

文章编号: 2095-2163(2020)09-0077-04

中图分类号: TP391

文献标志码: A

基于 ORB 与 K-means 聚类的图像匹配算法

邢艺馨, 田爱奎, 张立晔, 常春红, 郝本利

(山东理工大学 计算机科学与技术学院, 山东 淄博 255000)

摘要: 图像处理技术在计算机视觉等领域中发挥着重要作用,然而在目前的双目视觉领域中的图像匹配水平,实现高配准率和高实时性的技术仍需进一步探索。ORB(oriented FAST and rotated BRIEF)特征点匹配算法相比 SIFT 算法提高了检测速度,可以实时准确地检测目标。为了提高匹配特征准确性的要求,本文提出了一种基于 ORB 与 K-means(K-均值)聚类的图像匹配算法,可在减少耗时的基础上,有效地提升双目图像特征点的匹配正确率。在公开的双目图像数据集上进行实验对比,实验结果表明该算法匹配更精确、性能更优越。

关键词: ORB; K-means; 图像匹配; 双目视觉

Image matching algorithm based on ORB and K-means clustering

XING Yixin, TIAN Aikui, ZHANG Liye, CHANG Chunhong, HAO Benli

(School of Computer Science and Technology, Shandong University of Technology, Zibo Shandong 255000, China)

[Abstract] Image processing technology plays an important role in computer vision and other fields. However, in the current binocular vision of the image matching level, However, in the current field of binocular vision image matching level, to achieve high matching rate and high real-time technology still need to be further explored. Compared with SIFT algorithm, ORB (oriented FAST and rotated BRIEF) feature point matching algorithm can improve the detection speed, and can detect the target accurately in real time. In order to improve the accuracy of matching features, this paper proposes an image matching algorithm based on ORB and K-means (K-means) clustering, which can effectively improve the accuracy of image feature point location and the accuracy and efficiency of image feature matching, and reduce the time consumption. The experimental results show that the algorithm is more accurate and has better performance.

[Key words] ORB; K-means; Image matching; Binocular vision

0 引言

目前,计算机视觉领域技术的快速发展,使得双目立体视觉在工业机器人、生物医学、虚拟现实以及军事等领域应用前景广泛,其图像匹配精度和速度一直备受关注。对此,经典算法的提出更是推动了该领域的发展。David G.Lowe 提出的 SIFT(Scale Invariant Feature Transform, 尺度不变特征变换)算法所提取的特征点稳定性高,同时具有尺度不变性和旋转不变性的特点,可获取更多信息量,但同时有存在匹配时间较长的缺点^[1]。随后,作为 SIFT 算法的优化算法——SURF(Speed Up Robust Feature)被提出,其利用了快速的 Hessian 矩阵检测关键点,缺点是鲁棒性降低^[2]。2011年, Rublee^[3] 等对上述二种算法进行研究改进,提出了经典的 ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)算法,该算法的优点是匹配速度快,同时对噪声敏感的缺点也相当明显,匹配

精度也因此降低。传统的 ORB 算法没有充分解决尺度不变性的问题,针对此问题,戴雪梅^[4] 等结合 SURF 算法的尺度不变的特征,对 ORB 算法进行了改进,得到一种全新的 SURF-ORB(简称 SURB)算法,其保留了 ORB 算法的速度优势,又有效地避免了 ORB 算法不具备尺度不变性的缺陷,提高了算法运行效率。2020年,文永革^[5] 等提出了结合 SIFT 算法与 K-means 聚类算法的图像匹配优化算法,提升了图像特征的算法效率,并且实现了在同等距离比率下,图像特征匹配精度的提升。文献[6]提出了一种大规模的对象检测系统,用户可通过选择查询图像的区域来提供查询对象。并且大型语料库中检索包含相同对象的图像的排序列表在系统中返回,会出现忽略图像的语义部分的情况。文献[7]中,通过对局部空间进行网格结构均分的方式得到视觉词汇表,缺点与文献[6]相似,问题仍未得到解

