



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106485931 A

(43)申请公布日 2017. 03. 08

(21)申请号 201611003891.1

(22)申请日 2016.11.15

(71)申请人 河北工业大学

地址 300130 天津市红桥区丁字沽光荣道8号河北工业大学东院330#

(72)发明人 庞明宝 刁化尧 王德军 王亚南 郝雷超

(74)专利代理机构 天津翰林知识产权代理事务所(普通合伙) 12210

代理人 李济群

(51)Int.Cl.

G08G 1/0967(2006.01)

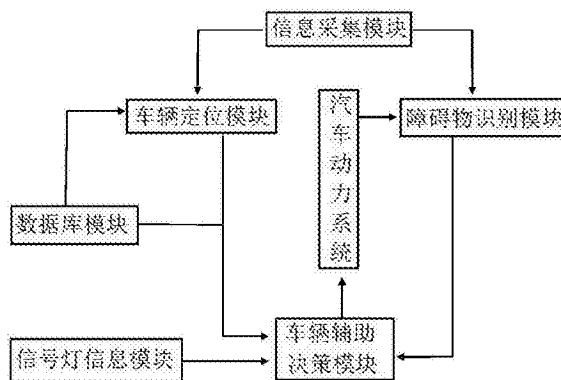
权利要求书3页 说明书9页 附图8页

(54)发明名称

一种道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶系统及方法

(57)摘要

本发明公开一种道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶系统及方法,该系统包括信息采集模块、车辆定位模块、障碍物识别模块、数据库模块、信号灯信息模块、车辆辅助决策模块和汽车动力系统;依据道路交通的技术特点,结合具体驾驶员的心理特点,在车辆运行过程中提供给驾驶员一个能尽可能快速畅行通过每一个交叉口以及前方有车又能超车时的诱导信息的方法,包括是否超车、具体行驶速度等,使得车辆在按照诱导车速和行驶方式行驶后,尽可能实现不停车通过交叉口,为车联网、自动驾驶技术的发展提供核心技术支持。



1. 一种道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶系统,其特征在于,该系统包括信息采集模块、车辆定位模块、障碍物识别模块、数据库模块、信号灯信息模块、车辆辅助决策模块和汽车动力系统,车辆定位模块和障碍物识别模块均分别与信息采集模块相连;数据库模块分别与车辆定位模块及车辆辅助决策模块相连,信号灯信息模块和障碍物识别模块均分别与车辆辅助决策模块相连,障碍物识别模块和车辆辅助决策模块分别与汽车动力系统相连;信息采集模块包括蓝牙GPS装置和测距传感器;所述数据库模块包括结合地图信息的道路实际GPS信息表和结合地图信息的交叉口实际GPS信息表;所述车辆定位模块通过读取信息采集模块里的蓝牙GPS装置里的当前位置信息和数据库模块里的结合地图信息的道路实际GPS信息表,得到车辆当前运行速度和位置信息,并将这个速度和位置信息发送给车辆辅助决策模块;障碍物识别模块通过读取信息采集模块中的测距传感器中的前、后车辆的距离以及汽车动力系统中的车辆当前运行速度,得到相邻车辆的运行速度和相对位置,并将该信息发送给车辆辅助决策模块;车辆辅助决策模块读取数据库模块里的结合地图信息的交叉口实际GPS信息表、信号灯信息模块里的信号灯间隔及持续时长,结合车辆定位模块给出的当前运行速度和位置信息、障碍物识别模块给出的相邻车辆的距离及运行速度,得到车辆是否超车、加减速和最优速度值,如能顺利通行则通过语音向供给司机一个最优速度,如若不能通行则通过语音向司机提供期望速度和停车等待信息。

2. 根据权利要求1所述的一种道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶系统,其特征在于,所述车辆定位模块包含带有蓝牙的GPS或北斗导航。

3. 根据权利要求1或2所述的一种道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶系统,其特征在于,所述车辆定位模块在获取原始定位数据的基础上,利用存储的道路实际定位信息,通过定位算法获得更为精确的车辆实时经纬度及速度等信息,所述定位算法为:

$$\hat{X} = (B'^T P B')^{-1} W - \left[(B'^T P B')^{-1} C'^T U^{-1} C' (B'^T P B')^{-1} \right] W - (B'^T P B')^{-1} C'^T U^{-1} W_x$$

其中 \hat{X} 为修正后的精确坐标, B' 为误差方程的系数矩阵, P 为观测值权阵, C' 为约束方程系数阵, $W = B' P l$, $U = C' (B'^T P B')^{-1} C'^T$, W_x 为约束方程常数项。

4. 根据权利要求1所述的一种道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶系统,其特征在于,所述障碍物识别模块利用测距传感器,识别出本车辆与其它车辆的距离,并提取邻近车速度,为车辆辅助决策模块提供依据。

5. 根据权利要求1所述的一种道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶系统,其特征在于,所述辅助驾驶系统的搭载平台为手机、平板或车辆自带的操控平台。

6. 一种道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶方法,其特征在于,该方法采用如权利要求1、2、4、5任一项所述的辅助驾驶系统和下述步骤:车辆辅助决策模块读取数据库模块里的结合地图信息的交叉口实际GPS信息表、信号灯信息模块里的信号灯间隔及持续时长,通过给定的司机期望速度与道路限速为约束,结合车辆定位模块给出的经纬度信息和当前车辆速度信息、障碍物识别模块给出的到前车的距离和前车的速度信息,得到车辆是否超车、加减速和最优速度值,如能顺利通行则通过语音向供给司机一个最优速度,如若不能通行则通过语音向司机提供期望速度和停车等待信息;具体为:

(1) 司机设定的期望驾驶速度 $v_{期}$ 及正常近似匀速行驶允许的最低许可速度 $v_{许}$, $v_{许}$ 由驾驶员自行设置,各路段最大限速值速度 v_{max} ,有: $v_{许} < v_{期} < v_{max}$;

(2) 对行驶的车辆,通过障碍物识别模块得到的信息判断前方是否有车辆,若无,执行步骤(5);若有且该路段不允许超车,跟车驾驶;若有且该路段允许超车,执行步骤(3);

(3) 对超车需要的时间与距离进行计算,具体为:

$$t_c = v_{\max} - v_1 + \frac{v_b(v_{\max} - v_1) + s_1 + s_4 - 0.5(v_{\max}^2 - v_1^2)}{v_{\max} - v_b}$$

$$L_c = 0.5(v_{\max}^2 - v_1^2) + v_{\max} \frac{v_b(v_{\max} - v_1) + s_1 + s_4 - 0.5(v_{\max}^2 - v_1^2)}{v_{\max} - v_b}$$

其中 v_1 表示车辆当前速度,由车辆定位模块得来; v_b 表示被超车辆速度,由障碍物识别模块得来; s_1 表示当前车辆与被超车辆之间距离,由障碍物识别模块得来; s_4 表示车辆之间的安全车距,为设定的已知值;

(4) 在前方有车辆且该路段允许超车的情况下,根据步骤(3)计算出的超车需要的时间和距离进行判断,若超车后不能回到自己车道,跟车驾驶,通过语音提示司机跟车前行;否则,通过语音提示司机进行超车;

(5) 在前方没有车辆的情况下,预测按照 $v_{期}$ 抵达交叉口的时间;若抵达后为绿灯,以 $v_{期}$ 为车辆诱导速度;否则判断以 v_{\max} 抵达交叉口是否能赶上绿灯,若能,以 v_{\max} 为车辆诱导速度,通过语音提示司机按照此速度进行行驶;若不能,执行步骤(6);

