



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106781551 B

(45)授权公告日 2019.04.30

(21)申请号 201710135251.4

(22)申请日 2017.03.08

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106781551 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(73)专利权人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市玄武区四牌楼2号

(72)发明人 王翀 钟罡 冉斌 张健

(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)

(56)对比文件

CN 202584432 U,2012.12.05,

CN 104464317 A,2015.03.25,

CN 103606284 A,2014.02.26,

DE 10060799 C2,2003.02.20,

审查员 刘新旭

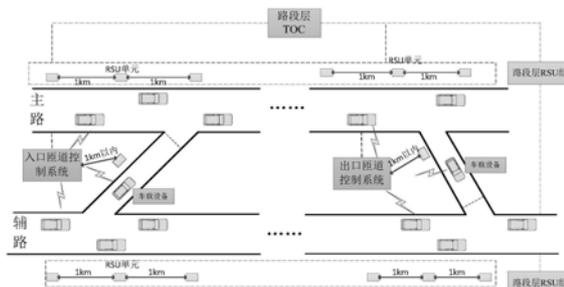
权利要求书3页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

车联网环境下的高速公路出入口匝道联合控制系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种车联网环境下的出入口匝道联合控制系统及方法,系统由路段层控制系统、匝道节点层控制系统以及车载控制系统构成。路段层控制系统用于获取所辖路段的交通状态信息,并对出入口匝道的放行车辆数进行调节确保匝道及附近区域不发生拥堵。匝道节点层控制系统决定车辆在出入口匝道交汇点的优先级,并对车辆汇入过程进行控制。车载控制系统通过和控制系统及其他车辆的实时通信发送自己的请求并按控制指令行驶。本发明包括系统各层的关系架构,匝道控制系统的布设结构和路段层、出入口匝道控制的方法和流程。本发明不仅有助于车联网技术在高速公路主动管控方面的发展应用,同时对于提升现有的匝道出入效率和匝道汇入安全有重要意义。



CN 106781551 B

1. 一种车联网环境下的高速公路出入口匝道联合控制系统,其特征在于,包括:路段层交通信息中心TOC、路段层路侧单元RSU组、入口匝道控制子系统、出口匝道控制子系统以及车载控制子系统;

所述路段层路侧单元RSU组包括设置在与出入口匝道连接的高速公路主路和辅路路段上的若干路段层路侧单元RSU,所述路段层路侧单元RSU用于与车载控制子系统数据通信,以及采集并向路段层交通信息中心TOC传递所管辖路段的交通状态信息;

所述入口匝道控制子系统,用于根据路段层交通信息中心TOC下发的周期内入口匝道运行放行的车辆数、已放行车辆数、匝道交通状况以及主线交通状况,确定是否允许辅路车辆进入入口匝道以及入口匝道最前方的车辆是否允许汇入主路;以及用于将控制指令下发给所管辖车辆的车载控制子系统;

所述出口匝道控制子系统,用于根据路段层交通信息中心TOC下发的周期内出口匝道运行放行的车辆数、已放行车辆数、匝道交通状况以及辅路交通状况,确定是否允许主线车辆进入出口匝道以及出口匝道最前方车辆是否允许进入辅路;以及用于将控制指令下发给所管辖车辆的车载控制子系统;

所述车载控制子系统,用于向路段层路侧单元RSU组实时发送车辆信息和驾驶员请求信息,接收出/入口匝道控制子系统发送的控制指令并引导车辆按照指令行驶;

所述入口匝道控制子系统包括入口匝道RSU、上游主线RSU、入口匝道排队检测器和入口匝道节点控制中心;

所述上游主线RSU和入口匝道RSU,分别用于采集入口匝道主线上游车辆和匝道上车辆的速度和位置信息;

所述入口匝道排队检测器,用于采集入口匝道上车辆的排队长度;

所述入口匝道节点控制中心,与上游主线RSU、入口匝道RSU和排队检测器进行数据通信,获取主线和匝道交通信息,确定是否允许辅路车辆进入入口匝道以及入口匝道最前方的车辆是否允许汇入主路,并生成车辆控制指令,分别通过主线RSU和入口匝道RSU传递给主线车辆和匝道车辆的车载控制子系统。

2. 一种车联网环境下的高速公路出入口匝道联合控制系统,其特征在于,包括:路段层交通信息中心TOC、路段层路侧单元RSU组、入口匝道控制子系统、出口匝道控制子系统以及车载控制子系统;

所述路段层路侧单元RSU组包括设置在与出入口匝道连接的高速公路主路和辅路路段上的若干路段层路侧单元RSU,所述路段层路侧单元RSU用于与车载控制子系统数据通信,以及采集并向路段层交通信息中心TOC传递所管辖路段的交通状态信息;

所述入口匝道控制子系统,用于根据路段层交通信息中心TOC下发的周期内入口匝道运行放行的车辆数、已放行车辆数、匝道交通状况以及主线交通状况,确定是否允许辅路车辆进入入口匝道以及入口匝道最前方的车辆是否允许汇入主路;以及用于将控制指令下发给所管辖车辆的车载控制子系统;

所述出口匝道控制子系统,用于根据路段层交通信息中心TOC下发的周期内出口匝道运行放行的车辆数、已放行车辆数、匝道交通状况以及辅路交通状况,确定是否允许主线车辆进入出口匝道以及出口匝道最前方车辆是否允许进入辅路;以及用于将控制指令下发给所管辖车辆的车载控制子系统;

所述车载控制子系统,用于向路段层路侧单元RSU组实时发送车辆信息和驾驶员请求信息,接收出/入口匝道控制子系统发送的控制指令并引导车辆按照指令行驶;

所述出口匝道控制子系统包括出口匝道RSU、辅路RSU、出口匝道排队检测器、辅路排队检测器和出口匝道节点控制中心;

所述出口匝道RSU,用于采集驶离高速公路的车辆速度和位置信息;

所述辅路RSU,用于采集出口匝道和辅路交汇位置上游的车辆速度和位置信息;

所述出口匝道排队检测器,用于采集出口匝道上的车辆排队长度;

所述辅路排队检测器,用于采集上游辅路的车辆排队长度;

所述出口匝道节点控制中心,与出口匝道RSU、辅路RSU和排队检测器进行数据通信,获取辅路和匝道交通信息,确定是否允许主线车辆进入出口匝道以及出口匝道最前方车辆是否允许进入辅路,并生成车辆控制指令,分别通过辅路RSU和出口匝道RSU传递给辅路车辆和出口匝道车辆的车载控制子系统。

3. 一种车联网环境下的高速公路入口匝道控制方法,其特征在于,包括如下步骤:

(101) 路段层交通信息中心TOC将单位控制周期内可放行的车辆数传递给入口匝道节点控制中心,入口匝道节点控制中心在每个周期开始将已放行车辆数清零;

(102) 根据当前周期内入口匝道已放行车辆数和入口匝道的车辆排队长度确定是否允许辅路车辆进入入口匝道,并将控制指令传递给辅路车辆;

(103) 判断入口匝道最前方车辆是否可以在当前周期到达匝道入口停车线位置;如果能则进入(104),否则待下一控制周期开始时重新判断;

(104) 比较入口匝道最前方车辆和主线即将通过匝道入口处车辆的行驶优先级;

(105) 如果匝道车辆具有优先权,向入口匝道最前方车辆发送保持现有速度或加速通过汇入点进入主线的指令,向主线车辆发送减速让行指令;

(106) 如果主线车辆具有优先权,为匝道车辆制定可接受间隙汇入策略:控制中心计算匝道车辆到达汇入位置时是否有足够间隙汇入主线,如果有,控制中心计算并告知匝道车辆所需保持的速度和加速度数值;如果没有,控制中心寻找主线后续可接受间隙引导匝道车辆减速汇入,若匝道车辆以最低速度到达停车线位置仍然没有合适的汇入间隙时,在停车线位置停止等待;