基金项目: 山东省自然科学基金(ZR2019BF022)。

作者简介: 邢艺馨(1995-),女,硕士研究生,研究方向:计算机视觉;田爱奎(1964-),男,博士,教授,主要研究方向:大数据、教育游戏、虚拟现实;张立晔(1986-),男,博士,讲师,主要研究方向:机器视觉、双目视觉、WLAN室内定位;常春红(1995-),女,硕士研究生,主要研究方向:计算机视觉;郝本利(1996-),男,硕士研究生,主要研究方向:计算机视觉。

通讯作者: 张立晔 Email: zhangliye@sdut.edu.cn

收稿日期: 2020-07-10

决。文献[8]提出,通过比较各兴趣点局部泽尼克矩的欧氏距离,来提取最优匹配点后,以兴趣点的空间离散度计算图像匹配性。文献[9]对K-means聚类算法进行改进研究,在基于主成分分析的K-means初始聚类中心优化算法的基础上,提出一种全新的基于潜在稳定性的K-means最佳聚类数确定方法,解决了聚类分析的初始聚类中心的选择和聚类K值的问题。文献[10]中,孙士宝等人在分析了孤立点和噪声数据对K-means算法影响的基础上,提出了一种基于加权的K-means算法。文献[11]中提出了基于半监督K-均值聚类对K值进行全局寻优算法,解决了K-means算法随机选择初始聚类中心的不足。

综上所述,本文算法目的是对ORB算法进行改进。考虑到K-means算法具有优化迭代的特点,双目视觉对尺度不变性要求较低,采用传统ORB算法与K-means聚类算法相结合,通过亚像素插值法提升特征点坐标精确度。经多次图像匹配实验结果对比,验证了本文算法对不同分辨率图像的匹配精度有较稳定的提升,同时性能也优于传统的图像匹配算法。

1 ORB 算法

作为高效的图像匹配算法,ORB算法在特征匹配和抑制图像噪声两方面性能都可代替SIFT算法,其算法的速度优势更适用于实时系统中。在传统ORB特征检测算法中,首先建立特征点的特征描述向量,依据FAST子检测图像上符合条件的特征点,并根据灰度质心法计算主方向;其次,根据Rotated BRIEF(Binary Robust Independent Elementary Features,二元鲁棒独立基本特征)描述算法,生成特征点的特征向量;最后,通过计算模板图像特征向量和待搜索图像特征向量的汉明距离(Hamming Distance),来确定各个特征向量的相似度。

1.1 关键点检测——FAST 算法

判断一个像素点是否为关键点,检测方法是判断该点灰度值与周围邻域内大部分的像素点进行对比,若相差过大则该像素可能是角点(特征点)。为判断特征点是否角点,先假定该特征点为点 P ,通过以点 P 为中心,半径为3个像素作圆,并使该圆过16个像素点。判断在圆周上的16个像素点中,是否最少有连续的 n 个像素点满足都比 $I_p + t$ 大,或都比 $I_p - t$ 小的情况。如果实际数据满足公式(1),则可以确定 P 是一个特征点,否则 P 不是特征点。

$$N = \sum_{x \in \text{circle}(p)} |I(x) - I(p)| > \varepsilon_d, \quad (1)$$

式中, I_p 表示点 P 的灰度值; t 表示阈值; $I(x)$ 表示圆周上任意像素点的灰度值; $I(p)$ 表示圆心的灰度值; ε_d 表示给定的灰度差值(阈值)。若 N 值超过设定的阈值(一般取值为周围圆圈点的3/4),则认为 P 点是一个特征点。

1.2 特征点匹配——BRIEF 算子

得到特征点后,需要对这些特征点的属性进行描述。属性的输出称为该特征点的描述子(Feature Descriptor)。ORB算法使用BRIEF算子进行一个特征点描述子的计算。BRIEF特征提取思路是:在关键点附近以一定模式随机选取适量点对,将这些点对的灰度值大小进行比较,结果组合起来成为二进制串,此二进制串作为角点的描述子。算法操作流程如下:

Step 1 以关键点 P 为圆心且以 d 为半径做圆 O 。

Step 2 在圆 O 内某一模式选取 N 个点对(实际应用中可取到512)。

Step 3 定义操作 T

$$T(P(A, B)) = \begin{cases} 1, & I_A > I_B; \\ 0, & I_A \leq I_B. \end{cases}$$

式中: I_A 表示点 A 的灰度。

Step 4 分别对已选取的点对进行 T 操作,将得到的结果进行整合。

BRIEF使用二进制编码的方法,在特征点周围的一定区域内提取描述子。因提取的描述子简单,所以相较于SIFT、SURF算法存储空间更小,因使用汉明距离进行对比,匹配速度也比SIFT算法更快。

2 K-means 聚类算法

K-means聚类分析算法有简捷易懂、适应性强、高效聚类的优点,是目前普遍运用的一种聚类分析算法。根据已知关键点特征向量间的欧氏距离,运用K-means聚类分析算法对这些特征向量进行聚类,选取与其余向量差别最小的特征向量作为初始质心的方式,可以优化ORB特征点,简化计算维度。K-means聚类算法是通过迭代方式求解,具体算法流程如下:

Step 1 将已知数据分为 K 组,再随机地选取 K 个对象来作为初始质心(聚类中心)。

Step 2 计算每个对象与各个已知聚类中心之间的欧氏距离,再把这个对象归类给距离最近的聚类。

Step 3 分配给聚类中心的对象和聚类中心就组成了一个聚类。每次新分配一个样本,根据现聚类中存在的对象,再次计算出聚类的新质心。

以上过程将持续循环,直到满足某个终止条件

后结束。若直到没有对象或最小数目对象被重新分配给了不同的聚类, 导致聚类中心再次发生变化, 实现误差平方和局部最小的条件后, 迭代求解的聚类分析算法将不再重复。

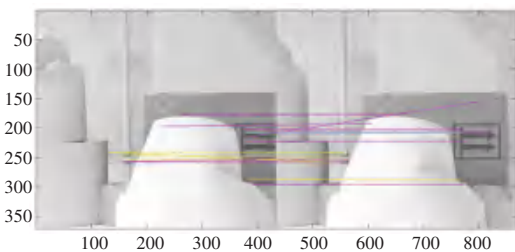
K-means 聚类算法中, 初始聚类中心的选取与聚类数目 K 的确定, 是两个不容忽视的问题。初始聚类中心的选取可采用基于主成分分析 (Principal Components Analysis, PCA) 的方式; 聚类数 K 的问题, 可通过基于潜在稳定性的 K-means 最佳聚类数确定方法进行确定。

ORB 算法识别到关键点的坐标信息及描述子后, 通过对关键点 keypoint 的坐标进行聚类, 在 K-means 算法中的 K 值取值为 2, 即得到优化后的算法。

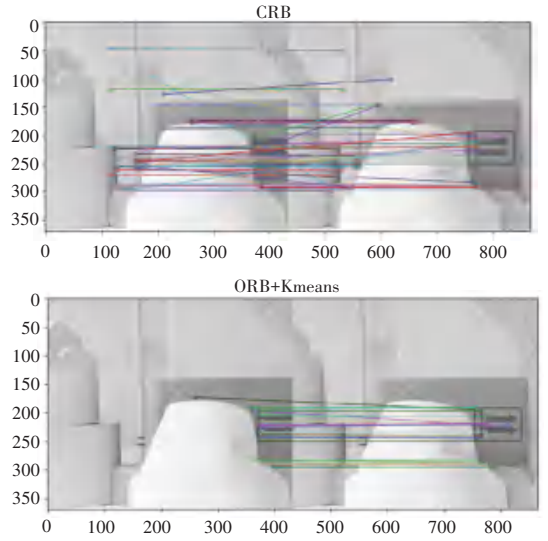
3 实验结果分析

为验证本研究算法的有效性, 首先对双目图像公开数据集进行大量实验后, 再采用 CCD 相机拍摄实验室图像进行测试。实验的 CPU 型号为 i7-9600K, 采用 Python 语言实现本研究中的相关算法, 进行图像匹配。通过将本文提出的算法与传统 ORB 算法、SIFT 算法的匹配效果进行对比, 验证本算法的可行性。通过 K-means 聚类算法改进后的算法相较于传统 ORB 算法剔除误匹配效果较为明显, 同时具有时间优越性。

