



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108806291 A

(43)申请公布日 2018. 11. 13

(21)申请号 201810840850.0

(22)申请日 2018.07.27

(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 李昌泽

(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 1/09(2006.01)

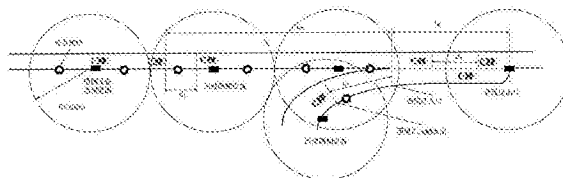
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

## (54)发明名称

基于路侧设备的高饱和度匝道车辆汇入引导方法与系统

## (57)摘要

本发明公开了一种基于路侧设备的高饱和度匝道车辆汇入引导方法与系统,该方法通过路侧设备实时采集快速路主线车流及匝道车流的实时行驶速度与实时位置并反馈给监控中心;当有车辆进入匝道合流触发点时,监控中心对信息进行处理,根据汇入系数选取主线合流间隔,并计算满足合流成功条件所需的主线车辆减速度,匝道车辆加速度与加速时间;根据计算结果发送指令引导匝道车辆汇入主线。本发明在主线车流密度过大时主动制造合流间隔,为主线 and 匝道驾驶员提供了汇入的具体时刻以及汇入时应达到的车速,从而快速且高效地实现了汇入引导;并可实时调整匝道汇入触发点的位置,保证不同情况下匝道车辆的成功汇入,提高了安全性和可靠性。



1. 一种基于路侧设备的高饱和度匝道车辆汇入引导方法,其特征在于:通过路侧设备实时采集快速路主线车流的实时行驶速度与实时位置及匝道车流的实时行驶速度与实时位置并反馈给监控中心;当有车辆进入匝道合流触发点时,监控中心对信息进行处理,选取主线车辆间隔的汇入系数最小的主线车辆间隔为主线合流间隔,并计算满足合流成功条件所需的主线车辆减速度,匝道车辆加速度与加速时间;根据计算结果发送指令引导主线合流间隔前车匀速行驶、后车减速行驶、匝道车辆加速行驶实现匝道车辆汇入主线;所述主线车辆间隔的汇入系数为  $\gamma_i = \left| \frac{d_i \cdot \bar{d}_{MRI}}{\bar{d} \cdot \bar{d}_{MRI}} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{d_i \cdot \bar{d}_{MRI}}{\bar{d} \cdot \bar{d}_{MRI}} \right|$ ,其中: $d_i$ 为第*i*个主线车辆间隔, $\bar{d}_{MRI}$ 为第*i*个主线车辆间隔与匝道车辆的距离, $\bar{d}$ 为主线车辆间隔的平均值, $\bar{d}_{MRI}$ 为主线车辆间隔与匝道车辆的距离的平均值; $n$ 为系统监测并计算汇入系数的主线车辆间隔的数目;所述合流成功条件为匝道车辆与主线合流间隔位置同时抵达合流区内某一位置,且匝道车辆速

度与主线合流间隔速度相等: 
$$\begin{cases} V_M = \frac{2V_0 - a_M t}{2} \\ V_M = V_R - a_R \cdot t \\ d_2 - d_1 = \frac{1}{2} \cdot a_M t^2 \\ -L_R = \frac{1}{2}(d_2 - d_1) - \frac{1}{2} a_M t^2 - \left( V_R \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_R t^2 \right) \end{cases}, \text{其中: } V_0 \text{ 为测}$$

量得到的主线合流间隔前端车辆的速度, $a_M$ 为主线合流间隔后端车辆的减速度, $a_R$ 为匝道车辆加速度, $V_M$ 为匝道车辆汇入时主线合流间隔的速度, $V_R$ 为测量得到的匝道车辆实时速度, $d_1$ 为测量得到的后端车辆减速前的主线合流间隔, $d_2$ 为匝道车辆进行合流时的主线合流间隔, $L_R$ 为合流触发点与合流区入口之间的距离;根据所述条件,计算得到的主线车辆减速