(107) 匝道车辆驶入主线后,控制中心将已放行车辆数加1。

4. 根据权利要求3所述的一种车联网环境下的高速公路入口匝道控制方法,其特征在于,还包括:

(108) 匝道车辆驶入主线后,匝道车辆和主线前后车辆通过车载系统自动调节前后车距,使车辆保持大于小安全间距行驶。

5. 根据权利要求3所述的一种车联网环境下的高速公路入口匝道控制方法,其特征在于,所述步骤(104)中匝道车辆和主线车辆的行驶优先级比较方法为:

计算当前周期已放行车辆数占可放行车辆数的比例P1;

计算当前周期已过时间占当前周期的比例P2;

如果 $P1 < P2$,匝道车辆具有优先权,否则主线车辆具有优先权。

6. 一种车联网环境下的高速公路出口匝道控制方法,其特征在于,包括如下步骤:

(201) 路段层交通信息中心TOC将单位控制周期内可放行的车辆数传递给出口匝道节

点控制中心,出口匝道节点控制中心在每个周期开始将已放行车辆数清零;

(202) 根据当前周期内出口匝道已放行车辆数和出口匝道的车辆排队长度确定是否允许主线车辆进入出口匝道,并将控制指令传递给主线车辆;

(203) 判断出口匝道最前方车辆是否可以在当前周期到达停车线;如果能则进入(204),否则待下一控制周期开始时重新判断;

(204) 比较出口匝道最前方车辆和辅路即将通过交汇点的车辆的行驶优先级;

(205) 如果出口匝道车辆具有优先权,向出口匝道最前方车辆发送保持现有速度或加速通过汇入点进入辅路的指令,向辅路车辆发送减速让行指令;

(206) 如果辅路车辆具有优先权,为出匝道车辆制定可接受间隙汇入策略:控制中心计算出匝道车辆到达汇入位置时是否有足够间隙汇入主线,如果有,控制中心计算并告知出匝道车辆所需保持的速度和加速度数值;如果没有,控制中心寻找后续可接受间隙引导出匝道车辆减速汇入,若出匝道车辆以最低速度到达停车线位置仍然没有合适的汇入间隙时,在停车线位置停止等待;

(207) 出匝道车辆进入辅路后,控制中心将已放行车辆数加1。

7. 根据权利要求6所述的一种车联网环境下的高速公路出口匝道控制方法,其特征在于:还包括:

(208) 出匝道车辆驶入辅路后,匝道车辆和辅路前后车辆通过车载系统自动调节前后车间距,使车辆保持大于小安全间距行驶。

8. 根据权利要求6所述的一种车联网环境下的高速公路出口匝道控制方法,其特征在于:所述步骤(204)中匝道车辆和辅路车辆的行驶优先级比较方法为:

当前周期内若已放行车辆数小于可放行车辆数且辅路车辆排队没有达到最大排队长度,则匝道车辆优先级高;

当前周期内若已放行车辆数小于可放行车辆数但辅路车辆排队达到最大排队长度,采用交替放行策略,即一个控制周期内出口匝道车辆优先,下一个周期内辅路车辆优先;

当已放行车辆数达到或超过可放行车辆数时,当前周期辅路车辆优先通行。

9. 一种车联网环境下的高速公路出入口匝道联合控制方法,其特征在于,包括根据权利要求3所述的入口匝道控制方法以及根据权利要求6所述的出口匝道控制方法。

车联网环境下的高速公路出入口匝道联合控制系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及智能交通管理与控制技术领域,尤其涉及一种基于车联网的高速公路出入口匝道联合控制系统与一种基于车联网环境的高速公路匝道出入口车辆控制方法。

背景技术

[0002] 高速公路的出入口管控技术是高速公路主动管控技术的重要组成部分,高速公路出入口匝道也是高速公路拥堵高发的瓶颈位置。在通勤高峰时段或事故发生时段,由于从匝道进入高速公路的车流量大于高速公路的通行能力,时常造成高速公路某一段交通瘫痪。为避免上述情况,目前国内外通常采用匝道控制信号灯对匝道入口车辆进行控制,即当高速公路出现拥堵时,匝道信号灯变为红灯,禁止车辆进入,从而减少进入主线的车流量。这种控制方法属于“事后控制”,不能在拥堵发生前对交通流进行调整以预防拥堵发生,并且由于缺乏交通诱导手段,容易在入口匝道上造成较长排队。在工程实践中,高速出口匝道和入口匝道往往配对出现且相距较近。但国内外主要控制方法仅通过入口匝道对车辆进行控制,而对出口匝道控制研究较为缺乏,而出口匝道往往容易由于相邻道路(辅路)不畅而导致车辆回堵,影响高速公路主线运行。因此拥堵发生时,仅考虑入口控制的控制效果较难令人满意。此外,目前的匝道控制缺乏具体的车辆汇入控制策略,使匝道交织区仍然是事故易发地点。

[0003] 随着无线通信技术和智能车辆技术的发展,车联网和车路协同技术在智能交通领域备受关注,是当今国际公认的提高行车安全、提升运输效率和实现节能减排的最佳手段。在车联网环境下,路段层交通信息中心(TOC)可以通过车路通信获取车辆位置并对每辆车的运行策略进行实时指导,从而实现对主线、出入口匝道和辅路交通流进行全局诱导并将出入口匝道控制进行整合。同时,车车间通信可以确保车辆以最小安全间距行驶,并对汇入过程进行控制,从而保证汇入过程安全高效。这为改进和完善现有的匝道控制策略提供了一种很好的解决方案。

[0004] 因此,提出一种能够在车联网环境下合理、精细控制的出入口匝道控制系统不仅有助于车联网技术的发展应用,并且对提升现有的出入口匝道控制的运行效率和安全水平有重要意义。

发明内容:

[0005] 发明目的:本发明的目的是设计一种基于车联网环境的高速公路出入口匝道联合控制系统及方法,该系统对出入口匝道控制进行整合,并通过出入口匝道控制子系统对车辆从匝道汇入连接道路的过程进行控制,同时通过车车通信系统保证车辆的最小安全间距,从而保证车辆从匝道汇入连接道路的过程安全、可控、高效。

[0006] 技术方案:为实现上述发明目的,本发明采用的技术方案是:

[0007] 一种车联网环境下的高速公路出入口匝道联合控制系统,包括:路段层交通信息中心(Transportation Operation Center,TOC)、路段层路侧单元(Road Side Unit,RSU)

组、入口匝道控制子系统、出口匝道控制子系统以及车载控制子系统；

[0008] 所述路段层RSU组包括设置在与出入口匝道连接的高速公路主路和辅路路段上的若干路段RSU单元,所述路段RSU单元用于与车载控制子系统数据通信,以及采集并向路段层TOC传递所管辖路段的交通状态信息；

[0009] 所述入口匝道控制子系统,用于根据路段层TOC下发的周期内入口匝道运行放行的车辆数、已放行车辆数、匝道交通状况以及主线交通状况,确定是否允许辅路车辆进入入口匝道以及入口匝道最前方的车辆是否允许汇入主路；以及用于将控制指令下发给所管辖车辆的车载控制子系统；

[0010] 所述出口匝道控制子系统,用于根据路段层TOC下发的周期内出口匝道运行放行的车辆数、已放行车辆数、匝道交通状况以及辅路交通状况,确定是否允许主线车辆进入出口匝道以及出口匝道最前方车辆是否允许进入辅路；以及用于将控制指令下发给所管辖车辆的车载控制子系统；

