

多传感器协同驾驶系统的设计

刘维维^{1,2}, 厉丹^{2*}, 王立恺¹, 李盘山³, 勾炜焯²

¹徐州市公安局交通警察支队科技大队, 江苏 徐州

²徐州工程学院信息工程学院(大数据学院), 江苏 徐州

³江苏智控电气设备有限公司, 江苏 徐州

收稿日期: 2022年3月15日; 录用日期: 2022年4月13日; 发布日期: 2022年4月20日

摘要

基于多传感器联合配准融合的驾驶系统和融合方法, 包括相互通信的前车和后车, 所述前车和后车上均设置有信息传感单元、通信单元、控制单元和信息融合单元。前车或后车与当前车辆的超声波测距信息并融合通讯误差, 进而判断当前车辆相对于前车或后车的运动状态, 并通过向控制单元发送指令调整车辆行驶状态, 实现了将车辆本身的多传感器信息与经通讯获得导航信息进行融合, 系统的设计可以提高车辆导航精度。

关键词

多传感器联合, 驾驶系统, 信息融合

Design of Multi-Sensor Cooperative Driving System

Weiwei Liu^{1,2}, Dan Li^{1*}, Likai Wang², Panshan Li³, Weixuan Gou²

¹Science and Technology Brigade of Traffic Police Detachment of Xuzhou Public Security Bureau, Xuzhou Jiangsu

²College of Information Engineering (College of Big Data), Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou Jiangsu

³Jiangsu Zhikong Electrical Equipment Co., Ltd., Xuzhou Jiangsu

Received: Mar. 15th, 2022; accepted: Apr. 13th, 2022; published: Apr. 20th, 2022

Abstract

The driving system and fusion method based on multi-sensor joint registration and fusion include a front vehicle and a rear vehicle communicating with each other. The front vehicle and the rear

*通讯作者。

文章引用: 刘维维, 厉丹, 王立恺, 李盘山, 勾炜焯. 多传感器协同驾驶系统的设计[J]. 软件工程与应用, 2022, 11(2): 330-334. DOI: 10.12677/sea.2022.112035

vehicle are provided with an information sensing unit, a communication unit, a control unit and an information fusion unit. The ultrasonic ranging information of the front or rear vehicle and the current vehicle and the communication error are fused, and then the motion state of the current vehicle relative to the front or rear vehicle is judged. By sending instructions to the control unit to adjust the vehicle driving state, the multi-sensor information of the vehicle itself is fused with the navigation information obtained through communication. The design of the system can improve the vehicle navigation accuracy.

Keywords

Multi-Sensor Joint, Driving System, Information Fusion

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

单个车辆的多传感器融合得到了国内外一些学者的研究，但车辆之间的信息融合研究较少。研究表明在组合导航系统中采用多传感器信息融合技术可以扩展整个系统的时间和空间覆盖率，增加系统的信息利用率，提高融合数据的置信度和精度，增强系统的容错性和可靠性[1] [2]。在多传感器组合中，常用的传感器有：全球定位系统(GPS)、雷达、超声波测距仪、CCD 相机等。这些传感器及其子系统在精度、可靠性、使用范围等方面都各有优缺点，如何将传感器及其子系统有机地组合起来，对多传感器及其子系统进行有效的管理、控制、决策、故障诊断，提高整个导航系统的综合性能，正是研究多传感器信息融合技术的目的和意义所在[3]。

尽管单个车辆的多传感器集成得到了一些研究，但考虑车辆之间通讯的信息融合研究较少[4] [5]。现在有人在假设车辆之间通讯没有任何误差的情况下，对车辆之间的信息融合作了探索，但实际应用中，车辆之间的通讯会受到各种干扰因素的影响，会存在通讯误差以及通讯中断等[6] [7]。在对车辆之间的信息进行融合时，必须考虑到通讯系统带来的影响[8] [9]。为了综合利用车辆本身多传感器数据信息以及经车辆间通讯获得的相邻车辆传感器数据信息，有必要研究一种基于车辆多传感器和车辆间通讯信息融合的车辆协同驾驶系统。

