



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118135607 A

(43) 申请公布日 2024. 06. 04

(21) 申请号 202410169671.4

G06V 10/25 (2022.01)

(22) 申请日 2024.02.06

G06V 10/30 (2022.01)

(71) 申请人 上海应用技术大学

地址 200235 上海市徐汇区漕宝路120-121号

(72) 发明人 刘云翔 姚逸夫 原鑫鑫

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司 31236

专利代理师 胡晶

(51) Int. Cl.

G06V 40/10 (2022.01)

G06V 10/62 (2022.01)

G06V 10/764 (2022.01)

G06V 10/82 (2022.01)

G06V 40/20 (2022.01)

权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54) 发明名称

一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法及检测系统

(57) 摘要

本发明提供了一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法及检测系统,动态对象剔除方法包括如下步骤:基于YOLOX目标检测模型确认检测目标对象边界框及类别,获取检测目标对象中人体对象边界框与物体对象边界框,根据姿态检测算法解析人体对象边界框内人体对象姿态,对不同姿态人体对象边界框及物体对象边界框分别进行动态一致性异常点检测,并通过自适应阈值算法对物体对象边界框内特征点进行动静态区分,提取并保存目标对象边界框中的静态特征点以进行后续跟踪。通过本发明可实现高效准确区分作业环境中的动静态特征点,并最大限度保留静态特征点信息,提升VSLAM系统的精准性与稳定性。



1. 一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,其特征在于,包括如下步骤:

基于YOLOX目标检测模型对输入的图像帧数据进行不同目标对象类别确认并框选目标对象边界框,所述目标对象类别包括人体对象和物体对象,所述YOLOX目标检测模型中预先录入有检测目标对象的识别数据;

通过姿态检测算法对人体对象边界框内人体对象姿态进行判断,当所述人体对象处于站姿状态下时直接进行动态一致性异常点检测,当所述人体对象处于坐姿状态下时先进行高动态区域和低动态区域划分再进行动态一致性异常点检测,根据检测结果将每个所述人体对象边界框标记为动态对象边界框或静态对象边界框;

对每个物体对象边界框分别进行动态一致性异常点检测,当每个所述物体对象边界框中的动态特征点数量大于误差动态特征点数量阈值,则将该所述物体对象边界框标记为所述动态对象边界框,否则标记为所述静态对象边界框,其中每个所述物体对象边界框的误差动态特征点数量阈值基于自适应阈值算法得到;

删除同时位于所述静态对象边界框之外和所述动态对象边界框之内的动态特征点,提取并保存所属目标对象边界框中的静态特征点以进行后续跟踪。

2. 如权利要求1所述的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,其特征在于,通过姿态检测算法对人体对象边界框内人体对象姿态进行判断进一步包括:

获取所述人体对象边界框长度与宽度数据,计算所述人体对象边界框长宽比数值,所述人体对象边界框长宽比计算公式如下:

$$R_i = \frac{H_i}{W_i}$$

其中, R_i 为所述人体对象边界框长宽比数值, H_i 为所述人体对象边界框长度, W_i 为所述人体对象边界框宽度;

根据所述人体对象边界框长宽比数值与预先设定的姿态判定阈值比较,确定所述人体对象边界框内人体对象姿态动作。

3. 如权利要求1所述的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,其特征在于,当所述人体对象处于坐姿状态下时先进行高动态区域和低动态区域划分进一步包括:

获取坐姿状态下所述人体对象边界框长度数据,并将坐姿状态下所述人体对象边界框长度根据预先设定的坐姿比例值进行等比例划分,形成以人体对象手部活动关节底部为界线的高动态区域和低动态区域。

4. 如权利要求2或权利要求3所述的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,其特征在于,根据人体对象不同姿态下头身比例设定所述姿态判定阈值为3;根据人体对象坐姿状态下手部活动关节位置设定坐姿状态下所述人体对象边界框的所述坐姿比例值为3:1。

5. 如权利要求1所述的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,其特征在于,对不同所述物体对象边界框分别进行动态一致性异常点检测进一步包括:

通过光流金字塔算法跟踪获取各所述物体对象边界框内特征点数量,将特征点数量乘以预先设定的动态判定阈值比例,得到所述物体对象边界框内的误差动态特征点数量阈值。

6. 如权利要求5所述的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,其特征在于,对

不同所述物体对象边界框分别进行动态一致性异常点检测进一步包括：

通过基础矩阵计算所述物体对象边界框内特征点与极线距离,特征点与极线距离计算公式如下：

$$d = \frac{|P_i^T F P_{i+1}|}{\sqrt{\|X_n^2 + Y_n^2\|}}$$

其中,d为特征点与极线距离值,F为基础矩阵, P_i 和 P_{i+1} 为上一帧中的匹配点,X和Y为对应的极线线向量值；

将特征点与极线的距离值和预先设定的动态特征点判定阈值进行比较,若特征点与极线的距离值大于所述动态特征点判定阈值,则记录该特征点为动态特征点。

7.如权利要求6所述的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,其特征在于,对不同所述物体对象边界框分别进行动态一致性异常点检测进一步还包括：

将所述物体对象边界框内的动态特征点数量与所述误差动态特征点数量阈值进行比较,若所述物体对象边界框内动态特征点数量大于所述误差动态特征点数量阈值,则标记所述物体对象边界框为所述动态对象边界框。

8.如权利要求1所述的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,其特征在于,提取并保存检测目标对象中的静态特征点进一步包括：

遍历静态物体对象边界框,并记录所述静态物体对象边界框对应的静态物体像素坐标,对位于动态人体对象边界框外的所述静态物体对象边界框内特征点进行静态标志位标记。

9.如权利要求8所述的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,其特征在于,提取并保存检测目标对象中的静态特征点进一步还包括：

遍历所述动态人体对象边界框,先对所述动态人体对象边界框内所有特征点进行动态标志位标记,判断所述静态物体像素坐标是否位于所述动态人体对象边界框内,对位于所述动态人体对象边界框内的所述静态物体像素坐标对应的特征点再次进行静态标志位标记。