度,匝道车辆加速度与加速时间为: 
$$\begin{cases} a_M = \frac{(d_2 - d_1)(3V_R - V_0)^2}{2(L_R + d_1 - d_2)^2} \\ a_R = \frac{(V_R - V_0)(3V_R - V_0)}{2(L_R + d_1 - d_2)} + \frac{(d_2 - d_1)(3V_R - V_0)^2}{4(L_R + d_1 - d_2)^2} \\ t = \frac{2(L_R + d_1 - d_2)}{3V_R - V_0} \end{cases}$$

2. 根据权利要求1所述的一种基于路侧设备的高饱和度匝道车辆汇入引导方法,其特征在于:所述合流触发点根据实际情况下一段时间内的主线车辆与匝道车辆的平均速度差进行调整:  $L_R = \frac{\bar{V}_{main}^2 - \bar{V}_{ramp}^2}{2a_{max}} - L_B$ ,其中: $L_R$ 为合流触发点与合流区入口之间的距离, $L_R$ 为合流区的长度, $\bar{V}_{main}$ 为截止到目前时间点主线车辆速度的平均值, $\bar{V}_{ramp}$ 为截止到目前时间点匝道车辆速度的平均值, $a_{max}$ 为车辆的最大安全加速度。

3. 实现根据权利要求1或2所述的一种基于路侧设备的高饱和度匝道车辆汇入引导方法的一种基于路侧设备的高饱和度匝道车辆汇入引导系统,其特征在于:包括路侧设备和监控中心,所述路侧设备按一定距离安装在快速路沿线,该距离为一预设值;所述路侧设备分为安装在匝道沿线的匝道路侧设备和安装在快速路沿线的沿线路侧设备,分别用于获取匝道车流及主线车流的实时行驶速度与实时位置,以及向匝道车辆及主线车辆展示命令;所述监控中心与路侧设备通信,用于进行匝道车流汇入主线的相关参数计算与决策并存储车流汇入任务的相关信息,包括车辆实时运行速度,车辆实时位置,汇合成功与否以及汇合时间。

4. 根据权利要求3所述的一种基于路侧设备的高饱和度匝道车辆汇入引导系统,其特

征在于:所述匝道路侧设备包含:主线车流监测模块,用于获取主线车流的实时行驶速度与实时位置;匝道车辆监测模块,用于获取匝道车流的实时行驶速度与实时位置;无线通信模块,用于与监控中心之间的通信;以及公示模块,用于向匝道车辆展示命令。

5. 根据权利要求3所述的一种基于路侧设备的高饱和度匝道车辆汇入引导系统,其特征在于:所述沿线路侧设备包含:主线车流监测模块,用于获取主线车流的实时行驶速度与实时位置;无线通信模块,用于与监控中心之间的通信;以及公示模块,用于向主线车辆展示命令。

6. 根据权利要求3所述的一种基于路侧设备的高饱和度匝道车辆汇入引导系统,其特征在于:所述监控中心包含:

中央决策模块,用于进行匝道车流汇入主线的相关参数计算与决策;具体方法为:当有车辆进入匝道合流触发点时,监控中心对信息进行处理,选取主线车辆间隔的汇入系数最小的主线车辆间隔为主线合流间隔,并计算满足合流成功条件所需的主线车辆减速度,匝道车辆加速度与加速时间;根据计算结果发送指令引导匝道车辆汇入主线;

存储模块,用于存储车流汇入任务的相关信息,包括车辆实时运行速度,车辆实时位置,汇合成功与否以及汇合时间;

以及无线通信模块,用于与路侧设备之间的通信。

7. 根据权利要求3所述的一种基于路侧设备的高饱和度匝道车辆汇入引导系统,其特征在于:所述汇入引导系统的汇入引导方法包括以下步骤:

(1) 匝道路侧设备实时监测匝道的车辆行驶状况,当有车辆进入匝道合流触发点时,匝道路侧设备与监控中心之间进行信息交互;

(2) 匝道路侧设备采集匝道车辆运行信息,包括匝道车辆实时速度与实时位置坐标,并将其返回给监控中心;同时,匝道路侧设备与沿线路侧设备采集主线车流运行信息,包括主线车流实时速度及各车实时位置坐标,并将其返回给监控中心;

(3) 监控中心对步骤(2)中收到的数据进行处理,具体处理过程是:对主线车队进行编号,并利用各车实时位置坐标计算实时车辆间隔;依次计算主线车辆间隔的汇入系数,取汇入系数最小的主线车辆间隔为主线合流间隔;

