

ORB 特征四叉树均匀分布算法

刘宏伟 余辉亮 梁艳阳

(西南科技大学特殊环境机器人技术四川省重点实验室, 四川 绵阳 621010)

摘要: 针对采用传统加速旋转不变性特征提取算法对图像进行特征提取时存在的特征点分布不均匀、冗余特征较多的问题,提出了一种 ORB 特征四叉树均匀化处理算法。该算法通过构建高斯图像金字塔,对每层图像进行八叉树网格划分,进而进行 FAST 角点检测;对较难提取的网格进行降阈值再检测,实现 FAST 角点自适应提取。根据角点进行四叉树划分,设计迭代算法计算节点;然后根据关键点的响应度,筛选出每个节点中最佳的关键点,从而大幅度降低冗余角点数。试验验证了所提算法得到的图像特征分布更均匀,且冗余特征明显减少,具有比传统算法更优越的性能。该算法可以用于不同研究领域,如视觉 SLAM、三维重建、遥感超分辨率图像配准等对配准精度以及实时性要求较高的场合。

关键词: 四叉树; ORB 特征; 均匀分布; 图像金字塔; FAST 角点自适应提取

中图分类号: TH7; TP391.4

文献标志码: A

DOI: 10.16086/j.cnki.issn1000-0380.2017090004

ORB Feature Quadtree Uniform Distribution Algorithm

LIU Hongwei, YU Huiliang, LIANG Yanyang

(Robot Technology for Special Environment Key Laboratory of Sichuan Province,
Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

Abstract: Aiming at the disadvantages of traditional feature extraction algorithm oriented fast and rotated brief (ORB), i.e., the feature points unevenly distributed and too many redundant features, the ORB feature quadtree even processing algorithm is proposed. Through constructing a Gaussian image pyramid, octree meshing is performed on each layer of the image, and then, FAST corner detection is performed; for the mesh which is difficult to be extracted, decrease the threshold, then detect and FAST corner points adaptive extraction is implemented. According to the corner point, the quadtree division is conducted, the iterative algorithm is design to calculate the node, and then in accordance with the key point responsiveness, the best key points in each node are screened out, thus greatly reduce the number of redundant corners. Experiments verify that the proposed algorithm obtains more even distribution of image features and a significant reduction in redundancy characteristics, which is superior to traditional algorithms. The algorithm can be used in different research fields with high requirements on registration accuracy and real-time performance, such as visual SLAM, 3D reconstruction, remote-sensing super-resolution image registration, etc.

Keywords: Quadtree; ORB feature; Uniform distribution; Image pyramid; FAST corner adaptive extraction

0 引言

近年来,计算机视觉领域中,尺度不变特征变换(scale-invariant feature transform, SIFT)算法和加速鲁棒性特征(speeded up robust features, SURF)算法涌现。这 2 种算法在图像配准中的应用引起了众多学者的关注^[1-6],并取得了较好的效果。但这 2 种算法都要求建立高维描述符,需要大量的内存空间和较长的运行时间。王峰等人针对这个问题,提出了一种自适应控制

SIFT 特征均匀分布的算法^[3]。该算法虽然有效地保证了特征点区分性和稳定性,但是耗时较长。针对这个问题,张云生等^[1]人提出了基于改进加速旋转不变性特征提取(oriented fast and rotated brief, ORB)算法的遥感图像自动配准方法,虽然大幅度提升了配准效率,但是配准精度并不理想。其原因在于该算法是使用传统 ORB 特征提取的,即 Rublee E 等^[2]人提出的 ORB 算法。该算法虽然在速度上相对于 SIFT 和 SURF 算法有了大幅度提升,但是精度相对较差。

收稿日期: 2017-09-05

基金项目: 四川省科技厅科技支撑基金资助项目(2014NZ0118)、绵阳市科技计划基金资助项目(15N-01-4)

作者简介: 刘宏伟(1982—),男,讲师,硕士,主要研究方向为计算机视觉、机器人技术等, E-mail: 122527072@qq.com

1 Qtree_ORB 算法框架

针对上述情况,本文提出了 Qtree_ORB 算法。该方法通过构建高斯图像金字塔^[7],对每层图像进行八叉树网格划分^[8],进而进行 FAST 角点检测,对较难提取的网格进行降阈值再检测,实现 FAST 角点的自适应提取。根据角点进行四叉树划分^[9],设计迭代算法计算节点。然后根据关键点的响应度^[10],筛选出每个节点中最好的关键点,从而大幅度降低冗余角点数。融合四叉树的思想,将特征点以四叉树的方式存储,这样可以有效剔除冗余重叠的特征点,使特征点均匀地覆盖到整个图像。Qtree_ORB 算法框图如图 1 所示。

