

## 基于实时图像获取的两种匹配算法的比较

李胜辉<sup>1</sup>, 张保龙<sup>2</sup>, 史瑞芝<sup>1</sup>

(1. 解放军信息工程大学, 郑州 450001; 2. 郑州科技学院, 郑州 450000)

**摘要:** **目的** 将FAST特征点检测算法与FREAK特征点描述算法相结合用于图像匹配,以改善图像识别算法在移动终端上对印刷品图像的识别性能。**方法** 匹配的过程需要不断对摄像头获得的图像进行实时处理,但由于手机设备的处理器、内存等硬件条件有限,因此匹配算法的速度和效率是需要首要考量的指标。借鉴ORB的FAST特征点检测算法的思想,将FAST与FREAK特征点描述算法相结合用于图像匹配,然后与ORB算法的匹配速度和匹配精确度进行比较。**结果** 结合了FAST特征点检测算法的FREAK算法,与ORB算法相比,匹配速度有了一定的提升,匹配精确度也基本可以满足纸质印刷品图像匹配的需求。**结论** 在移动终端进行印刷品图像识别与匹配时,文中的研究能够在保证图像识别准确性的基础上使识别算法的运算速度得到一定的提升。

**关键词:** FAST; FREAK; ORB; 实时匹配; 增强现实

**中图分类号:** TS801.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)09-0120-04

## Comparison of Two Image Matching Algorithms Based on Real-time Image Acquisition

LI Sheng-hui<sup>1</sup>, ZHANG Bao-long<sup>2</sup>, SHI Rui-zhi<sup>1</sup>

(1. The PLA Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China;

2. Zhengzhou College of Science & Technology, Zhengzhou 450000, China)

**ABSTRACT:** The FAST feature point's detection algorithm and the FREAK feature point's description algorithm were combined and applied in image matching, to improve the image recognition performance of the image recognition algorithm in the mobile phone. Due to the constant need for real-time computation of the images obtained by the camera, and the limited hardware capabilities of the mobile phone, the matching algorithm's accuracy, speed and efficiency should be emphasized. Referring to the thought of the FAST feature point's detection algorithm of the ORB, this paper combined FAST with the FREAK feature point's description algorithm to accomplish the function of image matching. And then the matching speed and matching accuracy were compared to those of the ORB algorithm. Experimental results showed that the FREAK algorithm combining the FAST feature points detection algorithm had higher matching speed than the ORB algorithm, and the matching accuracy could basically meet with the demand of image matching in paper printing. In terms of image recognition and matching using mobile phone, the research of this paper could improve the speed of the matching algorithm on the basis of satisfying the accuracy of image recognition.

**KEY WORDS:** FAST; FREAK; ORB; real-time matching algorithm; augmented reality

近年来,移动手机由于携带方便、数据承载量大、表现形式丰富,在一定程度上已经成为人们日常生活中的必需品<sup>[1]</sup>,而传统的纸质印刷品虽然成本较低,但表现形式较为单一,所表现的信息也只能局限于纸张

收稿日期: 2015-08-04

作者简介: 李胜辉(1987—),男,河南平顶山人,解放军信息工程大学博士生,主要研究方向为印刷图文信息处理和数字印刷流程的设计与开发。

上的印刷内容,已不能满足人们对信息获取形式多样化的需求<sup>[2]</sup>。如何将传统印刷品与移动手机相结合,使传统印刷品的表现形式更为丰富,能够以声音、3D动画甚至人机交互的形式来展现其印刷内容,逐渐成为传统印刷品的一个新型发展方向<sup>[3-4]</sup>。

将传统印刷品与移动手机相结合,首先需要建立移动手机与印刷品图像之间的关系。移动手机利用摄像头对印刷品图像进行扫描识别,当识别成功后,在手机设备上展示与印刷内容相关的动画、音乐或者视频,也可利用手指对手机屏幕进行触摸交互<sup>[5]</sup>。在这个过程中,图像匹配算法是连接传统印刷品与移动手机设备的桥梁。但由于手机设备的处理器、内存等硬件条件的限制,匹配算法的选择不仅要考虑准确性,还需要考虑匹配算法的速度。传统的SIFT和SURF等算法虽然匹配精确度较高,但由于计算量较大,不适合在手机设备中使用,均不能够满足实时匹配的需求<sup>[6]</sup>。

FREAK和ORB是2个计算速度比较快的算法,笔者借鉴了ORB算法的特征点检测的思想,将ORB的FAST特征点检测算法与FREAK特征点描述算法相结合用于图像匹配,并在光照、旋转、视角扭曲等多种不同状态下与ORB算法的匹配效果进行对比,然后根据实验结果进行较为详细的比较分析,这里的工作流程见图1。