10.一种用于室内环境的VSLAM动态对象检测系统,其特征在于,包括：

图像识别模块,所述图像识别模块用于识别图像帧数据中目标对象类别并框选目标对象边界框；

人体对象姿态解析模块,所述人体对象姿态解析模块用于解析人体对象边界框内人体对象姿态并划分所述人体对象边界框内的高动态区域与低动态区域；

动态一致性异常点检测模块,所述动态一致性异常点检测模块用于获取人体对象边界框与物体对象边界框内动静态特征点；

物体对象阈值判断模块,所述物体对象阈值判断模块用于进一步判断所述物体对象边界框动静态属性；

标志位标记模块,所述标志位标记模块用于对动静态对象边界框内动静态特征点分别进行动静态标志位标记。

一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法及检测系统

技术领域

[0001] 本发明属于计算机视觉检测技术领域,尤其涉及一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法及检测系统。

背景技术

[0002] VSLAM(Visual Simultaneous Localization and Mapping)是一种机器人技术,其利用摄像头或深度相机获取环境图像,并使用算法处理这些图像以确定机器人相对于环境的当前位置和姿态,同时,机器人使用其视觉传感器和计算机视觉算法来构建环境地图,以便在未来的导航任务中实现自主导航。相较于物体传感器,视觉传感器的成本较低,同时VSLAM技术具备高精度的定位和地图构建功能,灵活性较高,故在机器人领域中得到了广泛的应用和研究。

[0003] 但在现有技术下,在动态环境的视觉检测中,由于物体的移动和变化,数据关联不稳定,导致深度等信息的较难实现稳定获取,目前主流解决方案是只跟踪稳定静态特征点,使用语义分割或对象检测来获得被定义为可移动的对象遮罩或边界框,并通过几何信息去除这些对象的特征点,通过深度学习与传统的几何方法相结合来处理动态对象,但在动态对象的边界框中通常包含有诸多静态特征点,如果全部被擦除,将没有足够的关联用于姿态估计,使得VSLAM系统定位失败或趋于不稳定。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是提供一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法及检测系统,以解决现有VSLAM技术无法高效准确区分动静特征点的技术问题。

[0005] 为解决上述问题,本发明的技术方案为:一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,包括如下步骤:基于YOLOX目标检测模型对输入的图像帧数据进行不同目标对象类别确认并框选目标对象边界框,所述目标对象类别包括人体对象和物体对象,所述YOLOX目标检测模型中预先录入有检测目标对象的识别数据;

[0006] 通过姿态检测算法对人体对象边界框内人体对象姿态进行判断,当所述人体对象处于站姿状态下时直接进行动态一致性异常点检测,当所述人体对象处于坐姿状态下时先进行高动态区域和低动态区域划分再进行动态一致性异常点检测,根据检测结果将每个所述人体对象边界框标记为动态对象边界框或静态对象边界框;

[0007] 对每个物体对象边界框分别进行动态一致性异常点检测,当每个所述物体对象边界框中的动态特征点数量大于误差动态特征点数量阈值,则将该所述物体对象边界框标记为所述动态对象边界框,否则标记为所述静态对象边界框,其中每个所述物体对象边界框的误差动态特征点数量阈值基于自适应阈值算法得到;

[0008] 删除同时位于所述静态对象边界框之外和所述动态对象边界框之内的动态特征点,提取并保存所述目标对象边界框中的静态特征点进行后续跟踪。

[0009] 优选的,通过姿态检测算法对人体对象边界框内人体对象姿态进行判断进一步包

括:获取所述人体对象边界框长度与宽度数据,计算所述人体对象边界框长宽比数值,所述人体对象边界框长宽比计算公式如下:

$$[0010] \quad R_i = \frac{H_i}{W_i}$$

[0011] 其中, R_i 为所述人体对象边界框长宽比数值, H_i 为所述人体对象边界框长度, W_i 为所述人体对象边界框宽度;

[0012] 根据所述人体对象边界框长宽比数值与预先设定的姿态判定阈值比较,确定所述人体对象边界框内人体对象姿态动作。

[0013] 优选的,当所述人体对象处于坐姿状态下时先进行高动态区域和低动态区域划分进一步包括:获取坐姿状态下所述人体对象边界框长度数据,并将坐姿状态下所述人体对象边界框长度根据预先设定的坐姿比例值进行等比例划分,形成以人体对象手部活动关节底部为界线的高动态区域和低动态区域。

[0014] 优选的,根据人体对象不同姿态下头身比例设定所述姿态判定阈值为3;根据人体对象坐姿状态下手部活动关节位置设定坐姿状态下所述人体对象边界框的所述坐姿比例值为3:1。

[0015] 优选的,对不同所述物体对象边界框分别进行动态一致性异常点检测进一步包括:通过光流金字塔算法跟踪获取各所述物体对象边界框内特征点数量,将特征点数量乘以预先设定的动态判定阈值比例,得到所述物体对象边界框内的误差动态特征点数量阈值。

[0016] 优选的,对不同所述物体对象边界框分别进行动态一致性异常点检测进一步包括:通过基础矩阵计算所述物体对象边界框内特征点与极线距离,特征点与极线距离计算公式如下:

$$[0017] \quad d = \frac{|P_i^T F P_{i+1}|}{\sqrt{\|X_n^2 + Y_n^2\|}}$$

[0018] 其中, d 为特征点与极线距离值, F 为基础矩阵, P_i 和 P_{i+1} 为上一帧中的匹配点, X 和 Y 为对应的极线线向量值;

[0019] 将特征点与极线的距离值和预先设定的动态特征点判定阈值进行比较,若特征点与极线的距离值大于所述动态特征点判定阈值,则记录该特征点为动态特征点。

[0020] 优选的,对不同所述物体对象边界框分别进行动态一致性异常点检测进一步还包括:将所述物体对象边界框内的动态特征点数量与所述误差动态特征点数量阈值进行比较,若所述物体对象边界框内动态特征点数量大于所述误差动态特征点数量阈值,则标记所述物体对象边界框为所述动态对象边界框。

[0021] 优选的,提取并保存检测目标对象中的静态特征点进一步包括:遍历静态物体对象边界框,并记录所述静态物体对象边界框对应的静态物体像素坐标,对位于动态人体对象边界框外的所述静态物体对象边界框内特征点进行静态标志位标记。