[0011] 所述车载控制子系统,用于向路段层RSU组实时发送车辆信息和驾驶员请求信息,接收出/入口匝道控制子系统发送的控制指令并引导车辆按照指令行驶。

[0012] 进一步地,所述入口匝道控制子系统包括入口匝道RSU、上游主线RSU、入口匝道排队检测器和入口匝道节点控制中心；

[0013] 所述上游主线RSU和入口匝道RSU,分别用于采集入口匝道主线上游车辆和匝道上车辆的速度和位置信息；

[0014] 所述入口匝道排队检测器,用于采集入口匝道上车辆的排队长度；

[0015] 所述入口匝道节点控制中心,与上游主线RSU、入口匝道RSU和排队检测器进行数据通信,获取主线和匝道交通信息,确定是否允许辅路车辆进入入口匝道以及入口匝道最前方的车辆是否允许汇入主路,并生成车辆控制指令,分别通过主线RSU和入口匝道RSU传递给主线车辆和匝道车辆的车载控制子系统。

[0016] 作为优选,所述出口匝道控制子系统包括出口匝道RSU、辅路RSU、出口匝道排队检测器、辅路排队检测器和出口匝道节点控制中心；

[0017] 所述出口匝道RSU,用于采集驶离高速公路的车辆速度和位置信息；

[0018] 所述辅路RSU,用于采集出口匝道和辅路交汇位置上游的车辆速度和位置信息；

[0019] 所述出口匝道排队检测器,用于采集出口匝道上的车辆排队长度；

[0020] 所述辅路排队检测器,用于采集上游辅路的车辆排队长度；

[0021] 所述出口匝道节点控制中心,与出口匝道RSU、辅路RSU和排队检测器进行数据通信,获取辅路和匝道交通信息,确定是否允许主线车辆进入出口匝道以及出口匝道最前方车辆是否允许进入辅路,并生成车辆控制指令,分别通过辅路RSU和出口匝道RSU传递给辅路车辆和出口匝道车辆的车载控制子系统。

[0022] 一种车联网环境下的高速公路入口匝道控制方法,包括如下步骤：

[0023] (101) 路段层TOC将单位控制周期内可放行的车辆数传递给入口匝道节点控制中心,入口匝道节点控制中心在每个周期开始将已放行车辆数清零；

[0024] (102) 根据当前周期内入口匝道已放行车辆数和入口匝道的车辆排队长度确定是否允许辅路车辆进入入口匝道,并将控制指令传递给辅路车辆；

[0025] (103) 判断入口匝道最前方车辆是否可以在当前周期到达匝道入口停车线位置；

如果能则进入(104),否则待下一控制周期开始时重新判断;

[0026] (104)比较入口匝道最前方车辆和主线即将通过匝道入口处车辆的行驶优先级;

[0027] (105)如果匝道车辆具有优先权,向入口匝道最前方车辆发送保持现有速度或加速通过汇入点进入主线的指令,向主线车辆发送减速让行指令;

[0028] (106)如果主线车辆具有优先权,为匝道车辆制定可接受间隙汇入策略:控制中心计算匝道车辆到达汇入位置时是否有足够间隙汇入主线,如果有,控制中心计算并告知匝道车辆所需保持的速度和加速度数值;如果没有,控制中心寻找主线后续可接受间隙引导匝道车辆减速汇入,若匝道车辆以最低速度到达停车线位置仍然没有合适的汇入间隙时,在停车线位置停止等待;

[0029] (107)匝道车辆驶入主线后,控制中心将已放行车辆数加1。

[0030] 作为优选,所述入口匝道控制方法中还包括:

[0031] (108)匝道车辆驶入主线后,匝道车辆和主线前后车辆通过车载系统自动调节前后车间距,使车辆保持大于小安全间距行驶。

[0032] 一种车联网环境下的高速公路出口匝道控制方法,包括如下步骤:

[0033] (201)路段层TOC将单位控制周期内可放行的车辆数传递给出口匝道节点控制中心,出口匝道节点控制中心在每个周期开始将已放行车辆数清零;

[0034] (202)根据当前周期内出口匝道已放行车辆数和出口匝道的车辆排队长度确定是否允许主线车辆进入出口匝道,并将控制指令传递给主线车辆;

[0035] (203)判断出口匝道最前方车辆是否可以在当前周期到达停车线;如果能则进入(204),否则待下一控制周期开始时重新判断;

[0036] (204)比较出口匝道最前方车辆和辅路即将通过交汇点的车辆的行驶优先级;

[0037] (205)如果出口匝道车辆具有优先权,向出口匝道最前方车辆发送保持现有速度或加速通过汇入点进入辅路的指令,向辅路车辆发送减速让行指令;

[0038] (206)如果辅路车辆具有优先权,为出匝道车辆制定可接受间隙汇入策略:控制中心计算出匝道车辆到达汇入位置时是否有足够间隙汇入主线,如果有,控制中心计算并告知出匝道车辆所需保持的速度和加速度数值;如果没有,控制中心寻找后续可接受间隙引导出匝道车辆减速汇入,若出匝道车辆以最低速度到达停车线位置仍然没有合适的汇入间隙时,在停车线位置停止等待;

[0039] (207)出匝道车辆进入辅路后,控制中心将已放行车辆数加1。

[0040] 作为优选,所述出口匝道控制方法中还包括:

[0041] (208)出匝道车辆驶入辅路后,匝道车辆和辅路前后车辆通过车载系统自动调节前后车间距,使车辆保持大于小安全间距行驶。

[0042] 有益效果:本发明提出了一种基于车联网的高速公路出入口匝道联合控制系统,并实现了出入口匝道汇入控制方法。该方法充分利用了交通信息中心-匝道节点控制中心-车载通信设备相联网的信息优势,可通过车辆发送位置和速度信息给路段层交通信息中心,由交通信息中心根据车辆信息获得路段的交通状态信息制定控制策略,再传递给各节点控制中心,由控制中心指导车辆的具体汇入过程。本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0043] 1)本发明是对出入口匝道以及邻接道路的整体框架设计和方法,不再局限于出入口匝道位置的点控,利用车联网技术对匝道控制和交通流量诱导进行整合,可以有效提升

出入口匝道的控制效率。

[0044] 2) 现有的匝道控制方法主要针对入口匝道的流量控制,缺乏对车辆汇入过程的指导。本方法提供了一种基于车联网环境下的匝道汇入控制策略。在车联网环境下,车辆的位置、速度可知,因而可以对车辆的汇入过程准确控制,提升匝道汇入的安全性。

[0045] 3) 本发明提出了基于优先级动态调整的放行方法,可以在满足单位时间内的车辆放行要求的基础上,使入口匝道/主线或出口匝道/相邻辅路的车辆平衡放行,解决了匝道汇入过程中谁优先占有路权的问题。

[0046] 4) 现有的匝道控制方法以匝道入口位置的控制系统和方法为主。本发明的提出填补了国内缺乏出口匝道控制系统的空白。本发明的出口匝道控制策略考虑了相邻辅路的联合控制,并且利用车联网技术和车辆诱导相结合,因此可以有效解决因为辅路放行不畅,车辆回堵造成的高速公路主线拥堵。

附图说明

[0047] 图1为本发明的路网拓扑结构示意图。

[0048] 图2为本发明的系统框架图。

[0049] 图3为本发明的入口匝道控制子系统的路网拓扑结构示意图。

[0050] 图4为本发明的出口匝道控制子系统的路网拓扑结构示意图。

[0051] 图5为本发明的出/入口匝道控制方法中车辆请求进入匝道流程图。

[0052] 图6为本发明的出/入口匝道控制方法中车辆驶入相邻道路流程图。

具体实施方式

[0053] 如图1、2所示,本发明实施例公开的一种车联网环境下的高速公路出入口匝道联合控制系统,包括路段层控制系统、匝道节点层控制系统和车载控制系统三层框架结构。其中,路段层控制系统由路段层交通信息中心(Transportation Operation Center,TOC)和路段层路侧单元(Road Side Unit,RSU)组构成;路段层RSU组包括设置在与出入口匝道连接的高速公路主路和辅路路段上的若干路段RSU单元;匝道节点层控制系统包括入口匝道控制子系统和出口匝道控制子系统;车载控制系统包括主线车辆、匝道车辆和辅路车辆上的车载控制子系统。