图1 工作流程  
Fig.1 Work flow

## 1 算法原理分析

### 1.1 FAST特征点检测

ORB算法的特征点检测是通过FAST角点检测算法来进行特征点检测的,FAST算法的思路是定义一个区域,该区域通常为圆形区域,然后以图像中的任意一点为圆心 $M$ ,将 $M$ 点的灰度值与邻域内16个像素点灰度值进行比较。

$$|m - p_i| > \Delta d \quad (1 \leq i \leq 15) \quad (1)$$

式中: $m$ 为圆心 $M$ 处像素点的灰度值, $p_i$ 为 $M$ 点邻域内各个点的灰度值, $\Delta d$ 为给定的阈值。

当 $m$ 与 $p_i$ 差的绝对值大于 $\Delta d$ 时,记为一个点,若这样的点多于 $n$ 个,则将 $M$ 点视为角点,经过实验对比,当 $n$ 的值取9的时候效果最好。

FAST角点检测算法虽然速度较快,但是检测结果不具有旋转不变性<sup>[7]</sup>,为了解决这个问题就需要给检测到的角点加一个方向信息。ORB算法采用了一种相对简单有效的方法——灰度质心法。灰度质心法是假设角点的灰度与质心之间存在着一个偏移,这个偏移向量可以用来表示方向<sup>[8]</sup>,即在特征点邻域 $S$ 内计算质心的位置,然后以特征点为起点,质心为终点,构造方向向量,式(2)为邻域 $S$ 的距:

$$m_{pq} = \sum_{x,y} x^p y^q I(x,y) \quad (2)$$

式中: $m_{pq}$ 为邻域矩, $(x,y) \in S$ , $I(x,y)$ 为图像的灰度值。

通过上式可以得出在该区域内质心的位置为:

$$C = \left( \frac{m_{10}}{m_{00}}, \frac{m_{01}}{m_{00}} \right) \quad (3)$$

这样就可以从特征点位置 $M$ 到质心位置 $C$ 构造一个方向向量,即 $\vec{MC}$ ,这个方向角度 $\theta$ 可记为:

$$\theta = \arctan\left(\frac{m_{01}}{m_{10}}\right) \quad (4)$$

### 1.2 FREAK特征点描述

FREAK描述子与BRIEF描述子类似,同属于二进制描述子,与BRIEF描述子不同的是,FREAK描述子将人眼的视觉感受考虑在内<sup>[9-10]</sup>。人眼的视网膜按锥细胞的分布大体可分为窝区、近窝区和远窝区,见图2,其中不同区域对图像的感知效果不同,在窝区,视野小于 $1^\circ$ 时,人眼具备高分辨能力,可以直接辨识信息;在近窝区,视野大于 $1^\circ$ 且小于 $5^\circ$ 时,人眼具有低分辨能力,信息的辨识需要下一步眼动;在远窝区(周边区),视野大于 $5^\circ$ ,人眼几乎无分辨能力,信息的辨识需要头部的运动。

ORB算法是针对图像上所有区域实施等量计算,而FREAK描述子的方法是在窝区进行密度更高的计算,而在近窝区和远窝区分别进行相对少量的运算,FREAK的采样模式与视网膜视觉感受比较类似,见图3,图中的每个圆代表相应区域利用高斯核函数进行运算处理<sup>[11]</sup>。这种方法由于在离中心较远的地方进行相对少量的运算,这样能够在保证人眼信息识别量的基础上,减少信息的运算量,从而提升运算速度。

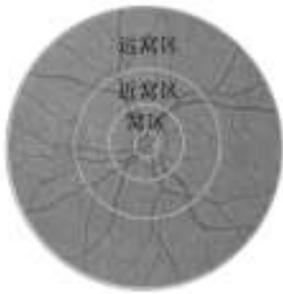


图2 人眼视网膜  
Fig.2 Retina areas

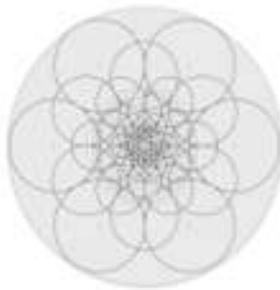


图3 FREAK 采样模式  
Fig.3 FREAK sampling mode

由于FREAK算法只是对特征点进行描述,不具有特征点位置检测算法,因此笔者借鉴了ORB算法中的FAST特征点检测算法的思想,将ORB的FAST特征点检测算法与FREAK特征点描述算法相结合,以实现FREAK算法中的特征点检测功能。FREAK算法将人眼视网膜的工作机理考虑在内,根据人眼视网膜不同区域的分辨能力设计相应的采样模式,对于人眼分辨能力较高的区域,进行密度较高的运算,而对于人眼分辨能力较低的区域则进行相对少量的运算。这样在一定程度上能够保证足够的信息采样量,减少信息的运算量,从而提升算法的运算速度。