[0022] 优选的,提取并保存检测目标对象中的静态特征点进一步还包括:遍历所述动态人体对象边界框,先对所述动态人体对象边界框内所有特征点进行动态标志位标记,判断所述静态物体像素坐标是否位于所述动态人体对象边界框内,对位于所述动态人体对象边界框内的所述静态物体像素坐标对应的特征点再次进行静态标志位标记。

[0023] 基于相同的构思,本发明还提供一种用于室内环境的VSLAM动态对象检测系统,包括:

[0024] 图像识别模块,所述图像识别模块用于识别图像帧数据中目标对象类别并框选目标对象边界框;

[0025] 人体对象姿态解析模块,所述人体对象姿态解析模块用于解析人体对象边界框内人体对象姿态并划分所述人体对象边界框内的高动态区域与低动态区域;

[0026] 动态一致性异常点检测模块,所述动态一致性异常点检测模块用于获取所述人体对象边界框与物体对象边界框内动静态特征点;

[0027] 物体对象阈值判断模块,所述物体对象阈值判断模块用于进一步判断所述物体对象边界框动静态属性;

[0028] 标志位标记模块,所述标志位标记模块用于对动静态对象边界框内动静态特征点分别进行动静态标志位标记。

[0029] 本发明由于采用以上技术方案,使其与现有技术相比具有以下优点和积极效果:

[0030] (1) 在本发明提供的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法及检测系统中,基于YOLOX目标检测模型高效区分识别人体对象与不同类型的物体对象,针对人体对象,采用姿态检测算法实现对人体对象姿态的精确解析,对于站姿、坐姿包括坐姿状态下的不同人体结构区域分别采用运动一致性检测方式进行动态特征点检测,对人体对象边界框进行细分,最大限度保留人体对象的静态特征点,提高动态特征点筛选精度,保证VSLAM系统定位跟踪的稳定性与高效性。

[0031] (2) 在本发明提供的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法及检测系统中,针对物体对象,首先采用运动一致性检测算法区分动态特征点与静态特征点,并采用自适应阈值算法,根据物体对象区域内的特征点数量与动态判定阈值比例的乘积来判断物体对象动态性,解决物体被遮挡或摄像机自身移动到一定程度时,物体会被误认为是动态物体对象的问题,有效消除噪声和摄像机自身移动对视觉检测结果的影响,同时使得面对不同类型的物体VSLAM系统具有更好的鲁棒性,保障机器人对于物体对象的定位跟踪精准度。

[0032] (3) 在本发明提供的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法及检测系统中,对于动态人体对象边界框中的特征点处理,通过静态物体像素坐标二次检测动态人体对象边界框中的静态特征点,尽可能保存检测目标对象中的静态特征点,提供足够的关联用于姿态估计,提升VSLAM系统定位准确性与稳定性。

附图说明

[0033] 图1本发明提供的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法流程图;

[0034] 图2本发明提供的姿态检测算法与自适应阈值算法流程图;

[0035] 图3本发明提供的人体对象姿态比例示意图;

[0036] 图4本发明提供的TUM数据集下视觉检测效果展示图a;

[0037] 图5本发明提供的TUM数据集下视觉检测效果展示图b;

[0038] 图6本发明提供的w/half数据集下轨迹误差结果对比图;

[0039] 图7本发明提供的w/rpy数据集下轨迹误差结果对比图;

- [0040] 图8本发明提供的w/static数据集下轨迹误差结果对比图；
- [0041] 图9本发明提供的w/xyz数据集下轨迹误差结果对比图；
- [0042] 图10本发明提供的s/half数据集下轨迹误差结果对比图；
- [0043] 图11本发明提供的w/xyz数据集下轨迹误差结果对比图。

具体实施方式

[0044] 以下结合附图和具体实施例对本发明提出的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法及检测系统作进一步详细说明。根据下面说明和权利要求书,本发明的优点和特征将更清楚。

[0045] 第一实施例

[0046] 参看图1至图5,本实施例提供的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,包括如下步骤:

[0047] 使用YOLOX目标检测模型对输入的图像帧数据中目标对象进行捕捉识别,框选目标对象边界框,并确认检测不同目标对象边界框所属的目标对象类别,目标对象分为人体对象与物体对象两类,其中物体对象中又包含若干不同种类物品。

[0048] 获取检测目标对象中人体对象边界框,利用姿态检测算法对人体对象边界框内的人体姿态进行解析,其中人体姿态解析结果包括站姿与坐姿两种情况。

[0049] 若人体姿态解析结果为站姿,则获取站姿状态下的人体对象边界框,并直接通过动态一致性异常点检测方法直接进行动态特征点检测。若人体姿态解析结果为坐姿,则获取坐姿状态下的人体对象边界框,将人体对象边界框划分为高动态区域与低动态区域,随后对高动态区域与低动态区域分别通过动态一致性异常点检测方法进行动态特征点检测。

[0050] 针对不同类型的物体对象边界框,分别通过动态一致性异常点检测方法进行动态特征点检测,并基于自适应阈值算法得到每个物体对象边界框的误差动态特征点数量阈值,将各物体对象边界框内的动态特征点数量与误差动态特征点数量阈值进行比较,若动态特征点数量大于误差动态特征点数量阈值,则标记该物体对象边界框为动态对象边界框,反之则标记为静态对象边界框。

[0051] 最后对人体对象边界框与物体对象边界框内进行二次检测,删除同时位于静态对象边界框之外和动态对象边界框之内的动态特征点,提取并保存目标对象边界框中的静态特征点以进行后续跟踪。

[0052] 本实施例提供的一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,在基于YOLOX目标检测模型对目标对象进行识别后,通过运动一致性异常点检测方法确认动态特征点,其中针对人体对象会使用姿态检测算法解析人体对象姿态,并细分不同姿态下的人体对象边界框内区域,针对物体对象,利用自适应阈值算法,对不同类型物体特征点数量进行单独评估,最后通过对动态人体对象边界框中的物体对象静态特征点二次检测,实现对动态特征点的精准剔除,尽可能保留下所有静态对象特征点,有效提升了VSLAM系统定位追踪的精准性与稳定性。

[0053] 优选的,对于人体对象,由于人体在坐姿与站姿状态下,所表现出的人体运动模式及运动幅度存在明显差异,为提高识别精度与效率,故本实施例提供一种人体姿态检测算法,用于处理人体对象边界框,区分人体坐姿与站姿。首先获取人体对象边界框的长度与宽