(6) 计算车辆在下一信控周期绿灯开始时间以小于 $v_{期}$ 抵达交叉口的速度 v_4 ;由于 v_4 的不同其运行轨迹是不同的,存在以下6种运动轨迹,根据不同运动轨迹得到不同的 v_4 计算公式;

①当 $v_4 > v_1, v_4 > v_i$ 时:

$$v_4 = \frac{a_1 a_2 (t_r + t_i - t_a) - a_2 v_1 + a_1 v_i \pm \sqrt{[a_1 a_2 (t_a - t_r - t_i) + a_2 v_1 - a_1 v_i]^2 - (a_1 - a_2)(2a_1 a_2 v_i t_r - a_2 v_1^2 + a_1 v_i^2 + 2a_1 a_2 t_i v_i - 2a_1 a_2 L)}}{a_1 - a_2}$$

v_4 为要计算的最优速度, v_1 为初速度, v_i 为交叉口限速, a_1 为加速度, a_2 为减速度, L 为到交叉口的距离, t_r 为反应时间, t_a 为到交叉口时间恰为绿灯的时间,下同;

②当 $v_4 > v_1, v_4 \leq v_i$ 时:

$$v_4 = a_1 t_a - a_1 t_r + v_1 \pm \sqrt{(a_1 t_a - a_1 t_r + v_1)^2 - (2a_1 L - 2a_1 v_1 t_r + v_1^2)}$$

③当 $v_4 = v_1, v_4 > v_i$ 时:

$$v_4 = a_2 (t_r + t_i - t_a) + v_i + \sqrt{(a_2 t_r + a_2 t_i - a_2 t_a + v_i)^2 + 2a_2 (L - v_1 t_r - t_i v_i) - v_i^2}$$

④当 $v_4 = v_1, v_4 \leq v_i$ 时:

$$v_4 = \frac{L - v_1 t_r}{t_a - t_r}$$

⑤当 $v_4 < v_1, v_4 > v_i$ 时:

$$v_4 = \frac{v_1^2 - v_i^2 + 2a_2 (L - v_1 t_r + v_i t_i)}{2v_1 - 2v_i + 2a_2 (t_a - t_r - t_i)}$$

⑥当 $v_4 < v_1, v_4 \leq v_i$ 时:

$$v_4 = a_2 t_a - a_2 t_r + v_1 \pm \sqrt{(a_2 t_a - a_2 t_r + v_1)^2 - (2a_2 L - 2a_2 v_1 t_r + v_1^2)}$$

最优速度即为六种情况中的一种,再结合路段限速和司机许可速度,计算得出到达交叉口为绿灯的速度区间;只要驾驶员在此区间进行行驶即可保证能顺利通过交叉口;若 $v_4 > v_{\text{许}}$,以 v_4 为车辆诱导速度,通过语音提示司机按照 v_4 进行行驶;否则,车辆以 $v_{\text{许}}$ 为车辆诱导速度;此方式车辆抵达交叉口必须停车等待;通过语音给予司机提示:已不能顺利通行交叉口,按 $v_{\text{许}}$ 行驶并且到达交叉口时停车等待。

一种道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于交通运输工程中车辆辅助驾驶技术领域,特别涉及利用测距传感器、车辆精确定位的一种道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶系统及方法。

背景技术

[0002] 不停车快速通过有信号灯控制的各交叉口从而避免交叉口延误实现节能环保是驾驶员和交管部门的期望,而在交通量较小的一些城市的非中心区和郊区,车辆较少的特点使司机能按照自己的意愿速度去驾驶,而自动驾驶和车联网技术特别是车载自组网的发展为其提供了可能,实现节能环保的主要障碍变为车辆与各交叉口信号灯的协调问题。在保证安全的前提下,如何帮助驾驶员实现在交叉口间尽可能按照期望畅行,同时达到节能的目的,成为一个需要迫切解决的技术问题。

[0003] 现有的研究技术分三个方面:

[0004] 1. 交叉口控制方面

[0005] 包括绿波带控制或面控、以及交叉口信号控制与车辆协同方面等,均是从交通管理者角度,不是从驾驶员角度;仅限于局部区域;车辆诱导信息是寻找最短路径问题,尚未考虑如何避免交叉口延误这一具体技术问题。

[0006] 2. ITS中自动驾驶和车联网(IoV)技术方面

[0007] 虽有大量研究和试验,是基于车辆自动识别和车路、车车通信技术使车辆安全驾驶得以保证的技术,在“车辆交叉口安全通行”方面,是基于车路通信技术及车车通信技术使得车辆通过交叉口时安全性得以保证和提高的技术。如王建强(王建强,王海鹏,刘佳熙.基于车路一体化的交叉口车辆驾驶辅助系统[J].中国公路学报,2013,26(4):169-175,183.)为提高车辆在交叉口的行车安全性,开发了一种基于车路一体化的交叉口车辆驾驶辅助系统。在系统分层模块化总体架构设计方法的基础上,通过无线射频识别、GPS及车速等多源信息融合技术对车辆精确定位,通过车路交互获取前方路口红绿灯相位及其预期变化,并结合车辆运动状态,提出一种反映驾驶人减速特性的速度阈值算法来实时判断行车危险度。系统在危险情况下报警,或基于减速度反馈控制的自适应制动控制方法对车辆自动制动;最后搭建驾驶辅助系统试验平台并进行了实车试验。

[0008] 缺点:这些技术可作为本技术的基础,但不涉及本发明的技术问题—交叉口车辆快速通行辅助驾驶系统及其方法,即本发明的技术方案是在保证交叉口安全通行的前提下,设计一种还能快速、节能的驾驶策略和诱导速度。

[0009] 3. 交叉口顺畅通过方面,仅有两篇硕士论文。

[0010] (1) 李慧对城市道路单交叉口不停车通行路侧诱导系统的研究(李慧.城市道路单交叉口不停车通行路侧诱导系统研究[D].山东理工大学硕士论文,2012,4)。^①研究内容:在分析研究国内外道路交叉口管控和诱导系统的发展现状基础上,以单个交叉口路段车流为研究对象,提出构建以交叉口路段车载终端为服务对象,以车辆不停车通过为目的,以速度为诱导信息的单交叉口不停车通行动态诱导系统方案,并对方案进行了研究设计,设计

的系统与车载接收终端配合构成一个完整的交叉口实时诱导平台。②缺点。本研究技术是针对交叉口处有排队现象时通过诱导车速算法为行驶车辆提供不停车平稳通过交叉口的车速,没有考虑交叉口不排队等其它情况下的诱导车速算法,不涉及交叉口之间的速度诱导;交通流信息采用传统地感线圈采集,而这些信息仅交通管理部门才能取得,车辆及驾驶员无法获得,不符合工程实际;仅适用于车辆抵达交叉口较短范围内,对交叉口间较长距离的路段无法实现;仅限于研究方法,没有将研究内容集成为系统产品的技术,不涉及技术具体实施方式。

