



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108898824 B

(45) 授权公告日 2021.06.29

(21) 申请号 201810826613.9

G08G 1/087 (2006.01)

(22) 申请日 2018.07.25

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108898824 A

CN 204348075 U, 2015.05.20

CN 107925854 A, 2018.04.17

CN 105225505 A, 2016.01.06

(43) 申请公布日 2018.11.27

CN 107144867 A, 2017.09.08

CN 205541443 U, 2016.08.31

(73) 专利权人 公安部交通管理科学研究所
地址 214151 江苏省无锡市滨湖区钱荣路
88号

CN 107580372 A, 2018.01.12

US 2017034774 A1, 2017.02.02

(72) 发明人 徐棱 何广进 张宾 刘东波
刘成生

王永胜. 车联网环境下的公交自适应优先方法研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技II辑》. 2017,

(74) 专利代理机构 无锡盛阳专利商标事务所
(普通合伙) 32227

审查员 王胜

代理人 张宁

(51) Int. Cl.

G08G 1/00 (2006.01)

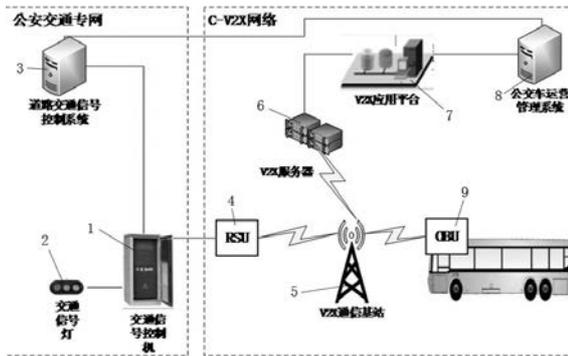
权利要求书4页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

一种基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统及控制方法

(57) 摘要

本发明提供了一种基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统以及控制方法,支持公交车到道路交通信号控制机的物联及信号控制中心系统与公交运营管理系统的互联,实现公交信号的动态优先级调整与主动公交优先,包括道路交通信号控制机、交通信号灯、道路交通信号控制系、RSU装置、C-V2X通信基站、V2X服务器、V2X应用平台、公交车运营管理系统、OBU装置,OBU装置上传公交车信息发送至道路交通信号控制系统,道路交通信号控制系统与公交车运营管理系统交互,向道路交通信号控制机发送公交信号优先请求和预计到达时间,交通信号控制机决策是否响应优先请求,给出优先控制策略调整交通信号灯的相位,给予公交车优先通行。



1. 一种基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统,包括通讯连接的道路交通信号控制机、交通信号灯、道路交通信号控制系统,其特征在于,还包括:

RSU装置,所述RSU装置与所述道路交通信号控制机通讯连接,用于将所述交通信号控制机接入C-V2X网络;

C-V2X通信基站,用于C-V2X网络中的信息传递,所述C-V2X通信基站通过无线链路连接所述RSU装置;

V2X服务器,所述V2X服务器通过无线链路连接所述C-V2X通信基站,用于C-V2X网络中设备之间通信数据处理、调度与转发;

V2X应用平台,所述V2X应用平台与所述V2X服务器通讯连接,用于C-V2X网络中通信设备的接入鉴权、数据接入、数据处理、数据存储与数据交换,并提供对外的V2X数据服务;

公交车运营管理系统,所述公交车运营管理系统与所述V2X应用平台以及所述道路交通信号控制系统通讯连接;

OBU装置,所述OBU装置设置在公交车上,所述OBU装置通过无线链路连接所述C-V2X通信基站,用于采集公交车位置、行驶状态信息,并把采集到的公交车位置、行驶状态信息及车辆号牌、公交线路号、运营状态信息上传;

由所述OBU装置上传的公交车的信息经RSU装置发送至所述道路交通信号控制机,并由所述道路交通信号控制机上传至所述道路交通信号控制系统,所述道路交通信号控制系统存有GIS地图、各个路口地理位置、对应需优先公交线路号、优先公交线路行驶方向,所述道路交通信号控制系统与所述公交车运营管理系统交互得到公交车辆、公交线路、线路停靠站点地理位置、线路运营计划信息,结合GIS地图、由OBU装置上传的公交车的信息、当前时间计算优先级与公交车的到达时间并向道路交通信号控制机发送公交信号优先请求和预计到达时间,同时根据所述公交车运营管理系统的信息同步更新路口的公交优先参数表到位于路口的道路交通信号控制机;

交通信号控制机接收到公交信号优先请求信息后,根据本地存储的公交优先参数表、所述道路交通信号控制系统实时反馈的车辆的优先级及当前交通信号灯的相位的运行状态,决策是否响应优先请求,若响应则根据优先控制策略调整交通信号灯的相位,给予公交车优先通行;

所述道路交通信号控制机中包括本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型;

所述到达公交车数据模型是根据路口位置划定该路口的检测路段范围,并在该路口的检测路段范围内的在运动中的公交车的数据模型,其包括对应的路口每个进口方向、车辆ID、若干个最新车辆位置、速度信息;所述排队公交车数据模型是根据路口位置划定该路口的检测路段范围,并在该路口的检测路段范围内的停车排队中的公交车的数据模型,其包括对应的路口每个进口方向、停止的车辆ID、排队位置信息;

所述OBU装置包括:

C-V2X通信单元,用于通过无线链路接入C-V2X网络,进行包括车辆行驶、优先状态、优先反馈、道路路口交通状态、交通事件信息交换,所述C-V2X通信单元通过UU接口与V2X服务器通信,所述C-V2X通信单元通过PC5接口与所述RSU装置直接通信;

GNSS模块,用于基于GPS、北斗、GLONASS、伽利略系统及其增强型系统进行车辆的位置

信息采集；

OBU装置的GNSS模块结合其他传感器模块实时采集车辆的位置信息、速度信息；
其他传感器模块，包括陀螺仪、加速度传感器，用于采集信息进行辅助定位；
显示触控单元，用于公交优先信息及辅助驾驶信息的显示和触控操作；
信息处理计算单元，用于车辆行驶、位置、传感、通信信息的运算与处理；
语音单元，用于语音控制和播报；

所述OBU装置内保存车辆号牌、车辆类型、公交线路号信息，能够通过自动对接公交车的运营状态检测装置得到公交车实时运营状态，或基于显示触控单元提供的操作界面人工选择来得到公交车实时运营状态；所述交通信号控制机中设置公交优先参数表，公交优先参数表包括本路口地理位置、需优先公交线路号、优先公交线路对应行驶方向，公交优先参数表中的参数信息能够通过本地设置或通过网络从道路交通信号控制系统自动同步。

2. 根据权利要求1所述的一种基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统，其特征在于：所述RSU装置与所述交通信号控制机临近安装，所述RSU装置通过UU接口与所述V2X服务器通信，所述RSU装置通过PC5接口与所述OBU装置直接通信，所述RSU装置通过以太网有线通信链路与所述交通信号控制机相连并双向通信。

3. 根据权利要求1所述的一种基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统，其特征在于：所述V2X应用平台包括平台管理系统、数据开放系统、接入鉴权系统、数据输入单元、数据计算单元、数据存储单元、数据交换单元。

4. 一种根据权利要求1所述的基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统的控制方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤a：OBU装置的GNSS模块结合其他传感器模块实时采集车辆的位置信息、速度信息，结合OBU装置中预置的车辆号牌、车辆类型、公交线路号等信息通过无线链路传输至PC5接口通信范围内的RSU装置，同时上报V2X服务器，RSU装置接收到OBU上传的车辆信息后根据车辆类型进行传输优先级判断，高优先级车辆信息立即传输至道路交通信号控制机，其他低优先级车辆信息则打包后在统一传给道路交通信号控制机；

步骤b：道路交通信号控制机接收到车辆信息后，根据道路交通信号控制机与道路交通信号控制系统是否联网分别执行联网公交优先模式与脱机降级公交优先模式；

步骤c：联网公交优先模式具体过程如下：

S1：道路交通信号控制机首先过滤异常运营状态的公交车数据，上传正常运行的公交车行驶信息至道路交通信号控制系统；

S2：道路交通信号控制系统先基于GIS地图、公交线路、车辆信息对位置点进行纠偏处理；

S3：经上步骤的纠偏处理纠偏到正确道路位置后，道路交通信号控制系统进行公交车前方即将通过路口是否需要优先、当前位置到路口间是否有停靠站台的检查，检查通过后基于当前车辆位置、速度及历史情况得到的修正系数计算到达前方路口预计所需时间 Δt 、公交车的准点情况与优先级下发道路交通信号控制机，其中