[0054] 路段层TOC从路段层路侧单元组获取出入口匝道的实时交通状态,根据匝道排队信息以及匝道上下游路段交通状态信息确定各个匝道的放行策略(即单位控制周期内某个入口匝道或出口匝道周期内可放行的车辆数 N),并据此生成主线和辅路车辆的诱导信息(即某个入口匝道或出口匝道是否可以进入),并将放行策略和诱导信息传递至匝道节点层控制系统。实际运行中各个匝道可放行的车辆数可以根据高速公路交通状况设定合理的数值,也可以根据结合匝道排队长度和匝道上下游的交通流量进行动态调整,保证主线的交通畅通。在采集到整个路段的交通状态信息后可以以整个路段的交通状态最优为目标段多个匝道同时进行控制,统筹考虑各个匝道的放行策略(如采用基于bottleneck的多匝道协同控制算法等)。

[0055] 路段层RSU组是由若干RSU单元构成的网络。RSU单元以1公里为间隔布设于需要采集交通信息的高速公路、匝道段以及相邻道路段上,布设范围为距出/入口匝道控制子系统

3公里范围内,如图1中所示。RSU单元的功能有两个:1)采集所辖路段的交通状态信息、车辆请求信息并传送给路段层TOC;2)从匝道节点层控制系统获取控制指令并传递给所辖范围内的车辆。

[0056] RSU单元可由小型计算机工作站和通信系统构成。计算机工作站根据从通信系统接受的车辆信息计算路段的交通状态信息,并通过通信系统将交通状态信息传递给路段层TOC。通信系统用于接收车辆发送的状态信息、车辆请求信息,并将交通状态信息和车辆请求信息发送给路段层TOC。同时,通信系统接收来自路段层TOC和匝道节点层控制系统的指令,并发送给所辖范围内的车辆。计算机工作站的处理性能要能在小于半个控制周期的时间内处理完毕所辖范围内的车辆数据。通信系统需要满足5.8GHz专用短距离通信(DSRC)技术标准,可以实现一公里范围内的双工通信要求,并可提供多种与车道计算机的数据通信接口。使用信道分离技术,多车通信互不干扰。

[0057] 车载控制系统,由本专利控制系统范围内的高速公路主线、匝道、辅路上配备车载控制子系统的车辆构成。车辆控制系统可实现以下功能:1)每个控制周期开始时向路段层RSU组发送车辆实时信息;2)向路段层RSU组发送驾驶员的实时请求;3)接收路段层RSU组发送的控制指令并引导车辆按照指令行驶;4)和其他车辆实时通信,自动保持适当的跟车间距或提示驾驶员按照适当速度行驶。

[0058] 车载控制子系统可由车载计算机,符合DSRC技术标准的双工通信设备、指令执行设备构成。车载计算机将车辆传感器的信号转换为RSU设备所需的车辆实时信息数据。通信设备将车辆实时信息数据传递给RSU设备。并且从RSU设备获取控制指令。指令执行设备根据不同技术实现,可以分为GPS导航设备、语音提示设备或车辆自动驾驶设备。GPS导航设备将车辆的当前状态(位置,速度)和控制指令标注在导航屏幕上,驾驶员根据控制指令行驶,并可知道自己的实时位置。语音提示设备通过语音告知驾驶员行驶指令,驾驶员根据语音提示驾驶。自动驾驶设备是以控制指令为输入的自主巡航设备,和车辆动力系统相连,通过给动力系统施加控制信号操作车辆行驶。

[0059] 匝道节点层控制系统的入口匝道控制子系统负责实现入口匝道控制逻辑,并将生成的控制指令发送给管辖的车辆;出口匝道控制子系统负责实现出口匝道控制逻辑,并将生成的控制指令发送给所管辖的车辆。匝道节点层控制系统同时负责采集各个匝道的车辆排队信息,并将匝道排队信息传递给路段层TOC。

[0060] 具体地,入口匝道控制子系统包括入口匝道RSU、上游主线RSU、入口匝道排队检测器和入口匝道节点控制中心,其中主线RSU负责采集入口匝道主线上游车辆的速度和位置信息并传递给入口匝道节点控制中心;入口匝道RSU负责采集匝道上车辆的速度和位置信息并传递给入口匝道节点控制中心;排队检测器一般为摄像头或检测线圈,负责采集入口匝道上车辆的排队长度并传递给入口匝道节点控制中心;入口匝道节点控制中心负责根据获取的信息制定车辆驾驶策略并生成车辆控制指令,分别通过主线RSU和入口匝道RSU传递给主线车辆和匝道车辆。

[0061] 其中,入口匝道RSU布设在匝道主线入口处;上游主线RSU布设在匝道主线入口处上游100米到300米范围内的主线路段上;排队检测器布设于距离入口匝道处位置的2/3匝道长度处,例如,匝道长度300米,排队检测器布设的位置是距离匝道的主线入口处200米。

[0062] 出口匝道控制子系统包括出口匝道RSU、辅路RSU、出口匝道排队检测器、辅路排队

检测器和出口匝道节点控制中心。其中出口匝道RSU负责采集驶离高速公路的车辆速度和位置信息并传递给出口匝道节点控制中心；辅路RSU设备负责采集出口匝道和辅路交汇位置上游的车辆速度和位置信息并传递给出口匝道节点控制中心；出口匝道排队检测器负责采集出口匝道上的车辆排队长度并传递给出口匝道节点控制中心；辅路排队检测器负责采集上游辅路的车辆排队长度并传递给出口匝道节点控制中心。出口匝道节点控制中心负责根据获取的信息制定车辆驾驶策略并生成车辆控制指令，分别通过辅路RSU和出口匝道RSU传递给辅路车辆和出口匝道车辆的车载设备。

[0063] 其中，所述出口RSU设备布设于匝道出口处，所述出口匝道排队检测器布设于距离匝道和辅路交汇处位置2/3的匝道长度处。例如，匝道长度300米，排队检测器布设的位置具体匝道和辅路交汇200米处。辅路RSU布设于匝道和辅路交汇处50米以内。辅路的排队监测器布设位置需根据主线的交通流量和道路特性决定，普通情况下可设置为匝道排队车辆长度的2倍。

[0064] 系统内所涉及的数据流、指令流及数据-指令流传递方法：

[0065] (1) 车辆数据

[0066] 1) 车辆静态数据：车辆ID，车辆类型（包括车辆尺寸数据，车辆最大速度、最大加速度、最大减速度），车载设备类型；

[0067] 2) 车辆动态数据：车辆位置（经纬度），车辆速度，车辆加速度；

[0068] 3) 驾驶员请求数据：进入高速公路请求，离开高速公路请求；

[0069] (2) 交通状态信息数据：路段交通流量、路段平均速度、路段交通密度；

[0070] (3) 控制指令：车辆速度，加速度，诱导路径数据

[0071] (4) 数据-指令流传递方法：

[0072] 1) 车辆将车辆数据发送给RSU单元；

[0073] 2) RSU单元根据车辆数据得到所辖路段的交通状态信息数据并发送给路段层TOC和匝道节点层控制系统；

[0074] 3) 路段层TOC和匝道节点层控制系统根据交通状态信息数据生成控制指令；

[0075] 4) 路段层TOC和匝道节点层控制系统通过RSU单元将控制指令发送给车辆，车辆按照控制指令驾驶。

[0076] 下面结合图3~6对本发明实施例公开的一种车联网环境下的高速公路出入口匝道联合控制方法做详细说明。本发明实施的控制方法主要包括高速公路入口匝道控制方法和高速公路出口匝道控制方法两个方面。其中：

[0077] 入口匝道控制方法，用于入口匝道控制子系统。由TOC根据从路段层面采集的交通信息数据计算入口匝道节点在控制周期内允许放行的车辆数，再由入口匝道节点根据主线和匝道的交通状况决定车辆汇入流程，具体步骤为：