通过两种算法对双目图片匹配结果可以看出, ORB 与 K-means 算法结合后的算法性能, 得到了一定程度的提升, 即本文提出的算法在对双目图像进行特征点进行匹配时, 图片中特征点匹配准确度有明显提高, OpenCV 中的 ORB 算法具有一定程度的尺度不变性。通过图 1 与图 2 对公开双目图片数据集进行图像匹配的实验结果对比可见, 在公开数据集上进行本文算法实验性能良好; 图 3 是使用 CCD 相机拍摄图进行图像匹配, 由图可见, 采用 K-means 聚类算法匹配结果, 剔除了传统 ORB 算法匹配结果中的误匹配。通过两种算法的匹配图对比可知, 结合了 K-means 算法的 ORB 算法正确率得到了明显提高。

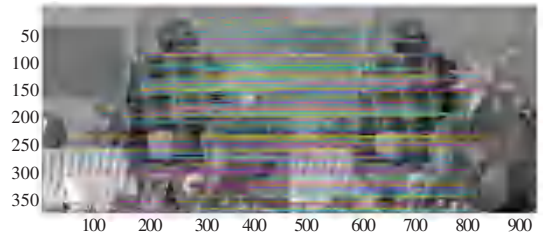


(a) SIFT algorithm matching results

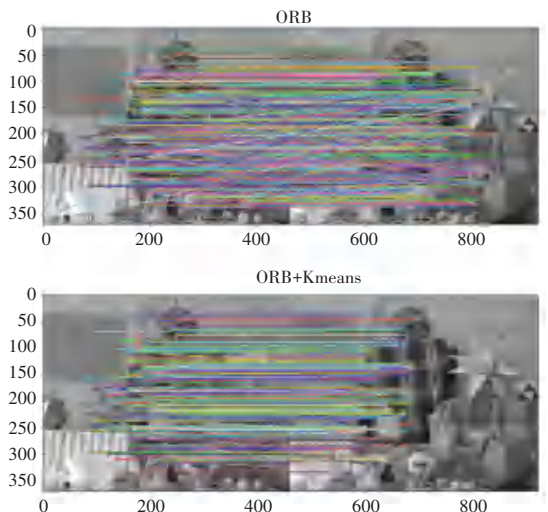


(b) The matching results of orb algorithm and improved algorithm

图 1 SIFT 算法、ORB 算法、改进后算法的匹配结果对比
Fig. 1 Comparison of SIFT、ORB and improved algorithm

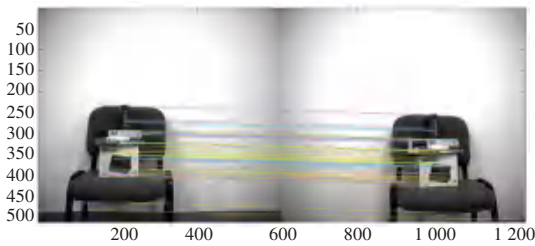


(a) SIFT algorithm matching results



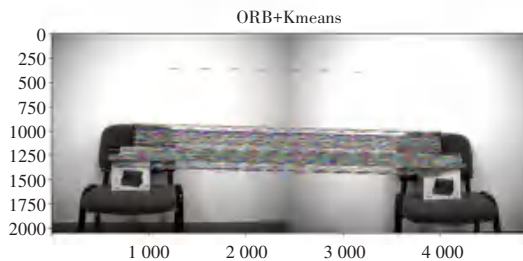
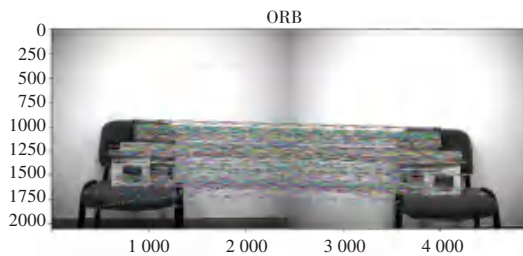
(b) The matching results of orb algorithm and improved algorithm

