

文章编号:1007-2780(2016)08-0810-08

基于改进 ORB 算法无重叠视野域的目标交接

黄 新*,黄柏华,熊显名

(桂林电子科技大学 电子工程与自动化学院,广西 桂林 541004)

摘要:介绍了基于 ORB(Oriented FAST and Rotated BRIEF)算法的无重叠视野域的目标交接。当目标离开摄像机 1 视野域时,利用 ORB 算法提取目标特征点,待匹配特征点通过 PROSAC(Progressive Sample Consensus)算法剔除外点,保留有价值的特征点。当目标进入摄像机 2 视野域时,通过 Vibe(Visual Background extractor)算法获取进入摄像机 2 的运动目标,并提取待确认运动目标的特征点,去除外点并与摄像机 1 视野域提取的特征点做匹配,匹配率达到阈值则表示目标一致,完成目标交接并进行跟踪。实验结果表明,文献提出的方案能够实现目标在多摄像机视野域间的快速交接。

关 键 词:无重叠视野域;目标交接;特征匹配;剔除外点

中图分类号:TP394.1;TH691.9 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20163108.0810

Target handoff based on improved ORB algorithm on non-overlapping cameras

HUANG Xin*,HUANG Bai-hua,XIONG Xian-ming

(School of Electronic Engineering and Automation, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: This paper mainly introduce the use of ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) algorithm on the non-overlapping cameras to handoff tracking target. When the target leaves camera 1, ORB algorithm is used to extract the feature points of the target. PROSAC (Sample Consensus PROSAC) algorithm is used to remove the outer points and persist valuable feature points. When the target is in the camera2, Vibe (Visual Background extractor) algorithm was used to get moving target which was into the camera2. We extract the characteristic points of the moving object that leave to be confirmed, removed outer points then matched the feature points extracted from Camera 1 and Camera2. If matching rate achieve the threshold that means tracking target is the same. Target is successful handoff and will be continue tracked in Camera2. Experimental results show that the scheme proposed in this paper, can handover target between the multi cameras in real time.

收稿日期:2016-03-08;修订日期:2016-05-16.
基金项目:桂林市科学研究与技术开发课题(No: 20130122-2);广西省科学研究与技术开发计划资助项目(No. 桂科攻 11107001-40)
Supported by Science Research and Technology Development Project of Guilin (No.20130122-2); Scientific Research and Technology Development Program of Guangxi Province (No.桂科攻: 11107001-40)
* 通信联系人,E-mail:hxgl@guet.edu.cn

Key words: non-overlapping; target handoff; feature matching; remove outer point

1 引言

随着 society 对安全问题的重视,视频监控技术得到了飞快的发展。视频监控网络已经普遍覆盖日常生活的各个角落。视频器材的急剧增加,增大了安全监控的范围,但是,传统的视频监控系统只能提供视频,监控还需要大量人工干预^[1]。实现代替人工干预的智能视频监控已经成为该领域研究人员的研究热门领域之一。

传统的单摄像机视野域较窄,无法统一跟踪穿越多个摄像机的可疑目标^[2],因此,多摄像机协同跟踪目标的多摄像机目标跟踪系统是未来监控系统的发展方向。许多关于多摄像机的研究成果也随之大量出现,多摄像机领域也被分为有重叠视野域和无重叠视野域^[1-4]。然而有重叠视野域的目标跟踪,因其需要各个监控网络内的摄像机两两之间有重叠的部分,不适合大范围的监控场景,因此,目前较为流行的是无重叠视野域的目标跟踪。

目标在多个摄像机视野域内穿越时,由于多摄像机之间没有重叠的视野域,因此,目标的一致性认定是无重叠视野域的目标跟踪的关键。在文献^[5]中,作者提出文章提出亮度转移函数(BTF)以消除颜色亮度差异;针对相似颜色问题,文章建立人体身高匹配模型,配合颜色特征作为目标匹配线索。阳小燕等基于 SIFT 算法生成视野分界线,通过可见性函数确定待定目标与真实目标是否为同一目标^[6]。文献^[7]通过 RANSAC 提纯特征点,提高特征点匹配的准确率,结合多摄像机之间的时空关系,进行一致性认定,得到了较好的效果。