[0011] (2)董慧(董慧.基于GPS的汽车节能畅行红绿灯提示系统研究[D].哈尔滨工业大学硕士学位论文,2012,7)关于汽车节能畅行红绿灯提示系统研究。① 研究内容:设计了一种以单片机为核心的汽车畅行红绿灯提示系统,采用GPS模块获取车辆动态位置与速度;单片机结合交通信号灯信息进行畅行车速决策,并通过显示模块将行车策略及时提示给驾驶员;设计了不同信号灯下的车速算法策略,给出了通过交叉口的合理车速,并通过仿真实验予以验证。②缺点。其在车速算法设计时只考虑单一车辆,不符合道路交通实际,没有考虑到多个车辆以及超车等多种情况;信息采集仅限于GPS方式,对车辆间、车辆与道路其它设施间自动识别没有考虑;采用卡尔曼滤波方法来提高车辆的定位精度,在一些情况下,滤波的先验值难以得到,不利于提高定位精度;以单片机为系统平台,容量太小,系统实施受限制。

[0012] 因此,针对驾驶员在通过各个交叉口时的心理行为和目标追求,在现有车联网技术、智能交通系统发展的基础上,研究发明一种即保证交通安全又使车辆在交叉口间尽可能按照期望畅行的车辆行驶诱导系统,成为车联网技术发展的一个迫切需要解决的核心技术。

发明内容

[0013] 为克服现有技术的不足,本发明提供一种道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶系统及方法,旨在解决:依据道路交通的技术特点,结合具体驾驶员的心理特点,在车辆运行过程中提供给驾驶员一个能尽可能快速畅行通过每一个交叉口以及前方有车又能超车时的诱导信息的系统及其方法,包括是否超车、具体行驶速度等,使得车辆在按照诱导车速和行驶方式行驶后,尽可能实现不停车通过交叉口,为车联网、自动驾驶技术的发展提供核心技术支持。

[0014] 本发明解决所述技术问题的技术方案是:设计一种道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶系统,该系统包括信息采集模块、车辆定位模块、障碍物识别模块、数据库模块、信号灯信息模块、车辆辅助决策模块和汽车动力系统,车辆定位模块和障碍物识别模块均分别与信息采集模块相连;数据库模块分别与车辆定位模块及车辆辅助决策模块相连,信号灯信息模块和障碍物识别模块均分别与车辆辅助决策模块相连,障碍物识别模块和车辆辅助决策模块分别与汽车动力系统相连。信息采集模块包括蓝牙GPS装置和测距传感器。所述数据库模块包括结合地图信息的道路实际GPS信息表和结合地图信息的交叉口实际GPS信息表。所述车辆定位模块通过读取信息采集模块里的蓝牙GPS装置里的当前位置信息和数据库模块里的结合地图信息的道路实际GPS信息表,得到车辆当前运行速度和位置信息,并将这个速度和位置信息发送给车辆辅助决策模块。障碍物识别模块通过读取信息采集模块中的测距传感器中的前、后车辆的距离以及汽车动力系统中的中的车辆当前运行速度,得到相邻车辆的运行速度和相对位置信息,并将该信息发送给车辆辅助决策模块。车辆辅助决策

模块读取数据库模块里的结合地图信息的交叉口实际GPS信息表、信号灯信息模块里的信号灯间隔及持续时长,结合车辆定位模块给出的当前运行速度和位置信息、障碍物识别模块给出的相邻车辆的距离及运行速度,得到车辆是否超车、加减速和最优速度值,如能顺利通行则通过语音向供给司机一个最优速度,如若不能通行则通过语音向司机提供期望速度和停车等待信息。

[0015] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

[0016] 1. 为车辆自动驾驶、车联网技术的发展提供核心支持。在此之前针对交叉口通行的研究,大部分为宏观的路径诱导算法,缺乏具体避免交叉口延误的车辆具体速度、是否超车等节能畅行的算法;部分自动驾驶和车联网研究,仅仅是从交通安全角度,不涉及本研究问题;现有的两篇交叉口顺畅通过方面的研究,仅限于车辆抵达交叉口时的诱导,不涉及交叉口之间驾驶车速;系统的实现没有考虑到具体工程现状,不符合具体实际,也无法实现。本发明利用现代信息技术,特别是基于空间直线约束的精确定位技术、测距器、车辆辅助驾驶策略,使障碍物识别模块、车辆精确定位模块、信号灯信息模块、车辆辅助决策模块及数据库等有效的连接在一起,以辅助驾驶或提醒系统的形式出现,给 驾驶员提供具体诱导信息,让驾驶员在交叉口间尽可能按照期望畅行,同时达到节能的目的,为车联网、自动驾驶技术的发展提供核心技术支持。

[0017] 2. 为驾驶员及交通部门提供帮助,有巨大的社会效益。依据本发明的交叉口车辆通行辅助驾驶系统对实际交通情况进行实时判断并辅助司机驾驶,不仅能使车辆平稳通过交叉口,减少制动的频率,大幅度的减少等待时间,又能减少经济支出,减少环境污染,降低事故率。

[0018] 3. 技术实施可实现批量生产,有巨大的经济效益。依据本技术生产的辅助驾驶系统进一步与车辆的内部操作系统集成,变成一套成熟完整的自动驾驶技术,汽车生产商就可以对其进行批量化的生产,在交叉口处实现车辆的自动驾驶,继而产生巨大的经济效益。

附图说明

[0019] 图1为本发明辅助驾驶系统一种实施例的系统结构框图;

[0020] 图2为本发明辅助驾驶方法一种实施例的步骤流程图;

[0021] 图3为本发明辅助驾驶方法预测的车辆第一种理想轨迹;

[0022] 图4为本发明辅助驾驶方法预测的车辆第二种理想轨迹;

[0023] 图5为本发明辅助驾驶方法预测的车辆第三种理想轨迹;

[0024] 图6为本发明辅助驾驶方法预测的车辆第四种理想轨迹;

[0025] 图7为本发明辅助驾驶方法预测的车辆第五种理想轨迹;

[0026] 图8为本发明辅助驾驶方法预测的车辆第六种理想轨迹;

[0027] 图9为试验选取的路径一状况示意图;

[0028] 图10为试验选取的路径二状况示意图;

[0029] 图11为试验选取的路径三状况示意图;

[0030] 图12为采用本发明辅助驾驶系统及方法车辆行驶路径一一次试验的行驶速度变化图;

[0031] 图13为采用本发明辅助驾驶系统及方法车辆行驶路径一一次试验的车辆距离交

叉口剩余距离变化图。

具体实施方式

[0032] 本发明是道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶系统及方法,具体实施方式如下。

[0033] 本发明提供一种道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶系统(简称辅助驾驶系统,参见图1-13),该系统包括信息采集模块、车辆定位模块、障碍物识别模块、数据库模块、信号灯信息模块、车辆辅助决策模块和汽车动力系统,车辆定位模块和障碍物识别模块均分别与信息采集模块相连;数据库模块分别与车辆定位模块及车辆辅助决策模块相连,信号灯信息模块和障碍物识别模块均分别与车辆辅助决策模块相连,障碍物识别模块和车辆辅助决策模块分别与汽车动力系统相连。信息采集模块包括蓝牙GPS装置和测距传感器。所述数据库模块包括结合地图信息的道路实际GPS信息表和结合地图信息的交叉口实际GPS信息表。所述车辆定位模块通过读取信息采集模块里的蓝牙GPS装置里的当前位置信息和数据库模块里的结合地图信息的道路实际GPS信息表,得到车辆当前运行速度和位置信息,并将这个速度和位置信息发送给车辆辅助决策模块。障碍物识别模块通过读取信息采集模块中的测距传感器中的前、后车辆的距离以及汽车动力系统中的中的车辆当前运行速度,得到相邻车辆的运行速度和相对位置信息,并将该信息发送给车辆辅助决策模块。车辆辅助决策模块读取数据库模块里的结合地图信息的交叉口实际GPS信息表、信号灯信息模块里的信号灯间隔及持续时长,结合车辆定位模块给出的当前运行速度和位置信息、障碍物识别模块给出的相邻车辆的距离及运行速度,得到车辆是否超车、加减速和最优速度值,如能顺利通行则通过语音向供给司机一个最优速度,如若不能通行则通过语音向司机提供期望速度和停车等待信息。