[0078] 步骤1、路段层TOC根据入口匝道排队信息以及入口匝道上下游路段交通状态信息确定匝道的放行策略（单位控制周期内可放行的车辆数N），并传递给入口匝道节点控制中心（以下简称控制中心），控制中心在每个周期开始将已放行车辆数R清零；

[0079] 步骤2、路段层TOC根据当前周期内入口匝道已放行车辆数R制定对辅路上尚未进入入口匝道的车辆A的诱导信息，若 $R < N$ ，则允许辅路车辆A进入入口匝道，否则，检查入口匝道的车辆排队长度L是否达到最大排队车长度M。若 $L < M$ ，允许车辆A进入匝道。若 $L > M$ ，不

允许车辆A进入匝道,并确定车辆A前方出口匝道位置。路段层TOC将诱导信息传递给控制中心,并由控制中心传递给车辆A;

[0080] 步骤3、计算入口匝道最前方车辆B是否可以在当前周期到达停车线,(基于初始速度,允许的最大加速度,距停车线的距离,当前周期剩余时间等,通过计算进行判断。停车线为事先标定的距离匝道入口位置某距离的一条线,其位置记录在路侧设备中。检测设备一般是卡口摄像机(组)。当车辆通过该线时,摄像机会将通过车辆的速度、时刻、id等信息传送给RSU设备),如果车辆能够在当前周期到达停车线,转步骤4;如果车辆不能在当前周期到达停车线,则按当前速度行驶,下周期重新进行判断;

[0081] 所述步骤3中计算车辆B能否达到停车线的步骤如下:

[0082] (1) 获取此时车辆B的速度 v_0 ;

[0083] (2) 获取此时车辆B距离停车线的距离 d_0 ;

[0084] (3) 根据车辆B的最大加速度 a_{max} 、 v_0 以及 d_0 ,计算到达停车线位置所需的最短时间 t_B 。出于安全考虑,最大加速度设置为 a_{max} 取 $2.5m/s^2$ 。实际工程时,可根据安全要求再设置最大速度 v_{max} 。计算公式如下:

$$[0085] \quad t_B = \frac{\sqrt{v_0^2 + 2a_{max}d_0} - v_0}{a_{max}}$$

[0086] (4) 将最短时间 t_B 和当前周期剩余时间 T_{res} 进行比较,若 $t_B \geq T_{res}$,则说明可以达到停车线;否则不能达到停车线。

[0087] 步骤4、比较匝道车辆B和主线车辆C的行驶优先级,匝道车辆B和主线车辆C的行驶优先级比较方法如下:

[0088] (1) 计算当前周期已放行车辆数R占可放行车辆数N的比例P1;

[0089] (2) 计算当前周期已过时间占当前周期的比例P2;

[0090] (3) 如果 $P1 < P2$,匝道车辆B具有优先权,否则主线车辆C具有优先权;

[0091] 步骤5、控制中心通过匝道RSU和主线RSU根据优先权分别制定匝道车辆B和主线车辆C的驾驶策略。如果匝道车辆B具有优先权,主线车辆C制定减速让行策略;如果主线车辆C具有优先权,匝道车辆B制定基于可接受间隙的汇入策略。车辆按照给定驾驶策略行驶;匝道车辆B汇入主线后,主线车辆C根据和匝道车辆B的间距调整自身的速度,保持和前车距离大于最小间距,主线车辆C后面的车辆按照相同的策略调整,控制中心将已放行车辆数R加1;

[0092] 所述步骤5中匝道车辆B汇入主线后,主线车辆C的按如下步骤行驶:

[0093] (1) 主线车辆C通过车车通信获得前后车的位置和速度;

[0094] (2) 当和前车或后车间距小于安全距离时,车辆根据前后车间距调整车速,在和前车距离大于安全距离时,车辆加速行驶,否则减速行驶;

[0095] (3) 当和前后车间距均小于安全距离时,优先调整和前车的跟车距离,后面的车辆依次类推;

[0096] (4) 前后车的车载设备在加减速过程中计算各自的加减速的时间和加速度,直到两车车速相同,且间距大于安全距离为止;

[0097] 若在匝道车辆B进入主线前,车辆A进入入口匝道,则车辆A与前车B保持大于最小

安全间距的距离行驶或停车等待。

[0098] 另一方面,高速公路出口匝道控制方法,用于出口匝道控制子系统。由路段层TOC根据从路段层面采集的交通信息数据计算出口匝道节点在控制周期内允许放行的车辆数,再由出口匝道节点根据辅路和出口匝道的交通状况决定车辆进入辅路的流程,具体步骤为:

[0099] 步骤1、路段层TOC根据出口匝道排队信息以及出口匝道的邻接辅路的上下游交通状态信息确定出口匝道的放行车辆上限(单位周期内可放行的车辆数量N),并传递给出口匝道节点控制中心(以下简称控制中心),控制中心在每个周期开始将已放行车辆数R清零;

[0100] 步骤2、路段层TOC根据当前周期内出口匝道已放行车辆数R制定对主线上尚未进入出口匝道的车辆A的诱导信息,若 $R < N$,则允许主线车辆A进入出口匝道,否则,检查出口匝道的车辆排队长度L是否达到最大排队车长度M。若 $L < M$,允许车辆A进入匝道,若 $L > M$,不允许车辆A进入匝道,并确定车辆A前方出口匝道位置。路段层TOC将诱导信息传递给控制中心,并由控制中心传递给车辆A;

[0101] 步骤3、计算出口匝道最前方车辆B是否可以在当前周期到达停车线,如果车辆能够在当前周期到达停车线,转步骤4;如果车辆不能在当前周期到达停车线,则按当前速度行驶,下周期重新进行判断;

[0102] 所述步骤3中计算车辆B能否达到停车线的步骤如下:

[0103] (3) 获取此时车辆B的速度 v_0 ;

[0104] (4) 获取此时车辆B距离停车线的距离 d_0 ;

[0105] (3) 根据车辆B的最大加速度 a_{max} 、 v_0 以及 d_0 ,计算到达停车线位置所需的最短时间 t_B 。出于安全考虑,最大加速度设置为 a_{max} 取 $2.5m/s^2$ 。实际工程时,可根据安全要求再设置最大速度 v_{max} 。计算公式如下:

$$[0106] \quad t_B = \frac{\sqrt{v_0^2 + 2a_{max}d_0} - v_0}{a_{max}}$$

[0107] (4) 将最短时间 t_B 和当前周期剩余时间 T_{res} 进行比较,若 $t_B \leq T_{res}$,则说明可以达到停车线;否则不能达到停车线。

[0108] 步骤4、比较匝道车辆B和辅路车辆C的行驶优先级。匝道车辆B和辅路车辆C的行驶优先级比较方法如下:

[0109] (1) 当前周期内若 $R < N$ 且辅路车辆排队没有达到最大排队长度,车辆B的优先级最高;

[0110] (2) 当前周期内若 $R < N$ 但辅路车辆排队达到最大排队长度,采用交替放行策略,即一个控制周期内出口匝道车辆优先,下一个周期内辅路车辆优先;

[0111] (3) 当 $R \geq N$,即当前周期辅路车辆C优先通行。

[0112] 步骤5、控制中心通过匝道RSU和辅路RSU根据优先权分别计算匝道车辆和辅路车辆的驾驶策略。如果出匝道车辆具有优先权,辅路车辆制定减速让行策略;如果辅路车辆具有优先权,出匝道车辆制定基于可接受间隙的汇入策略。车辆按照驾驶策略行驶;匝道车辆B进入辅路后,辅路车辆C根据和车辆B的间距调整自身的速度,保持和前车距离大于最小间距,辅路上的后续车辆按照相同的策略调整;

[0113] 所述步骤5中匝道车辆B汇入辅路后,辅路车辆C的驾驶步骤如下:

[0114] (1) 辅路车辆C通过车车通信获得前后车的位置和速度;