2. 系统结构

基于多传感器联合配准融合的驾驶系统和融合方法，考虑车辆之间通讯的信息融合，能够将车辆本身的多传感器信息与经通讯获得的导航信息进行融合，提高车辆导航精度。基于多传感器联合配准融合的驾驶系统，包括相互通信的前车和后车，所述前车和后车上均设置有信息传感单元、通信单元、控制单元和信息融合单元。系统结构如图 1 所示。

通过在相互通信的前车和后车上设置信息传感单元、通信单元、控制单元和信息融合单元，其中，信息融合单元采用车载控制芯片，用于综合本车的 GPS 信息、当前车辆与前车或后车的雷达测距信息、当前车辆与前车或后车的超声波测距信息以及通过通信单元获取的前车或后车传感器获得的 GPS 信息、前车或后车与当前车的雷达测距信息、前车或后车与当前车辆的超声波测距信息并融合通讯误差，进而判断当前车辆相对于前车或后车的运动状态，并通过向控制单元发送指令调整车辆行驶状态，实现了将车辆本身的多传感器信息与经通讯获得导航信息进行融合，充分融合了车辆之间通讯的误差信息。

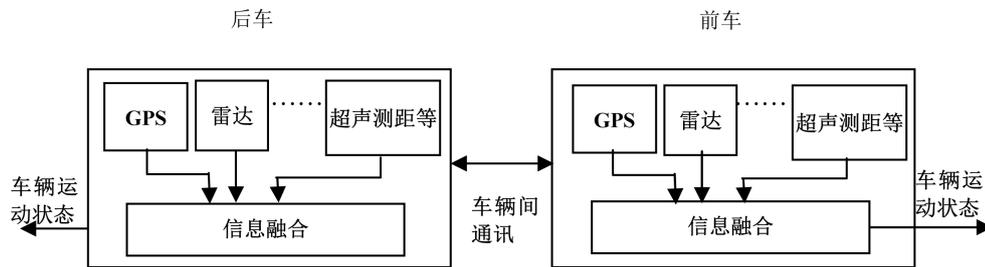


Figure 1. System structure
图 1. 系统结构

3. 系统功能模块

信息传感单元包括 GPS 传感器、激光雷达测距传感器和超声波测距传感器，GPS 传感器用于接收卫星信号，对当前车辆进行实时定位；激光雷达测距传感器用于实时获取当前车辆与前车或后车的雷达测距信息；超声波测距传感器用于实时获取当前车辆与前车或后车的超声波测距信息。

通信单元包括信号接收传感器和信号发射传感器，所述信号接收传感器用于接收信息传感单元的信息数据信号，信号发射传感器用于将接收到的信息传感单元的信息数据信号发送至信息融合单元。

控制单元包括自动转向控制机构、自动油门控制机构、车辆自动制动机构和自动灯光系统；通信单元采用基于专用短程的通讯协议或 Zigbee 通讯协议进行通信。

信息融合单元采用车载控制芯片，用于综合本车的 GPS 信息、当前车辆与前车或后车的雷达测距信息、当前车辆与前车或后车的超声波测距信息以及通过通信单元获取的前车或后车传感器获得的 GPS 信息、前车或后车与当前车的雷达测距信息、前车或后车与当前车辆的超声波测距信息并融合通讯误差，进而判断当前车辆相对于前车或后车的运动状态，并通过向控制单元发送指令调整车辆行驶状态。

4. 多传感器融合步骤

1) 通过 GPS 获取车辆信息，用公式表示为：

$$p_n^G(k) = p_n(k) + \tau^G v_n(k) + \varepsilon_n^p(k) \tag{1}$$

$$v_n^G(k) = v_n(k) + \varepsilon_n^v(k) \tag{2}$$

式中： $p_n^G(k)$ 为通过 GPS 获得的包含测量误差的车辆位置信息， $v_n^G(k)$ 为通过 GPS 获得的包含测量误差的车辆速度信息； $p_n(k)$ 为车辆实时位置信息， $v_n(k)$ 为车辆实时速度信息； τ^G 为系统时间偏差， $\varepsilon_n^p(k)$ 和 $\varepsilon_n^v(k)$ 为高斯白噪声以表示 GPS 的随机测量误差。