[0034] 所述车辆定位模块包含带有蓝牙的GPS或北斗导航等。在获取原始定位数据的基础上,利用存储的道路实际定位信息,通过定位算法获得更为精确的车辆实时经纬度及速度等信息,所述定位算法为:

$$[0035] \quad \hat{X} = (B'^T P B')^{-1} W - \left[(B'^T P B')^{-1} C'^T U^{-1} C' (B'^T P B')^{-1} \right] W - (B'^T P B')^{-1} C'^T U^{-1} W_x$$

[0036] 其中 \hat{X} 为修正后的精确坐标, B' 为误差方程的系数矩阵, P 为观测值权阵, C' 为约束方程系数阵, $W = B' P 1$, $U = C' (B'^T P B')^{-1} C'^T$, W_x 为约束方程常数项。

[0037] 所述障碍物识别模块利用测距传感器,识别出本车辆与其它车辆、交通设施间的距离,并提取邻近车速度,为车辆辅助决策模块提供依据。

[0038] 所述辅助驾驶系统的搭载平台可以为智能终端,如手机、平板等,也可以为车辆自带的操控平台。

[0039] 进一步地,本发明提供一种道路交叉口车辆快速通行辅助驾驶方法(简称辅助驾驶方法,参见图2),该方法采用上述辅助驾驶系统和下述步骤:车辆辅助决策模块读取数据库模块里的结合地图信息的交叉口实际GPS信息表、信号灯信息模块里的信号灯间隔及持续时长,通过给定的司机期望速度与道路限速为约束,结合车辆定位模块给出的经纬度信息和当前车辆速度信息、障碍物识别模块给出的到前车的距离和前车的速度信息,得到车辆是否超车、加减速和最优速度值,如能顺利通行则通过语音向供给司机一个最优速度,如若不能通行则通过语音向司机提供期望速度和停车等待信息。具体为:(1) 司机设定的期望

驾驶速度 $v_{期}$ 及正常近似匀速行驶允许的最低许可速度 $v_{许}$, $v_{许}$ 由驾驶员自行设置,本实施例取值为20km/h,各路段最大限速值速度 v_{max} ,本实施例中取值为70km/h。有: $v_{许} < v_{期} < v_{max}$ 。

[0040] (2) 对行驶的车辆,通过障碍物识别模块得到的信息判断前方是否有车辆,若无,执行步骤(5);若有且该路段不允许超车,跟车驾驶;若有且该路段允许超车,执行步骤(3)。

[0041] (3) 对超车需要的时间与距离进行计算,具体为:

$$[0042] \quad t_c = v_{max} - v_1 + \frac{v_b(v_{max} - v_1) + s_1 + s_4 - 0.5(v_{max}^2 - v_1^2)}{v_{max} - v_b}$$

$$[0043] \quad l_c = 0.5(v_{max}^2 - v_1^2) + v_{max} \frac{v_b(v_{max} - v_1) + s_1 + s_4 - 0.5(v_{max}^2 - v_1^2)}{v_{max} - v_b}$$

[0044] 其中 v_1 表示车辆当前速度,由车辆定位模块得来; v_b 表示被超车辆速度,由障碍物识别模块得来; s_1 表示当前车辆与被超车辆之间距离,由障碍物识别模块得来; s_4 表示车辆之间的安全车距,为设定的已知值。

[0045] (4) 在前方有车辆且该路段允许超车的情况下,根据步骤(3)计算出的超车需要的时间和距离进行判断,若超车后不能回到自己车道,跟车驾驶,通过语音提示司机跟车前行;否则,通过语音提示司机进行超车。

[0046] (5) 在前方没有车辆的情况下,预测按照 $v_{期}$ 抵达交叉口的时间。若抵达后为绿灯,以 $v_{期}$ 为车辆诱导速度(此速度保证司机按照自己期望速度不停车通过交叉口);否则判断以 v_{max} 抵达交叉口是否能赶上绿灯,若能,以 v_{max} 为车辆诱导速度(此速度保证司机按照稍高于期望速度的最高限速不停车通过交叉口),通过语音提示司机按照此速度进行行驶;若不能,执行步骤(6)。

[0047] (6) 计算车辆在下一信控周期绿灯开始时间以小于 $v_{期}$ 抵达交叉口的速度 v_4 。由于 v_4 的不同其运行轨迹是不同的,存在以下6种运动轨迹,理想情况下的各运动轨迹见图3-图8所示。根据不同运动轨迹得到不同的 v_4 计算公式。

[0048] ①当 $v_4 > v_1, v_4 > v_i$,即图3情况时:

[0049]

$$v_4 = \frac{a_1 a_2 (t_r + t_i - t_a) - a_2 v_1 + a_1 v_i \pm \sqrt{[a_1 a_2 (t_r - t_i) + a_2 v_1 - a_1 v_i]^2 - (a_1 - a_2)(2a_1 a_2 v_i t_r - a_2 v_1^2 + a_1 v_i^2 + 2a_1 a_2 t_r v_i - 2a_1 a_2 L)}}{a_1 - a_2}$$

[0050] v_4 为要计算的最优速度(为正实数), v_1 为初速度(车辆当前速度,由车辆定位模块得来), v_i 为交叉口限速(已知值), a_1 为加速度(司机的设定值,已知), a_2 为减速度(司机的设定值,已知), L 为到交叉口的距离(辅助决策模块计算出的), t_r 为反应时间(司机设定的已知值), t_a 为到交叉口时间恰为绿灯的时间(由辅助决策模块计算出的),下同。

[0051] ②当 $v_4 > v_1, v_4 \leq v_i$,即图4情况时:

$$[0052] \quad v_4 = a_1 t_a - a_1 t_r + v_1 \pm \sqrt{(a_1 t_a - a_1 t_r + v_1)^2 - (2a_1 L - 2a_1 v_1 t_r + v_1^2)}$$

[0053] ③当 $v_4 = v_1, v_4 > v_i$,即图5情况时:

$$[0054] \quad v_4 = a_2 (t_r + t_i - t_a) + v_i + \sqrt{(a_2 t_r + a_2 t_i - a_2 t_a + v_i)^2 + 2a_2 (L - v_1 t_r - t_i v_i) - v_i^2}$$

[0055] ④当 $v_4 = v_1, v_4 \leq v_i$,即图6情况时:

$$[0056] \quad v_4 = \frac{L - v_1 t_r}{t_a - t_r}$$

[0057] ⑤当 $v_4 < v_1$, $v_4 > v_i$, 即图7情况时:

$$[0058] \quad v_4 = \frac{v_1^2 - v_i^2 + 2a_2(L - v_1 t_r + v_i t_i)}{2v_1 - 2v_i + 2a_2(t_a - t_r - t_i)}$$