$\Delta t = \text{车辆位置距离停车线距离} / \text{速度} + \text{修正系数}\alpha$

其中修正系数 $\alpha = t_c + t_q - t_d$ ；其中 t_c 是公交车从当前位置到停车线的行程时间； t_q 是前方排队车辆延误时间； t_d 是传输链路上的时间延误；

S4: 道路交通信号控制机收到上述信息后,更新本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型,到达公交车数据模型是根据路口位置划定该路口的检测路段范围,并在该路口的检测路段范围内的在运动中的公交车的数据模型,其包括对应的路口每个进口方向、车辆ID、若干个最新车辆位置、速度信息,排队公交车数据模型是根据路口位置划定该路口的检测路段范围,并在该路口的检测路段范围内的停车排队中的公交车的数据模型,其包括对应的路口每个进口方向、停止的车辆ID、排队位置信息;

S5: 道路交通信号控制机根据在本地存储的公交优先参数表、所述道路交通信号控制系统实时反馈的车辆的优先级及当前交通信号灯的相位的运行状态,采用绿灯延长、红灯缩短或插入相位控制策略,调整路口的交通信号灯相位,优先放行公交车;

脱机降级公交优先模式具体过程如下:

道路交通信号控制机首先过滤异常运营状态的公交车数据;通过OBU装置上传的连续的公交车位置信息判断其是否驶向本路口,是则根据道路交通信号控制机在本地存储的公交优先参数表中的需在本路口优先的公交线路号信息判断是否优先车辆,是则用道路交通信号控制机存储的本路口地理位置、公交车实时位置判断2点间直线距离是否在路口预设的优先检测段距离内,在公交车进入优先检测段后计算到达预计所需时间 Δt ,

$\Delta t = \text{车辆位置距离停车线距离} / \text{速度}$

更新本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型,到达公交车数据模型是根据路口位置划定该路口的检测路段范围,并在该路口的检测路段范围内的在运动中的公交车的数据模型,其包括对应的路口每个进口方向、车辆ID、若干个最新车辆位置、速度信息,排队公交车数据模型是根据路口位置划定该路口的检测路段范围,并在该路口的检测路段范围内的停车排队中的公交车的数据模型,其包括对应的路口每个进口方向、停止的车辆ID、排队位置信息,并根据当前路口的交通信号灯相位的运行状态进行优先相位调整,采用绿灯延长、红灯缩短或插入相位控制策略,调整路口的交通信号灯相位,优先放行公交车。

5. 一种根据权利要求4所述的基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统的控制方法,其特征在于:道路交通信号控制机通过RSU装置把对应到公交车的优先结果反馈至对应的车载OBU装置,通过OBU装置的显示触控单元或语音单元提示驾驶员,进行辅助驾驶。

6. 一种根据权利要求4所述的基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统的控制方法,其特征在于:绿灯延长的相位控制策略具体为:检测公交车到达后,根据到达预计所需时间 Δt ,在基础绿灯之内到达检测点的公交车,可通过该路口不调整;在优先相位基础绿灯时间外到最大绿灯时间之间到达,延长绿灯时间使到达公交车通过;以相位最大绿灯时间为约束,即最大绿灯时间点之后仍有公交车到达也不再进行绿灯延长;在执行绿灯延长策略时,通过小步距扩展的方式执行,在绿灯相位结束前及黄灯前2S~3s下发指令延长绿灯时间2S~3s,然后重复计算到达预计所需时间 Δt ,判别是否可通过,预计可通过则继续下发指令延长绿灯时间2S~3s,预计无法通过则不再下发延长指令;

红灯缩短的相位控制策略具体为当公交车在红灯时间到达,缩短公交车通行方向红灯时间,具体步骤如下:计算至优先相位前所有可缩减相位的全部可用缩减时间,全部可用缩减时间不大于0则不进行红灯缩短,全部可用缩减时间大于0则根据车辆优先级、排队数量及即将到达情况计算所需缩短时间,根据所需缩减时间与可用缩减时间,取较小值并根据需缩减相位的绿信比计算各个相位缩短时间;

插入相位控制策略具体为:公交车辆在红灯期间到达,且需等待多个相位时,在当前相位结尾插入公交通行相位来使公交车尽快通过,插入的公交通行相位的时间大于 Δt 。

7.一种根据权利要求4所述的基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统的控制方法,其特征在于:纠偏处理的具体流程如下:道路交通信号控制系统等待接收道路交通信号控制机上传新的公交车的GPS数据,道路交通信号控制系统检查缓存数据个数是否大于N,不大于N则记录该公交车的GPS数据,返回等待接收道路交通信号控制机上传新的公交车的GPS数据,大于N则根据历史及当前速度、前后位置距离判断是否点位漂移;点位漂移则用前次位置、速度信息替换最新信息,并返回记录该公交车的GPS数据,再返回等待接收道路交通信号控制机上传新的公交车的GPS数据,否则将WGS-84坐标转换为电子地图坐标GCJ-02,然后基于历史位置及GIS道路信息确定所在路段,然后根据位置建立图形缓冲区,搜索道路临近路段并做投影,然后确定距离最近的位置点,之后判断是否在路段前个位置点前方,是则得到修正后的GPS位置对应的地图坐标,否则舍弃该位置点,重新确定距离最近的位置点。

8.一种根据权利要求7所述的基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统的控制方法,其特征在于:更新本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型的具体流程如下:初始化本路口的本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型,接收纠偏后车辆位置后更新优先车辆历史位置模型,确认位置是否有变化,未有变化则重新等待接收纠偏后车辆位置,有发生变化则确认前方是否是优先路口,同时确认是否通过上个优先路口,若未通过则从前个优先路口优先车辆监控数据模型中清除本车辆信息,若不是优先路口则重新等待接收纠偏后车辆位置,是优先路口则再确认是否位于路口的检测范围内;若不位于路口的检测范围内则重新等待接收纠偏后车辆位置;于路口的检测范围内则再更新本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型。

一种基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及智能交通控制领域,具体为一种基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统及控制方法。

背景技术

[0002] 当前我国城市化、机动化进展迅速,交通需求不断增加,而道路交通基础设施的发展相对滞后,交通需求与供给间的矛盾突出,由此引发的交通拥堵频发。优先发展城市公共交通是提高交通资源利用效率、缓解交通拥堵的重要手段和有效途径。通过分析可知公交车通行中路口延误时间远大于路段延误,通过在交叉口给予通行公交车优先信号,从而降低其通过路口的延误提高公交通行效率是业界公认的有效方法。

[0003] 当前交叉口公交信号优先系统的主要检测方法包括基于线圈/地磁等定点直接检测、基于视频\射频等间接识别或基于GPS的追踪检测等几大类。城市路口空间资源非常有限,在作为道路交通瓶颈的交叉口增设定点直接检测必须的公交专用道需要缩减其他流向机动车道,对交叉口通行影响很大;基于图像识别的方法对检测环境要求高;射频识别设备成本高、易损坏、维护工作量大,受安装条件与检测范围限制难以获取全面的道路交通状态信息;传统的GPS检测存在定位误差、信号盲区及通信延时等问题。受通信方法及时效限制,公交信号优先控制系统的车辆检测普遍采用单向通信,优先控制的结果未反馈至公交车,无法对驾驶员进行驾驶提醒及辅助驾驶,且其与公交运营管理系统无信息交互,对在途公交车的运行状态及准点情况等信息无法掌握,降低了公交优先控制的效果。

发明内容

[0004] 针对上述问题,本发明提供了一种基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统以及控制方法,支持公交车到道路交通信号控制机的现场物联以及信号控制中心系统与公交运营管理系统之间系统间横向互联,通过准确、可靠的检测信息,基于设备物联、系统互联实现公交信号的动态优先级调整与主动公交优先,并支持优先结果反馈至公交车,辅助驾驶员驾驶。

