



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105118320 B

(45)授权公告日 2017. 05. 31

(21)申请号 201510629951.X

审查员 周瑜

(22)申请日 2015.09.29

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105118320 A

(43)申请公布日 2015.12.02

(73)专利权人 北方工业大学

地址 100144 北京市石景山区晋元庄路5号

(72)发明人 王庞伟 王力 赵贺锋 何忠贺

郭伟伟 姜传

(74)专利代理机构 江苏楼沈律师事务所 32254

代理人 马勇

(51) Int. Cl.

G08G 1/0962(2006.01)

G08G 1/0965(2006.01)

G08G 1/16(2006.01)

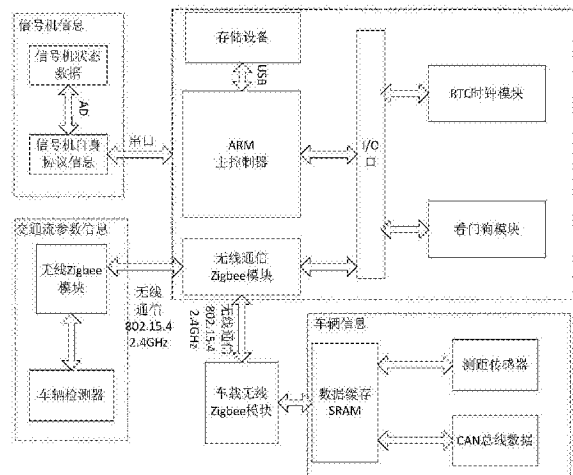
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

一种基于车路协同的城市路段交通诱导方法及装置

(57)摘要

本发明提供一种基于车路协同的城市路段交通诱导方法及装置。本发明对于进入某路段的车辆通过无线实时的将自身状态信息发送到路侧设备,结合前方交通流信息及信号灯状态信息,通过诱导算法得到车辆行驶过程中的安全车距、最优车速及前方道路拥堵信息,并通过无线发送到车载设备并显示出来。采用上述方法可提升车辆出行效率,提高交叉口整体效益,达到缓解拥堵的目的。



1. 一种基于车路协同的城市路段交通诱导方法,其特征在于,包括如下步骤:步骤1:当前车出现故障或者紧急制动时,计算相邻前后两车之间的安全行车距离H:

$$H = v_{后}t_s + v_{后}t_n - \frac{1}{6}a_m t_n^2 + \frac{(v_{后} - \frac{1}{2}a_m t_n)^2}{2a_m} - \frac{v_{前}^2}{2a_m} + L_m$$

式中 t_s 为反应时间, t_n 为减速度线性增长时间, a_m 为最大减速加速度, $v_{后}$ 为前车出现制动时后车的初始速度,式中 $v_{前}$ 为前车出现制动时前车的初始速度; L_m 为两车停止后保持的距离;

步骤2:计算安全诱导车速:

(1) 第*i*辆车从进入该路段到停止所用时间为:

$$t_i = t_c + \left| \frac{v_i - v_{i0}}{a_i} \right| + \left| \frac{L - \frac{|v_i^2 - v_{i0}^2|}{2a_i} - v_{i0} * t_c}{v_i} \right|$$

式中 t_c 为进入该路段后开始调节速度的反应时间, v_i 为第*i*辆车的引导速度, v_{i0} 为第*i*辆车进入路段的初始速度, a_i 为第*i*辆车调节车速时的加速度, L 为路段长度;

(2) 每辆车的路段延误 d_{1i} :

$$d_{1i} = t_i - \frac{L}{v_f}$$

式中 v_f 为自由流车速;

每辆车的交叉口进口车道延误 d_{2i} :

$$d_{2i} = \frac{c(1 - \lambda)}{2(1 - \lambda X)} + \frac{X^2}{2q(1 - X)} - 0.65 \left(\frac{c}{q} \right)^{\frac{1}{3}} * X^{(2+5\lambda)}$$

式中 d_{2i} 为每辆车的平均延误; c 为信号周期时长; λ 为绿信比; q 为标准化交通量; X 为路段饱和度;

(3) 建立车速诱导目标函数:

$$D = \min \sum_{i=1}^N \frac{d_{1i} + d_{2i}}{N}$$

约束条件为:

$$\left\{ \begin{array}{l} (T_g - T_i) + \frac{h}{v_c} < t_i < (T_g - T_i) + T \text{ 或 } t_i < (T_g - T_i) \\ I_n \geq H \\ \frac{S * g}{3600} \geq N \\ v_{min} \leq v_i \leq v_{max} \end{array} \right.$$

式中, T_g 为绿灯起亮时刻, T_i 为第*i*辆车进入该路段的时刻, h 排队长度, v_c 为绿灯起亮后

排队消散速度, T 为绿灯时长, T_r 为绿灯结束时刻, l_n 为由车辆测距传感器测得的与前车的实时距离, N 为该周期内通过交叉口的车辆数, S 为交叉口进口道的饱和流率, g 为有效绿灯时间, v_{\min} 为车速的最小阈值, v_{\max} 为车速的最大阈值;