2) 对步骤 1) 中的 GPS 信息进行简化，简化后的公式为：

$$z_n^G(k) = h^G(x_n(k), \tau^G) + v_n^G(k) \tag{3}$$

其中， $z_n^G(k) = \begin{bmatrix} p_n^G(k) \\ v_n^G(k) \end{bmatrix}$ ， $v_n^G(k) = \begin{bmatrix} \varepsilon_n^p(k) \\ \varepsilon_n^v(k) \end{bmatrix}$ 。

3) 通过激光雷达测距传感器获取当前车辆与前车或后车的雷达测距信息，用公式表示如下。 $z^R(k)$ 为后车的激光雷达测距传感器获得的前车相对于后车的距离和方位信息， $h^R(\cdot)$ 为激光雷达测距传感器的测量函数， η^R 为激光雷达测距传感器的系统偏差， $v^R(k)$ 为高斯白噪声以表示激光雷达测距传感器的随机测量误差；

$$z^R(k) = h^R(x_1(k), x_2(k)) + \eta^R + v^R(k) \tag{4}$$

4) 通过信息融合单元收集单个车辆的运动状态, 用公式表示为:

$$\mathbf{x}_n(k) = \mathbf{F}_n \mathbf{x}_n(k-1) + \mathbf{w}_n(k-1) \quad (5)$$

其中, n 的取值为 1 或 2, 当 n 取 1 时表示后车, n 取 2 时表示前车, \mathbf{F}_n 为状态转移矩阵, $\mathbf{w}_n(k)$ 为高斯白噪声以表示系统的建模误差, $\mathbf{x}_n(k) = (p_n(k), v_n(k))$ 为车辆的运动状态, k 为各离散时刻。扩维状态的当前车辆的运动状态用公式表示为:

$$\mathbf{x}(k) = \mathbf{F}\mathbf{x}(k-1) + \mathbf{w}(k-1) \quad (6)$$

其中, $\mathbf{x}(k) = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1(k) \\ \mathbf{x}_2(k) \end{bmatrix}$, $\mathbf{w}(k) = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_1(k) \\ \mathbf{w}_2(k) \end{bmatrix}$, $\mathbf{F} = \begin{bmatrix} \mathbf{F}_1 & \\ & \mathbf{F}_2 \end{bmatrix}$ 。

融合信息单元中收到的前车的包含通讯误差的 GPS 信息用公式表示如下, 其中: $\mathbf{z}_2^G(k)$ 为后车可通过车辆间的通讯获得前车的 GPS 测量数据, $\xi(k)$ 和 $\gamma(k)$ 是服从两点分布的白噪声变量。

$$\mathbf{z}_2^G(k) = \xi(k)\mathbf{z}_2^G(k) + (1-\xi(k))\gamma(k)\mathbf{z}_2^G(k-1) + (1-\xi(k))(1-\gamma(k))\mathbf{z}_2^G(k-1) \quad (7)$$

5) 得到经融合信息单元融合后的车辆运动状态, 用公式表示为:

$$\mathbf{z}(k) = h(\mathbf{x}(k), \xi(k), \gamma(k), \boldsymbol{\eta}) + \mathbf{v}(k) \quad (8)$$

其中, $\mathbf{z}(k) = \begin{bmatrix} \mathbf{z}_1^G(k) \\ \mathbf{z}_2^G(k) \\ \mathbf{z}^R(k) \end{bmatrix}$, $\boldsymbol{\eta} = \begin{bmatrix} \tau^G \\ \boldsymbol{\eta}^R \end{bmatrix}$ 。