(4) 根据步骤(3)中得到的数据,监控中心计算合流成功所需的主线车辆加速度,匝道车辆加速度与加速时间;

(5) 根据步骤(4)中计算得出的结果,监控中心向主线合流间隔前后两端的车辆所在监测区域的路侧设备发送一组指令,路侧设备将该指令向主线合流间隔前后两端的车辆进行公示;对前车的指令包括保持匀速行驶,预计合流时间和预计合流地点,对后车的指令包括减速度大小,预计合流时间和预计合流地点;同时,监控中心向匝道路侧设备发送一组指令,匝道路侧设备将该指令向匝道车辆进行公示;指令包含匝道车辆应采取的加速度大小,加速时间以及合流点与当前位置的距离;

(6) 根据步骤(5)中的得到的指令,主线合流间隔前端车辆保持当前速度行驶,后端车辆进行减速,从而增加两车间的间隔,使得匝道车辆能够成功汇入主线车流;当匝道车辆进入主线合流间隔后,匝道路侧设备和沿线路侧设备保持对它们的监测,直至三者驶出监测范围。

## 基于路侧设备的高饱和度匝道车辆汇入引导方法与系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于智能交通安全控制领域,具体涉及快速路匝道车辆汇入引导方法与系统。

### 背景技术

[0002] 随着物质水平的提高与人们需求的发展,城市交通变得愈发便利,这其中很大一部分归因于小汽车数量的急剧增长。但同时也带来了严重的交通拥堵和冲突现象。在交通压力较大的早晚高峰,快速路合流区的拥堵现象尤其严重。合流区的拥堵不仅导致快速路主线交通流失效,而且会产生过饱和交通流,进一步影响地面交通系统的整体运行。由此可见,对匝道合流区进行合适的控制以预防拥堵的发生或加快拥堵的消散速度是实现快速路乃至地面路网高效运行的关键。

[0003] 匝道控制是目前在治理快速路拥堵中应用最广泛的一种动态控制方式,该方式通过调节从匝道进入快速路主线的车辆流率来应对可能发生的拥堵问题。但受限于现有技术手段和硬件条件的限制,上述控制方式难以获得实际的交通状况。并且,匝道合流区发生拥堵问题的原因并不仅仅在于交通需求超过了通行能力,更受到匝道车流变道行为与主线车流运行状态间的不协调的影响,加深了通行能力与交通需求间的不匹配程度。因此,单纯地通过调节从匝道进入快速路合流区的交通总量和时空分布已不能适应实际情况中的交通需求。为此,有必要从微观角度入手,通过合适的技术手段对有合流需求的车辆进行细致的引导与控制,从而实现对交通流及状态的变化响应。随着传感器技术的革新以及无线通信技术的普及,通过建立信息交互网络来实现交通控制的技术日趋成熟,借助该种技术实现对匝道的微观而动态的控制已成为可能。

[0004] 现有的针对快速路入口匝道的控制方法普遍以停车控制为前提,并且所适用的情景多为饱和度较低快速路,即默认在当前饱和度情况下,主线交通流中存在可以用于合流的间隔。这些方法并未考虑到在快速路饱和度较大的情况下,车辆之间的间隔维持在一个较小的距离,主线交通流中可能不存在现成的合流间隔。而这种高饱和度的道路情况恰恰最易收到匝道车辆强行汇入的影响并形成严重的交通冲突和拥堵。

### 发明内容

[0005] 发明目的:针对现有技术的不足,本发明的目的在于提供灵活可靠的,可通过主动制造合流间隔来提高快速路合流区汇入效率的一种基于路侧设备的高饱和度快速路匝道车辆汇入引导方法及系统。

[0006] 技术方案:为实现上述发明目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 一种基于路侧设备的高饱和度匝道车辆汇入引导方法,该方法通过路侧设备实时采集快速路主线车流的实时行驶速度与实时位置及匝道车流的实时行驶速度与实时位置并反馈给监控中心;当有车辆进入匝道合流触发点时,监控中心对信息进行处理,选取主线车辆间隔的汇入系数最小的主线车辆间隔为主线合流间隔,并计算满足合流成功条件所需