度数据,计算人体对象边界框长宽比数值,人体对象边界框长宽比计算公式如下:

$$[0054] \quad R_i = \frac{H_i}{W_i}$$

[0055] 其中, R_i 为人体对象边界框长宽比数值, H_i 为人体对象边界框长度, W_i 为人体对象边界框宽度。

[0056] 针对站姿与坐姿情况下的姿态判定阈值的设置,本实施例采用绘画领域中人物头身比的概念来进行计算确认,人物的头部长及宽度与人体轮廓之间存在一定比例关系,例如,在坐姿状态下,人体的宽度通常是两个头的直径宽度,而人体高度通常是五个头的直径宽度,及人体的长宽比约为5/2。相应地,在站姿状态下,人体宽度不变,但人体长度通常存在七头身、八头身、九头身这些情况,即站姿状态下人体的长宽比分别为9/2、8/2和7/2。根据大量数据的统计结果可知,坐姿状态的人体对象边界框长宽比通常小于3,而站姿状态的人体对象边界框长宽比通常为4或更高,即大于3。因此,在本实施例中将人体对象边界框的长宽比小于等于3的人体姿态定义为坐姿,长宽比大于3的人体姿态定义为站姿,即姿态判定阈值预先设置为3。

[0057] 将人体对象边界框长宽比数值与预先设定的姿态判定阈值比较,即可确认人体对象区域内人体对象的姿态动作。

[0058] 进一步的,通过人体对象边界框长宽比数值与预先设定的姿态判定阈值比较后得到人体对象姿态动作,针对其中坐姿状态,由于人体在坐姿情况下,人体结构运动趋势主要集中在上半身区域,尤其是上半生的手部活动关节为主要运动部件,当通过姿态检测算法确认人体对象姿态动作为坐姿后,以手部活动关节底部为界线将人体对象坐姿状态边界框竖向划分出高动态区域和低动态区域,经过大量测试数据可知,划分比例为坐姿状态人体对象边界框长度的3/4处,即高动态区域为坐姿状态人体对象边界框的上半部3/4面积,低动态区域为坐姿状态人体对象边界框的下半部1/4面积,手臂整体部分位于高动态区域之中。高动态区域与低动态区域边界框信息公式如下所示:

$$[0059] \quad (x_u, y_u, w_u, h_u) = (x, y, w, \frac{0.75h}{1.0})$$

$$[0060] \quad (x_d, y_d, w_d, h_d) = (x, y + \frac{0.75h}{1.0}, w, \frac{0.25h}{1.0})$$

[0061] 基于此区分得到坐姿状态下的高动态区域和低动态区域边界框信息后,分别对高动态区域和低动态区域进行动态一致性异常点检测,提取其中的动态异常点,利用姿态解析与人体对象边界框细化切分,使得人体对象各部件运动幅度存在较大差异的情况下,对人体对象边界框细化分类评估,实现最大程度保留静态特征点信息以及提高动态特征点剔除精度。

[0062] 优选的,不同物体对象由于体积、移动方式等区别,特征点数量存在极大差异,同时出于人体对象移动会对物体对象特征点抓取的产生遮挡误判影响,对于不同类型物体对象的特征点与动态判定阈值不可一概而论。故在本实施例中提出自适应阈值算法,在单一物体对象边界框内通过光流金字塔算法跟踪获取该物体对象边界框内特征点数量,将特征点数量乘以预先设定的动态判定阈值比例,得到该物体对象边界框内允许存在的最大误差动态特征点数量阈值。

[0063] 进一步的,通过基础矩阵计算特征点与极线距离,特征点与极线距离计算公式如

下:

$$[0064] \quad d = \frac{|P_i^T F P_{i+1}|}{\sqrt{\|X_n^2 + Y_n^2\|}}$$

[0065] 其中, d 为特征点与极线距离值, F 为基础矩阵, P_i 和 P_{i+1} 为上一帧中的匹配点, X 和 Y 为对应的极线线向量值。

[0066] 将该类型物体对象的特征点与极线的距离值和该类型物体对象预先设定的异常点阈值进行比较, 若特征点与极线的距离值大于异常点阈值, 则判定该特征点为动态特征点。

[0067] 进一步的, 将该物体对象边界框内动态特征点数量与该类型物体对象边界框的误差动态特征点数量阈值进行比较, 若该物体对象边界框内动态特征点数量大于该类型物体对象边界框的误差动态特征点数量阈值, 则判定该物体对象边界框为动态物体对象边界框。通过自适应阈值算法, 使得本实施例提供的VSLAM系统针对不同类型的物体对象具有更佳的鲁棒性, 同时解决了当物体对象被遮挡或摄像机自身移动到一定程度时, 物体对象会被误认为是动态物体的问题。其中, 动态判定阈值一般定义为物体对象区域内20%的特征点数量, 通过相对较低的动态判定阈值比例设置, 可进一步提升检测精度, 减少由于检测的假阴性结果(动态物体对象被误标记为静态物体对象)对机器人定位跟踪造成严重影响, 保证系统的稳定性与高效性。

[0068] 对于上述的人体对象边界框姿态解析及高动态区域与低动态区域区分, 和自适应阈值算法应用部分的逻辑算法通过下面伪代码以作进一步展示说明, 其中, σ 为动态判定阈值比例, H_{BP_n} 为人体对象边界框高度, W_{BP_n} 为人体对象边界框宽度, H_{BO_n} 为物体对象边界框高度, W_{BO_n} 为物体对象边界框宽度。

算法 1

输入: BP_n : 人体对象边界框; BO_n : 物体对象边界框;

输出: DB_n : 动态对象边界框; SB_n : 静态对象边界框;

1: function HBMD (Value)

2: \square : Value 框体中的离群点数量;

3: if $\square > 0$ then

4: Value 设置为 DB_n ;

5: else

6: Value 设置为 DB_n ;

7: end if

8: end function

9: for 所有人体对象边界框 BP_n do

10: if $H_{BP_n} / W_{BP_n} < 3$ then

11: 根据比例分为 BP_U : 人体上部分和 BP_D : 人体下部分;

[0069] 12: HBMD (BP_U);