(4) 根据上述模型求解最优诱导车速;

步骤3: 计算路段拥堵情况

(1) 计算平均行程速度

路段上第 i 辆车的速度为:

$$v_i = v_{i0} + a_i(t_i - t_c) + \sqrt{a_i^2(t_i - t_c)^2 + 2a_i(t_i - t_c)v_{i0} - 2a_iL + 2a_iv_{i0}t_c}$$

(2) 计算路段平均行程速度:

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i$$

式中 n 为一个周期内进入该路段的车辆数, \bar{v} 单位为 km/h;

(3) 计算路段饱和度 x :

$$x = \frac{q_d}{c}$$

式中 q_d 为道路交通量, c 为道路设计通行能力;

(4) 基于计算结果, 拥堵情况根据如下标准确定: 当 $\bar{v} \geq 30$ 时, $x \leq 0.8$ 或 $d_{2i} < 30$, 则认为该路段为畅通; 当 $20 \leq \bar{v} < 30$ 时, $x \leq 0.9$ 或 $30 < d_{2i} < 180$, 则认为该路段为轻度拥堵; 当 $10 \leq \bar{v} < 20$ 时, $x \leq 1$ 或 $d_{2i} > 180$, 则认为该路段拥堵; 当 $\bar{v} < 10$ 时, $x > 1$ 或 $d_{2i} \geq 180$, 则认为该路段阻塞;

步骤4: 将安全行车距离、安全诱导车速、路段拥堵情况通过无线传输实时展示在车载终端上。

2. 一种应用如权利要求1所述基于车路协同的城市路段交通诱导方法的装置, 其特征在于: 包括主控制器、RTC时钟模块、看门狗模块、存储模块、无线通信模块和信息采集模块, 其中主控制器是基于ARM内核的微控制器, 信息采集模块包括交通流信息采集、车辆信息采集和信号机信息采集, 无线通信模块能同时兼容Zigbee、Wifi、DSRC无线传输技术, 信息采集通过Zigbee自组网进行信息交互。

一种基于车路协同的城市路段交通诱导方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于智能交通技术领域,具体涉及一种基于先进车路协同技术,为进入某城市路段行驶的车辆提供诱导信息服务的诱导方法及装置。

背景技术

[0002] 当前广泛使用的包括,静态道路交通诱导指示牌,比如在一个十字路口,有指示牌用箭头标示告诉驾驶员左转、右转车道、前方道路等信息;还有通过交通诱导屏,分别用红、黄、绿三种颜色提供拥堵、拥挤、畅通三种交通状态信息,诱导驾驶员选择合适的线路,避免交通拥堵。对于这些静态交通指示牌一个弊端就是非常容易受到环境因素影响及驾驶员自身因素影响。比如当遇上大雾天气时或者是前面有大型车辆时,驾驶员看不清提示信息。对于展示路网交通状态的诱导屏能提供前方路网的交通状态,但提供的信息比较简单,任何道路状况只能用红、黄、绿中的一种颜色表示,因此信息不够丰富。另外,城市交通信息的感知手段陈旧。城市交通状态的感知手段还停留在很传统的阶段,地感线圈、微波检测等传统固定监测器手段感知的都是道路断面的信息,这种信息不仅片面而且信息量很少,对于车辆行驶状况、排队长度、事故等无法检测。同时存在交通信息不畅通,出行者在出行决策方面仍然采用经验主义方式,依赖以往的经验,很少有针对性的信息可以辅助出行者作出最正确的出行选择,信息通畅程度大大限制了城市交通资源的合理调配。

[0003] 现有技术中,交通信息采集系统是利用安装在道路上和车辆上的检测设备(传感器、摄像头等)进行交通流量、行车速度、道路状况、天气、车辆状态信息等动态信息收集,然后把采集到的数据按预定的时间处理周期发送到信息采集中心。道路交通诱导系统是综合运用检测技术、计算机技术、信息通信技术、自动控制技术、全球定位系统和地理信息系统等高新技术,对道路上行驶的车辆进行动态引导,合理分配道路上的交通流,并将各引导信息发布出去,实现交通流合理分配、减小出行费用并提升路网通行能力的系统。

[0004] 现有技术中的不足:1、对于交通信息采集及诱导装置,大都依赖于设置在路面下的环形线圈检测器,采集信息的准确性和实时性较差,在一定程度上并没有高效地利用既有设备并充分发挥其优势与特点,存在智能交通设备重复投资和浪费的现象。目前诱导装置大多基于诱导显示屏、路侧指示牌等,信息实时性差、更换周期长、针对大范围群体性的诱导且容易受到雾霾等恶劣天气及驾驶员疲劳等因素的影响。2、基于车路协同的诱导模型,对于大范围区域的诱导较多而路段的诱导很少,且大都利用历史数据进行计算,不能反映实时交通状况,得出的诱导信息准确性较差,驾驶员不能实时的获得前方的道路状况信息。