[0059] ⑥当 $v_4 < v_1$, $v_4 \leq v_i$, 即图8情况时:

$$[0060] \quad v_4 = a_2 t_a - a_2 t_r + v_1 \pm \sqrt{(a_2 t_a - a_2 t_r + v_1)^2 - (2a_2 L - 2a_2 v_1 t_r + v_1^2)}$$

[0061] 最优速度即为六种情况中的一种, 再结合路段限速和司机许可速度, 计算得出到达交叉口为绿灯的速度区间。只要驾驶员在此区间进行行驶即可保证能顺利通过交叉口。若 $v_4 \geq v_{\text{许}}$, 以 v_4 为车辆诱导速度(此速度保证司机按照低于期望高于最低许可的速度不停车通过交叉口), 通过语音提示司机按照 v_4 进行行驶。否则, 车辆以 $v_{\text{许}}$ 为车辆诱导速度。此方式车辆抵达交叉口必须停车等待。通过语音给予司机提示: 已不能顺利通行交叉口, 按 $v_{\text{许}}$ 行驶并且到达交叉口时停车等待。

[0062] 该辅助驾驶系统和方法体现了“尽可能不停车通过交叉口以达到节能”的目的。在各种处理模式中, 若能以司机期望速度不停车通过为最佳; 否则加快速度以 v_{max} 不停车通过为次之; 这些均不可行, 看能否降低速度(以不低于最低许可速度为原则)不停车通过。若也不行, 就只有按照司机期望速度抵达交叉口等红灯。

[0063] 应用试验

[0064] (1) 试验设备和试验地点概况

[0065] 本发明交叉口车辆通行辅助驾驶系统及方法所使用的试验设备有: 安卓智能手机、测距传感器、GPS(有蓝牙功能)及相关的连接线。安卓智能手机是辅助驾驶系统的操作平台, 测距传感器与手机通过串口线和转换线进行连接, GPS通过蓝牙通讯协议与手机连接。试验车辆采用大众系列的速腾。

[0066] 选取交叉口车辆通行辅助驾驶系统的试验路径为三个:

[0067] 路径一为天津市北辰区的辰兴路区域路径, 如图9。道路为双向六车道, 并设有中央分隔带, 属于城乡结合的一部分, 周围主要是居住小区, 大型的商业楼及娱乐场所几乎没有, 所以道路的交通量较小, 符合辅助驾驶系统的要求。在辰兴路和辰旺路上顺着道路西北到东南方向取4个连续的交叉口作为试验场地, 并且给选取的交叉口编号1、2、3、4。

[0068] 路径二为天津市北辰区双口镇到刘园地铁站路径, 如图10。分为两部分: 津永公路段和辰昌路段, 其中津永公路段为双向4车道, 辰昌路段为双向4车道。属于郊区线路, 道路周围主要是村庄, 虽紧邻津保高速, 但车流量较小, 符合辅助驾驶系统的要求。从双口方向出发顺着道路选取7个连续的交叉口作为试验场地。

[0069] 路径三为天津市红桥区丁字沽三号路光荣道交口到千里堤路径, 如图11。道路周围主要是居住小区, 且大多为老式小区, 道路的交通量中等, 符合本系统的要求。从丁字沽三号线和光荣道交口方向出发顺着道路选取4个连续的交叉口作为试验场地。

[0070] 为排除随即干扰, 三个路径的试验均为30次的平均结果, 且这30次试验的时间段相同。

[0071] 表1路径一中的1号交叉口的信号灯信息表

信号灯	时间	状态			剩余时间 (s)
		红灯	绿灯	黄灯	
[0072] 1号交叉口	08:30:03	0	2	0	20

	08:30:20	0	2	0	3
	08:30:21	0	2	0	2
	08:30:22	0	2	0	1
	08:30:23	1	0	0	27

08:30:50	1	0	0	1	

[0073] 表2路径一中的2号交叉口信号灯信息表

信号灯	时间	状态			剩余时间 (s)
		红灯	绿灯	黄灯	
[0074] 2号交叉口	08:30:02	1	0	0	28

	08:30:28	1	0	0	2
	08:30:29	1	0	0	1
	08:30:30	0	0	3	3
	08:30:31	0	0	3	2
	08:30:32	0	0	3	1
	08:30:33	0	2	0	23

08:30:55	0	2	0	1	

[0075] (2) 路径一的试验结果分析

[0076] 1) 试验数据

[0077] 交叉口车辆通行辅助驾驶系统所需要的试验数据包括车辆的定位数据、车辆的速度信息、前车的速度信息、车辆与交叉口间距及信号灯信息等。车辆的定位数据、车辆的速度信息、前车的速度信息及车辆与交叉口间距等数据都可以通过试验设备获取，而信号灯信息本试验通过公安交通管理部门取得，表1和表2为显示的部分信息。

[0078] 2) 试验结果分析

[0079] 图12和图13为其中一次试验，车辆通过路径一时，车辆行驶速度变化和车辆距离交叉口剩余距离变化图。可以看出：

[0080] ①不使用本发明辅助驾驶系统，一般情况下，在远离交叉口时，驾驶员按照自己的期望速度行驶，当临近交叉口时，通过观察交叉口信号灯状态，采取对应措施，正常行驶、加速通过或者减速停车。

[0081] ②使用本发明辅助驾驶系统，在距交叉口一定范围内做出判断，可以为驾驶员提

供速度决策依据。当驾驶员按照本发明辅助驾驶系统提供的最优速度进行行驶,到达交叉口时,可以不停车通过。进而减少等待时间和总的行程时间。

[0082] 采用本发明辅助驾驶系统在路径一上进行30次试验的平均结果与不采用本发明系统的结果比较如表3所示。从表3中可以看出:

[0083] ①时间方面。可以看出在期望速度为60km/h的情况下,使用本发明辅助驾驶系统的时间为119s,而在不使用本发明辅助驾驶系统的情况下,总的行程时间达到170s,本发明辅助驾驶系统使得行程总时长减少了51s。在其它期望速度下,使用本系统比不使用本系统分别减少了34s、57s、75s、76s。这主要是因为,在不使用本发明辅助驾驶系统时,经常会发生在交叉口停车等待的情况,从而增加了总的行程时间。而采用本技术系统后,通过调节速度,使行驶中的时间和在交叉口停车等待的时间都相应减少,从而总的行程时间有所下降。不同的期望速度下,使用本系统所消耗的时间也不同。主要是本本发明辅助驾驶系统所采取的最优速度选择策略所决定,本系统是优先考虑期望速度下是否能顺利通过交叉口,如能,则采取此速度。如不能,则采取速度策略计算得到的速度。从而对于未使用本系统而言,时间依旧会缩短,比如在期望速度为30km/h的情况下,虽然整体时间相较于60km/h时增加了39s,但要比不使用本发明辅助驾驶系统缩短近75s。

[0084] ②油耗方面。从表3中可以看出,采用本发明辅助驾驶系统的情况下要比不采取本发明辅助驾驶系统更节油。在期望速度为60km/h时,总行程内使用本系统要比不使用本系统节油106ml,其它期望速度下亦有节省。这主要是因为在不使用本系统的情况下,会经常遇到加速或者减速的情况发生,当行驶到距交叉口较近时,驾驶员观察到交叉口信号灯情况,如果通不过,会采取减速停车,当再次启动时,会加速通过,加速阶段要比匀速行驶耗油更多。另外由于可能的交叉口等待时间的增加,会导致怠速油耗的相对增多。而采取本发明辅助驾驶系统后,由于可以有效的避免交叉口停车,所以也就相应的减少了由于交叉口加速和怠速等带来的油耗增加。