的主线车辆减速度,匝道车辆加速度与加速时间;根据计算结果发送指令引导主线合流间隔前车匀速行驶、后车减速行驶、匝道车辆加速行驶实现匝道车辆汇入主线;所述主线车辆间隔的汇入系数为 $\gamma_i = \left| \frac{d_i \cdot \bar{d}_{MRI}}{\bar{d} \cdot \bar{d}_{MRI}} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{d_i \cdot \bar{d}_{MRI}}{\bar{d} \cdot \bar{d}_{MRI}} \right|$ ,其中: $d_i$ 为第*i*个主线车辆间隔, $\bar{d}_{MRI}$ 为第*i*个主线车辆间隔与匝道车辆的距离, $\bar{d}$ 为主线车辆间隔的平均值, $\bar{d}_{MRI}$ 为主线车辆间隔与匝道车辆的距离的平均值; $n$ 为系统监测并计算汇入系数的主线车流间隔的数目;所述合流成功条件为匝道车辆与主线合流间隔位置同时抵达合流区内某一位置,且匝道车辆速度与主

$$\text{线合流间隔速度相等:} \begin{cases} V_M = \frac{2V_0 - a_M t}{2} \\ V_M = V_R - a_R \cdot t \\ d_2 - d_1 = \frac{1}{2} \cdot a_M t^2 \\ -L_R = \frac{1}{2} (d_2 - d_1) - \frac{1}{2} a_M t^2 - \left( V_R \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_R t^2 \right) \end{cases}, \text{其中: } V_0 \text{ 为测量得}$$

到的主线合流间隔前端车辆的速度, $a_M$ 为主线合流间隔后端车辆的减速度, $a_R$ 为匝道车辆加速度, $V_M$ 为匝道车辆汇入时主线合流间隔的速度, $V_R$ 为测量得到的匝道车辆实时速度, $d_1$ 为测量得到的后端车辆减速前的主线合流间隔, $d_2$ 为匝道车辆进行合流时的主线合流间隔, $L_R$ 为合流触发点与合流区入口之间的距离;根据所述条件,计算得到的主线车辆减速度,匝道车辆加速度与加速时间为:

$$[0008] \begin{cases} a_M = \frac{(d_2 - d_1)(3V_R - V_0)^2}{2(L_R + d_1 - d_2)^2} \\ a_R = \frac{(V_R - V_0)(3V_R - V_0)}{2(L_R + d_1 - d_2)} + \frac{(d_2 - d_1)(3V_R - V_0)^2}{4(L_R + d_1 - d_2)^2} \\ t = \frac{2(L_R + d_1 - d_2)}{3V_R - V_0} \end{cases}$$

[0009] 进一步地,所述合流触发点根据实际情况下一段时间内的主线车辆与匝道车辆的平均速度差进行调整: $L_R = \frac{\bar{V}_{main}^2 - \bar{V}_{ramp}^2}{2a_{max}} - L_B$ ,其中: $L_R$ 为合流触发点与合流区入口之间的距离, $L_B$ 为合流区的长度, $\bar{V}_{main}$ 为截止到目前时间点主线车辆速度的平均值, $\bar{V}_{ramp}$ 为截止到目前时间点匝道车辆速度的平均值, $a_{max}$ 为车辆的最大安全加速度;

[0010] 一种基于路侧设备的高饱和度匝道车辆汇入引导系统,包括路侧设备和监控中心,所述路侧设备按一定距离安装在快速路沿线,该距离为一预设值;所述路侧设备分为安装在匝道沿线的匝道路侧设备和安装在快速路沿线的沿线路侧设备,分别用于获取匝道车流及主线车流的实时行驶速度与实时位置,以及向匝道车辆及主线车辆展示命令;所述监控中心与路侧设备通信,用于进行匝道车流汇入主线的相关参数计算与决策并存储车流汇入任务的相关信息,包括车辆实时运行速度,车辆实时位置,汇合成功与否以及汇合时间。

[0011] 进一步地,所述匝道路侧设备包含:主线车流监测模块,用于获取主线车流的实时行驶速度与实时位置;匝道车辆监测模块,用于获取匝道车流的实时行驶速度与实时位置;无线通信模块,用于与监控中心之间的通信;以及公示模块,用于向匝道车辆展示命令。

[0012] 进一步地,所述沿线路侧设备包含:主线车流监测模块,用于获取主线车流的实时行驶速度与实时位置;无线通信模块,用于与监控中心之间的通信;以及公示模块,用于向主线车辆展示命令。