13: HBMD (BP_L);

14: else

15: HBMD (BP_n);

16: end if

17: end for

18: for 所有物体对象边界框 BO_n do

19: τ : BO_n 框体中的离群点数量;

20: s : BO_n 框体中的总特征点数量;

21: if $\tau/s > \sigma$ then

22: BO_n 设置为 DB_n ;

23: else

24: BO_n 设置为 SB_n ;

25: end if

26: end for

[0070] 27: 算法 1 流程结束

[0071] 优选的,经人体对象边界框姿态解析与物体对象边界框自适应阈值算法判定后,得到关于人体对象与物体对象的动态对象边界框与静态对象边界框两类数据,由于对象边界框的模糊性,故只删除同时位于静态对象边界框之外和动态对象边界框之内的冗余数据,对于静态对象边界框中与动态对象边界框相交的关键数据被保留作进一步筛选。首先遍历当前帧中除冗余数据外的所有特征点,针对动态人体对象边界框,将动态人体对象边界框内所有特征点置位标志位,标志位中0表示静态特征点,1表示动态特征点,即首先将动态人体对象边界框内所有特征点标记为动态特征点。随后遍历静态物体对象边界框,并记录静态物体对象边界框中特征点对应的静态物体像素坐标,判断静态物体像素坐标是否位于动态人体对象边界框内,若静态物体像素坐标位于动态人体对象边界框内,则将动态人体对象边界框内的静态物体像素坐标对应的特征点再次进行静态标志位标记。

[0072] 静态物体像素坐标与动态人体对象边界框的位置判定公式如下所示:

$$[0073] \quad \begin{cases} x_p \leq u_{oi} \leq x_p + w_p \\ y_p \leq v_{oi} \leq y_p + y_p \end{cases}$$

[0074] 同理,针对物体对象边界框,由上述自适应阈值算法判定得到动态物体对象边界框与静态物体对象边界框,将动态人体对象边界框外动态物体对象边界框内的特征点标记为动态特征点,将动态人体对象边界框外静态物体对象边界框内的特征点标记为静态特征点。

[0075] 最后将静态人体对象边界框与静态物体对象边界框内的静态特征点添加进集合 S_n 中,作为后续机器人跟踪使用的源数据。

[0076] 动态人体对象边界框内静态标志位标记,以及静态物体对象边界框内的静态标志位标记逻辑算法通过下面伪代码以作进一步展示说明。

算法 2

[0077] 输入: DB_n :所有动态对象边界框; SB_n :所有静态对象边界框; KP_n :当前帧所有特征点;
 输出: S_n :所有静态特征点的集合;
 1: $bool_a = 0$:动静态点标志位, 0=静态, 1=动态;
 2: for KP_n 中的像素坐标 (u_n, v_n) do

```

3:   for  $DB_n$  中的动态人体对象边界框  $DB_n(i)$  do
4:     if  $(u_n, v_n)$  存在于动态人体对象边界框  $DB_n(i)$  do
5:       bool  $a = 1$ ;
6:     end if
7:   end for
8:   for  $SB_n$  中的静态物体对象边界框  $SB_n(i)$  do
9:     if  $(u_n, v_n)$  存在于静态物体对象边界框  $SB_n(i)$  中 do
[0078] 10:      bool  $a = 0$ ;
11:    end if
12:  end for
13:  if bool  $a = 0$  then
14:     $(u_n, v_n)$  添加进  $S_n$  中;
15:  end if
16: end for
17: 算法 2 流程结束

```

[0079] 优选的,本实施例提供了一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,假设在复杂的检测场景中所有目标对象都有发生移动的可能性,因此,为了能够识别尽可能多的物体类别以及提高目标对象识别效率,本实施例在YOLOX目标检测模型中预先录入80种目标对象识别数据,即在COCO数据集上对YOLOX目标检测模型进行了预训练,该数据集包含了80个不同类别的物体,主要包括人、椅子、键盘、显示屏、鼠标和汽车等常用对象,通过对YOLOX目标检测模型的目标对象识别训练,提高了本实施例的检测精准度与高效性,且便于后续语义地图构建。同时,本实施例采用的YOLOX目标检测模型,相较于最新版本的YOLO系列,它在保持出色的准确性的同时,具备较高的计算速度,为了进一步提升处理速度,本实施例还通过采用GPU加速方法TensorRT来优化YOLOX模型的网络结构。

[0080] 通过本实施例提供了一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,使得VSLAM系统在构建环境地图过程中,极大优化目标对象识别效率与准确性,同时通过姿态检测算法、自适应阈值算法以及在动态人体对象边界框中二次检测静态物体对象特征点,实现最大限度保留静态特征点,极大提高VSLAM系统检测精准度与稳定性。

[0081] 参看图6至图11,在实验测试阶段,对本实施例提供了一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法进行应用测试,实验数据选择使用TUM RGB-D数据集,TUM RGB-D数据集中可包含在动态环境中通过RGB-D摄像机捕捉到的图像序列,以及精确的地面真实轨迹和摄像机参数。在实验参数设置中,选择了四组关于行走的高动态序列数据集,包括走动和改变物体位置的数据集,同时,实验增加了两组低动态的坐姿序列,用于测试本实施例系统在低动态环境下的性能,低动态的坐姿序列指人体对象在坐姿情况下作小幅度运动。六组图

像序列数据采用w/half、w/rpy、w/static、w/xyz、s/half、s/xyz分别标识,其中w和s分别表示行走序列和坐姿序列,half、rpy、static和xyz分别表示摄像机的不同运动模式,实验结果通过ATE(绝对轨迹误差)的RMSE(均方根误差)的量化数据来衡量本实施例方法的整体鲁棒性和稳定性。

[0082] 本实施例测试结果与原始ORB-SLAM3以及DSLAM结果对比如下:

ATE (RMSE)			
数据集	ORB-SLAM3	DS-SLAM	Ours
w/half	0.193	0.025	0.018
w/rpy	0.137	0.146	0.054
w/static	0.019	0.081	0.003
w/xyz	0.235	0.021	0.015
s/half	0.020	-	0.014
s/xyz	0.012	-	0.011