[0085] 综合来看,驾驶员驾驶车辆出行所关心的时间和油耗问题,本发明辅助驾驶系统都可以对其进行很好地优化。对于城市道路来讲,交叉口能否顺利通行将直接影响整个的出行时间,所以本发明辅助驾驶系统通过减少交叉口延误时间来达到减少整个行程时间的目的,并且同时节约了燃料消耗,减少环境污染。

[0086] 表3路径一采用本发明辅助驾驶系统试验结果与不采用的比较

期望速度 $v_{期望}$ (km/h)		60	50	40	30	20
油耗(ml)	不用本系统	353	275	263	305	382
	使用本系统	247	227	239	272	349
	减少量	106	48	24	33	33
时间(s)	不用本系统	170	164	182	233	287
	使用本系统	119	130	125	158	211
	减少量	51	34	57	75	76

[0088] 通过试验证明使用本系统通过交叉口时,油耗减少并且时间缩短,说明了本系统的可行性。

[0089] (3) 路径二和三的试验结果分析

[0090] 对路径二和路径三同样进行30次试验,得到的试验结果分别如表4、表5所示。同样

可以看出：

[0091] 1) 对于路径二,其是从双口镇到刘园地铁站路径,属于郊区线路,此路径总长为6.9公里,分为7个交叉口,交叉口之间的距离较长,其中有一个交叉口之间距离达到2.6公里。所以总的行程时间相较于路径一要长,比如在60km/h的期望速度时,使用本系统和未使用本系统的时间分别为532s、441s。并且相对于交叉口等待时间在交叉口之间行驶的时间有所增加,这就导致使用本系统所节约的时间比重下降,如在60km/h的期望速度下,路径二的时间减少比重为20.6%,而路径一的减少比重为35.4%。但这不影响本发明辅助驾驶系统的优势,本发明辅助驾驶系统即为减少交叉口延误而设计。从表4使用本发明辅助驾驶系统要比不使用本系统有明显优势,不仅体现在时间上,平均减少了85s;还体现在燃油消耗上,平均减少了175ml。路径二的试验结果表明,此本发明辅助驾驶系统在对于车辆较少的情况下,无论交叉口多少和交叉口之间距离的长短,都可以很好地减少交叉口时间延误和油耗。

[0092] 表4路径二采用本发明辅助驾驶系统试验结果与不采用的比较

期望速度 $v_{期望}$ (km/h)		60	50	40	平均
油耗(ml)	不用本系统	1647	1539	1575	1588
	使用本系统	1403	1390	1444	1413
	减少量	244	149	131	175
时间(s)	不用本系统	532	560	650	581
	使用本系统	441	476	570	496
	减少量	91	84	80	85

[0094] 2) 对于路径三,此路径属于城市道路,但由于周围环境,此路段交通量不是很大。通过表5可以看出,使用本技术系统要比不使用本技术系统要节约时间和燃油。时间和燃油平均减少量为42s、117ml。说明本技术系统只要能符合交通量不大的条件,无论是郊区道路还是城市道路都可体现出优势。

[0095] 表5路径三采用本发明辅助驾驶系统试验结果与不采用的比较

期望速度 $v_{期望}$ (km/h)		60	50	40	平均
油耗(ml)	不用本系统	718	688	647	683
	使用本系统	582	542	578	567
	减少量	136	146	69	117
时间(s)	不用本系统	242	249	297	263
	使用本系统	205	204	254	221
	减少量	37	45	43	42