[0013] 进一步地,所述监控中心包含:

[0014] 中央决策模块,用于进行匝道车流汇入主线的相关参数计算与决策;具体方法为:当有车辆进入匝道合流触发点时,监控中心对信息进行处理,选取主线车辆间隔的汇入系数最小的主线车辆间隔为主线合流间隔,并计算满足合流成功条件所需的主线车辆减速度,匝道车辆加速度与加速时间;根据计算结果发送指令引导匝道车辆汇入主线;

[0015] 存储模块,用于存储车流汇入任务的相关信息,包括车辆实时运行速度,车辆实时位置,汇合成功与否以及汇合时间;

[0016] 以及无线通信模块,用于与路侧设备之间的通信。

[0017] 所述基于路侧设备的高饱和度匝道车辆汇入引导系统的汇入引导方法包括以下步骤:

[0018] (1) 匝道路侧设备实时监测匝道的车辆行驶状况,当有车辆进入匝道合流触发点时,匝道路侧设备与监控中心之间进行信息交互;

[0019] (2) 匝道路侧设备采集匝道车辆运行信息,包括匝道车辆实时速度与实时位置坐标,并将其返回给监控中心;同时,匝道路侧设备与沿线路侧设备采集主线车流运行信息,包括主线车流实时速度及各车实时位置坐标,并将其返回给监控中心;

[0020] (3) 监控中心对步骤(2)中收到的数据进行处理,具体处理过程是:对主线车队进行编号,并利用各车实时位置坐标计算实时车辆间隔;依次计算主线车辆间隔的汇入系数,取汇入系数最小的主线车辆间隔为主线合流间隔;

[0021] (4) 根据步骤(3)中得到的数据,监控中心计算合流成功所需的主线车辆加速度,匝道车辆加速度与加速时间;

[0022] (5) 根据步骤(4)中计算得出的结果,监控中心向主线合流间隔前后两端的车辆所在监测区域的路侧设备发送一组指令,路侧设备将该指令向主线合流间隔前后两端的车辆进行公示;对前车的指令包括保持匀速行驶,预计合流时间和预计合流地点,对后车的指令包括减速度大小,预计合流时间和预计合流地点;同时,监控中心向匝道路侧设备发送一组指令,匝道路侧设备将该指令向匝道车辆进行公示;指令包含匝道车辆应采取的加速度大小,加速时间以及合流点与当前位置的距离;

[0023] (6) 根据步骤(5)中的得到的指令,主线合流间隔前端车辆保持当前速度行驶,后端车辆进行减速,从而增加两车间的间隔,使得匝道车辆能够成功汇入主线车流;当匝道车辆进入主线合流间隔后,匝道路侧设备和沿线路侧设备保持对它们的监测,直至三者驶出监测范围。

[0024] 有益效果:与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0025] (1) 本发明在车辆进入合流区之前便可进行对车辆运动信息的采集,只需安装简单的路侧设备,无需被采集车辆主动提供信息,提高了方法的可靠性与覆盖性。

[0026] (2) 本发明借由路侧设备实现对主线车流以及匝道车辆的监测与数据采集,根据采集得到的实时数据,当主线车流密度过大以至于不存在可利用的合流间隔时,通过适当降低后端车辆速度主动制造合流间隔,并为分别为主线和匝道驾驶员提供了汇入的具体时刻以及汇入时应达到的车速,从而快速且高效地实现了对匝道车辆汇入主线车流的引导。

[0027] (3) 本发明通过对工作时间内收集到的主线车辆速度和匝道车辆速度进行记录,可以实时调整匝道汇入触发点的位置,从而保证了不同情况下仍能实现匝道车辆的成功汇

入,提高了安全性和可靠性。

[0028] (4) 本发明可以实现多任务的工作模式,即同时为多辆匝道车辆提供汇入主线车流的引导,从而充分挖掘并利用了主线车流中存在的间隙,提高了合流的效率,促进了合流区交通的有序进行。

[0029] (5) 本发明可以与城市交通职能部门实现无缝的对接,本发明中的监控中心通过接受、处理并存储来自路侧设备的数据,使得管理部门可以实时获取匝道处合流的具体信息,为交通政策的制定提供了可靠的参考,从而实现了监测、控制、反馈及改进于一体。

