



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108986488 A

(43)申请公布日 2018.12.11

(21)申请号 201810810596.X

(22)申请日 2018.07.23

(71)申请人 东南大学

地址 211189 江苏省南京市江宁区东南大学路2号

申请人 南京阿尔特交通科技有限公司

(72)发明人 王昊 姚东成

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所  
(普通合伙) 32204

代理人 孟红梅

(51)Int.Cl.

G08G 1/07(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图1页

## (54)发明名称

一种车车通信环境下匝道汇入协同轨迹确定方法及设备

## (57)摘要

本发明公开了一种车车通信环境下匝道汇入协同轨迹确定方法及设备,所述方法通过逐个遍历主路车辆,判断匝道车辆是否能顺利汇入某个主路车之前并且不对主路车辆的运行造成超过接受范围的影响,搜索合适的换道间隙并计算相应的匝道车辆与主路车辆运行轨迹;若未搜索到合适换道间隙则匝道车辆停车等待;若搜索到合适换道间隙,则匝道车辆与汇入点后的主路车辆按照计算出的轨迹运行,从而匝道车辆汇入主路。与现有技术相比,本发明能通过计算匝道自动车辆与主路自动车辆协调配合运动轨迹,使得匝道车辆顺利汇入主路并使得主路车流受到影响尽可能小,达到局部的动态最优效果。



1. 一种车车通信环境下匝道汇入协同轨迹确定方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 将主路上匝道汇入点上游的车辆以从下游到上游的顺序依次编号,从第二辆车开始依次遍历,搜索合适的换道间隙;其中判断每辆车与前车之间的是否存在插入位置的方法包括:

(1.1) 设 $C_i$ 与 $C_{i-1}$ 正中间多出一辆以 $V_i$ 速度行驶的虚拟车辆 $C_u$ ,使用IDM跟驰模型计算 $C_i$ 的加速度 $a_i$ 与虚拟车辆 $C_u$ 的加速度 $a_u$ ;其中 $i$ 为主路上车辆编号;

(1.2) 若 $a_i$ 与 $a_u$ 均不小于设定的阈值,则继续执行步骤(1.3),否则认为当前车辆不存在插入位置,进行下一辆车的判断;

(1.3) 判断匝道车辆 $C_0$ 是否能够通过与插入位置的后车进行协同变化速度的方式,达到顺利汇入主路的目的,具体方法为:

将匝道拉直与主线平行,建立平面二维坐标系,横轴为时间轴 $t$ ,纵轴为距离轴 $y$ ;

设 $C_0$ 以恒定加速度加速,得到 $C_0$ 的运行轨迹 $y_0(t)$ ,设虚拟车辆 $C_u$ 一直位于 $C_i$ 与 $C_{i-1}$ 正中间,得到虚拟车辆 $C_u$ 的运行轨迹 $y_u(t)$ ;

计算抛物线 $y_0(t)$ 与直线 $y_u(t)$ 相切时的交点是否满足三个约束条件:加速度限制 $0 \leq a \leq a_m$ 、换道位置限制 $L_1 \leq y_u(t) \leq L_2$ 和主路车辆减速程度限制 $d_{\min} \leq d \leq 1$ ;其中 $a_m$ 为最大加速度, $[L_1, L_2]$ 为可换道位置的 $y$ 轴范围, $d$ 为主路车辆速度折减系数, $d_{\min}$ 为设定的折减系数阈值;

若满足则说明 $C_0$ 在 $C_i$ 之前插入不会给主路造成明显影响,进入步骤(3),否则认为当前车辆不存在插入位置,进行下一辆车的判断;

(2) 若车辆遍历结束未能搜索到合适的插入位置,则 $C_0$ 在匝道入口处停车等待;

(3)  $C_0$ 以加速度 $a$ 稳定加速至 $d \times V_i$ , $C_i$ 减速至 $d \times V_i$ , $C_0$ 保持车速 $d \times V_i$ 并顺利汇入主路。