[0097] 通过三个路径的试验,充分说明了本系统的使用条件和优势。

[0098] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

[0099] 本发明未述及之处适用于现有技术。

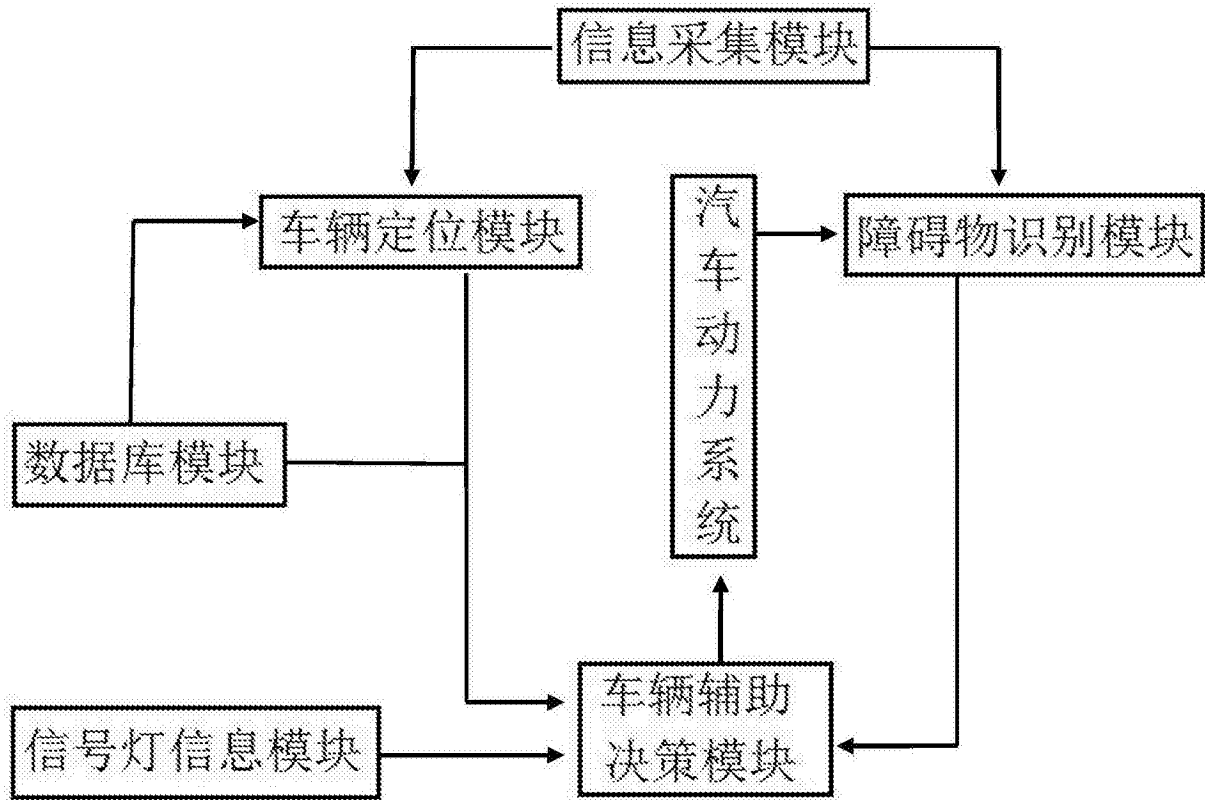


图1

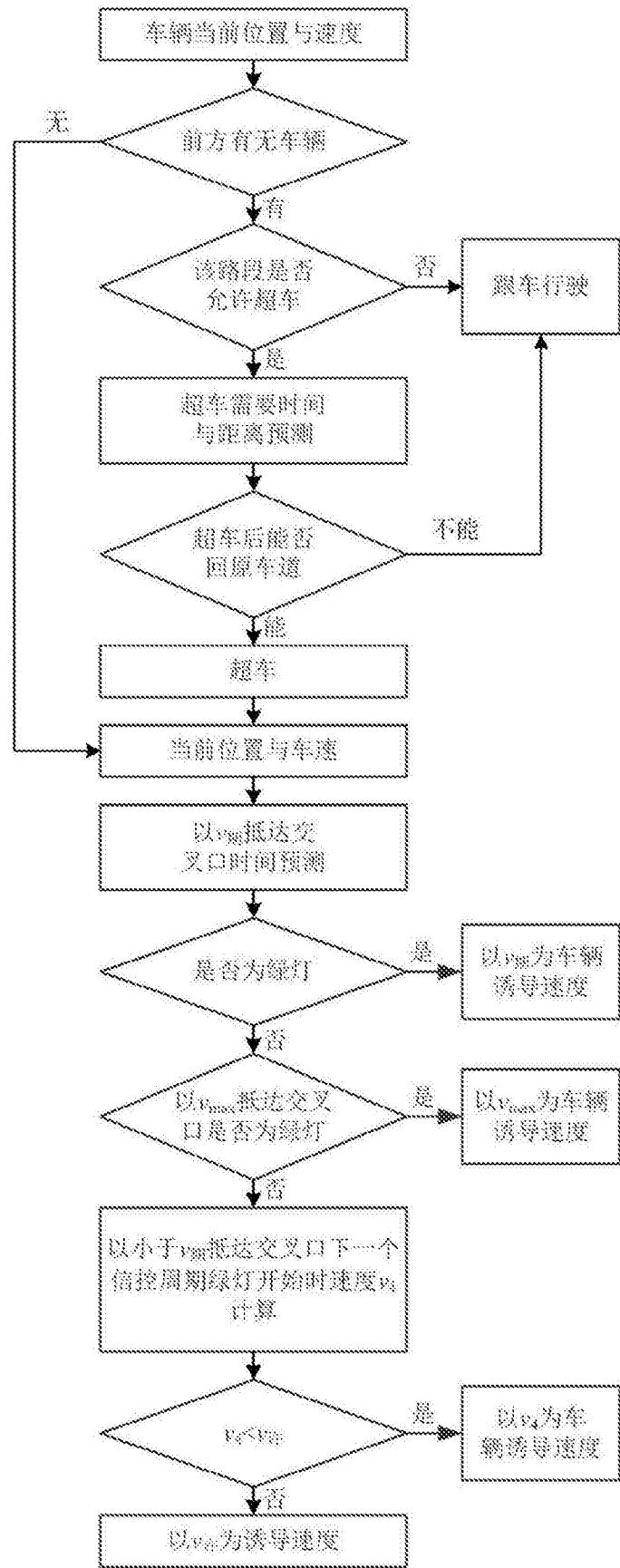


图2

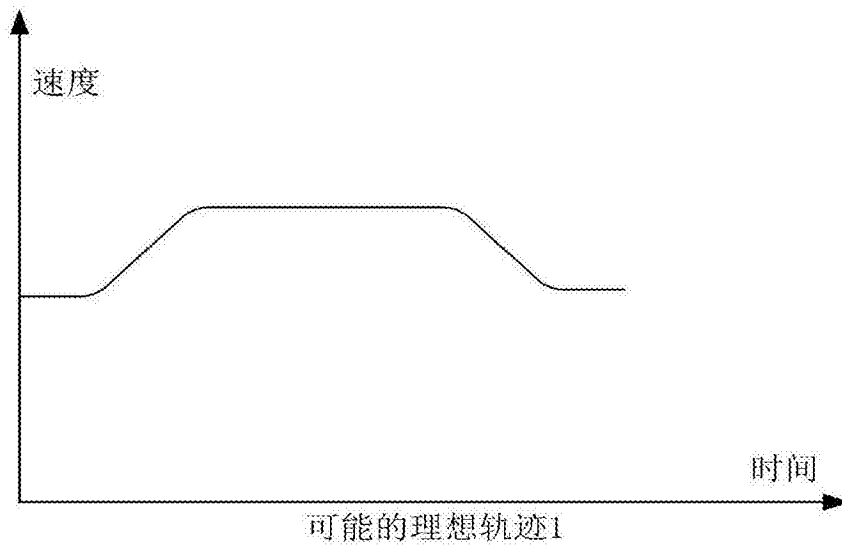


图3

