

浅析自动驾驶导航技术现状与发展趋势

代宏 王强 金灿灿 张伟

(重庆长安汽车股份有限公司 401120)

摘要:随着我国北斗定位系统和5G技术的投入使用,开展基于移动互联和北斗定位的自动驾驶车辆研究受到广泛的关注。导航系统的精度、可靠性与成本成为制约自动驾驶车辆产业化的关键因素,本文主要以车辆导航的基本原理、技术路线为切入点,浅析自动驾驶车辆导航技术研究现状,并对其发展趋势进行阐述。

关键词: 自动驾驶 导航技术 高精度定位 人工智能

基于GPS的导航系统已经广泛应用于车辆导航,其与移动互联、车身总线技术的融合显著提高了车辆驾驶与乘坐的舒适性和安全性。常规的车辆导航采用“数据+地图”的模式进行工作,其对地图精度和GPS信号质量都非常敏感,且无法对道路场景进行有效识别,无法适

用于自动驾驶车辆的需求。定位与导航系统作为道路环境感知、车辆控制决策以及车辆安全行驶等功能的实现基础,是自动驾驶车辆的重要组成部分。随着我国北斗导航系统和5G技术的投入使用,开展基于移动互联和北斗定位系统的自动驾驶车辆研究受到了广泛的关注。本

文以自动驾驶领域具有代表性的多源传感器融合和视觉/激光雷达导航方案为切入点,对自动驾驶车辆导航技术的基本原理和研究现状进行阐述。

1 自动驾驶车辆导航定位需求

美国汽车工程师学会(SAE)制定了智能汽车分级标准,包括一级驾驶辅助、二级部分自动驾驶、三级有条件自动驾驶、四级高度自动驾驶与五级完全自动驾驶。国外自动驾驶汽车研究以谷歌和特斯拉为首,其中前者采用离线构建的高精度地图,结合64线LIDAR、GPS、惯性测量单元(IMU)以及摄像机等多源数据融合实现快速的自动驾驶决策,后者则率先推出商业化的SAE三级自动驾驶车辆,其采用“低成本传感+高性能计算”方案实现自动驾驶车辆的量产,以视觉进行道路目标识别,采用超声波雷达进行自主避障。国内汽车生产商如长安汽车等多以单项技术为突破点进行自动驾驶汽车的研究,如并线辅助、追尾预警、自动泊车以及编队跟车等功能。

任何移动载体的导航都需要获得自身位置数据和航向数据,单一的定位与导航系统无法满足自动驾驶汽车复杂的运行环境,以百度BIT号自动驾驶汽车为例,其采用GPS/电子罗盘/DR多源组合导航技术进行车辆的定位与导航,激光雷达检测车辆周围的障碍物信息,

摄像机进行道路信息的识别,里程计测量车辆的速度和行程。差分GNSS的定位精度受移动站至基站布设点距离影响较大,且GNSS更新率较低难以满足车辆高速行驶的要求^[1]。基于电子罗盘与角速率融合的车辆航向精度估计,受陀螺精度和车辆机动方式影响较大,如何在降低组合导航系统成本的同时保证车辆姿态和位置的精度与实时性成为自动驾驶车辆的迫切需求。

2 车辆导航技术原理与特点

2.1 GNSS/INS/里程计组合导航

GNSS具有长时精度高、全天候工作等特点,以诺瓦泰OEM718D板卡为例其在开阔地带单点双频定位精度可达到1.5m左右,但其易受干扰无法单独作为汽车自动驾驶的定位系统。惯性导航系统(INS)具有自主性高、抗干扰能力强以及短时精度高等特点,利用其与GNSS误差的互补特征可构建高可靠的车载组合导航系统。此外车辆固有的传感器如里程计,可为GNSS/INS组合导航系统提供冗余观测量,实现对IMU偏置误差的精确补偿,进而在保证组合导航系统精度与可靠性的同时,降低导航系统的成本。Falco等人研究表明基于低成本IMU(MPU-9250)、GNSS模块(NV08C-CSM)及车载里程计构建组合系统可获得与厘米级专业定位设备相当的定位精度,导航设备成本下降显著