2. 根据权利要求1所述的一种车车通信环境下匝道汇入协同轨迹确定方法,其特征在于,所述步骤(1.3)中,二维坐标系中以当前时刻为 $t=0$ , $C_0$ 所在位置点为 $y=0$ ,匝道车辆 $C_0$ 的运行轨迹 $y_0(t) = V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$ ;虚拟车辆 $C_u$ 的运行轨迹

$$y_u(t) = d \times V_i \times (t - \Delta t) + L_1 - \left(Y_i - \frac{S_i}{2}\right) + V_i \times \Delta t - \frac{b_m \times \Delta t^2}{2}, \Delta t = \frac{(1-d) \times V_i}{b_m};$$

其中, $b_m$ 为主路车辆 $C_i$ 的容许减速度, $S_i$ 为主路车辆 $C_i$ 的车头间距。

3. 根据权利要求2所述的一种车车通信环境下匝道汇入协同轨迹确定方法,其特征在于,所述步骤(1.3)中通过求解如下方程得到交点:

$$y_u(t) = y_0(t)$$

$$\frac{dy_u(t)}{dt} = \frac{dy_0(t)}{dt}$$

将方程具体展开解得

$$t = \frac{-b_m \times \Delta t^2 + 2Y_i - S_i}{V_i - b_m \times \Delta t - V_0}$$

将三个约束转换成以 $t$ 与 $\Delta t$ 为变量的约束,在以 $\Delta t$ 为横轴, $t$ 为纵轴的平面直角坐标系中,寻找是否存在可行解。

4. 根据权利要求1所述的一种车车通信环境下匝道汇入协同轨迹确定方法,其特征在

于,步骤(1.1)中 $C_i$ 和 $C_u$ 的加速度 $a_i$ 与 $a_u$ 计算公式为:

$$a_i = a_0 \left( 1 - \left( \frac{v_i}{v_0} \right)^\delta - \left( \frac{s_0 + Tv_i}{\frac{S_i}{2}} \right)^2 \right)$$

$$a_u = a_0 \left( 1 - \left( \frac{v_i}{v_0} \right)^\delta - \left( \frac{s_0 + Tv_i + \frac{v_i(v_i - v_{i-1})}{2\sqrt{a_0 b}}}{\frac{S_i}{2}} \right)^2 \right)$$

其中, $v_0$ 为理想驾驶速度, $s_0$ 为静止安全距离, $T$ 为安全时间间隔, $a_0$ 为起步加速度, $b$ 为舒适减速度, $\delta > 0$ 为加速度指数, $v_i$ 为第 $i$ 辆车的速度, $S_i$ 为第 $i$ 辆车的车头间距。

5.一种计算机设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被加载至处理器时实现根据权利要求1-4任一项所述的匝道汇入协同轨迹确定方法。

## 一种车车通信环境下匝道汇入协同轨迹确定方法及设备

### 技术领域

[0001] 本发明属于交通信号控制中匝道汇入控制领域,具体涉及一种车车通信环境下匝道汇入协同轨迹确定方法及设备。

### 背景技术

[0002] 随着各大城市交通基础建设的大力投入,特别是对快速路建设的热情日益高涨。快速路作为城市道路系统的骨架,承担着城市的主要交通流量,能有效缓解城市交通拥堵,提升城市路网的运行效率及服务水平,具有畅通、快速、舒适、方便的特点。但是随着城市交通量的日益剧增,城市快速路正在失去其快速、高效的作用,处理不好反而成为城市交通系统中的拥堵节点。如何采用有效的控制方法提高快速路系统的使用效率,加强快速路系统的交通管制,恢复其应有的功能,已经成为城市所要解决的交通问题的重中之重。

[0003] 如果快速路的几何设计合理,入口匝道附近的加速车道可以保证驶入加速车道的车辆安全地汇入主线车流,但不能保证驶入车辆在汇入主线的过程中不对主线车流产生“挤压”或阻滞作用。如果能采取一定形式的“汇入控制”,则可以减少“挤压”或阻滞,避免出现主线车辆被迫变换车道的情况。

[0004] 在传统场景下,匝道车辆通过驾驶员自身判断主路车流量,寻找合适的间隙插入主路车流。但人的观察范围、计算能力、判断精确度有限,常常发生匝道车辆无法汇入主路,或强行汇入主路造成主路车流阻塞的情况。