发明内容

[0005] 针对以上相关技术的不足,本发明充分利用在车路协同环境下信息能快速、准确、有效的采集及传输的优势,结合诱导模型设计了交通信息采集装置,通过无线传输实现各信息之间的交互。具体采用如下技术方案:

[0006] 基于车路协同的城市路段交通诱导方法,包括如下步骤:

[0007] 步骤1:当前车出现故障或者紧急制动时,计算相邻前后两车之间的安全行车距离H:

$$[0008] \quad H = v_{\text{后}} t_s + v_{\text{后}} t_n - \frac{1}{6} a_m t_n^2 + \frac{\left(v_{\text{后}} - \frac{1}{2} a_m t_n\right)^2}{2a_m} - \frac{v_{\text{前}}^2}{2a_m} + L_m$$

[0009] 式中 t_s 为反应时间, t_n 为减速度线性增长时间, a_m 为最大减速度, $v_{\text{后}}$ 为前车出现制动时后车的初始速度,式中 $v_{\text{前}}$ 为前车出现制动时前车的初始速度; L_m 为两车停止后保持的距离;

[0010] 步骤2:计算安全诱导车速:

[0011] (1) 第*i*辆车从进入该路段到停止所用时间为:

$$[0012] \quad t_i = t_c + \left| \frac{v_i - v_{i0}}{a_i} \right| + \left| \frac{L - \frac{|v_i^2 - v_{i0}^2|}{2a_i} - v_{i0} * t_c}{v_i} \right|$$

[0013] 式中 t_c 为进入该路段后开始调节速度的反应时间, v_i 为第*i*辆车的引导速度, v_{i0} 为第*i*辆车进入路段的初始速度, a_i 为第*i*辆车调节车速时的加速度, L 为路段长度;

[0014] (2) 每辆车的路段延误 d_{1i} :

$$[0015] \quad d_{1i} = t_i - \frac{L}{v_f}$$

[0016] 式中 v_f 为自由流车速;

[0017] 每辆车的交叉口进口车道延误 d_{2i} :

$$[0018] \quad d_{2i} = \frac{c(1-\lambda)}{2(1-\lambda X)} + \frac{X^2}{2q(1-X)} - 0.65 \left(\frac{c}{q^2}\right)^{\frac{1}{3}} * X^{(2+5\lambda)}$$

[0019] 式中 d_{2i} 为每辆车的平均延误; c 为信号周期时长; λ 为绿信比; q 为标准化交通量; s 为路段饱和流量; X 为路段饱和度;

[0020] (3) 建立车速诱导目标函数:

$$[0021] \quad D = \min \sum_{i=1}^N \frac{d_{1i} + d_{2i}}{N}$$

[0022] 约束条件为:

$$[0023] \left\{ \begin{array}{l} (T_g - T_i) + \frac{h}{v_c} < t_i < (T_g - T_i) + T \text{ 或 } t_i < (T_r - T_i) \\ l_n \geq H \\ \frac{S * g}{3600} \geq N \\ v_{min} \leq v_i \leq v_{max} \end{array} \right.$$

[0024] 式中, T_g 为绿灯起亮时刻, T_i 为第*i*辆车进入该路段的时刻, h 为排队长度, v_c 为绿灯起亮后排队消散速度, T 为绿灯时长, T_r 为绿灯结束时刻, l_n 为由车辆测距传感器测得的与前车的实时距离, N 为该周期内通过交叉口的车辆数, S 为交叉口进口道的饱和流率, g 为有效绿灯时间, v_{min} 为车速的最小阈值, v_{max} 为车速的最大阈值;

[0025] (4) 根据上述模型求出最优诱导车速;

[0026] 步骤3: 计算路段拥堵情况

[0027] (1) 计算平均行程速度

[0028] 路段上第*i*辆车的速度为:

$$[0029] v_i = v_{i0} + a_i(t_i - t_c) + \sqrt{a_i^2(t_i - t_c)^2 + 2a_i(t_i - t_c)v_{i0} - 2a_iL + 2a_iv_{i0}t_c}$$

[0030] (2) 计算路段平均行程速度:

$$[0031] \bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i$$

[0032] 式中*n*为一个周期内进入该路段的车辆数, \bar{v} 单位为km/h;

[0033] (3) 计算路段饱和度*X*:

$$[0034] X = \frac{q_d}{c}$$

[0035] 式中 q_d 为道路交通量, c 为道路设计通行能力;

[0036] (4) 基于计算结果, 拥堵情况根据如下标准确定: 当 $\bar{v} \geq 30$ 时, $x \leq 0.8$ 或 $d_{2i} < 30$, 则认为该路段为畅通; 当 $20 \leq \bar{v} < 30$ 时, $x \leq 0.9$ 或 $30 < d_{2i} < 180$, 则认为该路段为轻度拥堵; 当 $10 \leq \bar{v} < 20$ 时, $x \leq 1$ 或 $d_{2i} > 180$, 则认为该路段拥堵; 当 $\bar{v} < 10$ 时, $x > 1$ 或 $d_{2i} \geq 180$, 则认为该路段阻塞;

