

文章编号: 2095-2163(2020)09-0163-05

中图分类号: U495

文献标志码: A

基于协同交互的车载定位系统

王蓝仪, 刘欣雨, 肖广兵

(南京林业大学 汽车与交通工程学院, 南京 210037)

摘要: 本文设计了基于协同交互的车载定位系统, 主要包括车辆定位系统、Wi-Fi 无线传输模块、MSP430F149 主处理器、GSM 通信模块等。利用 Wi-Fi 无线传输模块组建车载自组织网络 (Vehicular Ad-hoc Network, VANET) 实现协同交互, 实现了在全球定位系统 (Global Position System, GPS) 信号缺失时为智能车辆提供高精度定位服务, 并实时监控道路拥堵情况。系统提供的定位服务精度高, 实时性强, 能够有效的保障智能出行的安全性。

关键词: 协同交互; 高精度定位; 车载自组织网

Vehicle positioning system based on collaborative interaction

WANG Lanyi, LIU Xinyu, XIAO Guangbing

(College of automotive and transportation engineering, Nanjing Forestry University, Jiangsu Nanjing 210037, China)

[Abstract] A vehicle positioning system based on collaborative interaction is designed. It mainly includes the vehicle positioning system, Wi-Fi wireless transmission module, MSP430F149 main processor, GSM communication module, etc. The Wi-Fi wireless transmission module is used to form a vehicle self-organizing network (Vehicular Ad-hoc Network, VANET) to achieve collaborative interaction. The software and hardware design method of vehicle positioning system based on collaborative interaction is introduced, which realizes the high-precision positioning service for intelligent vehicles when the Global Position System (GPS) signal is missing, and monitors road congestion in real time. The positioning service provided by the system has high accuracy and strong real-time performance, and can effectively guarantee the safety of intelligent travel.

[Key words] collaborative interaction; high-precision positioning; VANET

0 引言

为智能车辆提供高精度定位服务, 能够提高智能出行的安全性, 改善交通拥堵^[1]。目前, 车载定位系统主要通过 GPS 为智能车辆提供实时地理位置信息, 但其有效精度较低, 无法满足智能车辆的高精度定位要求。当 GPS 信号微弱或不可用时, 会导致定位误差过大, 甚至无法提供定位服务, 存在较大的行车隐患。郭丽芳等使用 GPS、惯性导航系统、机器视觉里程法定位与 UWB 定位 4 种方式相结合的定位方式, 能够长期稳定地提供高精度定位信息, 但其算法复杂且设备成本较高^[2]; 李晓晖等提出了一种基于 RNN 的高精度定位方法, 但其在 GPS 长期缺失的情况下, 定位精度难以满足智能车辆的要求, 在实际应用中存在一定的局限性^[3]。

本文设计的车载定位系统, 以车载自组织网络 VANET 为交互平台, 车车 (Vehicle to Vehicle, V2V)

以及车路 (Vehicle to Infrastructure, V2I) 之间基于交互的地理位置观测值对车辆的实时定位信息进行调整, 以实现车辆的高精度定位。车辆间基于位置信息的交互, 为车辆提供安全信息广播与交通堵塞诱导等服务。该系统能够实现在 GPS 信号缺失的条件下为车辆提供高时效性的精确定位服务, 且受环境因素影响小, 能够有效地保证智能车辆行驶过程中的稳定性与安全性。

1 系统模型

基于协同交互的车载定位系统由车辆定位系统、上位机控制模块、数据处理模块、无线通信模块构成。系统通过 VANET 将实时车速与车辆的实时定位信息发送到智能路基, 数据处理模块基于智能路基对车辆的地理位置观测值及车辆的实时定位信息进行调整, 并告知其广播范围内的所有车辆, 在计算该路段拥堵度后发送给上位机终端。一旦该路段

基金项目: 国家自然科学基金 (61803206); 产业前瞻与共性关键技术重点项目 (BE2017008-2); 南京林业大学青年科学创新基金 (CX2018004); 南林林业大学自制实验教学仪器项目 (nlzzyq201827); 江苏省高等学校大学生创新创业训练计划/南京林业大学大学生创新训练计划项目 (2019NFUSPITP1106)。

作者简介: 王蓝仪 (2000-), 男, 本科生, 主要研究方向: 汽车电子; 刘欣雨 (2000-), 男, 本科生, 主要研究方向: 智能车队网络通信; 肖广兵 (1984-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向: 车载网络通信。