[0005] 随着人工智能与车联网的发展,车车协同系统进入人们的视野。车车协同系统是指基于无线通信、传感探测等技术获取车辆信息,进行信息交互和共享,实现车辆之间智能协同与配合,达到优化利用系统资源、提高道路交通安全、缓解交通拥堵的目标的一种系统。

[0006] 但现有研究大多是为合流区车辆提供安全预警和换道提示,对面向车车通信环境下自动驾驶车辆协同控制方法研究较少,即使提供了控制方法,也无法定量地提供精确的匝道汇入车辆和主路车流的运行轨迹。

### 发明内容

[0007] 发明目的:随着自动驾驶汽车与车联网的发展,本发明目的在于提供了一种车车通信环境下匝道汇入协同轨迹确定方法及设备,通过计算匝道自动车辆与主路自动车辆协调配合运动轨迹,使得匝道车辆顺利汇入主路并使得主路车流受到影响尽可能小。

[0008] 技术方案:为实现上述发明目的,本发明采用如下技术方案:

[0009] 一种车车通信环境下匝道汇入协同轨迹确定方法,包括以下步骤:

[0010] (1) 将主路上匝道汇入点上游的车辆以从下游到上游的顺序依次编号,从第二辆车开始依次遍历,搜索合适的换道间隙;其中判断每辆车与前车之间的是否存在插入位置的方法包括:

[0011] (1.1) 设 $C_i$ 与 $C_{i-1}$ 正中间多出一辆以 $V_i$ 速度行驶的虚拟车辆 $C_u$ ,使用IDM跟驰模型计

算 $C_i$ 的加速度 $a_i$ 与虚拟车辆 $C_u$ 的加速度 $a_u$ ;其中 $i$ 为主路上车辆编号;

[0012] (1.2) 若 $a_i$ 与 $a_u$ 均不小于设定的阈值,则继续执行步骤(1.3),否则认为当前车辆不存在插入位置,进行下一辆车的判断;

[0013] (1.3) 判断匝道车辆 $C_0$ 是否能够通过与插入位置的后车进行协同变化速度的方式,达到顺利汇入主路的目的,具体方法为:

[0014] 将匝道拉直与主线平行,建立平面二维坐标系,横轴为时间轴 $t$ ,纵轴为距离轴 $y$ ;

[0015] 设 $C_0$ 以恒定加速度加速,得到 $C_0$ 的运行轨迹 $y_0(t)$ ,设虚拟车辆 $C_u$ 一直位于 $C_i$ 与 $C_{i-1}$ 正中间,得到虚拟车辆 $C_u$ 的运行轨迹 $y_u(t)$ ;

[0016] 计算抛物线 $y_0(t)$ 与直线 $y_u(t)$ 相切时的交点是否满足三个约束条件:加速度限制 $0 \leq a \leq a_m$ 、换道位置限制 $L_1 \leq y_u(t) \leq L_2$ 和主路车辆减速程度限制 $d_{\min} \leq d \leq 1$ ;其中 $a_m$ 为最大加速度, $[L_1, L_2]$ 为可换道位置的 $y$ 轴范围, $d$ 为主路车辆速度折减系数, $d_{\min}$ 为设定的折减系数阈值;

[0017] 若满足则说明 $C_0$ 在 $C_i$ 之前插入不会给主路造成明显影响,进入步骤(3),否则认为当前车辆不存在插入位置,进行下一辆车的判断;

[0018] (2) 若车辆遍历结束未能搜索到合适的插入位置,则 $C_0$ 在匝道入口处停车等待;

[0019] (3)  $C_0$ 以加速度 $a$ 稳定加速至 $d \times V_i$ , $C_i$ 减速至 $d \times V_i$ , $C_0$ 保持车速 $d \times V_i$ 并顺利汇入主路。

[0020] 作为优选,所述步骤(1.3)中,二维坐标系中以当前时刻为 $t=0$ , $C_0$ 所在位置点为 $y=0$ ,匝道车辆 $C_0$ 的运行轨迹 $y_0(t) = V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$ ;虚拟车辆 $C_u$ 的运行轨迹