[0005] 其技术方案是这样的:一种基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统,包括通讯连接的道路交通信号控制机、交通信号灯、道路交通信号控制系统,其特征在于,还包括:

[0006] RSU装置,所述RSU装置与所述道路交通信号控制机通讯连接,用于将所述交通信号控制机接入C-V2X网络;

[0007] C-V2X通信基站,用于C-V2X网络中的信息传递,所述C-V2X通信基站通过无线链路连接所述RSU装置;

[0008] V2X服务器,所述V2X服务器通过无线链路连接所述C-V2X通信基站,用于C-V2X网络中设备之间通信数据处理、调度与转发;

[0009] V2X应用平台,所述V2X应用平台与所述V2X服务器通讯连接,用于C-V2X网络中通信设备的接入鉴权、数据接入、数据处理、数据存储与数据交换,并提供对外的V2X数据服

务；

[0010] 公交车运营管理系统,所述公交车运营管理系统所述与V2X应用平台以及所述道路交通信号控制系统通讯连接；

[0011] OBU装置,所述OBU装置设置在公交车上,所述OBU装置通过无线链路连接所述C-V2X通信基站,用于采集公交车位置、行驶状态信息,并把采集到的公交车位置、行驶状态信息及车辆号牌、公交线路号、运营状态信息上传；

[0012] 由所述OBU装置上传的公交车的信息经RSU装置发送至所述道路交通信号控制机,并由所述道路交通信号控制机上传至所述道路交通信号控制系统,所述道路交通信号控制系统存有GIS地图、各个路口地理位置、对应需优先公交线路号、优先公交线路行驶防线方向,所述道路交通信号控制系统与所述公交车运营管理系统交互得到公交车辆、公交线路、线路停靠站点地理位置、线路运营计划信息,结合GIS地图、由OBU装置上传的公交车的信息、当前时间计算优先级与公交车的到达时间并向道路交通信号控制机发送公交信号优先请求和预计到达时间,同时根据所述公交车运营管理系统的信息同步更新路口的公交优先参数表到位于路口的道路交通信号控制机；

[0013] 交通信号控制机接收到公交信号优先请求信息后,根据本地存储的公交优先参数表、所述道路交通信号控制系统实时反馈的车辆的优先级及当前交通信号灯的相位的运行状态,决策是否响应优先请求,若响应则根据优先控制策略调整交通信号灯的相位,给予公交车优先通行。

[0014] 进一步的,所述RSU装置与所述交通信号控制机临近安装,所述RSU装置通过UU接口与所述V2X服务器通信,所述RSU装置通过PC5接口与所述OBU装置直接通信,所述RSU装置通过以太网有线通信链路与所述交通信号控制机相连并双向通信。

[0015] 进一步的,所述OBU装置包括：

[0016] C-V2X通信单元,用于通过无线链路接入C-V2X网络,进行包括车辆行驶、优先状态、优先反馈、道路路口交通状态、交通事件信息交换,所述C-V2X通信单元通过UU接口与V2X服务器通信,所述C-V2X通信单元通过PC5接口与所述RSU装置直接通信；

[0017] GNSS模块,用于基于GPS、北斗、GLONASS、伽利略系统及其增强型系统进行车辆的位置信息采集；

[0018] 其他传感器模块,包括陀螺仪、加速度传感器,用于采集信息进行辅助定位；

[0019] 显示触控单元,用于公交优先及辅助驾驶等信息的显示和触控操作；

[0020] 信息处理计算单元,用于车辆行驶、位置、传感、通信信息的运算与处理；

[0021] 语音单元,用于语音控制和播报。

[0022] 进一步的,所述V2X应用平台包括平台管理系统、数据开放系统、接入鉴权系统、数据输入单元、数据计算单元、数据存储单元、数据交换单元。

[0023] 进一步的,所述OBU装置内保存车辆号牌、车辆类型、公交线路号信息,能够通过自动对接公交车的运营状态检测装置得到公交车实时运营状态,或基于显示触控单元提供的操作界面人工选择来得到公交车实时运营状态。

[0024] 进一步的,所述交通信号控制机中设置公交优先参数表,公交优先参数表包括本路口地理位置、需优先公交线路号、优先公交线路对应行驶方向,公交优先参数表中的参数信息能够通过本地设置或通过网络从道路交通信号控制系统自动同步。

[0025] 一种上述的基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统的控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0026] 步骤a:OBU装置的GNSS模块结合其他传感器模块实时采集车辆的位置、速度等行驶信息,结合OBU装置中预置的车辆号牌、车辆类型、公交线路号等信息通过无线链路传输至PC5接口通信范围内的RSU装置,同时上报V2X服务器,RSU装置接收到OBU上传的车辆信息后根据车辆类型进行传输优先级判断,高优先级车辆信息立即传输至道路交通信号控制机,其他低优先级车辆信息则打包后在统一传给道路交通信号控制机。

[0027] 步骤b:道路交通信号控制机接收到车辆信息后,根据道路交通信号控制机与道路交通信号控制系统是否联网分别执行联网公交优先模式与脱机降级公交优先模式。

[0028] 步骤c:联网公交优先模式具体过程如下:

[0029] s1:道路交通信号控制机首先过滤异常运营状态的公交车数据,上传正常运行的公交车行驶信息至道路交通信号控制系统;

[0030] s2:道路交通信号控制系统先基于GIS地图、公交线路、车辆信息对位置点进行纠偏处理;

[0031] s3:经上步骤的纠偏处理纠偏到正确道路位置后,道路交通信号控制系统进行公交车前方即将通过路口是否需要优先、当前位置到路口间是否有停靠站台的检查,检查通过后基于当前车辆位置、速度及历史情况得到的修正系数计算到达前方路口预计所需时间 Δt 、公交车的准点情况与优先级下发道路交通信号控制机,其中

[0032] $\Delta t = \text{车辆位置距离停车线距离} / \text{速度} + \text{修正系数}\alpha$

[0033] 其中修正系数 $\alpha = t_c + t_q - t_d$;其中 t_c 是公交车从当前位置到停车线的行程时间; t_q 是前方排队车辆延误时间; t_d 是传输链路上的时间延误;

[0034] s4:道路交通信号控制机收到上述信息后,更新本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型,到达公交车数据模型是根据路口位置划定该路口的检测路段范围,并在该路口的检测路段范围内的在运动中的公交车的数据模型,其包括对应的路口每个进口方向、车辆ID、若干个最新车辆位置、速度信息,排队公交车数据模型是根据路口位置划定该路口的检测路段范围,并在该路口的检测路段范围内的停车排队中的公交车的数据模型,其包括对应的路口每个进口方向、停止的车辆ID、排队位置信;

[0035] s5:道路交通信号控制机根据在本地存储的公交优先参数表、所述道路交通信号控制系统实时反馈的车辆的优先级及当前交通信号灯的相位的运行状态,采用绿灯延长、红灯缩短或插入相位控制策略,调整路口的交通信号灯相位,优先放行公交车;

[0036] 脱机降级公交优先模式具体过程如下:

[0037] 道路交通信号控制机首先过滤异常运营状态的公交车数据;通过OBU装置上传的连续的公交车位置信息判断其是否驶向本路口,是则根据道路交通信号控制机在本地存储的公交优先参数表中的需在本路口优先的公交线路号信息判断是否优先车辆,是则用道路交通信号控制机存储的本路口地理位置、公交车实时位置判断2点间直线距离是否在路口预设的优先检测段距离内,在公交车进入优先检测段后计算到达预计所需时间 Δt ,

[0038] $\Delta t = \text{车辆位置距离停车线距离} / \text{速度}$

[0039] 更新本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型,到达公交车数据模型是根据路口位置划定该路口的检测路段范围,并在该路口的检测路段范围内的在运动中的

公交车的数据模型,其包括对应的路口每个进口方向、车辆ID、若干个最新车辆位置、速度信息,排队公交车数据模型是根据路口位置划定该路口的检测路段范围,并在该路口的检测路段范围内的停车排队中的公交车的数据模型,其包括对应的路口每个进口方向、停止的车辆ID、排队位置信,并根据当前路口的交通信号灯相位的运行状态进行优先相位调整,采用绿灯延长、红灯缩短或插入相位控制策略,调整路口的交通信号灯相位,优先放行公交车。