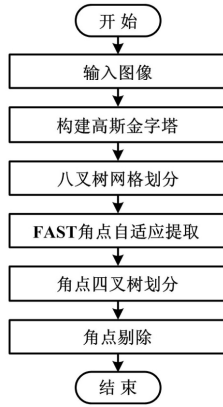


图 1 Qtree_ORB 算法框图

Fig. 1 Block diagram of Qtree_ORB algorithm

2 FAST 角点自适应提取

结合 FAST^[11] 算法和 Brief^[12] 算法,ORB 算法给 FAST 特征点增加了方向性,使特征点具有旋转不变性。同时提出了构建图像金字塔的方法,解决了尺度不变性。为了保证对每层图像金字塔 FAST 角点的提取精度,本文提出对构建图像金字塔中的每层图像金字塔进行八叉树网格划分,对划分网格作 FAST 自适应提取。

在构建八叉树网格过程中,设定初始化阈值 $iniThFast$,进行角点提取。当设定 $iniThFast = 25$ 时,效果比较理想,判定此时网格区域提取的角点是否为空。如果为空,则设定 $miniThFast = 7$ 效果比较理想;否则按初始化阈值进行 FAST 角点提取。

$width$ 和 $height$ 分别为图像的宽和高, i,j 分别是行数和列数、 $Cols, Rows$ 表示行分割数和列分割数, $Chllw, Cellh$ 表示行元和列元。每个网格范围为 $(Y_{ini}, Y_{max}) \sim (X_{ini}, X_{max})$ 。参数初始化,设置网格个数 $w =$

30 根据网格个数推导出行分割数 $Cols = width/w$,列分割数 $Rows = height/w$,间接推导出行元 $Cell_w = width/Cols$,列元 $Cell_h = height/Rows$ 。

网格行限定:

$$Y_{ini} = i \times Cell_w \quad (1)$$

$$Y_{max} = Cell_w + 6 \quad (2)$$

网格列限定:

$$X_{ini} = i \times Cell_h \quad (3)$$

$$X_{max} = Cell_h + 6 \quad (4)$$

FAST 角点自适应提取迭代流程如图 2 所示。

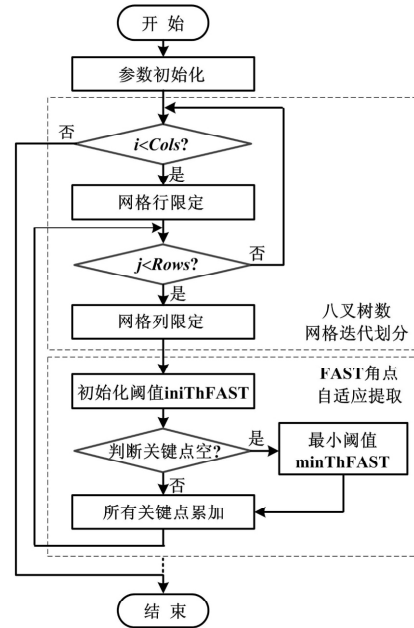


图 2 FAST 角点自适应提取迭代流程图

Fig. 2 Flowchart of FAST corner adaptive extraction iteration

3 角点四叉树处理

上述方法得到的角点存在特征点冗余,需要对角点四叉树进行进一步处理。四叉树的基本思想是二维空间数据递归划分为不同层次的树结构。运用这种思想,对图像中提取的角点进行四叉树划分。首先进行初始化节点计算,令初始化节点(父节点)为 1,得到初始的四叉树结构,用四个象限表示(UL,UR,BL,BR),如图 3 所示。将角点映射到初始的四叉树中,显然在初始化节点中角点个数不为 1。

在此基础上,生成四个子节点 n_1, n_2, n_3, n_4 ,根据角点位置映射到子节点中。映射以下规则。

①如果角点位置 PT_{kp} 满足条件 $PT_{kp} < UR_{n1}$ 且 $PT_{kp} < UR_{n1}$,则把角点划分到 n_1 ,否则划分到 n_2 。如果角点位置 PT_{kp} 满足条件 $PT_{kp} < BR_{n1}$,则把角点划分到

n_3 , 否则划分到 n_4 。

②判断节点 n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 内角点数量是否为 1, 如果等于 1, 不再生成子节点, 否则继续生成子节点, 继续步骤①。