通信作者: 肖广兵 Email: kevin061084@hotmail.com

收稿日期: 2020-05-01

拥堵度超过拥堵标准,触发预警系统,并将该信息发送到相关部门对车辆进行疏导,PC 终端能够与相关部门取得双向联系,查看道路疏导进度,指导交通精细化治理。基于协同交互的车载定位系统的模型如图 1 所示。

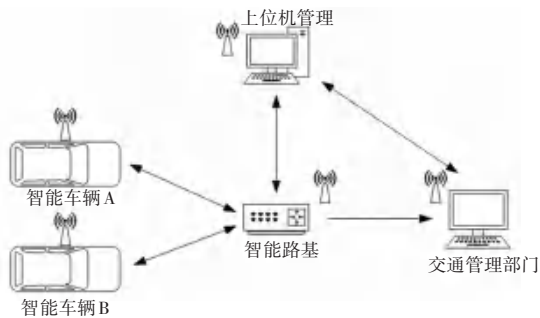


图 1 系统结构图

Fig. 1 System structure diagram

2 硬件电路设计

车载定位系统的硬件电路主要包括:电源模块、MSP430F149 控制模块和无线通信模块等。

2.1 电源模块设计

考虑到系统使用 3.3 V~5 V 的电源,本设计采用稳压元件 LM337T 通过调整滑动变阻器阻值,将经过变压器转化为 18 V 的交流电压转化为 5 V 的直流电压。其中,D8 指示电路是否正常工作,并使用稳压元件 ASM1177 将 5V 直流电压转化为 3.3 V,为相应的元件供电,电路设计图如图 2 所示。

2.2 MSP430F149 控制模块

MSP430F149 单片机是 16 位 RISC CPU,它具有处理功能、低电压、超低功耗、快速苏醒等特点。其拥有丰富的片内资源并具有 60 KB 的 Flash。能够满足定位系统为多辆智能驾驶汽车提供实时高精度定位的需求^[4]。其电路如图 3 所示。