$y_u(t) = d \times V_i \times (t - \Delta t) + L_1 - (Y_i - \frac{S_i}{2}) + V_i \times \Delta t - \frac{b_m \times \Delta t^2}{2}$ ,  $\Delta t = \frac{(1-d) \times V_i}{b_m}$ ;其中, $b_m$ 为主路车辆 $C_i$ 的容许减速度, $S_i$ 为主路车辆 $C_i$ 的车头间距。

[0021] 作为优选,所述步骤(1.3)中通过求解如下方程得到交点:

[0022]  $y_u(t) = y_0(t)$

[0023]  $\frac{dy_u(t)}{dt} = \frac{dy_0(t)}{dt}$

[0024] 将方程具体展开解得

[0025]  $t = \frac{-b_m \times \Delta t^2 + 2Y_i - S_i}{V_i - b_m \times \Delta t - V_0}$

[0026] 将三个约束转换成以 $t$ 与 $\Delta t$ 为变量的约束,在以 $\Delta t$ 为横轴, $t$ 为纵轴的平面直角坐标系中,寻找是否存在可行解。

[0027] 作为优选,步骤(1.1)中 $C_i$ 和 $C_u$ 的加速度 $a_i$ 与 $a_u$ 计算公式为:

[0028]  $a_i = a(1 - (\frac{v_i}{v_0})^\delta - (\frac{s_0 + T v_i}{\frac{S_i}{2}})^2)$

[0029]  $a_u = a(1 - (\frac{v_i}{v_0})^\delta - (\frac{s_0 + T v_i + \frac{v_i(v_i - v_{i-1})}{2\sqrt{ab}}}{\frac{S_i}{2}})^2)$

[0030] 其中, $v_0$ 为理想驾驶速度, $s_0$ 为静止安全距离, $T$ 为安全时间间隔, $a$ 为起步加速度, $b$

为舒适减速度,  $\delta > 0$  为加速度指数,  $v_i$  为第  $i$  辆车的速度,  $S_i$  为第  $i$  辆车的车头间距。

[0031] 本发明另一方面公开的一种计算机设备, 包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序, 所述计算机程序被加载至处理器时实现所述的匝道汇入协同轨迹确定方法。

[0032] 有益效果: 匝道车辆在车车通信条件下, 超越了人类司机的观察范围、计算能力、判断精确度的约束。依据本发明的汇入控制策略, 匝道车辆和主路车流按照精确计算出的轨迹运行, 可以减少“挤压”或阻滞情况的发生, 避免出现主线车辆被迫变换车道的情况, 实现匝道车辆汇入主路的同时, 主路车流受到的干扰尽可能低, 达到局部的动态最优效果。

## 附图说明

[0033] 图1为匝道几何形态、车辆坐标、距离示意图。

[0034] 图2为虚拟车和匝道汇入车协调运动的轨迹示意图。

## 具体实施方式

[0035] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步的说明。

[0036] 本发明实施例公开的一种车车通信环境下匝道汇入协同轨迹确定方法, 使用这种方法的场景是, 道路上所有车辆皆为全自动驾驶车辆, 依靠车辆之间的通信实现换道汇入的协同。该方法通过逐个遍历主路车辆, 判断匝道车辆是否能顺利汇入某个主路车之前并且不对主路车辆的运行造成超过10%的影响, 搜索合适的换道间隙并计算相应的匝道车辆与主路车辆运行轨迹; 若未搜索到合适换道间隙则匝道车辆停车等待; 若搜索到合适换道间隙, 则匝道车辆与汇入点后的主路车辆按照计算出的轨迹运行, 从而匝道车辆汇入主路。

[0037] 如图1所示, 设当前匝道上全自动驾驶车辆(编号为 $C_0$ )的速度为 $V_0$ , 距离准许变道区的最近距离为 $L_1$ , 准许变道区的长度为 $L_0$ , 距离准许变道区的最远距离为 $L_2 = L_1 + L_0$ ; 主路上匝道汇入点上游的全自动驾驶车辆, 以从下游到上游的顺序依次编号为 $C_1, C_2, \dots, C_n$ 。 $C_n$ 为距离匝道汇入区 $H$ 米以内( $H$ 的经验值为500)的最远车辆,  $C_0$ 与 $C_1, C_2, \dots, C_n$ 自动建立通讯连接。