采用最大值期望(Expectation Maximization)算法和卡尔曼滤波平滑算法推导联合配准和融合估计模型, 以对车辆的运动状态和传感器配准参数进行迭代估计, 如图 2 所示, E-Step: 根据已估计的配准参数 $\hat{\boldsymbol{\eta}}^{(t)}$ (初始值猜测记为 $\hat{\boldsymbol{\eta}}^{(0)}$), 通过联合配准和融合估计模型对车辆运动状态进行估计, 然后求得联合配准和融合估计问题对配准参数 $\boldsymbol{\eta}^{(t)}$ 的条件期望; M-Step: 通过使 E-Step 求得的条件期望最大化, 求取配准参数的更新 $\hat{\boldsymbol{\eta}}^{(t+1)}$, 通过多次迭代即可求得车辆的运动状态 $\mathbf{x}(k)$ 和配准参数 $\boldsymbol{\eta}$ 的估计值。

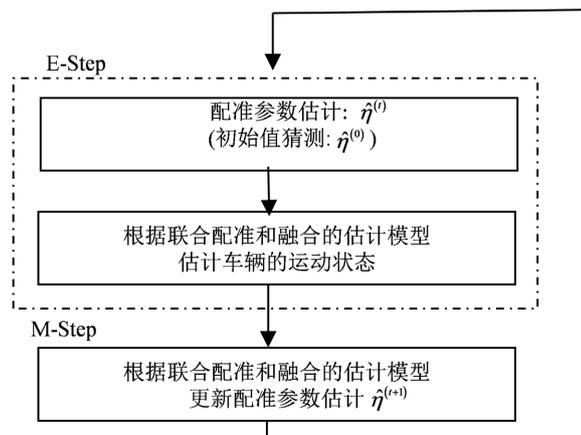


Figure 2. Iterative estimation flow chart

图 2. 迭代估计流程图

5. 总结

基于多传感器联合配准融合的协同驾驶系统, 包括相互通信的前车、后车, 所述前车、后车上均设

置有信息传感单元、信息融合单元、通信单元、控制单元,所述信息传感单元用于实时获取当前车辆的 GPS 信息、当前车辆与前车或后车的雷达测距信息、当前车辆与前车或后车的超声波测距信息;所述信息融合单元用于综合本车的 GPS 信息、当前车辆与前车或后车的雷达测距信息、当前车辆与前车或后车的超声波测距信息以及通过通信单元获取的前车或后车传感器获得的 GPS 信息、前车或后车与当前车的雷达测距信息、前车或后车与当前车辆的超声波测距信息并考虑通讯误差,进而判断当前车辆相对于前车或后车的运动状态,进而更好地通过控制单元调整车辆行驶状态。

基金项目

徐州科技计划项目(KC21303),江苏省产学研合作项目(BY2021159),江苏省大学生创新创业计划项目(xcx2021315),江苏省第六期“333工程”资助。

参考文献

- [1] 李云鹏,侯凌燕,王超.基于YOLOv3的自动驾驶中运动目标检测[J].计算机工程与设计,2019,40(4):1139-1144.
- [2] 白丽赞,胡学敏,宋昇,童秀迟,张若晗.基于深度级联神经网络的自动驾驶运动规划模型[J].计算机应用,2019(10):2870-2875.
- [3] 马得花,闫宏亮.全卷积神经网络的车辆点云目标精细化检测[J].测绘科学,2020,45(3):95-102
- [4] 王洪波,罗贺,刘心报,杨善林.车联网环境下基于等距映射的证据推理方法[J].系统工程理论与实践,2015(6):1582-1594.
- [5] 叶鹏君.基于图像识别的列车司机驾驶行为监测及关键技术研究[D]:[硕士学位论文].北京:北京交通大学,2020.
- [6] 戴荣健,丁川,鹿应荣,赵福全.自动驾驶环境下车辆轨迹及交通信号协同控制[J].汽车安全与节能学报,2019(4):531-539.
- [7] 刘洋.基于多传感器的车辆环境感知技术研究[D]:[硕士学位论文].长春:长春理工大学,2020.
- [8] 王中宇,倪显扬,尚振东.利用卷积神经网络的自动驾驶场景语义分割[J].光学精密工程,2019(11):2429-2438.
- [9] 都凯悦.无人驾驶车辆的路面信息感知技术研究[D]:[硕士学位论文].长春:长春理工大学,2018.