[0040] 进一步的,道路交通信号控制机通过RSU装置把对应到公交车的优先结果反馈至对应的车载OBU装置,通过OBU装置的显示触控单元或语音单元提示驾驶员,进行辅助驾驶。

[0041] 进一步的,绿灯延长的相位控制策略具体为:检测公交车到达后,根据到达预计所需时间 Δt ,在基础绿灯之内到达检测点的公交车,可通过该路口不调整;在优先相位基础绿灯时间外到最大绿灯时间之间到达,延长绿灯时间使到达公交车通过;以相位最大绿灯时间为约束,即最大绿灯时间点之后仍有公交车到达也不再进行绿灯延长;在执行绿灯延长策略时,通过小步距扩展的方式执行,在绿灯相位结束前及黄灯前2S~3s下发指令延长绿灯时间2S~3s,然后重复计算到达预计所需时间 Δt ,判别是否可通过,预计可通过则继续下发指令延长绿灯时间2S~3s,预计无法通过则不再下发延长指令;

[0042] 红灯缩短的相位控制策略具体为当公交车在红灯时间到达,缩短公交车通行方向红灯时间,具体步骤如下:计算至优先相位前所有可缩减相位的全部可用缩减时间,全部可用缩减时间不大于0则不进行红灯缩短,全部可用缩减时间大于0则根据车辆优先级、排队数量及即将到达情况计算所需缩短时间,根据所需缩减时间与可用缩减时间,取较小值并根据需缩减相位的绿信比计算各个相位缩短时间;

[0043] 插入相位控制策略具体为:公交车在红灯期间到达,且需等待多个相位时,在当前相位结尾插入公交通行相位来使公交车尽快通过,插入的公交通行相位的时间大于 Δt 。

[0044] 进一步的,纠偏处理的具体流程如下:道路交通信号控制系统等待接收道路交通信号控制机上传新的公交车的GPS数据,道路交通信号控制系统检查缓存数据个数是否大于N,不大于N则记录该公交车的GPS数据,返回等待接收道路交通信号控制机上传新的公交车的GPS数据,大于N则根据历史及当前速度、前后位置距离判断是否点位漂移;点位漂移则用前次位置、速度信息替换最新信息,并返回记录该公交车的GPS数据,再返回等待接收道路交通信号控制机上传新的公交车的GPS数据,否则将WGS-84坐标转换为电子地图坐标GCJ-02,然后基于历史位置及GIS道路信息确定所在路段,然后根据位置建立图形缓冲区,搜索道路临近路段并做投影,然后确定距离最近的位置点,之后判断是否在路段前个位置点前方,是则得到修正后的GPS位置对应的地图坐标,否则舍弃该位置点,重新确定距离最近的位置点。

[0045] 进一步的,初始化本路口的本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型,接收纠偏后车辆位置后更新优先车辆历史位置模型,确认位置是否有变化,未有变化则重新等待接收纠偏后车辆位置,有发生变化则确认前方是否是优先路口,同时确认是否通过上个优先路口,若未通过则从前个优先路口优先车辆监控数据模型中清除本车辆信息,若不是优先路口则重新等待接收纠偏后车辆位置,是优先路口则再确认是否位于路口的检测范围内;若不位于路口的检测范围内则重新等待接收纠偏后车辆位置;于路口的检测范围内则再更新本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型。

[0046] 采用本发明的基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统,基于C-V2X(Cellular Vehicle-to-Everything)的车联网技术构建的交叉口公交信号优先控制系统,支持公交车到道路交通信号控制机的现场物联以及信号控制中心系统与公交运营管理系统的系统间横向互联,具有通信延时低、车辆定位精度高、抗干扰性强,优先控制效果稳定、可靠,可根据公交车的实时运营状态、准点情况等动态调整优先级别、支持优先结果反馈等特点,控制参数分布于道路交通信号控制系统与路口的道路交通信号控制机,可在道路交通信号控制系统的GIS电子地图中标识出公交站台的位置或路口通行条件,通过调整参数或控制方法来适应后期交通渠化调整、通行条件改变、线路调整等情况;其支持与公交车运营管理系统信息交互,根据车辆线路运行计划动态调整优先级;支持通过绿灯延长后可进一步跟踪得知目标公交车是否通过路口、评估优先结果、优化优先参数,实现更加精准的优先控制,具有较高的灵活性和良好的适应性,并支持优先结果反馈至公交车,辅助驾驶员驾驶,信号机脱机时也支持降级的公交优先信号控制,适应与信号机分布于非绝对可靠的广域城域网通信场景,该系统及控制方法在交叉口有无公交专用道情况下都可使用,适用范围广。

附图说明

[0047] 图1为本发明的基于C-V2X的公交优先控制系统组成示意图;

[0048] 图2为公交优先车载OBU主要组成单元示意图;

[0049] 图3为V2X平台的结构示意图;

[0050] 图4为纠偏处理的流程图;

[0051] 图5为更新本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型的流程图;

[0052] 图6为采用本发明的基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统的控制方法进行相位控制的相位图。

具体实施方式

[0053] 见图1、图2、图3,本发明的一种基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统,包括在公安交通专网中通讯连接的道路交通信号控制机1、交通信号灯2、道路交通信号控制系统3,道路交通信号控制机1设置于路口,道路交通信号控制系统3设置在交通指挥控制中心,还包括:

[0054] RSU装置4,RSU装置4与道路交通信号控制机1通讯连接,用于将交通信号控制机1接入C-V2X网络,RSU装置3与交通信号控制机1临近安装,RSU装置3通过UU接口与V2X服务器6通信,RSU装置3通过PC5接口与OBU装置9直接通信,RSU装置5通过以太网有线通信链路路与交通信号控制机1相连并双向通信;

[0055] C-V2X通信基站5,用于C-V2X网络中的信息传递,C-V2X通信基站5通过无线链路连接RSU装置4;

[0056] V2X服务器6,V2X服务器6通过无线链路连接C-V2X通信基站5,用于C-V2X网络中设备之间通信数据处理、调度与转发,V2X应用平台6包括平台管理系统61、数据开放系统62、接入鉴权系统63、数据输入单元64、数据计算单元65、数据存储单元66、数据交换单元67;

[0057] V2X应用平台7,V2X应用平台7与V2X服务器6通过有线链路通讯连接,用于C-V2X网络中通信设备的接入鉴权、数据接入、数据处理、数据存储与数据交换,并提供对外的V2X数

据服务；

[0058] 公交车运营管理系统8,公交车运营管理系统8与V2X应用平台7以及道路交通信号控制系统3之间通过有线链路通讯连接；

[0059] OBU装置9,OBU装置9设置在公交车上,OBU装置9通过无线链路连接C-V2X通信基站5,用于采集公交车位置、行驶状态信息,并把采集到的公交车位置、行驶状态信息及车辆号牌、公交线路号、运营状态信息上传；

[0060] 由OBU装置9上传的公交车的信息经RSU装置9发送至道路交通信号控制机1,并由道路交通信号控制机1上传至道路交通信号控制系统3,道路交通信号控制系统3存有GIS地图、各个路口地理位置、对应需优先公交线路号、优先公交线路行驶防线方向,道路交通信号控制系统3与公交车运营管理系统8交互得到公交车辆、公交线路、线路停靠站点地理位置、线路运营计划信息,结合GIS地图、由OBU装置上传的公交车的信息、当前时间计算优先级与公交车的到达时间并向道路交通信号控制机1发送公交信号优先请求和预计到达时间,同时根据公交车运营管理系统8的信息同步更新路口的公交优先参数表到位于路口的道路交通信号控制机1,公交优先参数表包括本路口地理位置、需优先公交线路号、优先公交线路对应行驶方向,公交优先参数表中参数信息能够通过本地设置或通过网络从道路交通信号控制系统3自动同步；

[0061] 交通信号控制机1接收到公交信号优先请求信息后,根据本地存储的公交优先参数表、道路交通信号控制系统3实时反馈的车辆优先级及当前交通信号灯1的相位的运行状态,决策是否响应优先请求,若响应则根据优先控制策略调整交通信号灯的相位,给予公交车优先通行。