当生成节点数大于期望特征数, 或者节点个数不再增加时, 则角点四叉数处理完成。

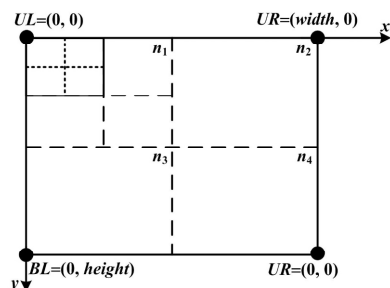


图 3 初始化节点图

Fig. 3 Expression of initialization node

4 角点剔除

SURF 中利用非极大值抑制 (non maximum suppression, NMS) [10] 来确定特征点的位置。关键点强度直方图如图 4 所示。

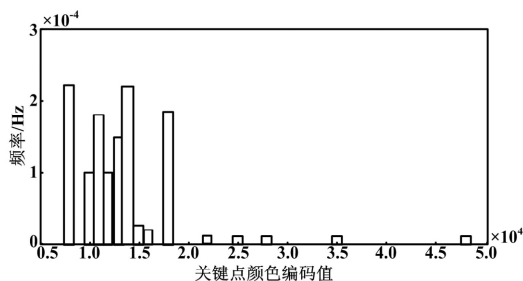


图 4 关键点强度直方图

Fig. 4 Histogram of key point intensity

从图 4 可以看出, 关键点响应强度越强, 表示该点越鲁棒。当节点内角点数量不为 1 时, 根据关键点响应强度, 选取响应度最大的关键点, 剔除响应度较小的点, 这时节点个数等于特征数。

以上是对某一层金字塔图像进行上 Qtree_ORB 处理。为了保证尺度不变性, 继续对其他的层图像进行相同处理即可。在此说明, 得到的特征点的个数为 8 层高斯金字塔图像经过 Qtree_ORB 处理的节点个数总和。关于特征的主方向 [4], 特征的描述子 [4] 计算与传统的 ORB 算法类似, 这里不再介绍。

5 试验及结果分析

选用 OpenCV 开源库, 版本 2.4.9, 其中的 ORB 算子以及描述子作为传统 ORB 算子。为了保证试验的合理性, 令 Qtree_ORB 也具有相同的功能, 在相同硬件平台下, 测试两种算子的特征分布情况以及时间度情况, 并对试验结果进行分析。

选用一台 CPU 为 i5-6500, 运行内存 4 GB 的计算机, 分别提取 Qtree_ORB 与传统 ORB 算子特征点, 然后通过改变期望点的个数, 观察关键点的分布情况。

为了更好地反映两种算法的特征分布情况, 采用基于区域统计信息计算分布均匀度 T 。分布均匀度、时间度比较如表 1 所示。

从表 1 可以看出, 随着期望点的增加, 两种算法的分布均匀度都逐渐减小, 其中 Qtree_ORB 减小得更加明显且分布均匀度更小, 说明特征分布质量越好。针对小分辨率图像, 在时间度的对比中, 发现 Qtree_ORB 算法与传统的 ORB 算法时间度差别并不是很大。由于是在 ORB 算法的基础之上进行特征点空间改进, 这在耗时方面有一定的增加。

表 1 分布均匀度、时间度比较

Tab. 1 Comparison of distribution uniformity and time degree

期望点数量	分布均匀度		时间度/ms	
	传统 ORB 算法	Qtree_ORB 算法	传统 ORB 算法	Qtree_ORB 算法
500	87.994	53.121 2	11.385	12.177
800	77.894	43.121 2	12.225	12.556
1 500	70.872	25.172 3	13.101	13.936
2 000	69.121	15.631 2	14.101	14.201

6 结束语

针对传统 ORB 算法存在的特征提取分布不均匀, 重叠特征点较多等问题, 提出了 Qtree_ORB 算法, 并对

整个算法进行设计。通过试验, 验证了 Qtree_ORB 算法能使特征分布更加均匀, 并可同时保持计算的高效性。Qtree_ORB 算法的不足之处是当期望点为 2 000 (下转第 59 页)

知,地铁运行过程中在不同楼层产生的振动能量相差不大,出现时时间具有一致性。由傅里叶变换得到的频率响应可以看出,对于不同楼层测量到振动数据,在频率 20 Hz 以下的的数据有共同特征,所以可以认为该频率是影响建筑物的主要频率。

目前,我国各个省市轨道交通发展迅速,这就需要科技工作者更多地关注轨道运营过程中对环境 and 人产生的影响。由于各个地区土质和楼房结构均不同,需要投入大量的时间和精力去进行监测和分析。

参考文献:

- [1] 袁杨. 地铁列车振动环境响应预测的人工单点列脉冲激励方法研究[D]. 北京: 北京交通大学 2014.
- [2] 司徒国强,王庆贤,吴俭民,等. 隧道限界检测中车体振动补偿问题的研究[J]. 自动化仪表 2016 37(1): 30-33.
- [3] 孙晓静. 地铁列车振动对环境影响的预测研究及减振措施分析[D]. 北京: 北京交通大学 2008.
- [4] 马蒙. 基于敏感度的地铁列车振动环境影响预测及动态评价体系研究[D]. 北京: 北京交通大学 2012.
- [5] 田春芝. 地铁振动对周围建筑物影响的研究概况[J]. 铁路节能环保与安全卫生 2000(1): 67-70.