[2]。目前基于多源异构数据融合技术的导航系统多基于卡尔曼滤波(KF)实现,其采用车辆运动学或者INS的系统误差模型,在贝叶斯滤波框架下基于含噪声的量测数据对车辆的位置、速度及姿态进行实时估计。随着微处理器计算性能的提高,学术和工业界针对载体机动和环境噪声引入的组合系统随机不确定性、非线性等开展了大量的研究工作,针对性的提出了扩展卡尔曼滤波、无迹卡尔曼滤波以及鲁棒卡尔曼滤波等方法,显著的改善了组合导航系统的适用性。

2.2 视觉与激光雷达导航

基于GNSS的组合导航系统仅能提供车辆在大地图面中的位置,即其以车辆经纬度和姿态形式输出导航参数,结合路径规划手段可以实现车辆的自主导航。但开放环境下的自动驾驶汽车需要车辆周围环境和车道特征进行行驶行为的自主决策,即需要以视觉和激光雷达(LIDAR)为代表的局部环境感知传感器。通过建立不同坐标系和测量参数的映射关系,可以增强车辆姿态获取的可靠性,同时将行驶环境中物体的特征,如方向和距离,引入到以绝对位置为基准的坐标系下,可获得车辆周围环境的实时动态场景。视觉是结合光学、微电子技术和计算机技术及车辆运动特点形成的非接触式测量手段,具有

特征参数丰富、成本低等特征,其可以模拟驾驶员的眼睛获取环境图像特征^[3]。然而视觉易受天气变化影响,如光线强度、光源角度以及摄像机曝光程度等因素影响,使得其使用范围受限。此外,车辆速度较大时,受限于摄像机拍摄频率的限制会产生错误纹理特征和运动模糊等问题。虽然基于机器视觉的导航算法已经非常成熟,但单纯依靠视觉的自动驾驶车辆在2007年的DARPA城市挑战赛中并没有获得最好的结果。卡耐基梅隆大学团队研制的“Boss”自动驾驶车辆获得当年DARPA城市挑战赛第一名,其感知环节除了高动态摄像机Point Grey Firefly外还集成了GPS/IMU组合导航系统(Applanix POS-LV 220/420)、Velodyne 64线LIDAR和SICK的LMS 291-S05/S14 LIDAR^[4]。LIDAR利用具有高度方向特性的激光束在空间和时间上的相关性,实现光源至反射点的精确距离测量,部分LIDAR在记录脚点空间信息的同时,还能同步记录脚点的激光回波反射率,为分辨环境特征提供额外的信息。在二维结构化环境中LIDAR的测量能够描述所有元素,所以挑战赛中的大部分车辆局采用了SICK的一维或者二维LIDAR,将其与视觉组合可以实现自动避障和快速的行驶决策。采集车辆三维环境下的信息对导航定位更加有用,随着LIDAR技术的成熟和国产LIDAR的量产,建立基于视觉和LIDAR辅助的