[0062] 具体的,OBU装置9包括：

[0063] C-V2X通信单元91,用于通过无线链路接入C-V2X网络,进行包括车辆行驶、优先状态、优先反馈、道路路口交通状态、交通事件信息交换,C-V2X通信单元91通过UU接口与V2X服务器6通信,C-V2X通信单元91通过PC5接口与RSU装置4直接通信；

[0064] GNSS模块92,用于基于GPS、北斗、GLONASS、伽利略系统及其增强型系统进行车辆的位置信息采集；

[0065] 其他传感器模块93,包括陀螺仪、加速度传感器,用于采集信息进行辅助定位；

[0066] 显示触控单元94,用于公交优先及辅助驾驶等信息的显示和触控操作；

[0067] 信息处理计算单元95,用于车辆行驶、位置、传感、通信信息的运算与处理；

[0068] 语音单元96,用于语音控制和播报。

[0069] OBU装置9内保存车辆号牌、车辆类型、公交线路号信息,能够通过自动对接公交车的运营状态检测装置得到公交车实时运营状态,或基于显示触控单元提供的操作界面人工选择来得到公交车实时运营状态。

[0070] 基于上述的基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统的控制方法,包括以下步骤：

[0071] 步骤a:OBU装置的GNSS模块结合其他传感器模块实时采集车辆的位置、速度等行驶信息,结合OBU装置中预置的车辆号牌、车辆类型、公交线路号等信息通过无线链路传输至PC5接口通信范围内的RSU装置,同时上报V2X服务器,RSU装置接收到OBU上传的车辆信息后根据车辆类型进行传输优先级判断,高优先级车辆信息立即传输至道路交通信号控制

机,其他低优先级车辆信息则打包后在统一传给道路交通信号控制机。

[0072] 步骤b:道路交通信号控制机接收到车辆信息后,根据道路交通信号控制机与道路交通信号控制系统是否联网分别执行联网公交优先模式与脱机降级公交优先模式。

[0073] 步骤c:联网公交优先模式具体过程如下:

[0074] s1:道路交通信号控制机首先过滤异常运营状态的公交车数据,上传正常运行的公交车行驶信息至道路交通信号控制系统;

[0075] s1:道路交通信号控制系统先基于GIS地图、公交线路、车辆信息对位置点进行纠偏处理,见图4,纠偏处理的具体流程如下:道路交通信号控制系统等待接收道路交通信号控制机上传新的公交车的GPS数据,道路交通信号控制系统检查缓存数据个数是否大于N,不大于N则记录该公交车的GPS数据,返回等待接收道路交通信号控制机上传新的公交车的GPS数据,大于N则根据历史及当前速度、前后位置距离判断是否点位漂移;点位漂移则用前次位置、速度信息替换最新信息,并返回记录该公交车的GPS数据,再返回等待接收道路交通信号控制机上传新的公交车的GPS数据,否则将WGS-84坐标转换为电子地图坐标GCJ-02,然后基于历史位置及GIS道路信息确定所在路段,然后根据位置建立图形缓冲区,搜索道路临近路段并做投影,然后确定距离最近的位置点,之后判断是否在路段前个位置点前方,是则得到修正后的GPS位置对应的地图坐标,否则舍弃该位置点,重新确定距离最近的位置点;

[0076] s3:经上步骤的纠偏处理纠偏到正确道路位置后,道路交通信号控制系统进行公交车前方即将通过路口是否需要优先、当前位置到路口间是否有停靠站台的检查,检查通过后基于当前车辆位置、速度及历史情况得到的修正系数计算到达前方路口预计所需时间 Δt 、公交车的准点情况与优先级下发道路交通信号控制机,

[0077] $\Delta t = \text{车辆位置距离停车线距离} / \text{速度} + \text{修正系数} \alpha$

[0078] 其中修正系数 $\alpha = t_c + t_q - t_d$;其中 t_c 是公交车从当前位置到停车线的行程时间; t_q 是前方排队车辆延误时间; t_d 是传输链路上的时间延误;

[0079] s4:道路交通信号控制机收到上述信息后,更新本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型,到达公交车数据模型是根据路口位置划定该路口的检测路段范围,并在该路口的检测路段范围内的在运动中的公交车的数据模型,其包括对应的路口每个进口方向、车辆ID、若干个最新车辆位置、速度信息,排队公交车数据模型是根据路口位置划定该路口的检测路段范围,并在该路口的检测路段范围内的停车排队中的公交车的数据模型,其包括对应的路口每个进口方向、停止的车辆ID、排队位置信,见图5,更新本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型的具体流程如下:初始化本路口的本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型,接收纠偏后车辆位置后更新优先车辆历史位置模型,确认位置是否有变化,未有变化则重新等待接收纠偏后车辆位置,有发生变化则确认前方是否是优先路口,同时确认是否通过上个优先路口,若未通过则从前个优先路口优先车辆监控数据模型中清除本车辆信息,若不是优先路口则重新等待接收纠偏后车辆位置,是优先路口则再确认是否位于路口的检测范围内;若不位于路口的检测范围内则重新等待接收纠偏后车辆位置;于路口的检测范围内则再更新本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型;

[0080] s5:根据道路交通信号控制机在本地存储的公交优先参数表、道路交通信号控制

系统实时反馈的车辆优先级及当前交通信号灯的相位的运行状态,采用绿灯延长、红灯缩短或插入相位控制策略,调整路口的交通信号灯相位,优先放行公交车;

[0081] 见图6,绿灯延长的相位控制策略具体为:检测公交车到达后,根据到达预计所需时间 Δt ,在B相位(t_1-t_2)基础绿灯时间之内到达检测点的公交车,可通过该路口不调整;在基础绿灯时间(t_1-t_2)外到最大绿灯时间(t_2-t_3)之间到达,延长绿灯时间使到达公交车通过;以相位最大绿灯时间 t_3 为约束,即最大绿灯时间点 t_3 之后仍有公交车到达也不再进行绿灯延长;在执行绿灯延长策略时,通过小步距扩展的方式执行,在绿灯相位结束前及黄灯前 $2S\sim 3s$ 下发指令延长绿灯时间 $2S\sim 3s$,然后重复计算到达预计所需时间 Δt ,判别是否可通过,预计可通过则继续下发指令延长绿灯时间 $2S\sim 3s$,预计无法通过则不再下发延长指令,此外绿灯延时间计算还可以参考包括行人与非机动车可接受范围,一般不超过 $60s$ 、车辆的可用排队空间、行人与自行车可用的排队区域;

[0082] 红灯缩短的相位控制策略具体为当公交车在红灯时间($t_3\sim t_5$)到达,缩短公交车通行方向红灯时间;

[0083] 插入相位控制策略具体为:公交车在红灯期间($t_3\sim t_4$)到达,期间包括了红灯的相位C和相位D,且需等待多个相位时,在当前相位C或者D结尾插入公交通行相位B来使公交车尽快通过,插入的公交通行相位的时间大于 Δt ;

[0084] 最后,道路交通信号控制机通过RSU装置把对应到公交车的优先结果反馈至对应的车载OBU装置,通过OBU装置的显示触控单元或语音单元提示驾驶员,进行辅助驾驶。

[0085] 脱机降级公交优先模式具体过程如下:

[0086] 道路交通信号控制机首先过滤异常运营状态的公交车数据;通过OBU装置上传的连续的公交车位置信息判断其是否驶向本路口,是则根据道路交通信号控制机在本地存储的公交优先参数表中的需在本路口优先的公交线路号信息判断是否优先车辆,是则用道路交通信号控制机存储的本路口地理位置、公交车实时位置判断2点间直线距离是否在路口预设的优先检测段距离内,在公交车进入优先检测段后计算到达预计所需时间 Δt ,