[0115] (2) 当和前车或后车间距小于安全距离时,车辆根据前后车间距调整车速,在和前车距离大于安全距离时,车辆加速行驶,否则减速行驶;

[0116] (3) 当和前后车间距均小于安全距离时,优先调整和前车的跟车距离,后面的车辆依次类推;

[0117] (4) 前后车的车载设备在加减速过程中计算各自的加减速的时间和加速度,直到两车车速相同,且间距大于安全距离为止;

[0118] 若在匝道车辆B进入辅路前,车辆A进入出口匝道,则车辆A与前车B保持大于最小安全间距的距离行驶或停车等待。

[0119] 下面详细介绍上述出/入口匝道控制方法中在控制匝道上最前方车辆汇入的驾驶策略。如下方法为一种理想场景下的实施方法,在具体汇入实施时,方法中所述变量的计算方法可以根据实际情况调整。

[0120] 步骤1、出/入口匝道节点控制中心获取相关车辆当前时刻的信息,相关车辆包括出入口匝道最前方车辆B,以及出入口匝道所连接道路(对于入口匝道为主线、对于出口匝道为辅路)上游最靠近冲突点的车辆C,其中车辆B的速度为 v_0 ,距离停车线的距离为 d_0 ,车辆C的速度为 v_1 ,距离冲突点的距离为 d_1 ;

[0121] 步骤2、若车辆B无法在当前周期到达停车线,即到达停车线的最短时间 t_B 大于当前周期的剩余时间 T_{res} ,则车辆B、C均按照当前速度继续行驶,到下一控制周期开始时重新判断;

[0122] 步骤3、若车辆B可以在当前周期到达停车线,即到达停车线的最短时间 t_B 不大于当前周期的剩余时间 T_{res} ,计算车辆B减速至停车线停止所需的时间 t'_B ,计算公式如下:

$$[0123] \quad t'_B = 2d/v_0$$

[0124] 比较 t'_B 与 T_{res} 的大小,若 $t'_B \leq T_{res}$,则车辆B到达停车线的时间范围为 t_B 到 t'_B ,若 $t'_B > T_{res}$,则车辆B到达停车线的时间范围为 t_B 到 T_{res} ,即时间范围可以表达为 $[t_B, t''_B]$, $t''_B = \min(t'_B, T_{res})$;

[0125] 步骤3-1、若车辆B具有优先权,制定匝道车辆B到达停车线的时间为可达到时间范围 $[t_B, t''_B]$ 的中点,即到达时间为:

$$[0126] \quad \tilde{t}_B = \frac{t''_B + t_B}{2}$$

[0127] 车辆B以匀变速行驶,加速度计算如下:

$$[0128] \quad \tilde{a}_B = \frac{2d_0 - 2v_0\tilde{t}_B}{\tilde{t}_B^2}$$

[0129] 计算车辆C以当前速度到达冲突点的时间:

$$[0130] \quad t_c = \frac{d_1}{v_1}$$

[0131] 设定 t_0 为最小安全车头时距,若 $t_c \leq \tilde{t}_B - t_0$,则车辆C按当前速度行驶,若

$t_c > \tilde{t}_B - t_0$, 则设定车辆C到达冲突点的时间为 $\tilde{t}_c = \tilde{t}_B - t_0$, 车辆C匀减速行驶, 加速度计算如下:

$$[0132] \quad \tilde{a}_c = \frac{2d_1 - 2v_1\tilde{t}_c}{\tilde{t}_c^2}$$

[0133] 步骤3-2、若车辆C具有优先权, 匝道连接道路上车辆按照当前速度行驶, 获取车辆C此时的速度 v_1 和距离冲突点的距离 d_1 , 获取车辆C后车车辆D此时的速度 v_2 和距离冲突点的距离 d_2 , 则车辆C和车辆D到达冲突点的时间分别为:

$$[0134] \quad t_c = d_1/v_1, t_D = d_2/v_2$$

[0135] 设定 t_0 为最小安全车头时距, 判断车辆B到达停车线的时间范围内 $[t_B, t''_B]$ 是否存在时间点 \tilde{t}_B 满足 $[\tilde{t}_B - t_0, \tilde{t}_B + t_0]$ 属于 $[0, t_c]$, 若满足则设定 \tilde{t}_B 为车辆B到达停车线的时间, 车辆B以匀变速行驶, 加速度计算如下:

$$[0136] \quad \tilde{a}_B = \frac{2d_0 - 2v_0\tilde{t}_B}{\tilde{t}_B^2}$$

[0137] 若不存在满足条件的 \tilde{t}_B , 则继续以该方法依次向后搜寻连接道路上的间隔, 如第2个间隔为 $[t_c, t_D]$, 判断是否有满足条件的 \tilde{t}_B , 若存在则以 \tilde{t}_B 到达停车线的时间制定驾驶策略;

[0138] 对于搜寻到的第 n 个间隔 $[t_n, t_{n+1}]$, 若 $t''_B < t_n$, 则匝道车辆B无法找到合适的间隔, 以匀减速行驶至停车线停车等待, 加速度计算如下:

$$[0139] \quad \tilde{a}_B = \frac{v_0^2}{2d}$$

[0140] 在任意时刻, 车辆的速度值均按公式 v_0+at 计算, 加速度值按上述方法求解。

[0141] 以上所述仅是本发明的优选实施方式, 应当指出: 对于本技术领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明原理的前提下, 还可以做出若干可以预期的改进和润饰, 这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