通过分析多摄像机目标跟踪的多篇文献,目前的目标一致性认定基本基于颜色特征、目标不变特征、时空关系^[2,5,7]。目标不变特征对环境光照、拍摄角度等具有较强的适应能力,是多摄像机目标一致性认定重要部分。本文主要介绍基于不变特征匹配的无重叠视野域的目标交接,创新地通过 ORB 算法提取目标特征点,PROSAC 算法去除无关的特征点,Vibe 算法检测交接的运动目标并提取特征点,上位机匹配两次提取的特征点,

匹配结果不小于阈值则判定为交接成功。

2 目标特征匹配及外点剔除

目标特征匹配算法,最常用的有 SIFT, SURF, ORB 等。SIFT 算法应用较广,也是较为成熟的一种目标特征匹配算法,广泛应用于图像匹配、图像拼接方面^[8]。SURF 算法是 H. Bay 在分析总结特征检测方法的基础上提出的,其优点是旋转、缩放、平移具有不变性,且 SURF 的速度比 SIFT 算法快很多^[9]。而 ORB 算法拥有较好的不变特性,且其速度是目前提出的匹配算法中最快的,具有较好的实时性,适合无重叠视野域的目标特征快速匹配^[10]。

2.1 ORB 特征提取

ORB 是基于改进的 FAST 特征检测和改进的 BRIEF 描述子得到的一种特征提取算法。

FAST 特征点检测算法是一种速度很快的特征点检测算法,该算法通过比较待测点的灰度值 $I(p)$ 与其周围相邻的 16 个点的像素灰度值 $I(p_n)_{n=1,2,\dots,16}$,若有 12 个点的灰度值与待测点灰度值之差大于给定阈值 ϵ_d ,则待测点为特征点。ORB 通过灰度质心法得到特征点的主方向^[11]。邻域矩:

$$M_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j I(x, y), \quad (1)$$

式中的 $I(x, y)$ 是特征点的领域内某点像素。

于是灰度质心:

$$C_x = \frac{M_{10}}{M_{00}} = \frac{\sum_x \sum_y x I(x, y)}{\sum_x \sum_y I(x, y)},$$

$$C_y = \frac{M_{01}}{M_{00}} = \frac{\sum_x \sum_y y I(x, y)}{\sum_x \sum_y I(x, y)}, \quad (2)$$

则,特征点的方向为特征点与灰度质心的夹角:

$$\theta = \arctan\left(\frac{C_y}{C_x}\right). \quad (3)$$

ORB 算法用 BRIEF 构建有方向的描述子,首先对图像进行去噪,选择点对向量进行测试:

$$\tau(p; x, y) = \begin{cases} 1, & p(x) < p(y) \\ 0, & \text{other} \end{cases}, \quad (4)$$

随机选择进行测试的 n 对点对 (x_i, y_i) 组成一个二进制字符串,此字符串为特征描述算子。用数学公式表示二进制字符串为:

$$f_n(p) = \sum_{1 \leq i \leq n} 2^{i-1} \tau(p; x, y). \quad (5)$$

为了增强描述子的抵抗噪声的能力以及解决 BRIEF 描述子不具备旋转不变性的问题,通过仿射变换矩阵 R_θ ,对原有的描述矩阵进行旋转:

$$S_\theta = R_\theta S = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1, x_2, \dots, x_n \\ y_1, y_2, \dots, y_n \end{bmatrix}, \quad (6)$$