[0038] 本发明实施例的匝道汇入协同轨迹确定方法具体包括如下步骤:

[0039] 1) 从 $C_2$ 开始, 遍历 $C_2, C_3, \dots, C_n$ , 重复执行11)至19)步骤, 以搜索合适的换道间隙。即遍历主路车队中的车辆, 寻找合适的插入后车, 主要执行两层判定条件: 第一层, 判断间隙大小是否充足; 第二层, 若满足第一层, 判断匝道车辆是否能够通过与插入位置的后车进行协同变化速度的方式, 达到顺利汇入主路的目的。

[0040] 11) 标记当前遍历到的车辆编号为 $C_i$ , ( $2 \leq i \leq n$ ), 其与前车 $C_{i-1}$ 的车头间距为 $S_i$ , 其当前车速为 $V_i$ , 其距离准许变道区的最近距离为 $Y_i$ ;

[0041] 12) 进行如下情景判断:

[0042] 121) 若 $C_i$ 与 $C_{i-1}$ 正中间突然多出一辆以 $V_i$ 速度行驶的虚拟车辆 $C_u$ , 计算 $C_i$ 的加速度 $a_i$ 与虚拟车辆 $C_u$ 的加速度 $a_u$ ;

[0043] 本步骤使用IDM跟驰模型计算 $C_i$ 和 $C_u$ 的加速度 $a_i$ 与 $a_u$ ;

$$[0044] \quad a_i = a \left( 1 - \left( \frac{v_i}{v_0} \right)^\delta - \left( \frac{s_0 + T v_i}{\frac{S_i}{2}} \right)^2 \right)$$

$$[0045] \quad a_u = a \left( 1 - \left( \frac{v_i}{v_0} \right)^\delta - \left( \frac{s_0 + T v_i + \frac{v_i(v_i - v_{i-1})}{2\sqrt{ab}}}{\frac{S_i}{2}} \right)^2 \right)$$

[0046] 其中,  $v_0$ 为理想驾驶速度(默认35m/s),  $s_0$ 为静止安全距离(默认10m),  $T$ 为安全时间间隔(默认2s),  $a$ 为起步加速度(默认2m/s<sup>2</sup>),  $b$ 为舒适减速度(默认1m/s<sup>2</sup>),  $\delta > 0$ 为加速度指数(默认为2),  $v_i$ 为第*i*辆车的速度,  $S_i$ 为第*i*辆车的车头间距。

[0047] 122) 若 $a_i$ 与 $a_u$ 均不小于-1m/s<sup>2</sup>, 则继续执行步骤13), 否则结束本次循环进入下一次循环, 遍历车辆 $C_{i+1}$ ;

[0048] 13) 设虚拟车辆 $C_u$ 保持与 $C_i$ 相同的速度行驶, 虚拟车辆 $C_u$ 一直位于 $C_i$ 前的 $\frac{S_i}{2}$ 处;

[0049] 14) 将匝道拉直与主线平行, 建立平面二维坐标系, 横轴为时间轴 $t$ , 以当前时刻为 $t=0$ , 纵轴为距离轴 $y$ ,  $C_0$ 所在位置点为 $y=0$ ; 确定如下坐标:

[0050] 141) 计算可换道位置的 $y$ 轴范围 $[L_1, L_2]$ ;

[0051] 142) 计算 $t=0$ 时虚拟车辆 $C_u$ 的 $y$ 坐标 $(L_1 - (Y_i - \frac{S_i}{2}))$ ;

[0052] 15) 设 $C_0$ 当前车速为 $V_0$ , 最大加速度为 $a_m$ ,  $C_0$ 以恒定加速度加速, 得到 $C_0$ 的运行轨迹 $y_0 = V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2, 0 \leq a \leq a_m$ ;

[0053] 16) 设主路车辆 $C_i$ 配合 $C_0$ 的汇入提前减速, 主路车辆受到的最大影响程度为10%, 速度最低减至 $0.9V_i$ ; 速度折减系数为 $d, 0.9 \leq d \leq 1$ 。主路车辆 $C_i$ 的容许减速度为 $b_m$ ; 计算虚拟车辆轨迹:

[0054] 161) 计算从 $V_i$ 减速至 $d \times V_i$ 所需时间 $\Delta t = \frac{(1-d) \times V_i}{b_m}$ ;

[0055] 162) 计算减速这段时间 $C_i$ 前进的距离 $V_i \times \Delta t - \frac{b_m \times \Delta t^2}{2}$ ;

[0056] 163) 设虚拟车辆会一直位于 $C_i$ 前的 $\frac{S_i}{2}$ 处, 得到虚拟车辆 $C_u$ 的运行轨迹

[0057]  $y_u = d \times V_i \times (t - \Delta t) + L_1 - (Y_i - \frac{S_i}{2}) + V_i \times \Delta t - \frac{b_m \times \Delta t^2}{2}$ ;

[0058] 17) 解如下方程:

[0059]  $y_u(t) = y_0(t)$

[0060]  $\frac{dy_u(t)}{dt} = \frac{dy_0(t)}{dt}$

[0061] 18) 判断求出的解是否满足三个约束条件:

[0062] 加速度限制 $0 \leq a \leq a_m$ ;

[0063] 换道位置限制 $L_1 \leq y_u(t) \leq L_2$ ;

[0064] 主路车辆减速程度限制,  $0.9 \leq d \leq 1$ ;

[0065] 19) 若计算出来的 $t$ 与 $a, d$ 满足上述约束条件, 则说明 $C_0$ 在 $C_i$ 之前插入不会给主路造成明显影响, 跳出循环, 进入步骤3); 否则进入下一轮循环;

[0066] 2) 若车辆遍历结束,未能搜索到合适的插入位置,则C<sub>0</sub>在匝道入口处停车等待;

[0067] 3) C<sub>0</sub>以加速度a稳定加速至d×V<sub>i</sub>,C<sub>i</sub>减速至d×V<sub>i</sub>,C<sub>0</sub>保持车速d×V<sub>i</sub>并顺利汇入主路。

[0068] 判定第二层条件时,本质是计算抛物线y<sub>0</sub>与直线y<sub>u</sub>相切时的交点是否满足三个约束条件:加速度限制、换道位置限制和主路车辆减速程度限制。

$$[0069] \quad y_u(t) = y_0(t)$$

$$[0070] \quad \frac{dy_u(t)}{dt} = \frac{dy_0(t)}{dt}$$

[0071] 将方程具体展开解得

$$[0072] \quad t = \frac{-b_m \times \Delta t^2 + 2Y_i - S_i}{V_i - b_m \times \Delta t - V_0}$$

[0073] 将三个约束

$$[0074] \quad 0.9 \leq d \leq 1$$

$$[0075] \quad 0 \leq a \leq a_m$$

$$[0076] \quad L_1 \leq y_u(t) \leq L_2$$

[0077] 整理为

$$[0078] \quad 0 \leq \Delta t \leq \frac{V_i}{10b_m}$$

$$[0079] \quad t \geq \frac{V_i - b_m \times \Delta t - V_0}{a_m}$$

$$[0080] \quad t \geq \frac{d \times V_i \times \Delta t + \left(Y_i - \frac{S_i}{2}\right) + \frac{b_m \times \Delta t^2}{2} - V_i \times \Delta t}{d \times V_i}$$

$$[0081] \quad t \leq \frac{d \times V_i \times \Delta t + \left(Y_i - \frac{S_i}{2}\right) + \frac{b_m \times \Delta t^2}{2} - V_i \times \Delta t}{d \times V_i} + \frac{L_2 - L_1}{d \times V_i}$$

[0082] 即根据上述t与Δt的关系,在以Δt为横轴,t为纵轴的平面直角坐标系中,寻找是否存在可行解。

[0083] 若存在可行解,说明C<sub>0</sub>在C<sub>i</sub>之前插入不会给主路造成明显影响,结束遍历,C<sub>0</sub>和C<sub>i</sub>按照计划方式前进直至汇合,见图2。否则进入下一轮判定循环。