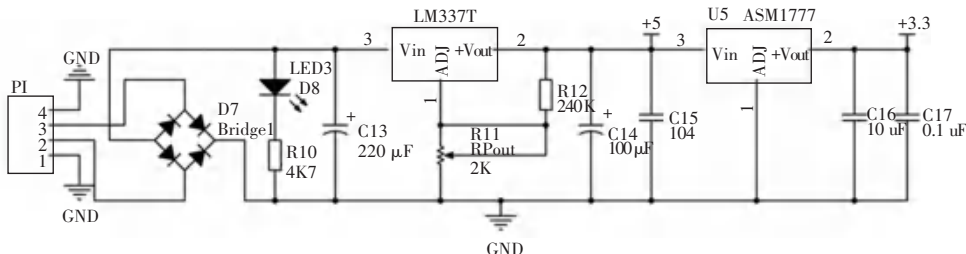


图 2 电源模块电路

Fig. 2 Power module circuit

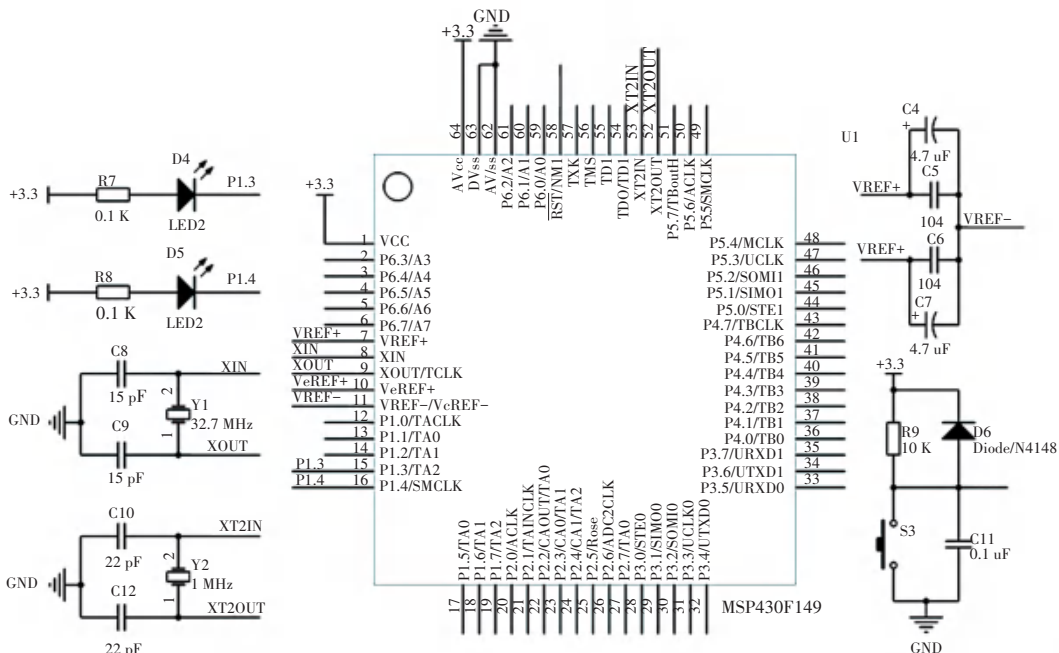


图 3 MSP430F149 处理器电路

Fig. 3 MSP430F149 processor circuit

MSP430F149 单片机基于智能车辆定位的观测值,对智能车辆交互的本地定位估计值进行修正,将

修正参数通过串口发送给 Wi-Fi 模块,通过接收的车速信息计算出该路段的拥堵度,并判断该路段是

否拥堵。当该路段的拥堵度超过拥堵标准, MSP430F149 将该路段的拥堵度通过串口发送给 GSM 模块, 以告知上位机以及交通管理部门。

2.3 无线通信模块

2.3.1 Wi-Fi 通信模块

ESP8266 串口 Wi-Fi 模块, 集成了超低功耗 32 位微型处理器, 内配闪存, 具有强大的处理和存储能力且无需编写时序信号。片内集成了 Wi-Fi MAC, 板载天线, 能够同时接收和发送 Wi-Fi 信号, 通讯距离 73 到 337 米。智能车辆与智能路基之间通过 Wi-Fi 通信模块组网, 并实现车路之间的信息之间交互, 并将交互信息传输到控制模块, 其电路如图 4 所示。

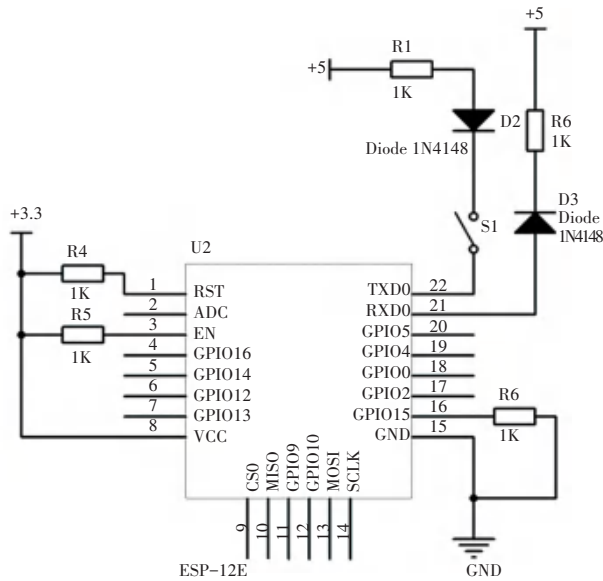


图 4 Wi-Fi 通信电路

Fig. 4 Wi-Fi communication circuit

2.3.2 GSM 通信模块

本文采用 Siemens 公司研发的 TC35i 芯片, 集成度高、兼容性好、重量轻、功耗低、可升级能力强。其主要组成结构分为: GSM 基带处理器、天线接口、GSM 射频模块、电源模块、ZIF 连接器与 Flash。TC35i 符合 ITU-T RS232 接口标准, 可以工作在 EGSM900 与 GSM1800 双频段, 并且能够快速安全可靠地实现数据、语音、短消息和传真的远距离传输, 且具有 AT 命令集接口, 支持双向传输命令与指令。

智能路基与上位机、交通管理部门之间的通信由 GSM 通信模块负责。电路设计如图 5 所示, 接通电源后, 对 IGN 引脚施加一个大于 100 ms 的低电平, 以启动 GSM 模块。电路中, RXD0 管脚, TXD0 管脚实现 TC35i 与单片机之间的通信; SYNC 管脚接 LED 用以指示 GSM 模块当前的工作状态。