图 2 SIFT、ORB、改进后算法的匹配结果对比
Fig. 2 Comparison of SIFT、ORB and improved algorithm



(a) SIFT 算法匹配结果

(a) SIFT algorithm matching results



(b) 拍摄的双目图片算法对比结果

(b) Algorithm comparison results of binocular images

图3 SIFT、ORB、改进后算法在双目图上的匹配结果对比

Fig. 3 Comparison of SIFT, ORB and improved algorithm on binocular images

图像匹配算法的耗时和匹配识别个数的对比结果见表1、表2。

表1 图像匹配算法耗时对比

Tab. 1 Time-consuming comparison of image matching algorithms

算法	时间/s		
	图1	图2	图3
SIFT 算法	4.552 0	11.110 0	60.374 1
ORB 算法	0.167 0	0.182 0	0.473 0
本文算法	0.197 0	0.319 0	0.772 0

表2 图像匹配算法识别个数对比

Tab. 2 Comparison of recognition numbers of image matching algorithms

算法	时间/s		
	图1	图2	图3
SIFT 算法	88	831	1 958
ORB 算法	82	938	1 949
本文算法	20	526	1 669

由表1中可以看出,SIFT算法的运行时间相比传统ORB算法长,ORB算法的实时性优势远超SIFT算法。本文算法在传统ORB算法上叠加了K-

means 聚类算法,虽然本文算法比传统ORB算法耗时长,但运行速度远远小于SIFT匹配算法,速度方面达到预期效果。

表2为3种算法图像匹配识别的特征对数目的对比。通过对表格数据分析可知,本文算法消除了传统ORB算法中一些匹配错误的点,从而提高了匹配正确率。

ORB算法与K-means算法的结合,在运行时长和匹配正确率上都有很好的表现,具有鲁棒性。结合后的算法虽然增加了一些时间开销,但整体上对算法的实时性验证并无明显影响。

4 结束语

本文提出利用ORB算法进行双目图像匹配,使用K-means聚类的图像匹配算法,具有鲁棒性强的优点,耗时相比于ORB算法有一定增加,但实时性相较于SIFT算法仍有明显优势。由于ORB算法不具有尺度不变性,在对具有尺度变换较大的图片处理时,本文算法则需要改进。因实验为双目测距环境,双目匹配对尺度不变性要求较低,而对实时性要求较高,故采用改进的ORB算法在OpenCV中的尺度变换特征下进行匹配,可以达到预期效果。

参考文献

- [1] 周定富,何明一,杨青.一种基于特征点的稳健无缝图像拼接算法[J].测控技术,2009,28(6):32-36.
- [2] HERBERT BAY, ANDREAS ESS, TINNE TUYTELAARS, et al. Speeded-Up Robust Features (SURF) [J]. Computer vision and image understanding, 2008, 110(3):346-359.
- [3] RUBLEE E, RABAUD V, KONOLIGE K, et al. ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF [C]// Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, Barcelona, Spain, 2011; 2564-2571.
- [4] 戴雪梅,郎朗,陈孟元.基于改进ORB的图像特征点匹配研究[J].电子测量与仪器学报,2016,30(2):233-240.
- [5] 文永革.基于SIFT与K-means聚类的多源图像匹配算法_文永革[J].绵阳师范学院学报,2019,38(11):67-71,76.
- [6] PHILBIN J, CHUM O, ISARD M, et al. Object retrieval with large vocabularies and fast spatial matching [C]// Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Piscataway, NJ: IEEE, 2007: 1-8.
- [7] TUYTELAARS T, SCHMID C. Vector quantizing feature space with a regular lattice [C]// Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). Piscataway, NJ: IEEE, 2007: 1-8.
- [8] 符祥,曾接贤.基于兴趣点匹配和空间分布的图像检索方法[J].中国激光,2010,37(3):774-778.
- [9] 郭靖.K-means聚类算法改进研究[D].中国人民公安大学2019.
- [10] 孙士保,秦克云.改进的K平均聚类算法研究[J].计算机工程2007,33(13):200-201,209.
- [11] 孙雪,李昆仑,胡夕坤等.基于半监督K-means的K值全局寻优算法[J].北京交通大学学报:自然科学版,2009,33(6):106-109.