DOI:10.13203/j.whugis20250196 文章编号:1671-8860(2026)04-0867-01

面向多元化场景的视觉惯性定位与建图方法研究

周宇轩 武汉大学测绘学院,湖北 武汉,430079

Research on Visual-Inertial Localization and Mapping for Diverse Scenarios

ZHOU Yuxuan School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, Wuhan 430079, China

中图分类号:P228 文献标识码:D

北斗卫星导航系统是中国重要的空间信息基础设施,基于“北斗+”的空间位置服务广泛应用于各种智能终端设备,为空间应用提供了全域统一的高精度时空基准信息。近年来,随着物联网、自动驾驶、机器人等行业快速发展,更高层级的智能应用对于多元化场景下的空间位置服务能力提出了更高的要求。然而,单一的北斗/全球导航卫星系统信息源依赖于卫星信号的接收,具有一定的脆弱性,无法完全满足泛在场景下(如室内、地下等)具备终端自主性的空间位置服务需求。为此,需要终端可用的多源信息,提升其广义的空间位置服务能力。在这些信息源之中,视觉和惯性的组合具备一定的泛用性,其广泛搭载在如车辆、机器人、手机、XR等终端设备上,具有轻量化、低成本的特点,提供了外在环境感知及内在运动感知的功能完备性。随着当前人工智能技术的发展,视觉惯性组合的空间应用潜力被大大拓宽,如何基于视觉惯性组合实现具备实用性的定位与建图,提供面向多元化场景、通用智能终端的空间位置服务,具有十分重要的研究意义和应用价值。

该文旨在对视觉惯性组合为中心的多元化场景定位建图的理论模型与技术方法开展系统深入的研究,致力于提升智能终端设备在复杂环境下的空间位置服务能力,一方面利用先验知识对特定高频场景进行针对性优化,另一方面充分利用人工智能方法克服泛在场景下的适用性问题。主要工作和贡献如下:

1)提出了基于相机-地面几何的视觉惯性位姿估计算法。该算法针对道路场景下导航应用,对相机-地面几何关系进行建模,并将其紧融合到视觉惯性里程计中,在不依赖于其他信息源的情况下,显著提升单目视觉惯性里程计在车载场景下的位姿估计精度和实用性,并且可以完成相机-地面几何参数的在线标定,进而支持高精度的路面环境感知。

2)构建了基于视觉惯性组合的轻量级道路建图与定位系统。该系统对车载图像中的道路语义特征进行提取、矢量化以及空间不确定度建模,利用相机地面几何恢复其三维信息,通过多帧概率融合进行增量式的局部建图,仅通过视觉惯性数据即可完成轻量化、细粒度的道路地图构建;在此基础上,实现了地理注册、地图融合等功能,并在用户端通过空间分布模式搜索和特征迭代关联实现了稳定的分米级匹配定位。

3)提出了基于稠密光流的视觉惯性位姿估计算法。该算法面向泛在场景应用,将基于深度学习的稠密光流方法与惯性等信息紧融合,构建了光流在环的多传感器稠密光束法平差模型,通过前后端的联合迭代优化,提供具备泛用性的视觉惯性位姿估计能力,实现了复杂环境下(包括室内外、车载、地下洞穴等)的稳健位姿估计,精度相比基准算法提升30%~50%,并可以实现实时的稠密环境结构恢复。

4)构建了基于稠密视觉结构信息的泛在场景视觉惯性建图与定位系统。该系统提出适用于通用场景的视觉结构帧地图形式,在多传感器稠密光束法平差的基础上,通过全局优化和共视性检查实现了高精度、高灵活性的地图构建和维护,地图数据量相比于同类算法降低2~3个数量级;在此基础上,结合深度学习方法和时序融合技术,可以在不依赖外界绝对定位信息、仅依靠视觉惯性数据的情况下实现用户端从粗到精的高召回率、高精度绝对定位,支持室内、室外等泛在场景下的分米级地图定位。

作者简介:周宇轩,2025年6月毕业于武汉大学,获工学博士学位(指导教师:李星星教授),研究方向为视觉空间感知和智能导航。yuxuanzhou@whu.edu.cn

引文格式:ZHOU Yuxuan.Research on Visual-Inertial Localization and Mapping for Diverse Scenarios[J].Geomatics and Information Science of Wuhan University,2026,51(4):867.DOI:10.13203/j.whugis20250196.(周宇轩.面向多元化场景的视觉惯性定位与建图方法研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2026,51(4):867.DOI:10.13203/j.whugis20250196.)