## 2 实验验证

笔者对FREAK和ORB 2个算法在不同光照、旋转角度以及视角扭曲等状态下进行了实验对比,以进一步比较两种图像识别算法的性能<sup>[12-13]</sup>。笔者选择了Lena和Fruit两幅图像,用于比较2种算法在不同状况下的匹配效果,见图4—7,其中每组图组的左图为原始图像,右图为手机摄像头捕获的图像。实验所用的手机设备为某国产安卓系统手机,内存为2 G,CPU为4核,摄像头为1300万像素。软件部分主要是实现图像



图4 常规状态匹配对比  
Fig.4 Matching comparison of the normal state

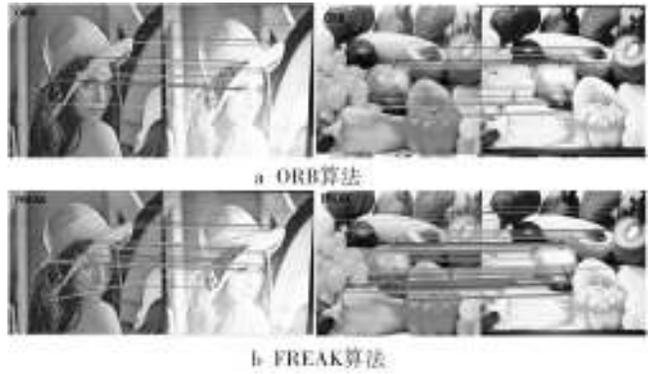


图5 光照状态匹配对比  
Fig.5 Matching comparison of the illumination state

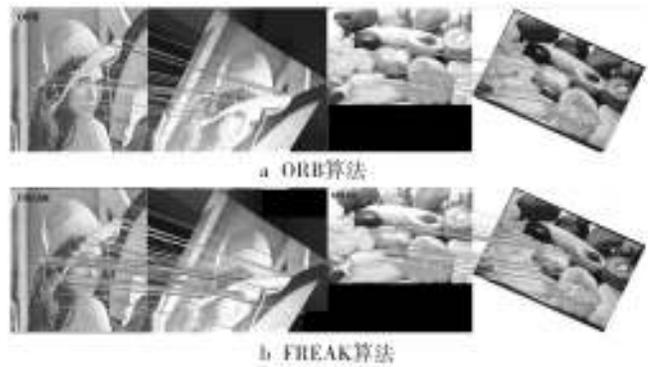


图6 旋转状态匹配对比  
Fig.6 Matching comparison of the rotation state



图7 扭曲视角状态匹配对比  
Fig.7 Matching comparison of the perspective distortion state

的处理和匹配功能,实验利用OpenCV4Android SDK对图像进行处理计算,所用的OpenCV版本为2.4.10。

匹配结果对比见表1,可以看出,将FAST与FREAK相结合的匹配算法,与ORB算法相比,有着更多的正确匹配对数,同时也存在着少量的误匹配,但整体上已经可以满足图像匹配的要求。实验过程中,FREAK算法总匹配时间多于ORB算法,但是由于其正确匹配对数多于ORB算法,这样每对的平均匹配时间反而少于ORB算法,见图8。

表1 匹配结果对比  
Tab.1 Comparison of the matching result

类型	误匹配对数				正确匹配对数			
	扭曲	旋转	光照	常规	扭曲	旋转	光照	常规
Lena(ORB)	6	12	5	3	48	44	34	46
Lena(FREAK)	14	16	9	16	78	93	58	114
Fruit(ORB)	2	9	4	1	32	37	31	28
Fruit(FREAK)	4	11	7	3	64	78	92	86