得到矫正之后的描述子:

$$g_n(p, \theta) := f_n(p) \mid (x_i, y_i) \in S_\theta. \quad (7)$$

ORB 算法用贪婪算法取得相关性低的 256 对像素块对进行特征描述。

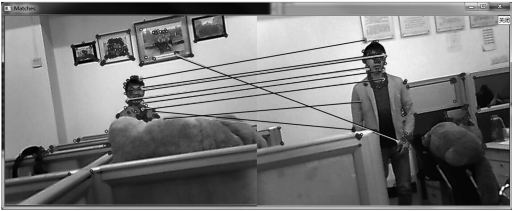


图 1 ORB 算法特征点匹配

Fig.1 ORB algorithm feature points matching

2.2 改进 PROSAC 提纯算法

上一小节得到二进制描述子取 256 个: $P_1 = x_0 x_1 \dots x_{255}, P_2 = y_0 y_1 \dots y_{255}$ 。ORB 算法通过汉明距离来表示两个特征描述子的相似程度:

$$\text{hamdist}(P_1, P_2) = \sum_{i=0}^{255} x_i \oplus y_i. \quad (8)$$

汉明距离越小相似度越高,反之则越低。然而这种匹配方法是基于穷举搜索,只是考虑特征点对的相似性,忽略了特征点的位置信息,相距较远的点也有可能同时被判别为特征点,会有大量的误匹配的。如图 1,目标特征点的匹配出现了不属于目标的特征点,这些点就是外点,由于外点导致出现了明显的错误。为了克服汉明距离判别不足之处,需要对误匹配的外点进行剔除。PROSAC^[12]算法是 RANSAC 算法的改进算法,PROSAC 算法不是随机抽取匹配,它衡量了匹配对质量的好坏,优先抽取质量高的匹配点对进行估计,剔除了匹配质量低的匹配点对,提高了匹配的准确性^[13]。PROSAC 算法的一般步骤如图 2。

PROSAC 算法基本能够满足剔除 ORB 算

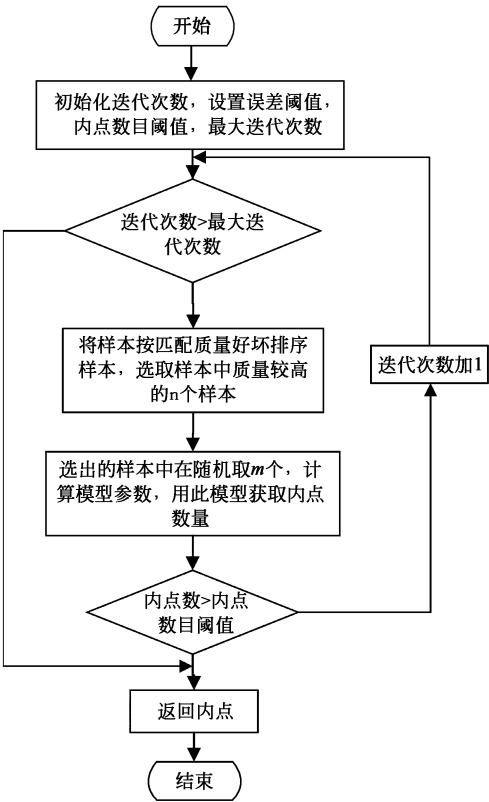


图 2 PROSAC 算法流程

Fig.2 Flowchart of PROSAC algorithm

法匹配的错误的目的,提高了匹配的准确性。然而,PROSAC 算法自身并没有判断待提纯序列是否为降序的能力,而如果输入的待提纯序列没有排序则会导致无法剔除外点。如图 3 中,墙壁相框上的特征点匹配到目标的上衣,出现了误匹配。

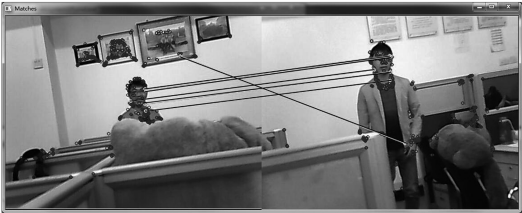


图 3 PROSAC 剔除外点失败

Fig.3 PROSAC fail to eliminate the external points

本文在执行 PROSAC 算法前,依据欧式距离衡量匹配点对的质量,根据匹配质量对输入的待提纯序列利用快速排序法进行降序排列,确保输入序列满足 PROSAC 算法条件。