多源组合导航与自主决策系统必将推动我国自动驾驶车辆的研发与量产。

3 高精度车辆定位导航技术发展趋势

3.1 多模多频高精度GNSS定位

随着北斗定位系统开始提供全球化服务,研究基于多星座卫星信号组合的定位方式获得了广泛的关注,一方面受限于GPS的广泛应用与普及,开发北斗单模定位模块无论在性能上、成本和适用性都会带来新问题,另一方面集成多个星座的测量信息可以显著的提高GNSS定位的连续性和稳定性,如城市峡谷环境下基于多模的接收机可以获得更多的可见卫星和更低的定位几何精度因子。此外基于GNSS多频段信号开展电离层误差补偿、卫星捕获与跟踪辅助等接收机技术的研究,可以在降低接收机成本的同时,提高其定位性能,如小米公司Mi8采用Broadcom BCM4775芯片组可接收GPS L1/L5双频段的信号^[5],在室外环境下能达到车道级精度,在城市峡谷场景中对多路径和非视距信号都具有更高的抵抗力。此外利用移动通信手段为GNSS接收机提供辅助数据,如频率偏移、码延迟等可显著缩短接收机的初次启动时间,其中3G采用CDMA技术可以提供微秒级的时间精度,完全适用于卫星捕获过程码延迟的辅助,随着5G技术的普及和更小的时间延迟,基于移动网络的GNSS辅助技术必将推动多模多频高精

度接收机技术的快速发展。

3.2 深层次多源组合导航结构

虽然学术界的研究非常活跃,但受限于LIADR和INS的高成本实际量产的自动驾驶汽车均无法达到SAE定义的第四级标准。近年来开发面向民用汽车的高性价比组合导航系统成为学界关注的热点,基于多源异构异质数据开发低成本自主导航系统是产业界首选方案,如特斯拉提出低成本传感器配合高性能计算的方案解决感知环节成本的问题。百度的BIT自动驾驶汽车基于GNSS/INS/里程计的松组合实现车辆的定位与定姿,其定位可靠性与连续性在城市峡谷环境、隧道和地下停车场内均无法保证。构建基于各导航系统量测数据的组合结构,可提高组合定位系统的连续性,例如基于GNSS伪距和伪距率与INS进行紧组合导航可显著改善GNSS在卫星数目小于4情况下无法定位的问题。将视觉里程计、LiDAR相对定位等技术与GNSS/INS/里程计等进行组合,可以在不同空间尺度上进行数据融合,有助于提高车辆导航定位和行驶环境智能感知的可靠性和精确性。利用异质异构数据测量误差的互补特征,可将某一系统测量值用于辅助另一系统测量值的输出,例如基于INS测量的比力对GNSS接收机跟踪环路进行辅助,或者基于GNSS/INS输出结果对视觉特征提取过程Hough变换进行辅助等等。国内量产的组

合导航系统多基于进口板卡进行数据融合,板卡的原始数据输出协议常不对一般用户开放,所以组合结构多为松组合。随着国内定位芯片技术的成熟,将学术界成熟的紧组合算法移植到嵌入式系统中,搭建芯片级的多源组合导航结构成为降低自动驾驶汽车导航系统成本的发展趋势。

4 结束语

本文围绕自动驾驶汽车导航定位需求对其

导航技术进行了分析,结果表明通过融合现有导航系统中绝对定位、相位定位和自主避障等环节所需的传感器,能够满足自动驾驶车辆的需求。然而受限于自动驾驶系统对导航产品高可靠、低成本的要求,现有基于单一视觉导航或者多源组合导航方案都无法满足自动驾驶汽车量产要求。此外结合北斗定位和5G技术,本文对我国自动驾驶汽车导航技术的发展趋势也进行了简述。

参考文献:

- [1]赵佳,刘清波.自动驾驶汽车高精度定位导航技术路线分析[J].客车技术与研究,2018,4: 8-10.
- [2]Falco G.,Nicola M.,Pini M.Positioning based on tightly coupled multiple sensors:a practical implementation and experimental assessment[J]. IEEE Access,2018,6: 13101-13116.
- [3]陈慧岩,熊光明,龚建伟,等.自动驾驶汽车概论[M].北京理工大学出版社,2014.
- [4]Buehler M.,Lagnemma K.,Singh S.The DARPA urban challenge—Autonomous vehicles in city traffic [M].Springer,2009.
- [5]百度百科.小米8.[EB/OL].<https://baike.baidu.com/item/%E5%B0%8F%E7%B1%B38/22592865?fr=Aladdin>,2019-8-17.