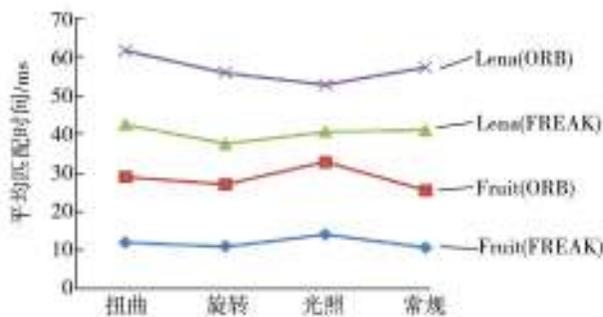


Fig.8 平均匹配时间对比

Fig.8 Comparison of the average matching time

### 3 结语

对于图像的特征点描述,ORB是对 BRIF 算法进行了改进的算法, FREAK 则是将人眼视网膜的工作机理考虑在内。从整体运算量上来讲, FREAK 算法由于在视网膜分辨率较低的部分进行了少量的运算,与 ORB 相比,平均运算量较少,运算速度也会有相应的提升,这里的实验结果也进一步的证明了这一点。

这里将 FAST 特征点检测算法与 FREAK 特征点描述算法结合,以实现图像的匹配,并在不同状态下与 ORB 算法的匹配效果进行对比。从实验结果可以看出,与 FAST 特征点检测算法相结合的 FREAK 算法,其平均匹配速度和成功匹配对数均优于 ORB 算法,其中每对的平均匹配时间有时甚至可以达到 ORB 算法的一半,不过仍然有少量的误匹配,存在着进一步改进的空间。

通过将 FAST 特征点检测算法与 FREAK 特征点描述算法进行结合,有效提高了移动终端图像匹配的计算速度,这里的研究能够为图像实时识别算法的选择提供一定的参考。同时,文中的算法可以应用于在移动终端进行印刷品实时图像匹配和识别,并以增强现实的形式展现印刷品所蕴含的信息<sup>[14]</sup>,而如何进一步提升适用于移动终端图像识别算法的匹配精度仍

是下一步研究的主要目标<sup>[15]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 莫梅锋,刘滢楷.论增强现实广告的作用机理[J].包装工程,2015,36(4):29—32.  
MO Mei-feng, LIU Ying-lei. The Mechanism of Augmented Reality Advertising[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(4): 29—32.
- [2] 丁峰,蒋竹鸣.移动设备中的人机交互设计研究[J].包装工程,2014,35(16):46—49.  
DING Feng, JIANG Zhu-ming. Human Computer Interaction Design in Mobile Devices[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(16): 46—49.
- [3] 司占军,李文霞,顾翀.增强现实在印刷品中的应用研究[J].包装工程,2014,35(19):125—129.  
SI Zhan-jun, LI Wen-xia, GU Chong. The Application of Augmented Reality in Printed Matter[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(19): 125—129.
- [4] 姚江,封冰.体验视角下老年人信息产品的界面交互设计研究[J].包装工程,2015,36(2):67—71.  
YAO Jiang, FENG Bing. Interface Interactive Design of Information Products for the Elderly from the Perspective of Experience[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(2): 67—71.
- [5] 方小娟,邬群勇.基于移动增强现实的纸质地图表达及其应用[J].图形、图像与多媒体,2014,33(7):41—47.  
FANG Xiao-juan, WU Qun-yong. Paper Map Expression and Its Application Based on Mobile Augmented Reality[J]. Image Processing and Multimedia Technology, 2014, 33(7): 41—47.
- [6] RUBLEE E, RABAUD V, KONOLIGE K, et al. ORB: an Efficient Alternative to SIFT or SURF[J]. Computer Vision, 2011, 58(11): 2564—2571.
- [7] ROSIN P. Measuring Corner Properties[J]. Computer Vision and Image Understanding, 1999, 73(2): 291—307.
- [8] 李小红,谢成明.基于ORB特征的快速目标检测算法[J].电子测量与仪器学报,2013,27(5):455—460.  
LI Xiao-hong, XIE Cheng-ming. Rapid Moving Object Detection Algorithm Based on ORB Features[J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument, 2013, 27(5): 455—460.