PROSAC 算法在已进行降序排列的匹配点序列中抽取前 n 个样本,从 n 个样本中再随机选

取 m 个样本进行建模,通过重复的选样本—建立模型过程,在满足终止条件时获取最优估计模型。因此,PROSAC 算法建模过程中,匹配质量高的 n 个样本是主要贡献者。若在 PROSAC 算法执行前,对已排序点序列进行择优处理,将匹配质量差的点对剔除。减少 PROSAC 算法输入点序列数目,在不降低算法准确率的前提下,能有效地降低算法执行过程中耗费的时间。

本文通过多组实验得出筛选 N 的欧式距离阈值 T 、待提纯序列点数目 N 、提纯之后匹配点数目 n 以及执行 PROSAC 算法耗时 t 之间的关系如表 1。实验平台为联想某品牌笔记本;CPU 为 AMD-A8 四核心处理器;软件开发平台为 VS2013,OpenCV 库为 2.44 版本;实验中用到的图片分辨率为 640×480 。

表 1 待提纯序列点数目 N 、提纯后匹配点 n 与 PROSAC 算法耗时 t 关系

Tab.1 Relationship of sequence points to be purified N , matching points n and PROSAC consuming time t

T	t	n	N
60.0	21.45	13	84
65.0	31.55	13	119
70.0	62.23	14	152
75.0	126.98	15	194
80.0	165.82	15	210
85.0	191.53	15	219
90.0	208.80	15	223
95.0	219.11	15	223

由表 1 可知执行 PROSAC 算法耗时 t 随着 N 的增大而明显增大,而提纯后匹配点的数目在 T 大于 75.0 后不变。因此,对输入 PROSAC 算法的已排序点序列进行择优处理,去掉匹配质量

靠后的点对可以降低 PROSAC 算法耗时,并保持提纯效果。经过改进后 PROSAC 算法剔除外点效果如图 4。

3 基于 ORB 无重叠视野域的目标交接

无重叠视野域的目标交接,摄像机分布如图 5,两个摄像机视野没有重叠的部分,且摄像机之间存在盲区。图中 Camera1 和 Camera2 是两台相邻的摄像机,在他们三角形的视野域内, Camera1 右边条纹区域是目标由 Camera1 走向 Camera2 时离开 Camera1 的区域, Camera2 左边条纹区域是目标进入 Camera2 视野域的区域。

由于目标在由 Camera1 进入 Camera2 过程中经过了两个摄像机之间的盲区,到达 Camera2 条形区域有 3 种可能:

- (a)目标由 Camera1 的条形区域,经过盲区到达 Camera2 的条形区域;
- (b)目标没有经过 Camera1 的视野域,直接由盲区到达 Camera2 的条形区域;
- (c)目标已经在 Camera2 的视野域内,达到 Camera2 的条形区域。

由于到达 Camera2 条形区域的目标可能存在以上 3 种情况,因此,要在 Camera2 中继续跟踪 Camera1 中跟踪的目标,需要在目标进入 Camera2 时,对目标进行一致性认定,确认该目标 Camera1 中跟踪的目标,这个过程就称为目标交接。

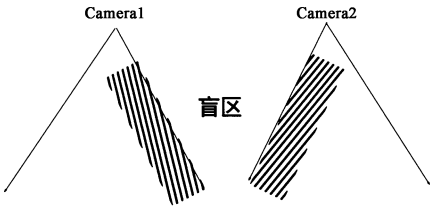


图 5 无重叠视野域摄像机分布
Fig.5 Distribution of non-overlapping cameras

3.1 目标特征点提取

在 Camera1 视域内选择需要跟踪的运动目标(人),目标在 Camera1 视域内的跟踪通过均值漂移算法实现,在 Camera1 视野域内设置一个特征提取区域,如图 4 中条形区域,当跟踪的目标进入条形区域时,通过 ORB 算法快速提取目标不变特征点。目标在条形区域内时,每帧视频图像



图 4 PROSAC 剔除外点
Fig.4 PROSAC excluded out points completely

提取一次目标特征,保留提取的特征点数最多的一次作为待匹配目标特征点集合 $\{O_i\}_{i \in N}$,并将特征点集合上传给上位机,上位机将得到的目标特征数据传输给 Camera2。

3.2 目标一致性认定

目标的再确认是指,对在 Camera1 中跟踪的目标提取特征,在 Camera2 中匹配目标特征,进行目标的再次确认,保证在 Camera2 条形区域出现的目标是 Camera1 中跟踪的目标。