[0030] (6) 本发明可以实现匝道车辆不停车汇入主线,保证了车辆从匝道汇入主线时无需重新起步,在减轻油耗与排放的同时,减少了溜坡与冒险性换道行为的发生,从而提高了匝道的通行能力与合流的安全性。

## 附图说明

[0031] 图1为本发明实施例的场景示意图。

[0032] 图2为本发明实施例的系统结构示意图。

[0033] 图3为本发明实施例的方法流程图。

## 具体实施方式

[0034] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步的说明。

[0035] 如图1所示,本发明实施例公开的一种基于路侧设备的高饱和度快速路匝道车辆汇入引导方法,该方法通过路侧设备实时采集快速路主线车流的实时行驶速度与实时位置及匝道车流的实时行驶速度与实时位置并反馈给监控中心;当有车辆进入匝道合流触发点时,监控中心对信息进行处理,选取主线车辆间隔的汇入系数最小的主线车辆间隔为主线合流间隔,并计算满足合流成功条件所需的主线车辆减速度,匝道车辆加速度与加速时间;根据计算结果发送指令引导主线合流间隔前车匀速行驶、后车减速行驶、匝道车辆加速行驶实现匝道车辆汇入主线。

[0036] 方法中对主线车辆间隔的汇入系数进行计算的公式如下:  $\gamma_i = \left| \frac{d_i d_{MRi}}{\bar{d} \cdot \bar{d}_{MRi}} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{d_i d_{MRi}}{\bar{d} \cdot \bar{d}_{MRi}} \right|$ ,其中:

$d_i$ 为第*i*个主线车辆间隔, $d_{MRi}$ 为第*i*个主线车辆间隔与匝道车辆的距离, $\bar{d}$ 为主线车辆间隔的平均值, $\bar{d}_{MRi}$ 为主线车辆间隔与匝道车辆的距离的平均值; $n$ 为系统监测并计算汇入系数的主线车流辆间隔的数目;

[0037] 匝道车流能否成功汇入主线的条件如下:匝道车辆与主线合流间隔位置同时抵达合流区内某一位置,且匝道车辆速度与主线合流间隔速度相等,即:

$$\begin{cases} V_M = \frac{2V_0 - a_M t}{2} \\ V_M = V_R - a_R \cdot t \\ d_2 - d_1 = \frac{1}{2} \cdot a_M t^2 \\ -L_R = \frac{1}{2} (d_2 - d_1) - \frac{1}{2} a_M t^2 - \left( V_R \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a_R t^2 \right) \end{cases}, \text{其中: } V_0 \text{ 为测量得到的主线合流间隔前段}$$

车辆的速度, $a_M$ 为主线合流间隔后端车辆的减速度(取正值), $a_R$ 为匝道车辆加速度, $V_M$ 为匝

道车辆汇入时主线合流间隔的速度,  $V_R$  为测量得到的匝道车辆实时速度,  $d_1$  为测量得到的后端车辆减速前的主线合流间隔,  $d_2$  为匝道车辆进行合流时的主线合流间隔, 为定值,  $L_M$  为主线合流间隔后端车辆到合流区入口之间的距离, 通过前后车辆实时位置坐标进行计算,  $L_R$  为合流触发点与合流区入口之间的距离, 根据以上约束条件, 监控中心计算主线车辆加速

度, 匝道车辆加速度与加速时间, 如下: 
$$\begin{cases} a_M = \frac{(d_2 - d_1)(3V_R - V_0)^2}{2(L_R + d_1 - d_2)^2} \\ a_R = \frac{(V_R - V_0)(3V_R - V_0)}{2(L_R + d_1 - d_2)} + \frac{(d_2 - d_1)(3V_R - V_0)^2}{4(L_R + d_1 - d_2)^2} \\ t = \frac{2(L_R + d_1 - d_2)}{3V_R - V_0} \end{cases}$$

[0038] 为了进一步提高车辆汇入成功率, 上述合流触发点根据实际情况下一段时间内的主线车辆与匝道车辆的平均速度差进行调整, 如下:  $L_R = \frac{\bar{V}_{main}^2 - \bar{V}_{ramp}^2}{2a_{max}} - L_B$ , 其中:  $L_R$  为合流触发点与合流区入口之间的距离,  $L_B$  为合流区的长度,  $\bar{V}_{main}$  为截止到目前时间点主线车辆速度的平均值,  $\bar{V}_{ramp}$  为截止到目前时间点匝道车辆速度的平均值,  $a_{max}$  为车辆的最大安全加速度。