- Food Containers and Packaging Materials[S].
- [5] 王翠青,张雅莉,孙奇,等.影响塑料食品包装溶剂残留量的因素[J].包装工程,2013,34(23):38—40.  
WANG Cui-qing, ZHANG Ya-li, SUN Qi, et al. Factors Influencing Solvent Residual Amount of Plastic Food Packages[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(23):38—40.
- [6] 张松,段玉丰,张淑兰,等.水性油墨用丙烯酸酯乳液的制备及应用[J].包装工程,2014,35(5):137—142.  
ZHANG Song, DUAN Yu-feng, ZHANG Shu-lan, et al. Synthesis and Application of Acrylic Emulsion Used as the Binder of Waterborne Ink[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(5):137—142.
- [7] 卞喻,钟泽辉,徐军,等.水性油墨用室温交联丙烯酸酯乳液的研究[J].包装工程,2013,34(3):116—119.  
BIAN Yu, ZHONG Ze-hui, XU Jun, et al. Study on Polyacrylate Emulsion Curable at Ambient Temperature for Water-based Ink[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(3):116—119.
- [8] FANG C Q, YU R E, ZHOU S S, et al. Study on the Water Resistance of Polyurethane Water-Based Ink[J]. Research Journal of Chemistry and Environment, 2011, 15(2):377.
- [9] 钟泽辉,卞喻,徐军,等.以改性丙烯酸酯乳液为连接料的水性油墨制备[J].包装工程,2013,34(21):95—99.  
ZHONG Ze-hui, BIAN Yu, XU Jun, et al. Preparation of Water-based Ink Based on Modified Acrylate Emulsion[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(21):95—99.
- [10] LIANG L, LI Z, LIN X Q, et al. Synthesis and Characterization of Waterborne Polyurethane Dispersions with Different Chain Extenders for Potential Application in Waterborne Ink[J]. Chemical Engineering Journal, 2014(1):518—525.
- [11] 瞿金清,陈焕钦.聚氨酯-丙烯酸酯复合乳液的合成与性能[J].现代化工,2004,24(1):28.  
QU Jin-qing, CHEN Huan-qin. Synthesis and Properties of Polyurethane-acrylate Hybrid Emulsions[J]. Modern Chemical Industry, 2004, 24(1):28.
- [12] 向华,唐晖然,欧建志,等.用于食品软包装的塑料凹版印刷油墨的研制[J].包装工程,2013,34(9):95—98.  
XIANG Hua, TANG Hui-ran, OU Jian-zhi, et al. Development of Gravure Ink for Plastic Films Applied to Food Flexible Packages[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(9):95—98.
- [13] 向华,唐晖然,欧建志,等.醇溶性聚氨酯凹印油墨的制备与性能研究[J].广东微量元素科学,2013,20(1):43—47.  
XIANG Hua, TANG Hui-ran, OU Jian-zhi, et al. Preparation and Properties of Alcohol Soluble Polyurethane Gravure Ink[J]. Guangdong Trace Elements Science, 2013, 20(1):43—47.
- [14] 吕新广,王雷,张元标,等.油墨黏度对凹版印刷特性的影响[J].湖南工业大学学报,2007,21(2):12—13.  
LYU Xin-guang, WANG Lei, ZHANG Yuan-biao, et al. Influence of Ink Viscosity on the Characteristic of Gravure Printing[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2007, 21(2):12—13.
- [15] 席琰,曹从军.油墨黏度对胶印印刷质量的影响[J].包装工程,2013,34(7):94—96.  
XI Ying, CAO Cong-jun. Influence of Ink Viscosity on Printing Quality[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(7):94—96.
- 
- (上接第123页)
- [9] ALAHI A, ORTIZ R, VANDERGHEYNST P. FREAK: Fast Retina Key Point[J]. Computer Vision and Pattern Recognition, 2012(10):510—517.
- [10] 王灿进,孙涛,陈娟.基于FREAK特征的快速景象匹配[J].电子测量与仪器学报,2015,29(2):204—212.  
WANG Can-jin, SUN Tao, CHEN Juan. Rapid Scene Matching Based on FREAK Descriptor[J]. Journal of Electronic Measurement and Instrumentation, 2015, 29(2):204—212.
- [11] BRUCE H, THOMAS A. Survey of Visual, Mixed and Augmented Reality Gaming[J]. ACM Computers in Entertainment, 2012, 10(3):1—33.
- [12] AKASH P, KASAT R, JAIN D, et al. Performance Analysis of Various Feature Detector and Descriptor for Real-Time Video Based Face Tracking[J]. International Journal of Computer Applications, 2014(1):37—41.
- [13] 李劲菊,朱青,王耀南.一种复杂背景下运动目标检测与跟踪算法[J].仪器仪表学报,2010,31(10):2242—2247.  
LI Jin-ju, ZHU Qing, WANG Yao-nan. Moving Target Detection and Tracking Algorithm Based on Complex Background[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2010, 31(10):2242—2247.
- [14] 陈志刚,李世国.虚拟环境中的三维用户界面研究[J].包装工程,2010,31(2):37—44.  
CHEN Zhi-gang, LI Shi-guo. Research on the 3D User Interface in the Virtual Environment[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(2):37—44.
- [15] CHUM O, MATAS J. Matching with PROSAC—progressive Sample Consensus[C]// California: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2005.