[0084] 根据本实施例测试结果与原始ORB-SLAM3以及DSLAM结果对比可知,在w/half图像序列数据的测试中,本实施例方法误差低于ORB-SLAM3共0.175,低于DS-SLAM共0.007;在w/rpy图像序列数据的测试中,本实施例方法误差低于ORB-SLAM3共0.083,低于DS-SLAM共0.092;在w/static图像序列数据的测试中,本实施例方法误差低于ORB-SLAM3共0.016,低于DS-SLAM共0.078;在w/xyz图像序列数据的测试中,本实施例方法误差低于ORB-SLAM3共0.22,低于DS-SLAM共0.006;在s/half图像序列数据的测试中,本实施例方法误差低于ORB-SLAM3共0.006(DS-SLAM原论文无此实验结果);在s/xyz图像序列数据的测试中,本实施例方法误差低于ORB-SLAM3共0.0061(DS-SLAM原论文无此实验结果)。

[0085] 通过实验测试对比数据可得,本实施例提供了一种用于室内环境的VSLAM动态对象剔除方法,相较于传统VSLAM和语义VSLAM,效果表现优异,视觉检测稳定高效,误差性较小,并可在不同检测环境中有效剔除真实动态特征点,保留静态特征点,提升机器人的位姿估计和定位跟踪性能。

[0086] 第二实施例

[0087] 基于相同的构思,本实施例提供一种用于室内环境的VSLAM动态对象检测系统,包括图像识别模块、人体对象姿态解析模块、动态一致性异常点检测模块、物体对象阈值判断模块与标志位标记模块。

[0088] 图像识别模块用于识别图像帧数据中目标对象类别并框选目标对象边界框。

[0089] 人体对象姿态解析模块基于姿态检测算法,用于解析人体对象边界框内人体对象姿态并划分坐姿状态下人体对象边界框内的高动态区域与低动态区域。

[0090] 动态一致性异常点检测模块用于获取人体对象边界框与物体对象边界框内的动静态特征点。

[0091] 物体对象阈值判断模块基于自适应阈值算法,用于判断所述物体对象边界框动静态属性。

[0092] 标志位标记模块用于对动静态对象边界框内动静态特征点分别进行动静态标志位标记。

[0093] 本实施提供的一种用于室内环境的VSLAM动态对象检测系统,通过各模块间配合运行及姿态检测算法与自适应阈值算法的协助,实现对于人体对象边界框与物体对象边界框中动静态特征点的高效精准检测。

[0094] 上面结合附图对本发明的实施方式作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施方式。即使对本发明作出各种变化,倘若这些变化属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则仍落入在本发明的保护范围之内。