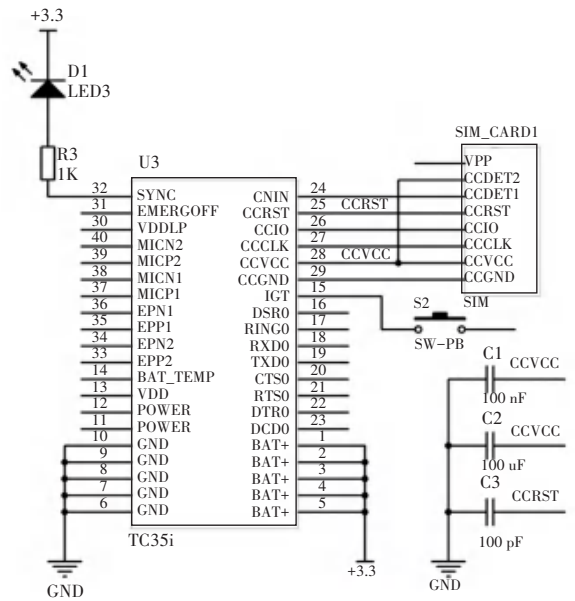


图 5 GSM 通信电路

Fig. 5 GSM communication circuit

3 系统软件设计

3.1 系统总体软件设计

该系统的软件核心是基于车路协同交互, 为智能车辆在 GPS 信号微弱或缺失路段的定位估计值进行修正。通过向 MSP430F149 芯片写入嵌入式代码实现定位修正、信号调理、无线数据收发等功能。系统流程图如图 6 所示。

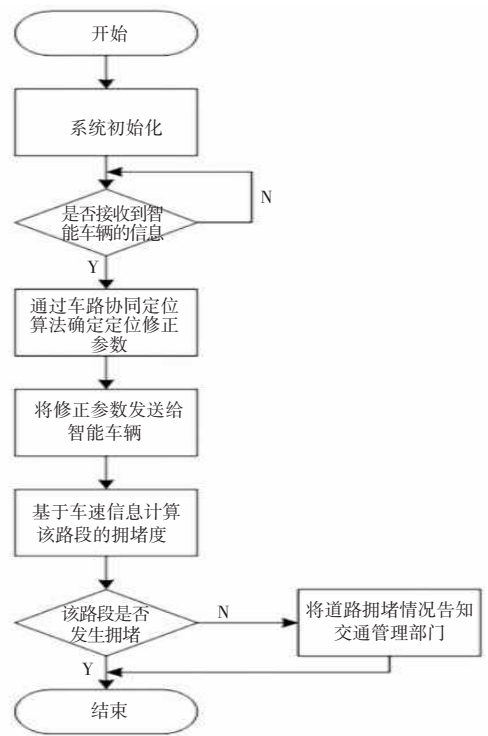


图 6 系统流程图

Fig. 6 System flow chart

当系统没有收到智能车辆的无线消息时,系统处于休眠状态。Wi-Fi 通信模块接收到智能车辆的消息后,基于车路协同定位算法确定定位修正参数,并将修正参数通过 Wi-Fi 通信模块发送给智能车辆。根据智能路基收集到当前路段的车速信息,计算该路段的拥堵度,并判断是否发生拥堵。智能路基通过 GSM 通信模块将实时道路信息告知上位机与交通管理部门,使交通管理部门能够及时对发生拥堵的路段进行疏导。

3.2 基于车路协同定位算法

定义 t^k 为第 k 轮信息交互的绝对时间,令 VANET 中所有的网络节点都维护一个线性的时钟,式(1):

$$\tau_i^k = \alpha_i t_i^k + \beta_i. \quad (1)$$

由于智能路基具有准确时间,故认为智能路基的本地时间为绝对时间, $\tau_i^{k+1} - \tau_i^k \leq 100$ ms。智能车辆在路面上做平面运动,以智能路基为原点建立平面坐标系。考虑到信息交互周期足够小,可以认为智能车辆的车速 $\vec{v}_i(\tau_i(t^k)) = (\theta, v_i(\tau_i^k))$ 在信息交互周期内保持不变,其中 θ 为车速相对 x 轴的角度。车载定位系统的定位算法具体步骤如下:

Step 1 计算出在 $(\tau_i^{k+1} - \tau_i^k)$ 时间内智能车辆的地理位置改变估计值,式(2):

$$\Delta \hat{L}_{ix}(k+1) = v_i(\tau_i^k) \cdot (\alpha t^{k+1} - \alpha t^k) + \delta_{ix}(t^{k+1}). \quad (2)$$