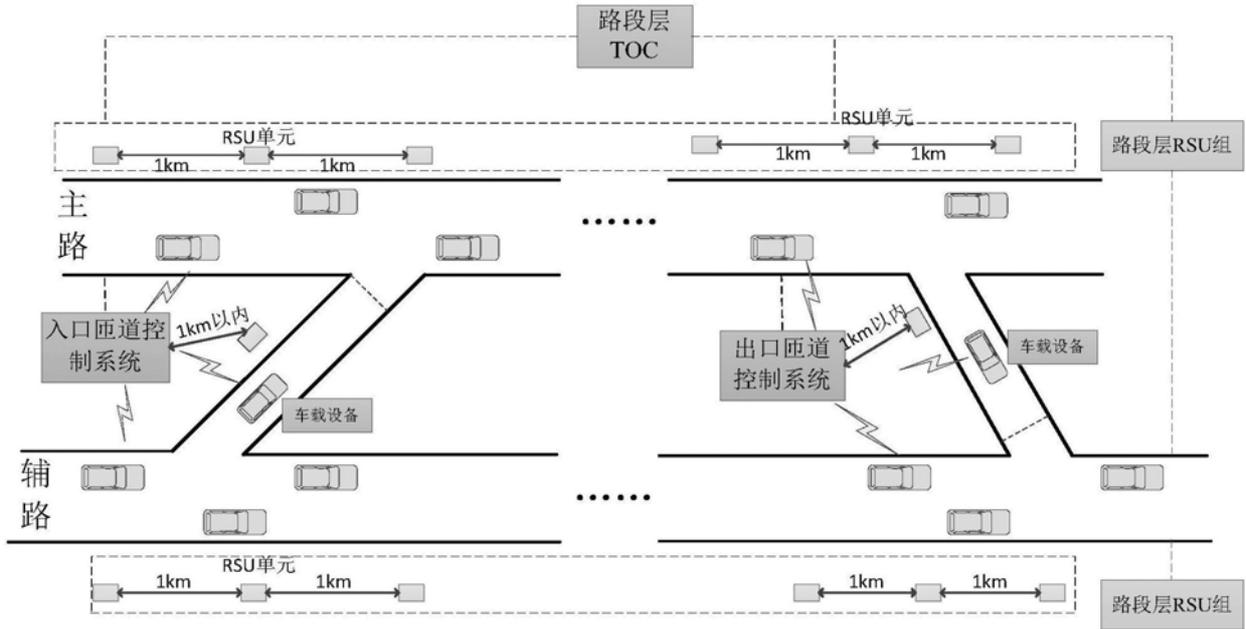


图1

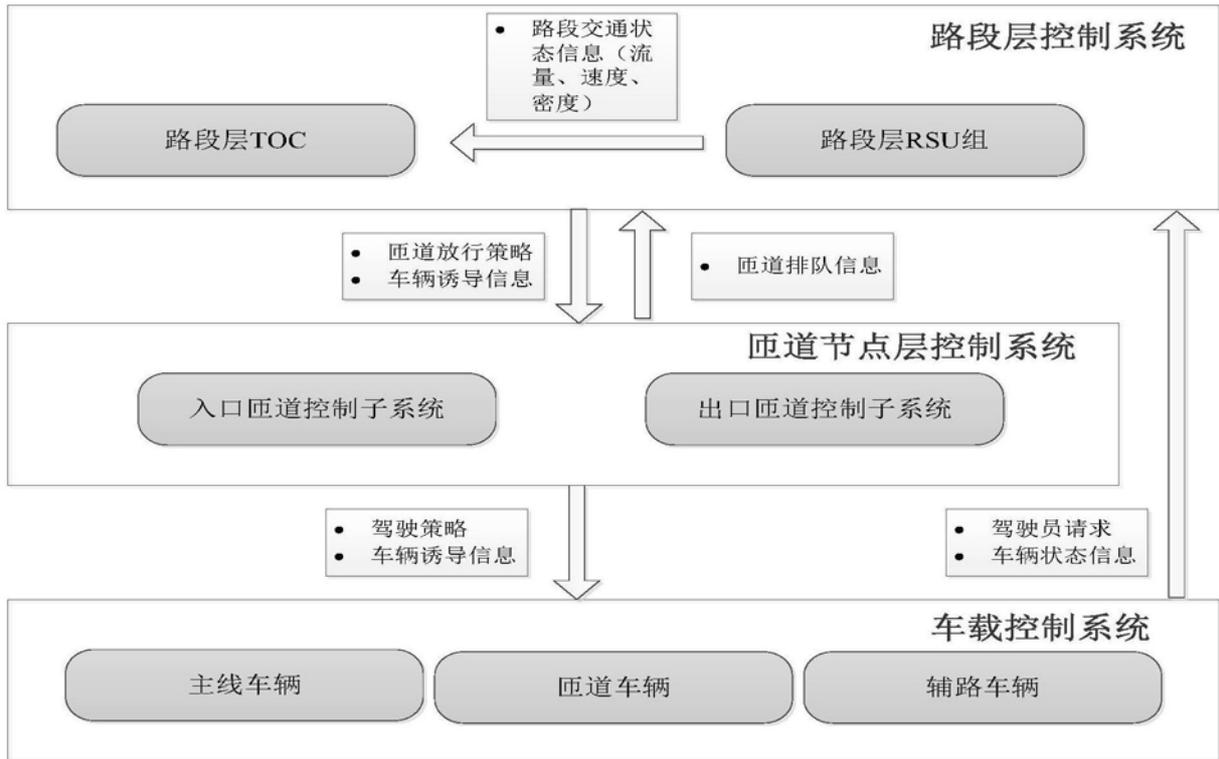


图2

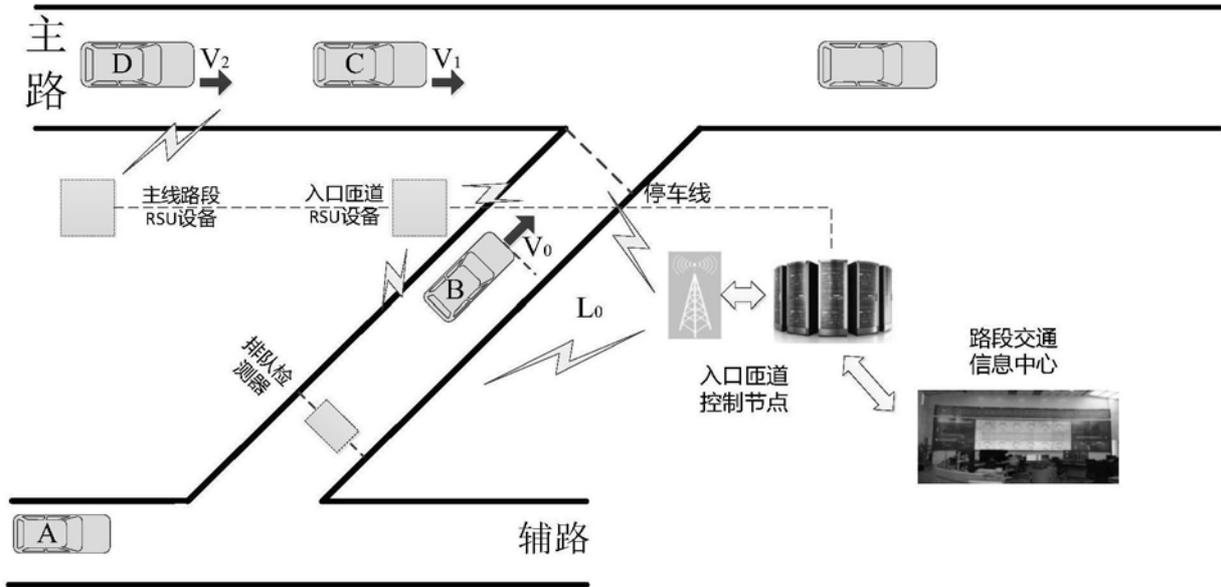


图3