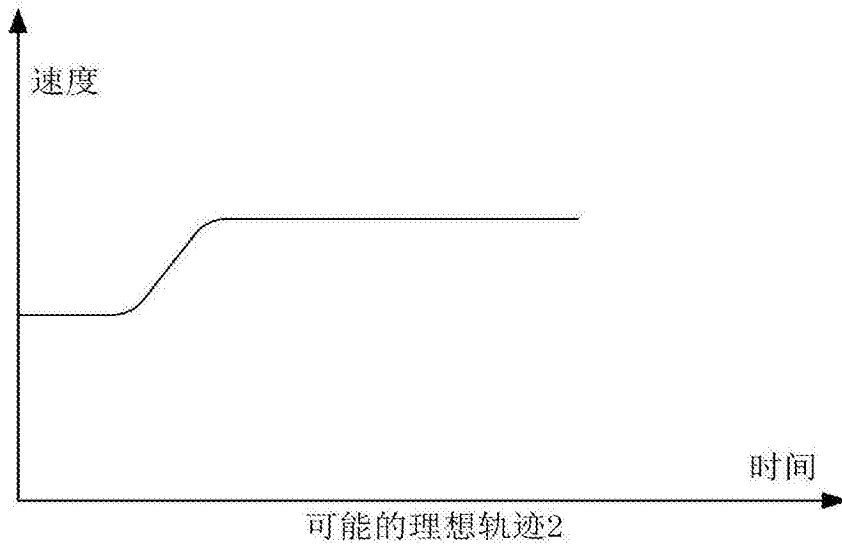


图4

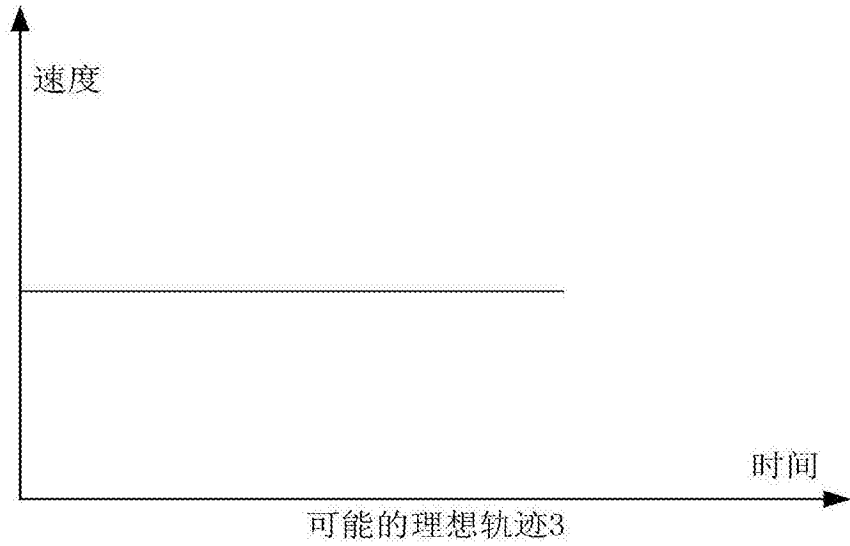


图5

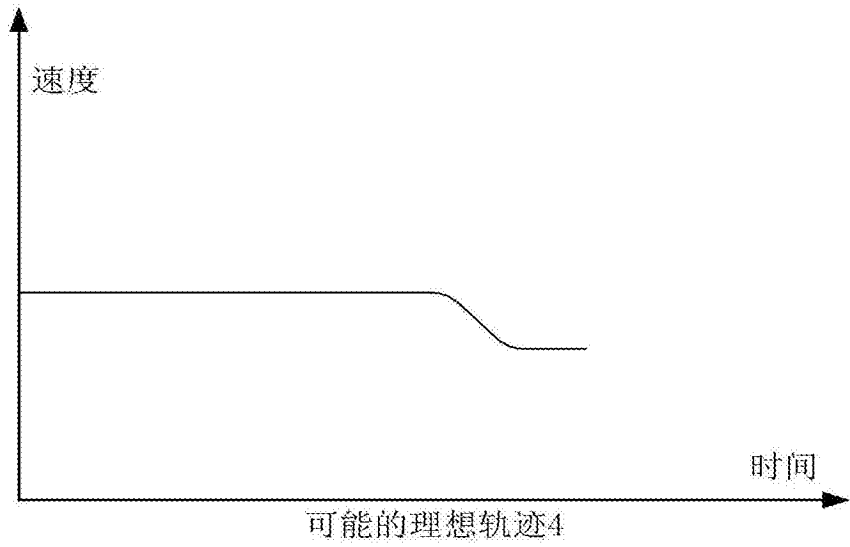


图6

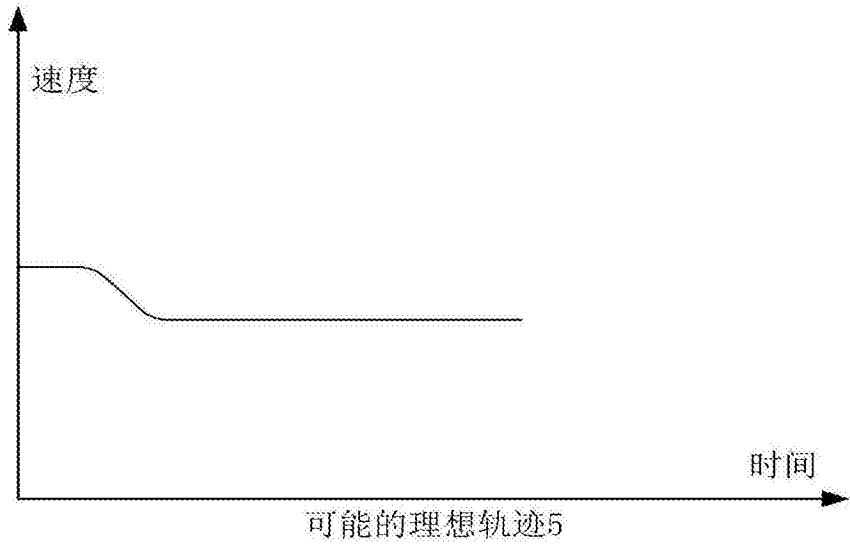


图7

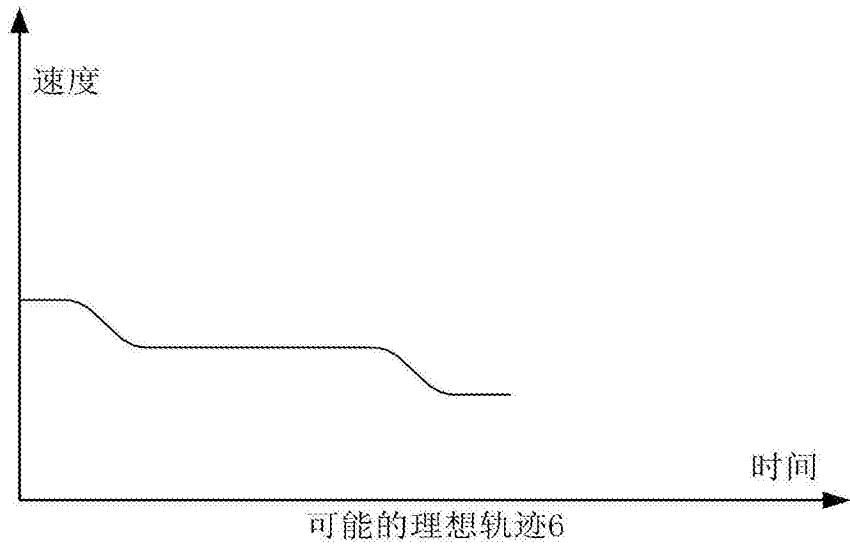


图8



图9



图10

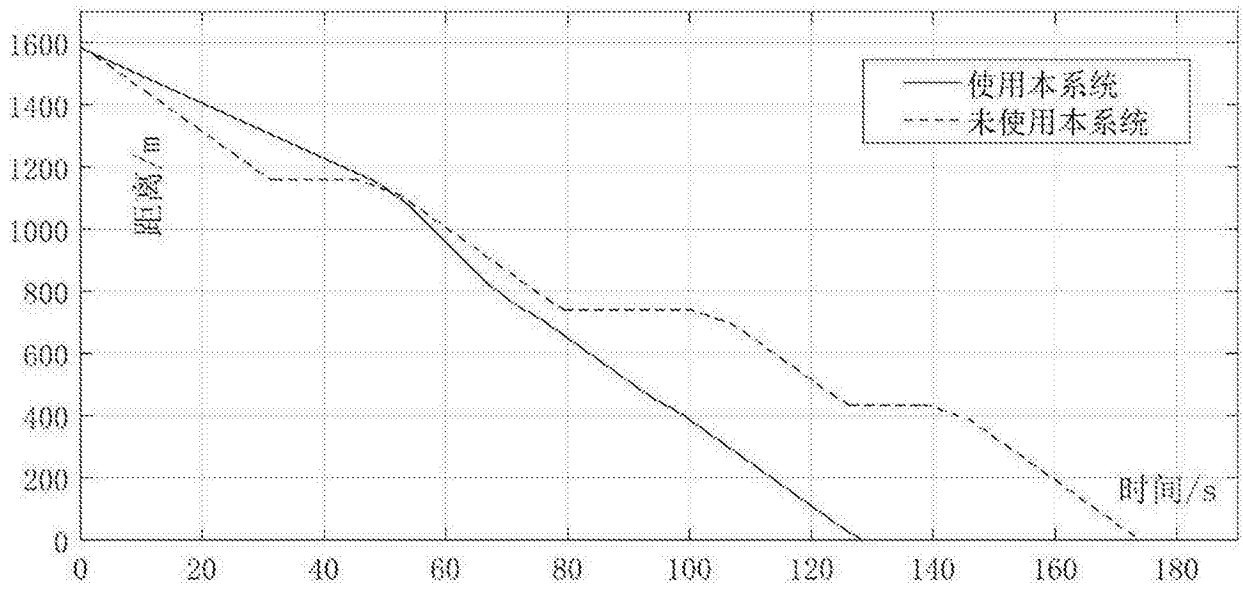


图13