并将 $\Delta \hat{L}_{ix}(k+1)$, $v_i(\tau_i^k)$ 以及 τ_i^{k+1} 通过 Wi-Fi 通信模块发送给智能路基;

Step 2 智能路基接收到智能车辆于 τ_i^{k+1} 时刻发送的数据,立刻记录下本地时间 \hat{t}^{k+1} ,并计算出智能路基对于智能车辆在 $(\tau_i^{k+1} - \tau_i^k)$ 时间内地理位置改变观测值,式(3):

$$\Delta \hat{L}_{sx}(k+1) = v_i(\tau_i^k) \cdot (\hat{t}^{k+1} - \hat{t}^k) + \delta_{sx}(t^{k+1}). \quad (3)$$

Step 3 计算出智能路基对于车辆 v_i 位置的观测值后,以 $(\Delta \hat{L}_{sx}(k+1), \Delta \hat{L}_{ix}(k+1))$ 的形式记录在单片机内存中。引入一个权重参数为 $\rho_\eta = \frac{1}{k}$ 的变权重低通滤波器,式(4):

$$\eta_{is}^{k+1} = \rho_\eta \cdot \eta_{is}^k + (1 - \rho_\eta) \cdot \frac{\Delta \hat{L}_{sx}(k)}{\Delta \hat{L}_{ix}(k)}. \quad (4)$$

Step 4 基于滤波结果,通过式(5)和式(6)计算出修正参数:

$$\hat{\alpha}_i(k+1) = \rho_c \hat{\alpha}_i(k) + (1 - \rho_c) \eta_{is}^{k+1}. \quad (5)$$

$$\hat{o}_i(k+1) = (1 - \rho_o) (\hat{L}_{sx}(t^k) - \hat{L}_{ix}(\tau_i(t^k))) + \hat{o}_i(k). \quad (6)$$

其中, $\hat{\alpha}_i(k+1)$ 为第 $k+1$ 轮相对漂移量修正; $\hat{o}_i(k+1)$ 为第 $k+1$ 轮相对偏移量修正; ρ_c 与 ρ_o 为权重参数,且 $\rho_c = \frac{1}{k}$ 。

4 实验与仿真

在一个路段进行车辆定位的实车道路试验,如图7所示。智能车辆沿着虚线路径驶过该路段,智能车辆与智能路基均装备有基于协同交互的车载定位系统,车速 v 均值为 10 m/s,车辆与基站之间具有不超过 20 ms 的随机通信时延。

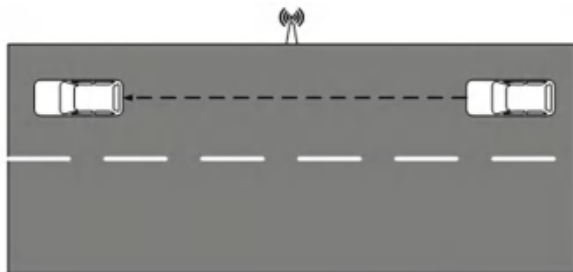


图7 智能车辆与智能路基协同定位

Fig. 7 Cooperative positioning of intelligent vehicles and intelligent roadbed

基于每轮交互后得到的地理位置修正值,可得定位误差值,如图8所示。

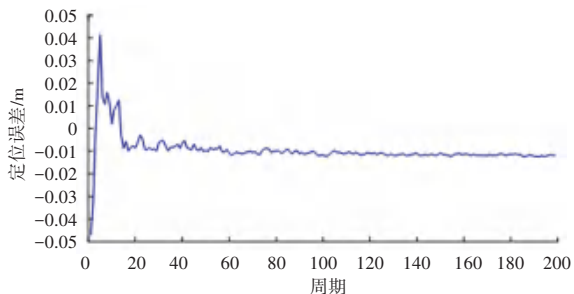


图8 定位误差

Fig. 8 Positioning error

实验结果表明,当车辆以非匀速行驶在 GPS 信号微弱或缺失路段时,基于协同交互的车载定位系统能够有效的增加定位的精度。当智能车辆驶过 200 m 时,定位误差仅为 -0.01 m 左右,可见该车载定位系统能够为智能车辆提供实时高精度定位服务。

5 结束语

本文结合基于车路协同定位算法与无线通信技
(下转第 170 页)