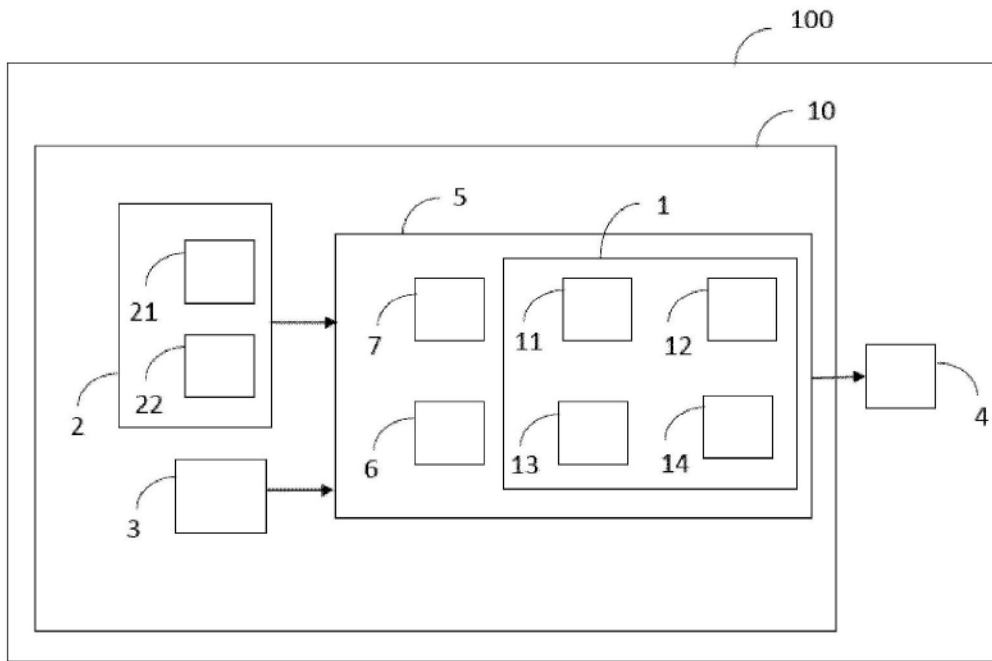


图1

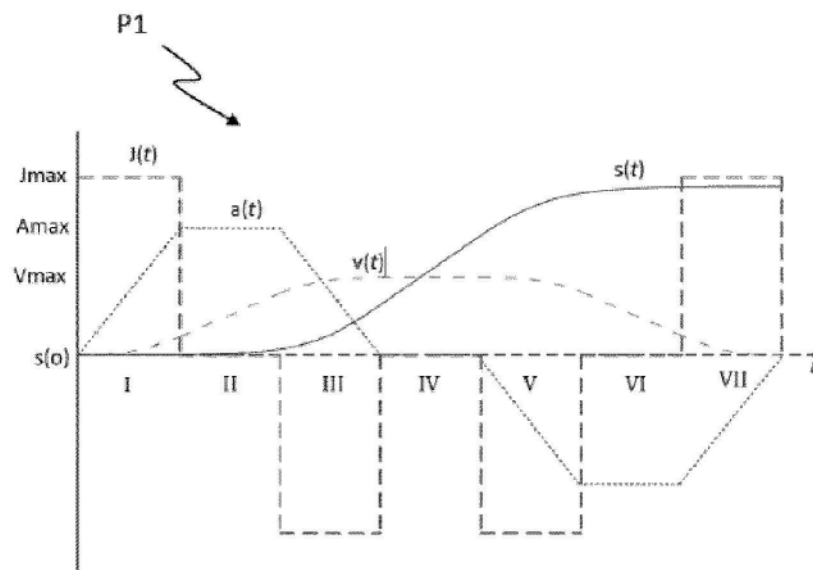


图2

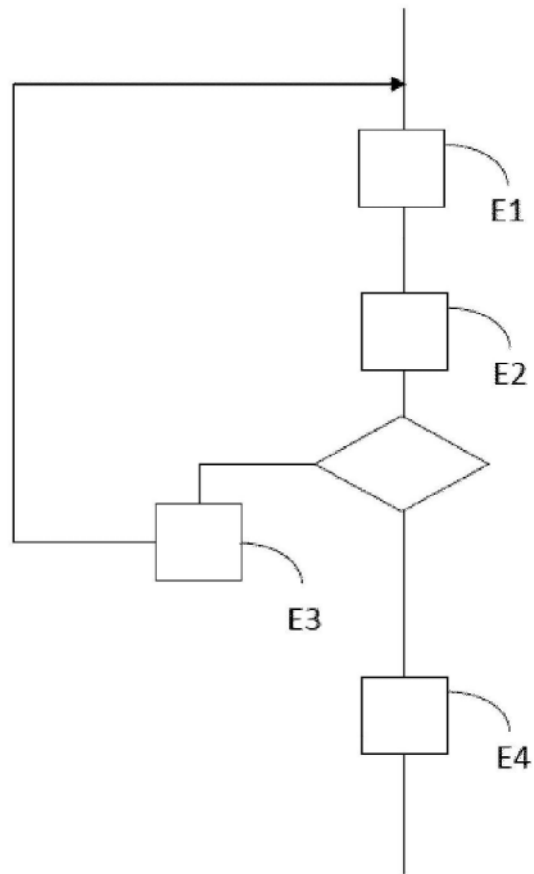