[0087] $\Delta t = \text{车辆位置距离停车线距离} / \text{速度}$

[0088] 更新本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型,到达公交车数据模型是根据路口位置划定该路口的检测路段范围,并在该路口的检测路段范围内的在运动中的公交车的数据模型,其包括对应的路口每个进口方向、车辆ID、若干个最新车辆位置、速度信息,排队公交车数据模型是根据路口位置划定该路口的检测路段范围,并在该路口的检测路段范围内的停车排队中的公交车的数据模型,其包括对应的路口每个进口方向、停止的车辆ID、排队位置信,见图5,更新本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型的具体流程如下:初始化本路口的本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型,接收纠偏后车辆位置后更新优先车辆历史位置模型,确认位置是否有变化,否则重新等待接收纠偏后车辆位置,是则再确认是否通过本路口;否则从本路口优先车辆检测数据模型中清除本车辆信息,是则再确认是否需要优先级;否则重新等待接收纠偏后车辆位置,是则再确认是否位于路口的检测范围内;否则重新等待接收纠偏后车辆位置;是则再更新本路口的到达公交车数据模型及排队公交车数据模型;

[0089] 并根据当前路口的交通信号灯相位的运行状态进行优先相位调整,采用绿灯延长、红灯缩短或插入相位控制策略,调整路口的交通信号灯相位,优先放行公交车;

[0090] 绿灯延长的相位控制策略具体为:检测公交车到达后,根据到达预计所需时间 Δt ,在基础绿灯之内到达检测点的公交车,可通过该路口不调整在优先相位基础绿灯时间外到最大绿灯时间之间到达,延长绿灯时间使到达公交车通过;以相位最大绿灯时间为约束,即最大绿灯时间点之后仍有公交车到达也不再进行绿灯延长;在执行绿灯延长策略时,通过小步距扩展的方式执行,在绿灯相位结束前及黄灯前2S~3s下发指令延长绿灯时间2S~3s,然后重复计算到达预计所需时间 Δt ,判别是否可通过,预计可通过则继续下发指令延长绿灯时间2S~3s,预计无法通过则不再下发延长指令;

[0091] 红灯缩短的相位控制策略具体为当公交车在红灯时间到达,缩短公交车通行方向红灯时间,具体步骤如下:计算至优先相位前所有可缩减相位的全部可用缩减时间,全部可用缩减时间不大于0则不进行红灯缩短,全部可用缩减时间大于0则根据车辆优先级、排队数量及即将到达情况计算所需缩短时间,根据所需缩减时间与可用缩减时间,取较小值并根据需缩减相位的绿信比计算各个相位缩短时间;

[0092] 插入相位控制策略具体为:公交车在红灯期间到达,且需等待多个相位时,在当前相位结尾插入公交通行相位来使公交车尽快通过,插入的公交通行相位的时间大于 Δt ;

[0093] 最后,道路交通信号控制机通过RSU装置把对应到公交车的优先结果反馈至对应的车载OBU装置,通过OBU装置的显示触控单元或语音单元提示驾驶员,进行辅助驾驶。

[0094] 采用本发明的基于C-V2X的交叉口公交信号优先控制系统,基于C-V2X(Cellular Vehicle-to-Everything)的车联网技术构建的交叉口公交信号优先控制系统,C-V2X是我国车联网发展的方向,向前兼容4G向后兼容5G通信技术,相关技术成熟性价比高;通信网络低延时、高可靠;无需设置公交专用道;检测效果稳定可靠,可克服基于图像识别的方法对检测环境要求高;射频识别设备成本高、易损坏、维护工作量大,受安装条件与检测范围限制难以获取全面的道路交通状态信息;传统的GPS检测存在定位误差、信号盲区及通信延时等问题;支持双向通信优先控制的结果可反馈至公交车,对驾驶员进行驾驶提醒及辅助驾驶;

[0095] 支持公交车到道路交通信号控制机的现场物联以及信号控制中心系统与公交运营管理系统的系统间横向互联,具有通信延时低、车辆定位精度高、抗干扰性强,优先控制效果稳定、可靠,可根据公交车的实时运营状态、准点情况等信息动态调整优先级别、支持优先结果反馈等特点,控制参数分布于道路交通信号控制系统与路口的道路交通信号控制机,可在道路交通信号控制系统的GIS电子地图中标识出公交站台的位置或路口通行条件,通过调整参数或控制方法来适应后期交通渠化调整、通行条件改变、线路调整等情况;其支持与公交车运营管理系统信息交互,根据车辆线路运行计划动态调整优先级;支持通过绿灯延长后可进一步跟踪得知目标公交车是否通过路口、评估优先结果、优化优先参数,实现更加精准的优先控制,具有较高的灵活性和良好的适应性,信号机脱机时也支持降级的公交优先信号控制,适应与信号机分布于非绝对可靠的广域城域网通信场景,该系统及控制方法在交叉口有无公交专用道情况下都可使用,适用范围广。