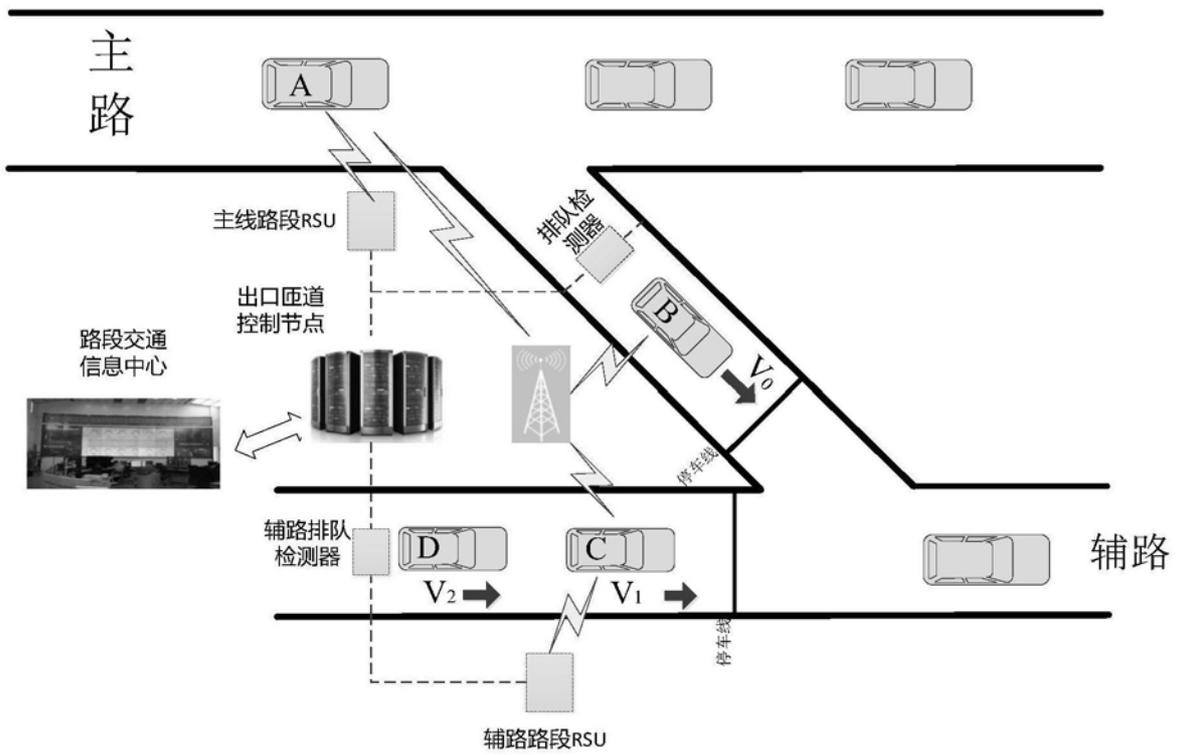


图4

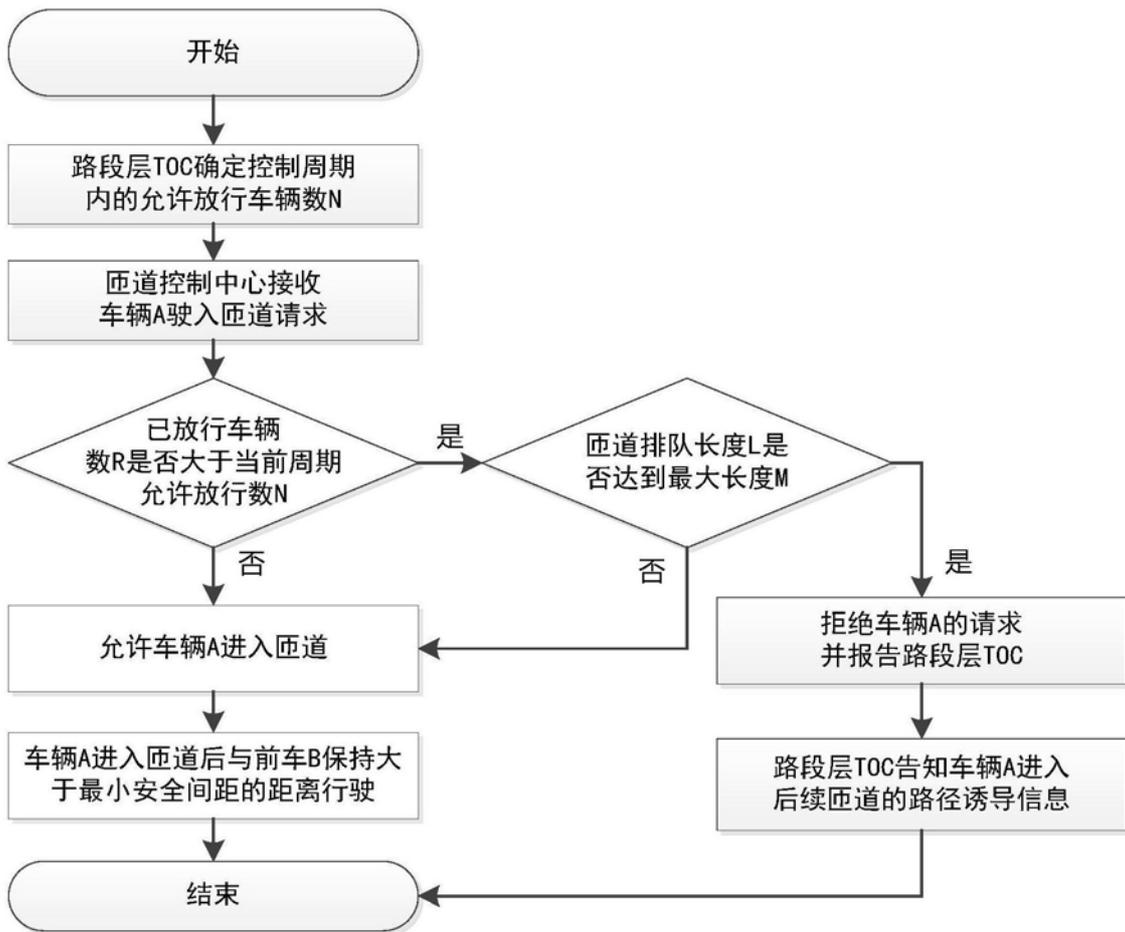


图5

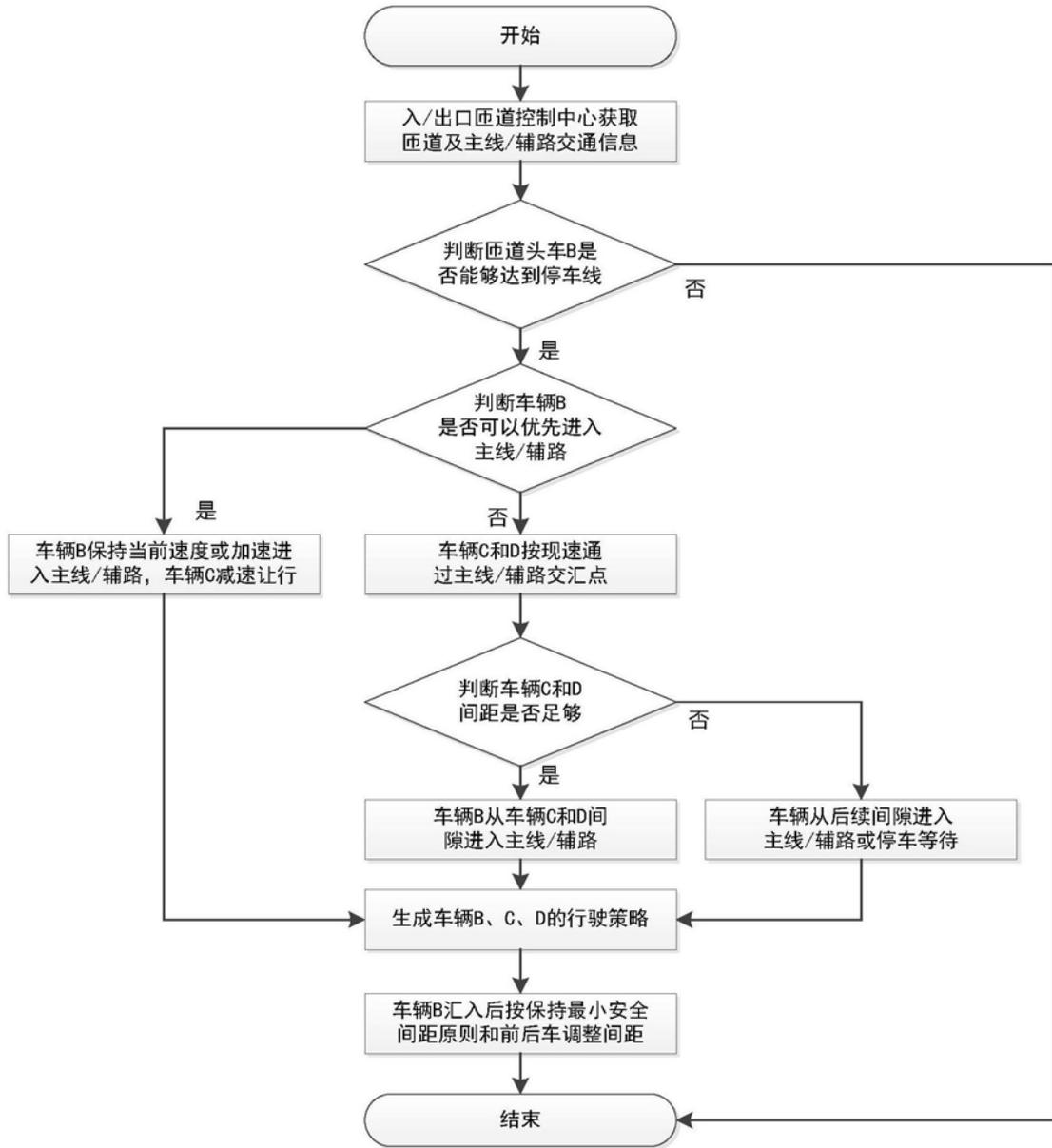


图6