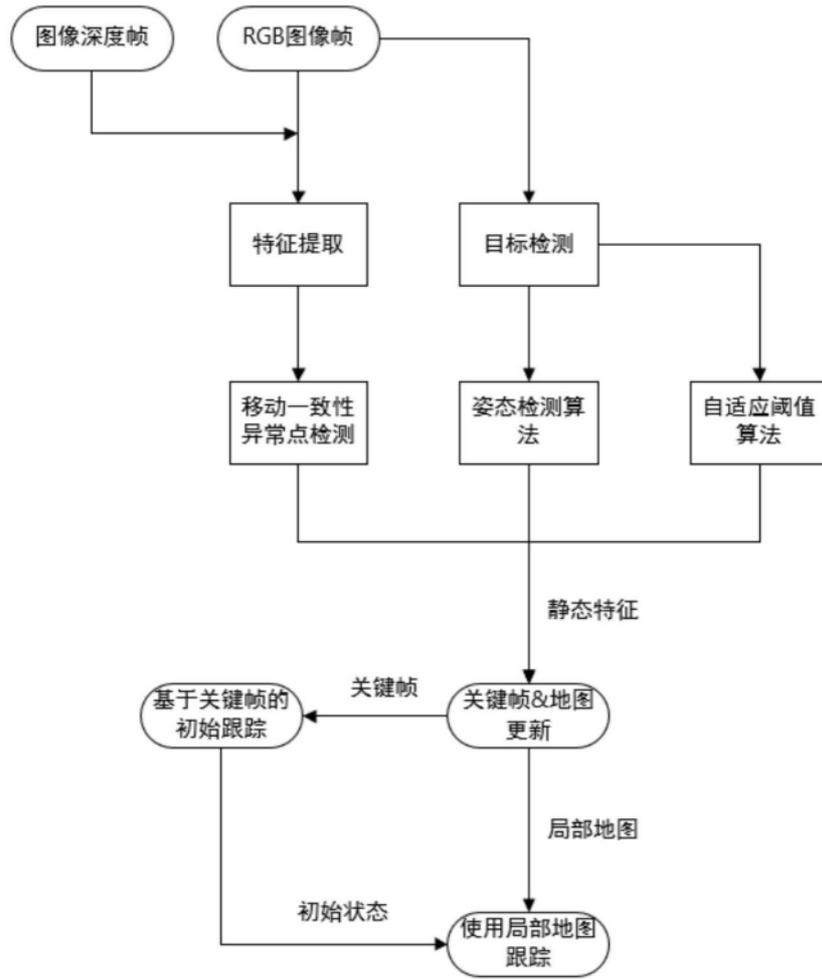


图1

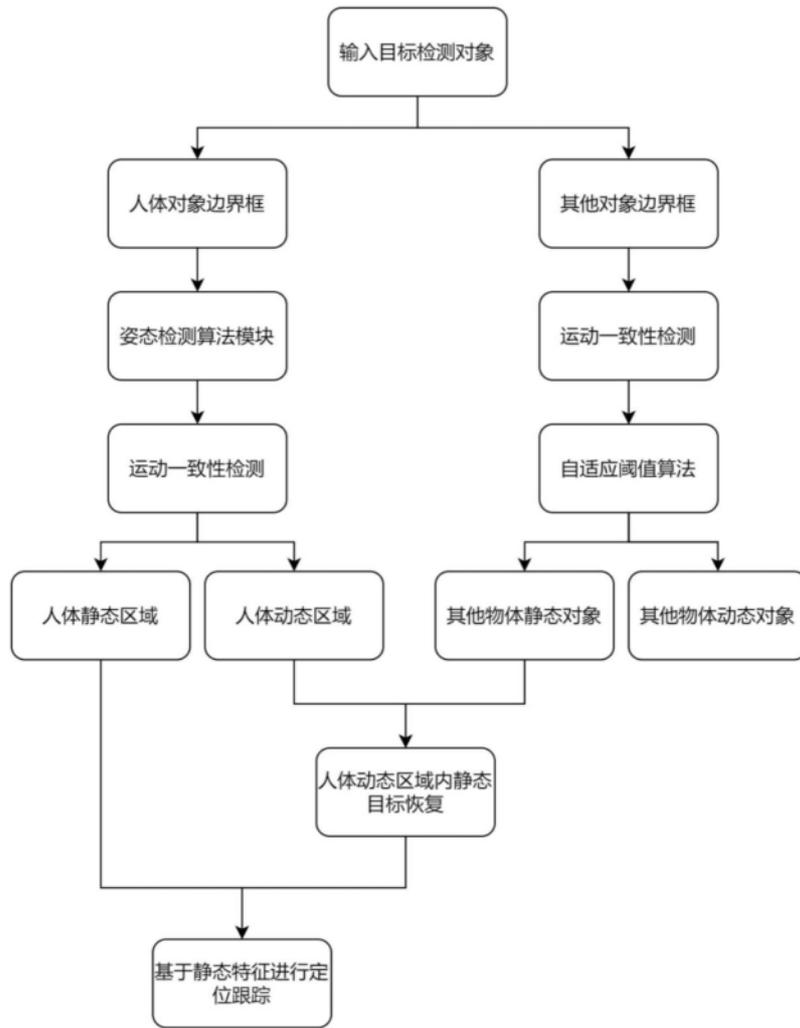


图2

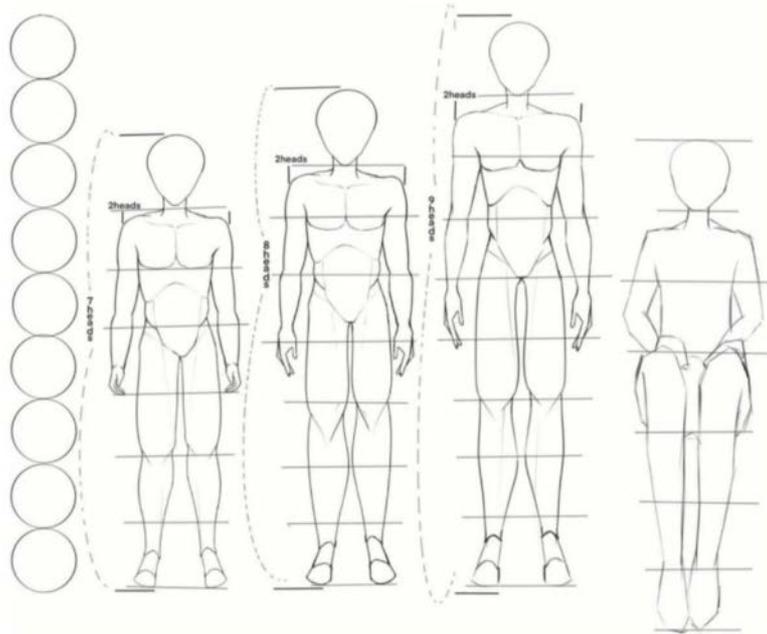


图3



图4

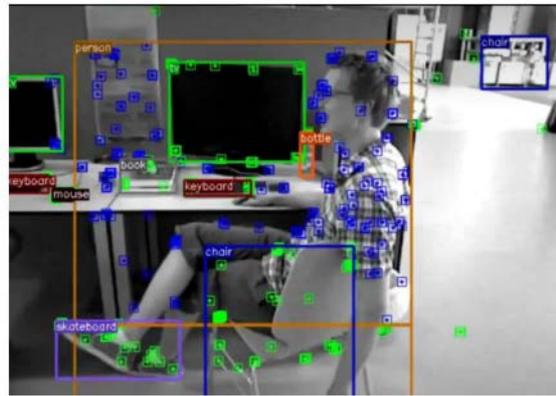


图5

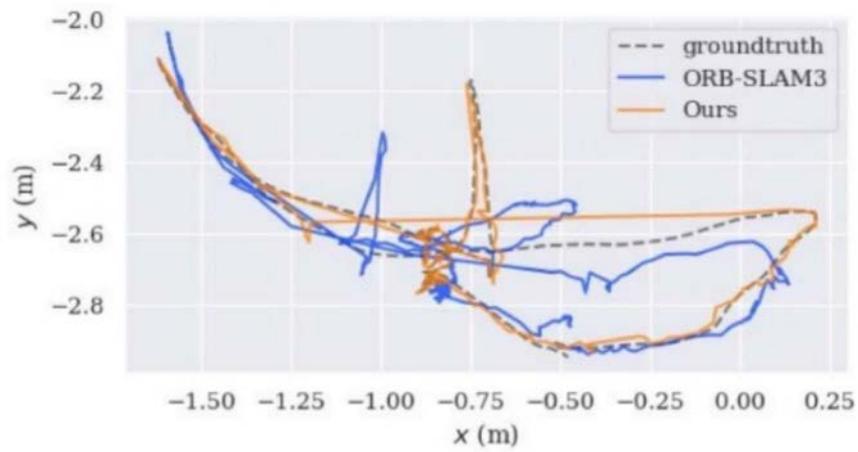