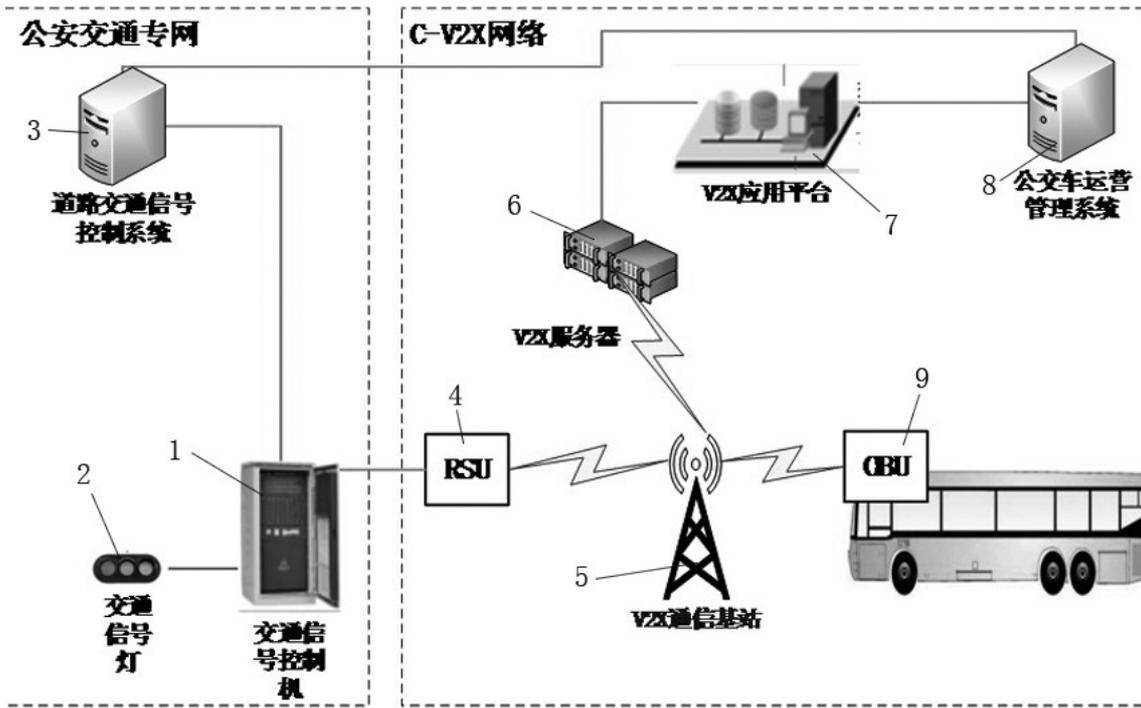


图1

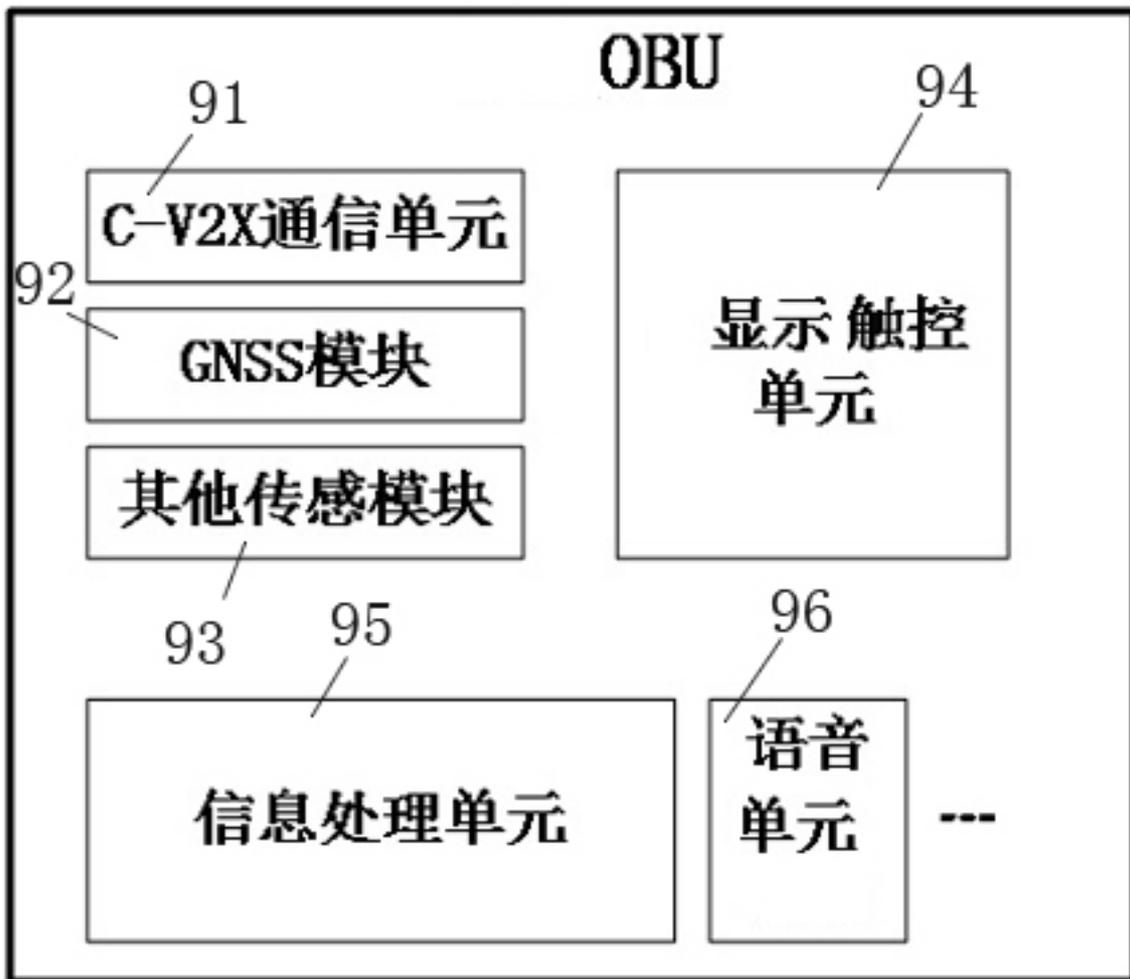


图2

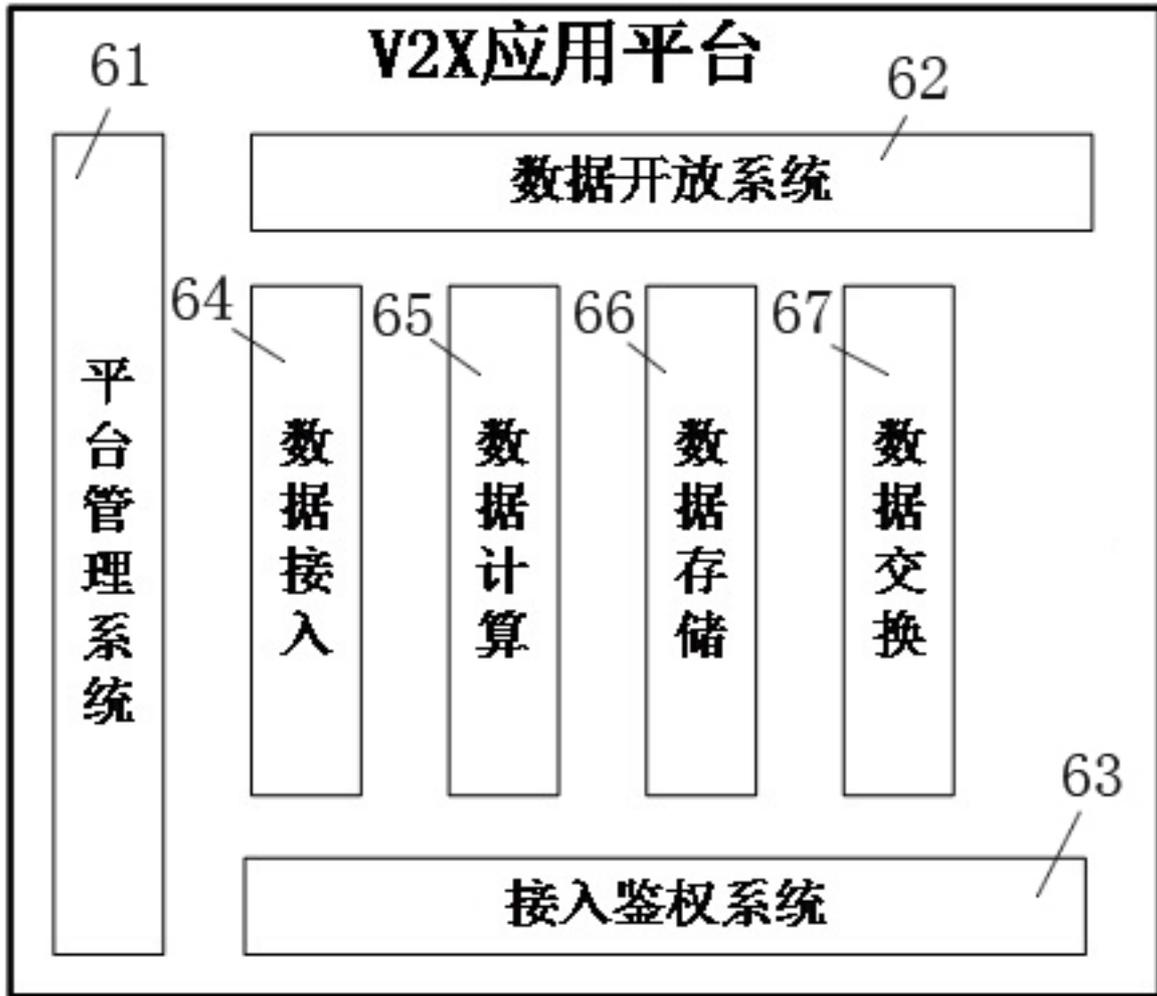


图3