[0037] 步骤4: 将安全行车距离、安全诱导车速、路段拥堵情况通过无线实时展示在车载终端上。

[0038] 基于车路协同的城市路段交通诱导装置, 包括主控制器、RTC时钟模块、看门狗模块、存储模块、无线通信模块和信息采集模块, 其中主控制器是基于ARM内核的微控制器, 信息采集模块包括交通流信息采集、车辆信息采集和信号机信息采集, 无线通信模块能同时兼容Zigbee、Wifi、DSRC等无线传输技术, 信息采集通过Zigbee自组网进行信息交互。

[0039] 优选地,车辆检测器检测到有车辆进入该路段,则记录该车辆的当前速度、车辆ID及当前时间信息并将该信息通过无线Zigbee发送给信息采集装置,同时车辆检测器采集到的交通参数信息(排队长度、车流量、车辆时间占有率等)实时发送给信息采集装置。

[0040] 优选地,对于车辆信息采集单元,通过CAN总线获得车辆的实时速度及加速度等信息,通过测距传感器获得与前车的实时距离信息,通过车载无线Zigbee模块将信息实时发送到信息采集装置。

[0041] 优选地,信号机信息采集通过读取信号机自身协议信息获得信号机当前配时方案、周期、绿信比、各相位的实时红绿灯状态及时长信息,并将采集到的信息通过串口传输到信息采集装置中。

[0042] 优选地,信息采集装置接收各检测器发送的信息,并通过信息交互融合技术将收到的各类信息包括交通参数信息、车辆状态信息、信号机状态信息进行融合,并通过USB接口写入到存储设备中。

[0043] 优选地,信息采集装置主控制器通过USB读取存储设备中采集的数据,并对采集到的数据进行预处理,主要是将各类检测器采集的异样数据进行过滤,去掉非法、无效的数据,将有效、合法的数据按照标准进行格式化处理,并将其封装、利用TCP/IP协议,通过通信网络发送给信息分析处理模块。

[0044] 优选地,信息分析处理模块把收到的综合封装交通参数信息、车辆信息及信号机信息的数据进行拆解,拆解后的各数据计算得出最优车速、安全行驶距离及拥堵程度,并将得到的信息通过无线Zigbee实时的发送出去。

[0045] 优选地,信息采集装置中还包括RTC时钟模块及看门狗模块,其中RTC时钟对于信息的预处理及各信息的广播提供实时准确的时间,看门狗模块能实时监控主控制器的运行状态。

[0046] 优选地,信息采集装置作为一套独立的装置放于信号机机柜内。

[0047] 本发明具有如下有益效果:信息采集的实时性和可靠性大幅提高,诱导算法更加简单高效,诱导信息更具有实时性和准确性。

附图说明

[0048] 图1是本发明车路协同环境下城市路段诱导系统示意图。

[0049] 图2是本发明交通信息采集及诱导装置示意图。

[0050] 图3是本发明装置安装位置图。

[0051] 图4是本发明诱导方法道路示意图。

具体实施方式

[0052] 1—信号机内部相位板及其他部件;

[0053] 2—信息采集装置(安装位置信号机厢内部);

[0054] 3—无线通信天线(安装位置信号机厢顶端);

[0055] 4—地磁检测接收装置(安装位置信号机厢内部);

[0056] 5—测距传感器(安装位置保险杠处);

[0057] 6—车辆通信天线(安装位置车顶处);

[0058] 7—车辆信息采集单元,外接CAN总线接口(安装位置通风、散热良好处)

[0059] 8—无线地磁检测器(铺设在路面)

[0060] 交通信息采集装置包括主控制器、RTC时钟模块、看门狗模块、存储模块、无线通信模块和信息采集模块,其中主控制器是基于ARM内核的微控制器,信息采集模块包括交通流信息采集、车辆信息采集和信号机信息采集,无线通信模块能同时兼容Zigbee、Wifi、DSRC等无线传输技术,信息采集通过Zigbee自组网进行信息交互。

[0061] 车辆检测器检测到有车辆进入该路段,则记录该车辆的当前速度、车辆ID及当前时间信息并将该信息通过无线Zigbee发送给信息采集装置,同时车辆检测器采集到的交通参数信息(排队长度、车流量、车辆时间占有率等)实时发送给信息采集装置。

[0062] 对于车辆信息采集单元,通过CAN总线获得车辆的实时速度及加速度等信息,通过测距传感器获得与前车的实时距离信息,通过车载无线Zigbee模块将信息实时发送到信息采集装置。

[0063] 对于信号机信息采集,通过读取信号机自身协议信息获得信号机当前配时方案、周期、绿信比、各相位的实时红绿灯状态及时长信息等,并将采集到的信息通过串口传输到信息采集装置中。