- [6] 李永军,崔心瀚,李珂. 一种振动信号的 EMD 去噪方法及其仿真分析[J]. 自动化仪表 2016 37(9): 14-17.
- [7] 夏禾. 交通环境振动工程[M]. 北京: 科学出版社 2010.
- [8] 曹艳梅. 列车引起的自由场地及建筑物振动的理论分析和试验研究[D]. 北京: 北京交通大学 2006.
- [9] 栗润德. 地铁列车引起的地面振动及隔振措施研究[D]. 北京: 北京交通大学 2008.
- [10] 马龙,辜小安. 高速铁路列车运行振动对邻近精密仪器设备的影响分析综述[J]. 噪声与振动控制 2007(81): 87-90.
- [11] 陈建国. 高架轨道交通引起的环境振动预测与参数研究[D]. 北京: 北京交通大学 2009.
- [12] 日本噪声控制协会. 地域的环境振动[M]. 东京: 技报堂出版株式会社 2001.
- [13] 曹艳梅,夏禾. 振动对建筑物的影响及其控制标准[J]. 工程力学 2002(S1): 388-392.
- [14] TAKEMIYA H, BIAN X C. Shinkansen high-speed train induced ground vibrations in view of viaduct-ground interaction[J]. Soil Dynamics & Earthquake Engineering 2007 27(6): 506-520.
- [15] 翟杰群. 地铁振动传播的现场测试与数值分析[D]. 上海: 同济大学 2007.
- [16] 洪俊青,刘伟庆. 地铁对周边建筑物振动影响分析[J]. 振动与冲击 2006 25(4): 142-145.

(上接第 54 页)

时,特征重叠情况加重。同时在超分辨率图像中,并没有进行时间度的比较,可能耗时会更长,希望在以后工作中进行改进。

参考文献:

- [1] 张云生,邹峥嵘. 基于改进 ORB 算法的遥感图像自动配准方法[J]. 国土资源遥感 2013 25(3): 20-24.
- [2] RUBLEE E, RABAUD V, KONOLIGE K, et al. ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF[C]// IEEE International Conference on Computer Vision. IEEE 2011: 2564-2571.
- [3] 王峰,尤红建,傅兴玉. 应用于 SAR 图像配准的自适应 SIFT 特征均匀分布算法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2015, 40(2): 159-163.
- [4] 王姮,王曼,张华,等. 基于 PCA 模式和颜色特征的钢轨表面缺陷视觉显著性检测[J]. 自动化仪表 2017 38(1): 73-76.
- [5] RUBLEE E, RABAUD V, KONOLIGE K, et al. ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF[C]// International Conference on Computer Vision. IEEE Computer Society 2011: 2564-2571.

- [6] LINDBERG T. Scale invariant feature transform[J]. Scholarpedia, 2012 7(5): 2012-2021.
- [7] 屈玉福,刘子悦,江云秋,等. 自适应变尺度特征点提取方法[J]. 光学精密工程 2017 25(1): 188-197.
- [8] 冯泽邦. 一种基于平面八叉树的森林小班林火蔓延模拟方法: CN 102799703 A[P]. 2012.
- [9] AREFIN M A, UDDIN M Y S, GUPTA I, et al. Q-Tree: A multi-attribute based range query solution for tele-immersive framework[C]// IEEE International Conference on Distributed Computing Systems. DBLP 2009: 299-307.
- [10] BAY H, TUYTELAARS T, Gool L V. SURF: Speeded up robust features[J]. Computer Vision & Image Understanding, 2006, 110(3): 404-417.
- [11] CALONDER M, LEPETIT V, STRECHA C, et al. BRIEF: Binary robust independent elementary features[C]// European Conference on Computer Vision. Springer-Verlag 2010: 778-792.
- [12] 朱海峰,赵春晖. 图像特征点分布均匀性的评价方法[J]. 大庆师范学院学报 2010 30(3): 9-12.