图6

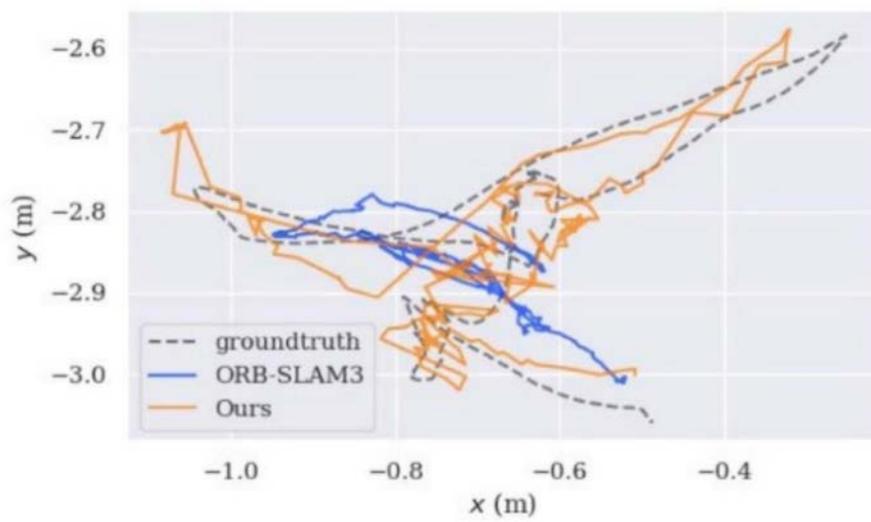


图7

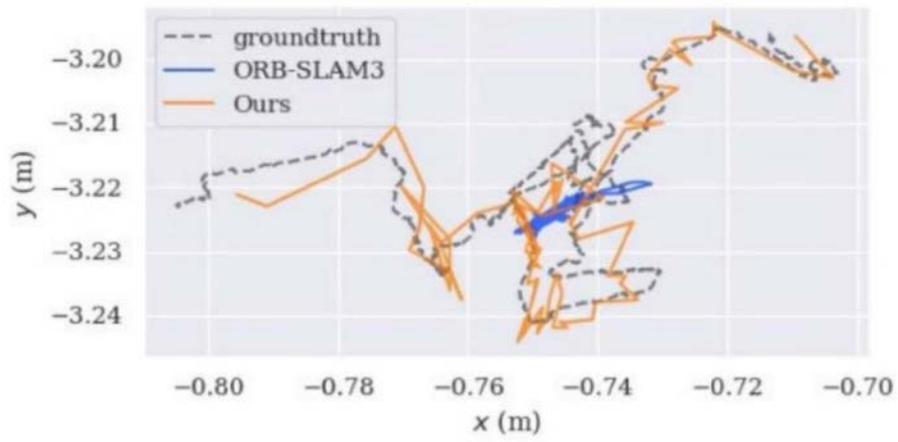


图8

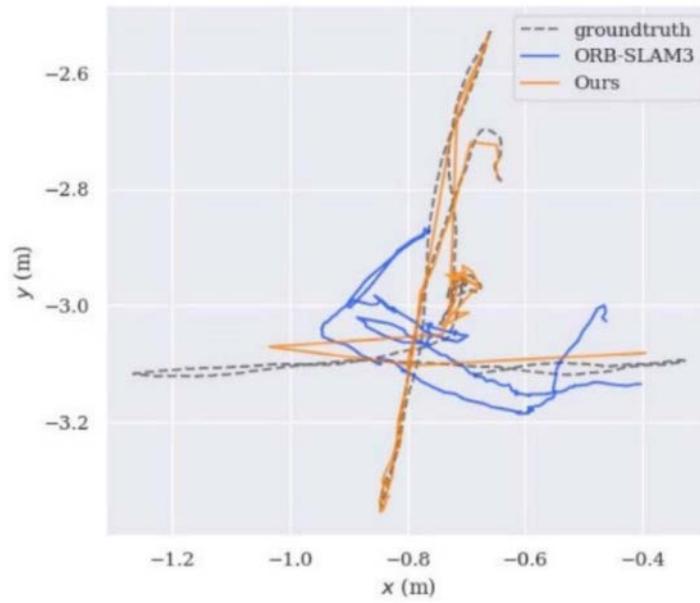


图9

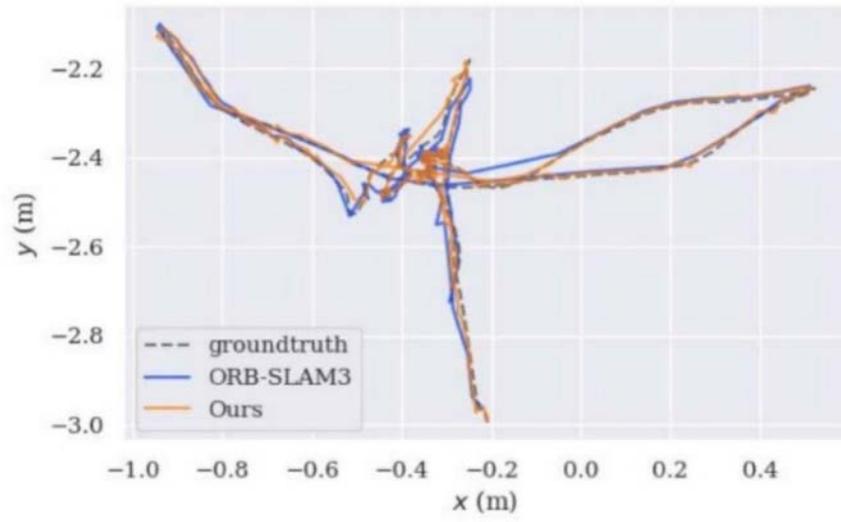


图10

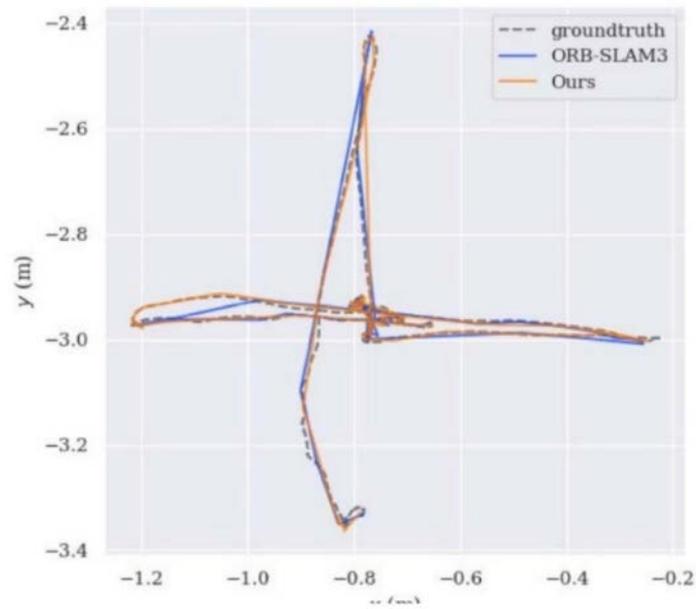


图11