[0064] 信息采集装置接收各检测器发送的信息,并通过信息交互融合技术将收到的各类信息包括交通参数信息、车辆状态信息、信号机状态信息进行融合,并通过USB接口写入到存储设备中。

[0065] 信息采集装置主控制器通过USB读取存储设备中采集的数据,并对采集到的数据进行预处理,主要是将各类检测器采集的异样数据进行过滤,去掉非法、无效的数据,将有效、合法的数据按照标准进行格式化,并将其封装、利用TCP/IP协议,通过通信网络发送给信息分析处理模块。

[0066] 信息分析处理模块把收到的综合封装交通参数信息、车辆信息及信号机信息的数据进行拆解,拆解后的各数据通过诱导算法得出最优车速、安全行驶距离及拥堵程度,并将得到的信息通过无线Zigbee实时的发送出去。

[0067] 信息采集装置中还包括RTC时钟模块及看门狗模块,其中RTC时钟对于信息的预处理及各信息的广播提供实时准确的时间,看门狗模块能实时监控主控制器的运行状态。

[0068] 信息采集装置作为一套独立的装置放于信号机机柜内。

[0069] 对于进入该路段的车辆通过诱导使得车辆能以最经济的方式、最小的延误通过交叉口,车辆进入该路段后开始接收诱导信息,主要为驾驶员提供最优的行驶车速、在行驶过程中的安全距离和该路段的拥堵状况等诱导信息。

[0070] 步骤1:安全行车距离诱导信息计算方法

[0071] 在车辆行驶过程中防止前方车辆急刹车而导致后方车辆追尾的现象,给出行驶过程的安全车距:

[0072] (1)当前车出现故障或者紧急制动时,后车驾驶员要经过一定的反应延时才进行制动紧急处理,故后车制动分为两个过程,一是匀速运动过程,二是减速运动过程, $v_{后}$ 为前车出现制动时后车的初始速度, $v_{前}$ 为前车出现制动时前车的初始速度;

[0073] 匀速运动过程车辆行驶的距离由运动学公式得:

[0074] $S_1 = v_{后}t_s$

[0075] 式中 t_s 为反应时间。

[0076] 减速运动过程分为减速加速度增长阶段和以恒定加速度减速阶段,则由运动学公式可得:

$$[0077] \quad S_2 = \int (v_{后} + \frac{1}{2}kt^2)dt + \frac{(v_{后} + \frac{1}{2}kt_n^2)^2}{2a_m}$$

[0078] 式中前一部分为减速度线性增长段,设减速度线性增长时间为 t_n ,其增长为线性,假设 $\frac{dv}{dt} = kt$,其中 $k = -\frac{a_m}{t_n}$,后一部分为匀减速过程, a_m 为最大减速加速度。后车制动距离为制动的两个过程运动距离之和,即匀速运动阶段和减速运动阶段之和,即:

$$[0079] \quad S_{后} = S_1 + S_2 = v_{后}t_s + v_{后}t_n - \frac{1}{6}a_mt_n^2 + \frac{(v_{后} - \frac{1}{2}a_mt_n)^2}{2a_m}$$

[0080] (2) 而前车假设一直做匀减速,且最大减速加速度与后车最大减速加速度相同,由运动学公式可得前车制动距离为:

$$[0081] \quad S_{前} = \frac{v_{前}^2}{2a_m}$$

[0082] (3) 由车辆测距传感器测得的与前车的实时距离为 l_n ,为了保证行车安全则有:

$$[0083] \quad l_n \geq H$$

[0084] 式中 H 为安全车距。

[0085] (4) 为了保证安全在两车均停止后应保持一定的距离,假设为 L_m ,故有车辆在行驶过程中的安全车距应为:

$$[0086] \quad S_{后} - S_{前} + L_m = H$$

[0087] 式中 L_m 为两车保持的一定距离一般取2~5m。

[0088] 步骤2:最优车速诱导信息计算方法

[0089] (1) 车辆进入该路段则对该车辆进行诱导,通过运动学公式可以得出,第 i 辆车从进入该路段到停止线所用时间为:

$$[0090] \quad t_i = t_c + \left| \frac{v_i - v_{i0}}{a_i} \right| + \left| \frac{L - \frac{|v_i^2 - v_{i0}^2|}{2a_i} - v_{i0} * t_c}{v_i} \right|$$

[0091] 式子中 t_c 为进入该路段后开始调节速度的反应时间, v_i 为第 i 辆车的引导速度, v_{i0} 为第 i 辆车进入路段的初始速度, a_i 为第 i 辆车调节车速时的加速度。

[0092] (2) 根据前方交叉口的状态可分为两种情况:

[0093] a、若进入该路段时,前方路口为红灯有排队或绿灯时排队正在消散,为保证进入该路段的车辆不停车顺利通过交叉口则有:

$$[0094] \quad (T_g - T_i) + \frac{h}{v_c} < t_i < (T_g - T_i) + T$$

[0095] 式中 T_g 为绿灯起亮时刻, T_i 为第 i 辆车进入该路段的时刻, h 为排队长度, v_c 为绿灯起亮后排队消散速度, T 为绿灯时长。

[0096] b、若进入该路段时前方路口为绿灯且无排队,保证进入该路段的车辆不停车顺利通过交叉口则有:

$$[0097] \quad t_i < (T_r - T_i)$$

[0098] 式中 T_r 为绿灯结束时刻。

[0099] (3)由车辆测距传感器测得的与前车的实时距离为 l_n ,为了保证行车安全后车的速度限制条件为:

$$[0100] \quad l_n \geq H$$

[0101] (4):车辆在行驶过程中,假设其车速的最小阈值为 v_{\min} ,最大阈值为 v_{\max} ,则模型计算的优化车速应位于低速阈值与高速阈值之间,即:

$$[0102] \quad v_{\min} \leq v_i \leq v_{\max}$$

[0103] (5):总延误时间分为路段延误和交叉口延误,则:

[0104] 每辆车的路段延误 d_{1i} 可表示为实际到达停止线的时间与以自由流的速度到达停止线的时间做差,即:

$$[0105] \quad d_{1i} = t_i - \frac{L}{v_f}$$

[0106] 式中 v_f 为自由流车速,单位是m/s, L 为路段长度。

[0107] Webster交叉口进口车道延误计算公式为:

$$[0108] \quad d_{2i} = \frac{c(1-\lambda)}{2(1-\lambda X)} + \frac{X^2}{2q(1-X)} - 0.65\left(\frac{c}{q^2}\right)^{\frac{1}{3}} * X^{(2+5\lambda)}$$

[0109] 式中 d_{2i} 为每辆车的平均延误; c 为信号周期时长; λ 为绿信比; q 为标准化交通量(pcu/h); s 为饱和流量(pcu/h); X 为饱和度,即观测最大流量与信号交叉口进口道的通行能力之比 $\frac{q}{\lambda s}$ 。

[0110] (6):由于车速诱导的目的是降低车辆的车均延误,故该模型的优化目标函数为:

$$[0111] \quad D = \min \sum_{i=1}^N \frac{(d_{1i} + d_{2i})}{N}$$

[0112] 式中 N 为该周期内通过交叉口的车辆数。

[0113] (7):通过车辆数约束。一个周期内通过的车辆数小于或等于其处于饱和流状态下的通过量:

$$[0114] \quad \frac{S * g}{3600} \geq N$$

[0115] 式中 S 为交叉口进口道的饱和流率, g 为有效绿灯时间。

[0116] 步骤3:拥堵情况诱导信息计算方法

[0117] 公安部公布的《城市交通管理评价指标体系》中规定,用城市主干道上机动车平均行程速度来描述其道路交通拥堵状况,若城市主干道上机动车的平均行程速度不低于30km/h则为畅通;若城市主干道上机动车的平均行程速度低于30km/h但高于20km/h则为轻度拥堵;若城市主干道上机动车的平均行程速度低于20km/h但高于10km/h则为拥堵;若城市主干道上机动车的平均行程速度低于10km/h则为严重拥堵。

[0118] 在该模型中以车辆的平均行程速度为主以路段饱和度和交叉口延误为辅来判断交通拥堵状况;

[0119] (1) 平均行程速度

[0120] 由以上公式可得路段上第*i*辆车的速度为:

$$[0121] \quad v_i = v_{i0} + a_i(t_i - t_c) + \sqrt{a_i^2(t_i - t_c)^2 + 2a_i(t_i - t_c)v_{i0} - 2a_iL + 2a_iv_{i0}t_c}$$

[0122] 则路段上平均行程速度为:

$$[0123] \quad \bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i$$

[0124] 式中*n*为一个周期内进入该路段的车辆数, \bar{v} 单位为km/h。

[0125] (2) 饱和度(*x*)分析是交通控制理论的重要组成部分,它是评价道路服务水平的一个重要指标。根据我国城市道路运行评价标准,路段饱和度不大于0.8时为畅通,小于0.9为轻度拥堵,小于1为拥堵,大于1为阻塞。道路交通饱和度是指道路交通量与道路设计通行能力之比,它反映了道路的实际负荷情况,即:

$$[0126] \quad x = \frac{q_d}{c}$$

[0127] 式中 q_d 为道路交通量,*c*为道路设计通行能力。

[0128] (3) 交叉口延误 d_{2i} ,根据我国城市道路运行评价标准,延误时间小于30s为畅通,延误时间在30s到180s之间为轻度拥堵,延误时间大于180s为拥堵,延误时间远大于180s为阻塞。

[0129] 根据以上三种指标得出以下四种情况:

[0130] 1、当 $\bar{v} \geq 30$ 时, $x \leq 0.8$ 或 $d_{2i} < 30$,则认为该路段为畅通;