[0039] 如图2所示, 本发明实施例公开的一种基于路侧设备的高饱和度快速路匝道车辆汇入引导系统, 包括路侧设备及监控中心; 路侧设备和监控中心之间通过无线网络进行信息传递; 其中路侧设备分为安装在匝道处的匝道路侧设备和安装在快速路沿线的沿线路侧设备。

[0040] 匝道路侧设备由主线车流监测模块、匝道车辆监测模块、公示模块和无线通信模块组成; 主线车流监测模块、匝道车辆监测模块与公示模块均与无线通信模块相连; 公示模块包括显示模块与声音模块; 匝道路侧设备的主线车流监测模块与匝道车流监测模块均包括车辆速度测量模块与车辆位置测量模块; 速度的测量可以使用基于gps的速度测量仪、激光测速仪和雷达测速仪等, 位置的测量可以使用小型的雷达或者是利用红外测距等手段结合设备自身安装位置进行计算。

[0041] 匝道路侧设备的工作方式是: 利用主线车流监测模块和匝道车辆监测模块采集主线车流和匝道车辆的速度与位置信息, 并返回给监控中心; 接收来自监控中心的指令并通过公示模块向车辆进行公示。

[0042] 沿线路侧设备由主线车流监测模块、公示模块和无线通信模块组成; 主线车流监测模块和公示模块与无线通信模块相连; 沿线路侧设备的主线车流监测模块包括车辆速度测量模块与车辆位置测量模块。

[0043] 沿线路侧设备的工作方式是: 利用主线车流监测模块采集主线车流的速度与位置信息, 并返回给监控中心; 接收来自监控中心的指令并通过公示模块向车辆进行公示。

[0044] 监控中心由无线通信模块、存储模块以及中央决策模块组成; 存储模块以及中央决策模块均与无线通信模块相连接。

[0045] 监控中心的工作方式是: 接受来自匝道路侧设备和沿线路侧设备的数据, 中央决策模块对数据进行处理, 将处理结果返回给对应的匝道路侧设备和沿线路侧设备。

[0046] 如图3所示, 上述基于路侧设备的快速路匝道自动驾驶车辆汇入引导系统的汇入引导方法, 包括以下步骤:



[0047] 步骤一:匝道路侧设备实时监测匝道的车辆行驶状况,当有车辆进入匝道合流触发点时,匝道路侧设备与监控中心之间进行信息交互;

[0048] 步骤二:根据步骤一,匝道路侧设备采集匝道车辆运行信息,包括匝道车辆实时速度与实时位置坐标,并将其返回给监控中心。同时,匝道路侧设备与沿线路侧设备采集主线车流运行信息,包括主线车流实时速度及各车实时位置坐标,并将其返回给监控中心;

[0049] 步骤三:监控中心对步骤二中收到的数据进行处理,具体处理过程是:对主线车队进行编号,并利用各车实时位置坐标计算实时车辆间隔。依次计算主线车辆间隔的汇入系数。取汇入系数最小的主线车辆间隔为主线合流间隔,记两车的平均速度为主线合流间隔速度。为了保证匝道车辆与主线合流间隔一一对应,选定的主线合流间隔应仅与一台匝道车辆匹配;

[0050] 步骤四:根据步骤三中得到的数据,监控中心计算合流成功所需的主线车辆加速度,匝道车辆加速度与加速时间;

[0051] 步骤五:根据步骤四中计算得出的结果,监控中心向主线合流间隔前后两端的车辆所在监测区域的路侧设备发送一组指令,路侧设备将该指令向主线合流间隔前后两端的车辆进行公示。对前车的指令包括保持匀速行驶,预计合流时间和预计合流地点,对后车的指令包括减速度大小,预计合流时间和预计合流地点。主线合流间隔前后两端的车辆按照指令继续行驶。同时,监控中心向匝道路侧设备发送一组指令,匝道路侧设备将该指令向匝道车辆进行公示。指令包含匝道车辆应采取的加速度大小,加速时间以及合流点与当前位置的距离。匝道车辆按照指令继续行驶;