[0084] 基于相同的技术构思,本发明实施例公开了一种计算机设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,该计算机程序被加载至处理器时实现上述实施例所述的匝道汇入协同轨迹确定方法。



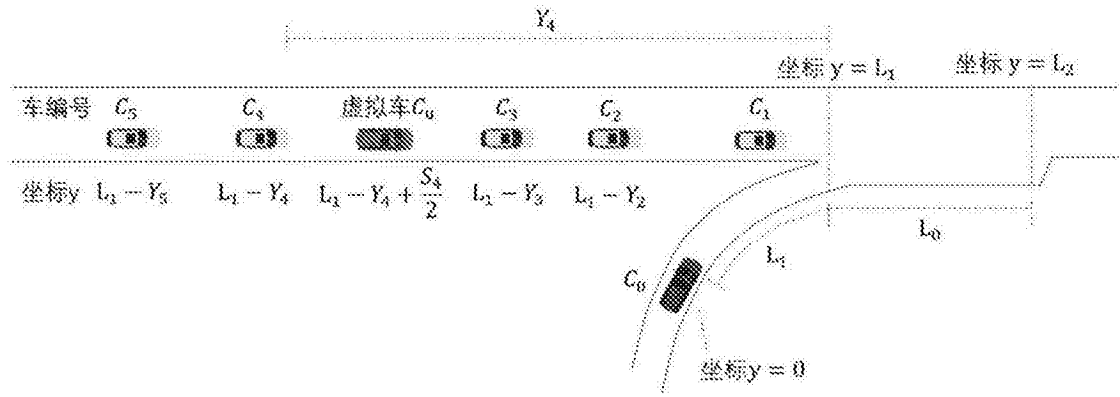


图1

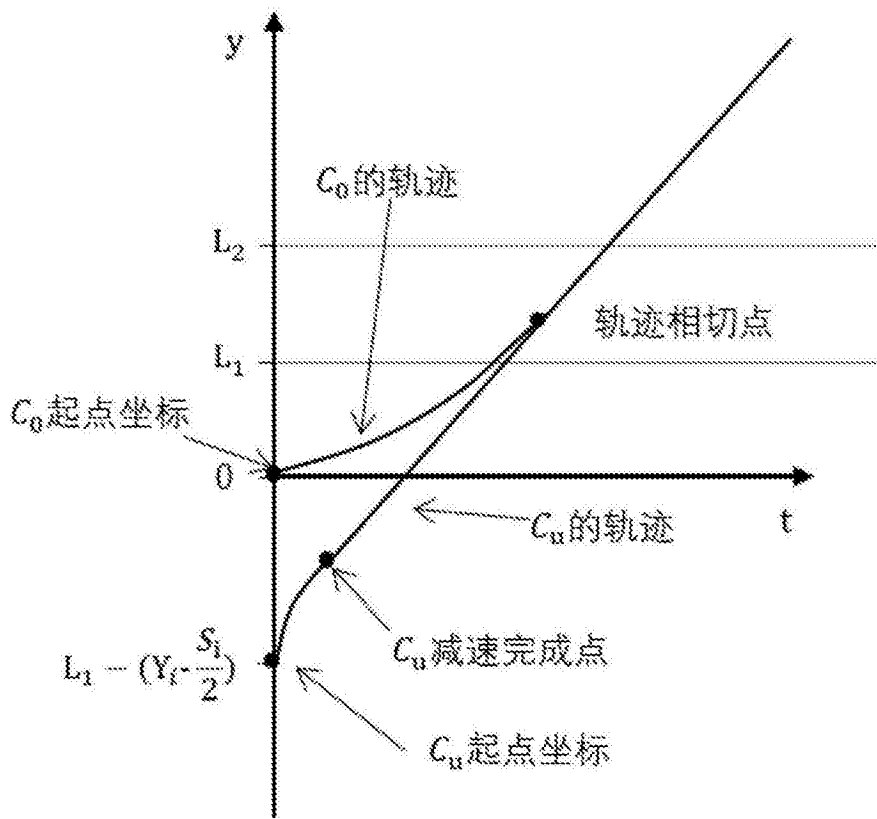


图2