[0131] 2、当 $20 \leq \bar{v} < 30$ 时, $x \leq 0.9$ 或 $30 < d_{2i} < 180$,则认为该路段为轻度拥堵;

[0132] 3、当 $10 \leq \bar{v} < 20$,时 $x \leq 1$ 或 $d_{2i} > 180$,则认为该路段拥堵;

[0133] 4、当 $\bar{v} < 10$,时 $x > 1$ 或 $d_{2i} \geq 180$,则认为该路段阻塞。

[0134] 步骤4:综上所述,为车辆驾驶员提供的交通诱导信息包括:

[0135] (1) 安全车距诱导信息

$$[0136] \quad H = v_{后}t_s + v_{后}t_n - \frac{1}{6}a_mt_n^2 + \frac{(v_{后} - \frac{1}{2}a_mt_n)^2}{2a_m} - \frac{v_{前}^2}{2a_m} + L_m$$

[0137] (2) 最优车速诱导信息

[0138] 车速诱导目标函数为:

$$[0139] \quad D = \min \sum_{i=1}^N \frac{d_{1i} + d_{2i}}{N}$$

[0140] 约束条件为:

$$[0141] \quad \left\{ \begin{array}{l} \left(T_g - T_i \right) + \frac{h}{v_c} < t_i < \left(T_g - T_i \right) + T \text{ 或 } t_i < \left(T_r - T_i \right) \\ l_n \geq H \\ \frac{S * g}{3600} \geq N \\ v_{min} \leq v_i \leq v_{max} \end{array} \right.$$

[0142] (3) 拥堵情况诱导信息

[0143] 当 $\bar{v} \geq 30$ 时, $x \leq 0.8$ 或 $d_{2i} < 30$, 则认为该路段为畅通; 当 $20 \leq \bar{v} < 30$ 时, $x \leq 0.9$ 或 $30 < d_{2i} < 180$, 则认为该路段为轻度拥堵; 当 $10 \leq \bar{v} < 20$ 时, $x \leq 1$ 或 $d_{2i} > 180$, 则认为该路段拥堵; 当 $\bar{v} < 10$ 时, $x > 1$ 或 $d_{2i} \geq 180$, 则认为该路段阻塞。