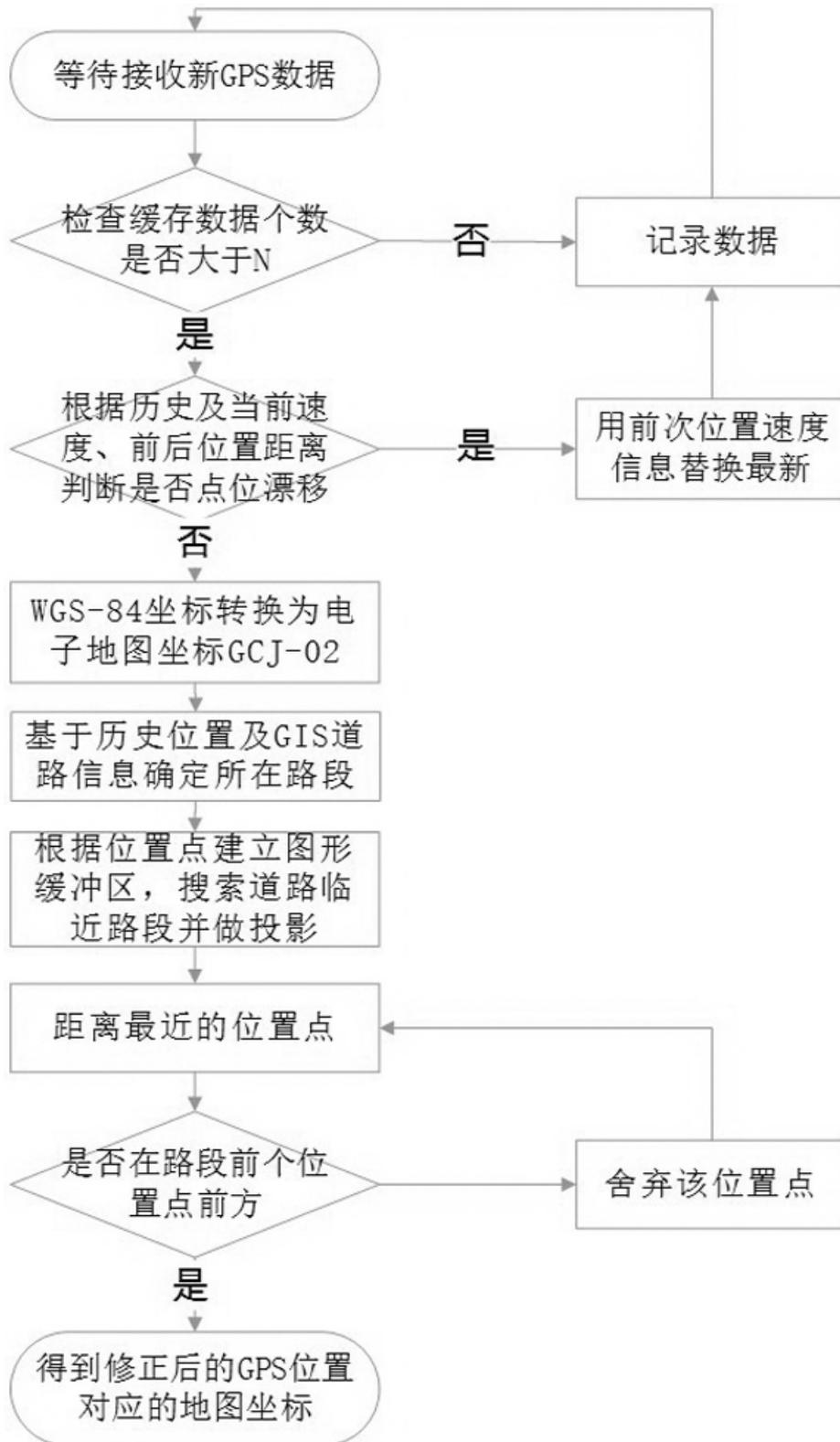


图4

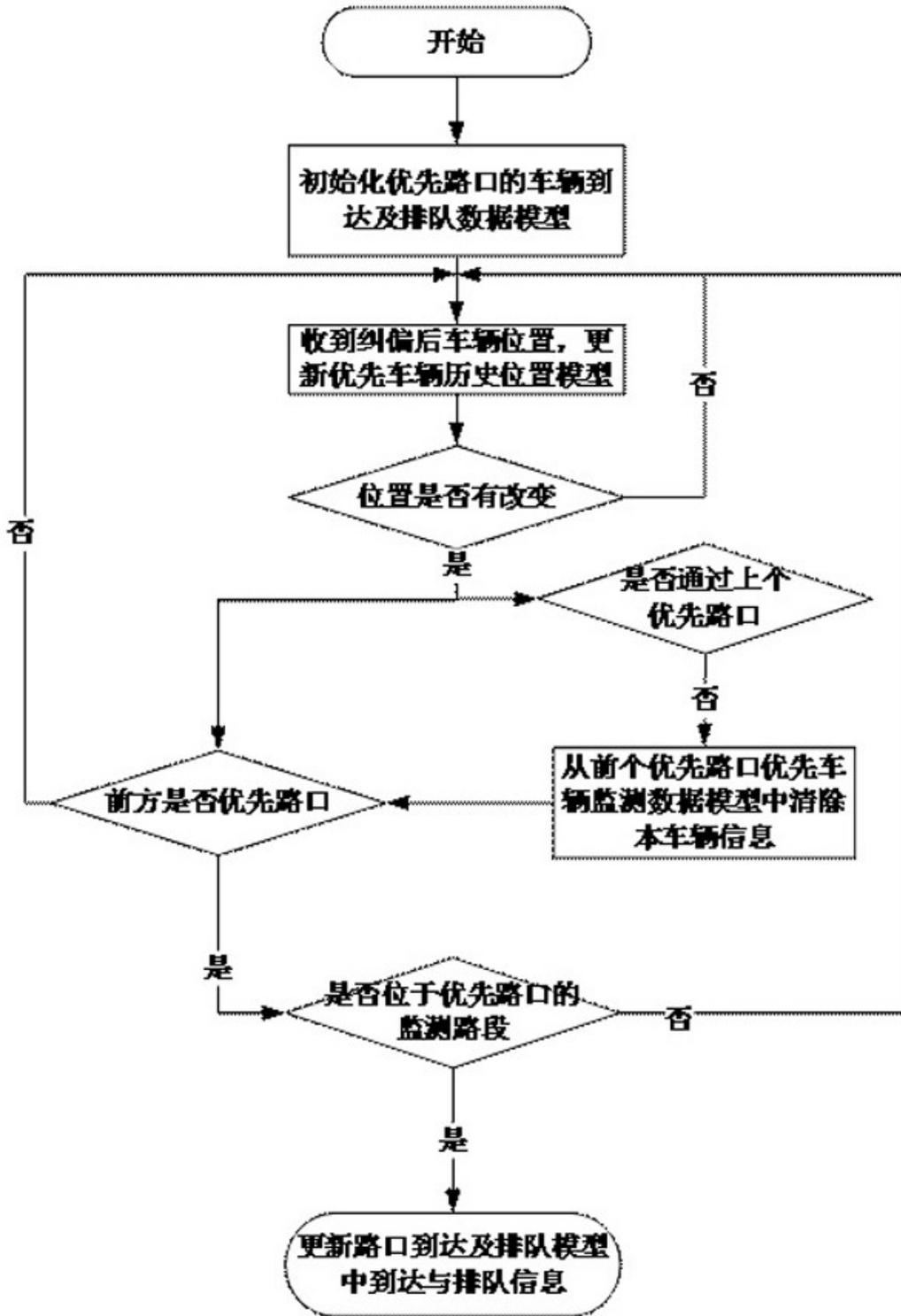


图5

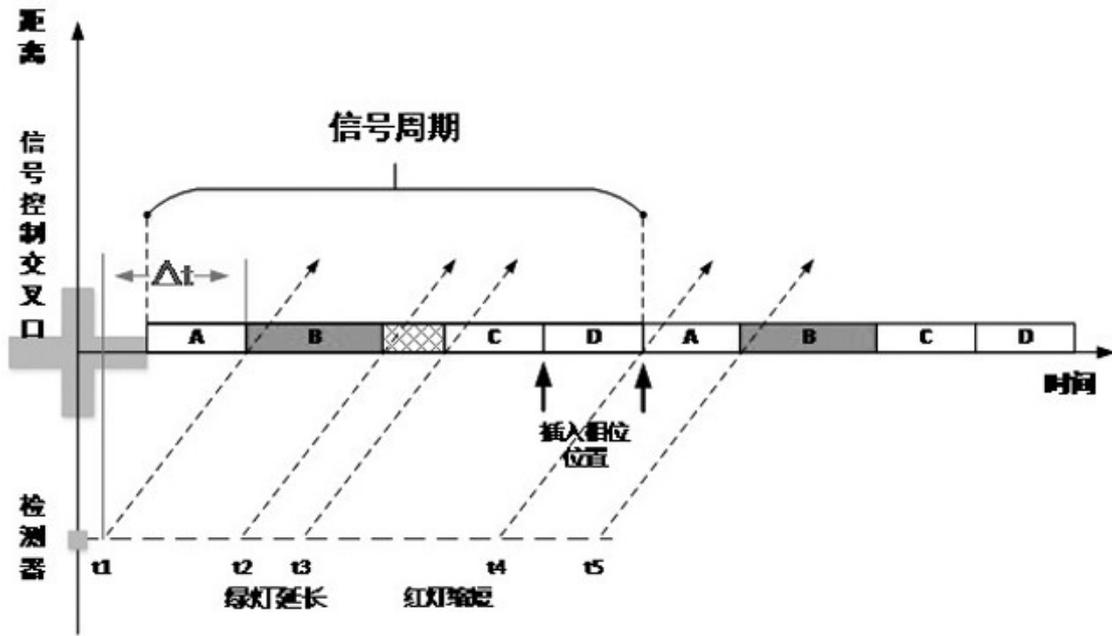


图6