[0052] 步骤六:根据步骤五中的得到的指令,主线合流间隔前端车辆保持当前速度行驶,后端车辆进行减速,从而增加两车间的间隔,使得匝道车辆能够成功汇入主线车流。当匝道车辆进入主线合流间隔后,匝道路侧设备和沿线路侧设备保持对它们的监测,根据实时位置坐标监测匝道车辆与主线合流间隔前后的车辆是否保持相对静止,直至三者驶出监测范围后,确认该次匝道车辆汇入主线引导任务成功,结束本次引导。

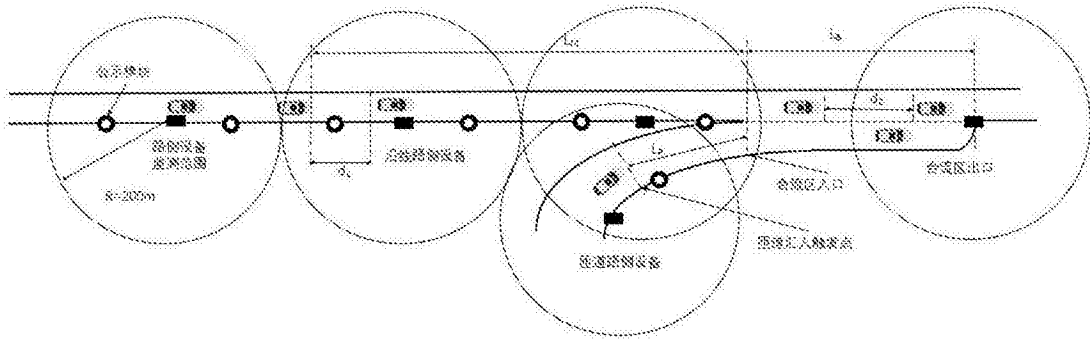


图1

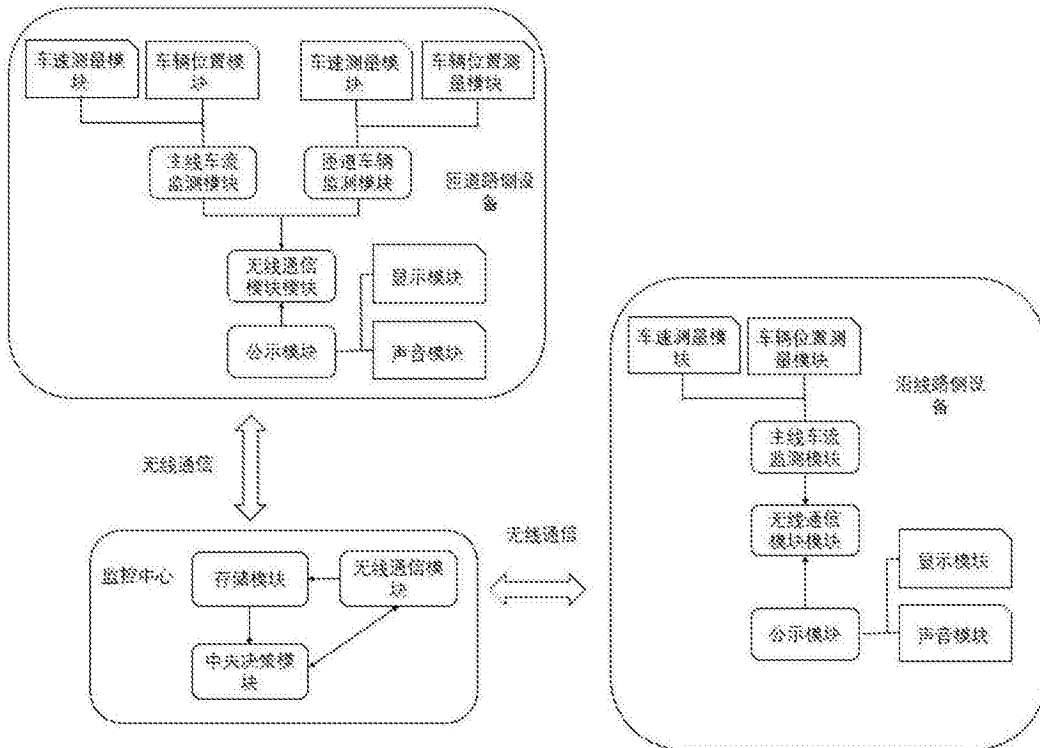


图2



图3