[0144] 通过以上诱导信息既能提高车辆的经济效益, 又能缓解交通拥堵。

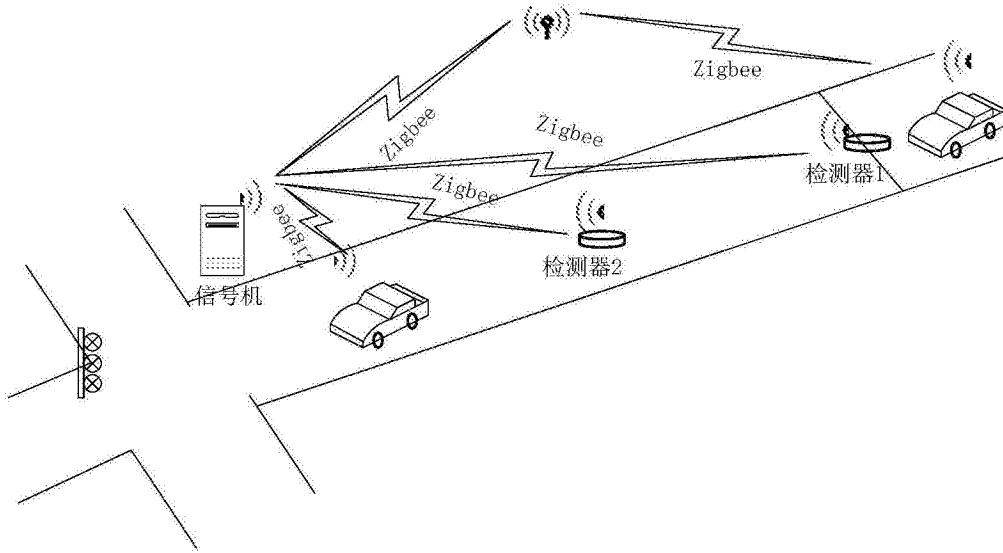


图1

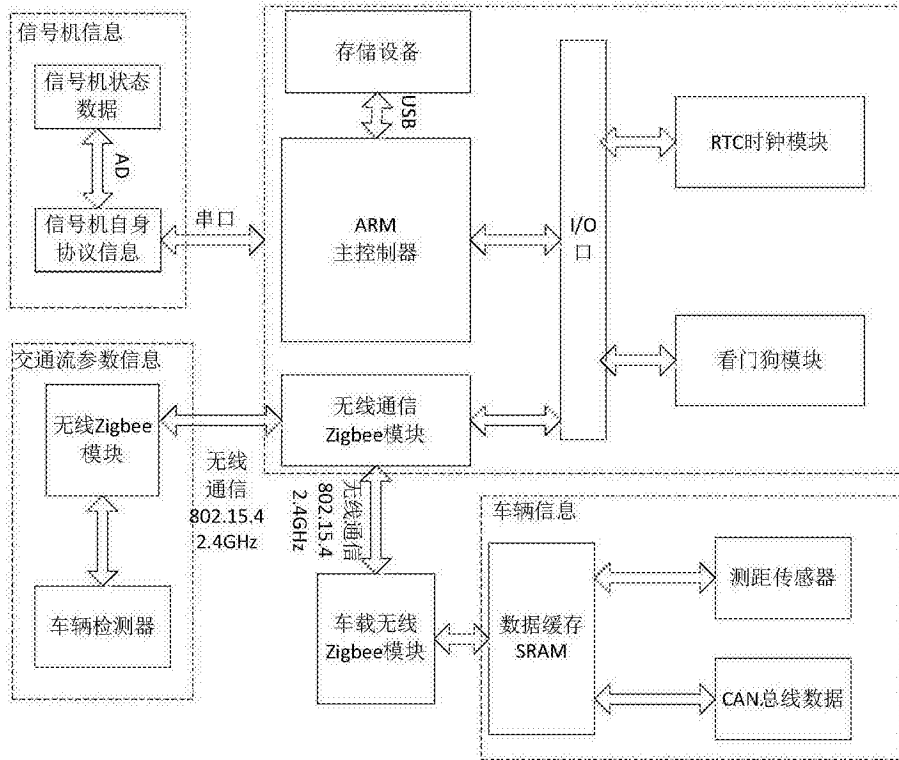


图2

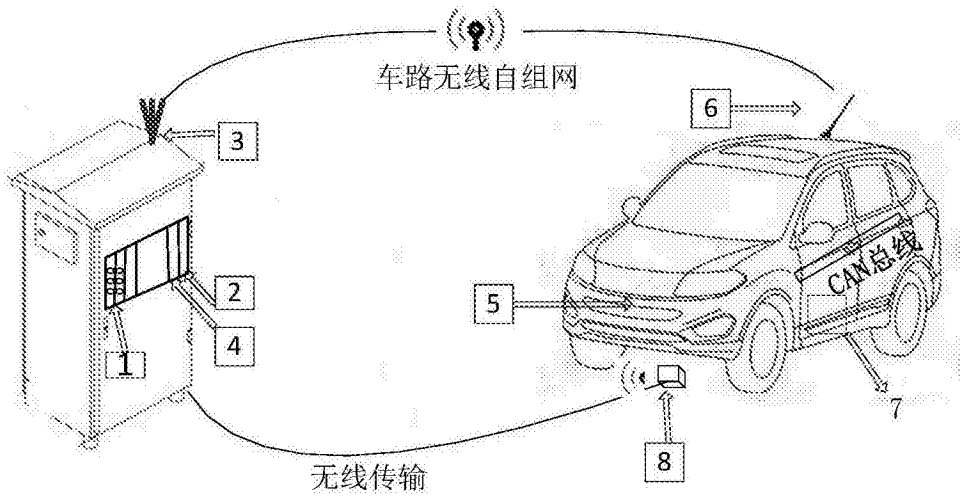
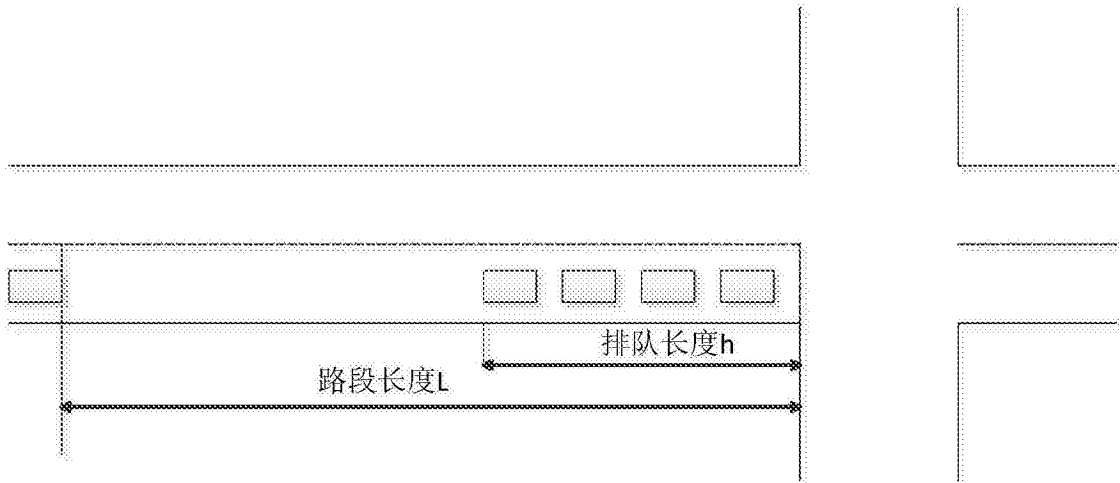


图3



道路示意图

图4