图3

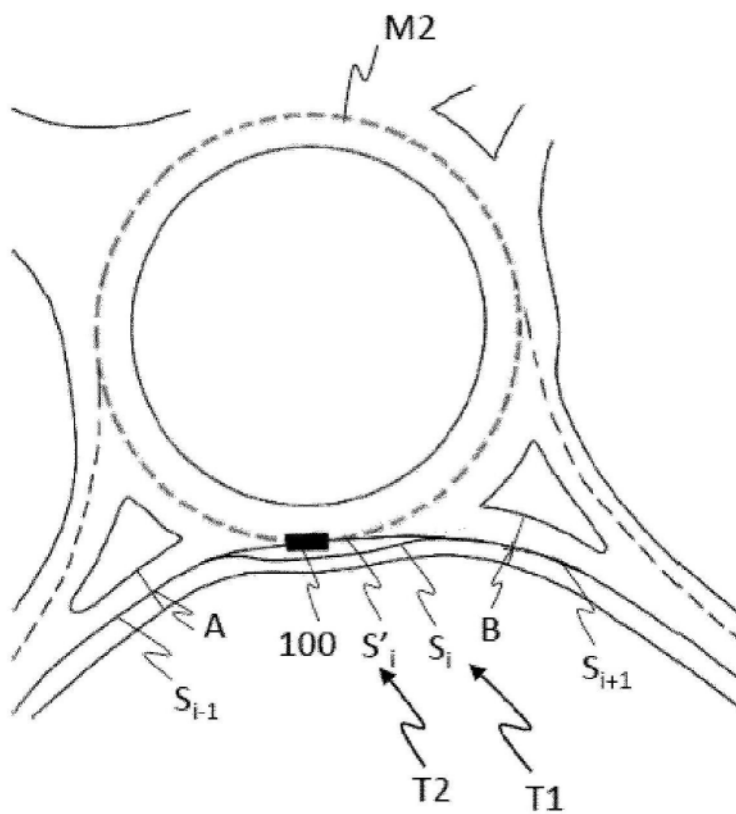


图4

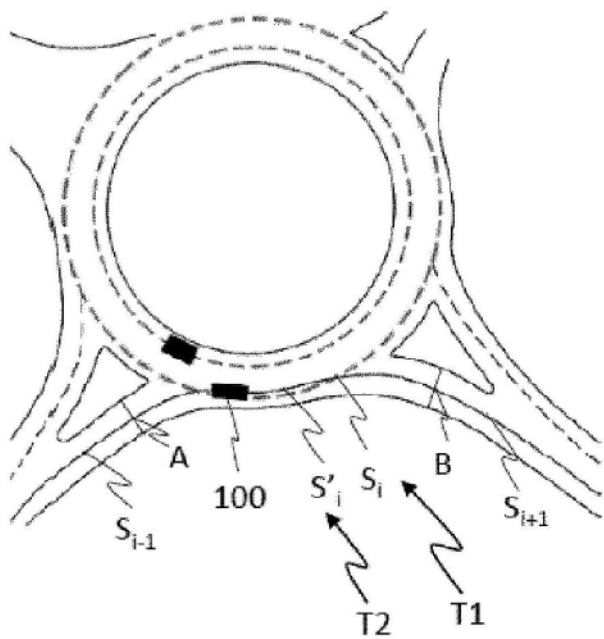


图5