3.2.1 Vibe 算法检测运动目标

如图 5 所示, Camera2 视野域左边条形区域检测进入 Camera2 视野域的运动目标。Vibe 算法在没有运动目标时,建立背景模型 $\{B_i(x)\}_{i=0,1,...,w \cdot h}$,其中 $B_i(x) = \{p_1, p_2, ... p_N\}$ 。 B_i 是像素 i 对应的背景模型, B_i 是一个含有 N 点点集,点集中的点随机的从像素 i 的 8 邻域获取^[14]。

建立了背景模型后,计算条形区域中某点像素 j 颜色空间与该点对应的模型 $B_i(x)$ 中的 N 点的距离,把距离小于 R 的像素集合定义为:

$$S_n(p_i(x)) = \{p \mid \text{EuclidDis}(p, p_i(x)) < R\} \quad (9)$$

记 $S_n(p_i(x))$ 像素集中的个数为 count,取定一个阈值 $\#_{\min}$,则可以根据下面的公式分类像素点:白色为前景,黑色为背景。效果如图 6 所示。

$$p_i(x) \in \begin{cases} \text{background, count} \geq \#_{\min} \\ \text{foreground, count} < \#_{\min} \end{cases} \quad (10)$$



图 6 Vibe 算法检测运动目标
Fig.6 Vibe detects moving objects

3.2.2 匹配运动目标

目标在 Camera1 视野域内时由均值漂移算法跟踪,当目标进入 Camera1 的右边条形区域时,ORB 算法每帧视频图像都提取目标的特征点,保留提取的特征数最多的一组特征点作为待匹配的目标特征点。

在 Camera2 的左边条形区域用 Vibe 算法检测到运动目标时,在包含运动目标区域内,利用

ORB 算法提取特征,运动目标在左边条形区域时,每帧提取特征点,并保留特征点数最多的一组待匹配目标特征点。两个摄像机的特征数据通过上位机匹配判断,若两组特征点的匹配相似度达到 80%,则认为两个摄像机视野域内的目标为同一目标,完成目标在两个摄像机之间的交接。上位机将确认信息通知 Camera2, Camera2 用均值漂移算法对目标进行继续跟踪。

4 实验结果与分析

实验平台为联想某品牌笔记本;CPU 为 AMD-A8 四核心处理器;软件开发平台为 VS2013, OpenCV 库为 2.44 版本;实验图片采集设备为 USB 接口的环宇飞扬大眼睛 5100 摄像头。

4.1 目标交接结果验证

实验中,摄像机 1 与摄像机 2 的分布如图 7。左边为摄像机 1 的视野域,对准实验室墙壁有照片的位置;右边为摄像机 2 的视野域,对准实验室两个通道的交汇处,两台摄像机之间没有重叠的视野域。摄像机 1 的条形区域为摄像机 1 的右半部分,摄像机 2 的条形区域为摄像机 2 的左半部分。



图 7 摄像机 1 与摄像机 2 视野域
Fig.7 View of Camera1 and Camera2

在图 8 中,目标在摄像机 1 时,用均值漂移算法跟踪,绿色矩形框为跟踪目标的位置。当目标由摄像机 1 视野域的左边进入它的条形区域,在条形区域中目标不变特征被提取,并在目标离开条形区域时不变特征传送给摄像机 2。

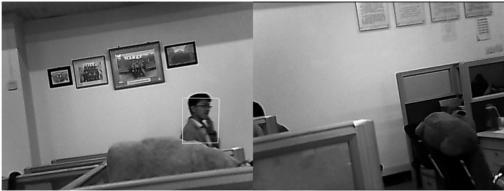


图 8 无重叠视野域的目标交接 1
Fig.8 Object handoff on non-overlapping cameras



图 9 无重叠视野域的目标交接 2

Fig.9 Object handoff on non-overlapping cameras

在图 9 中,目标由摄像机 1 穿越盲区到达摄像机 2 的条形区域,Vibe 算法检测到未知运动目标,提取未知运动目标的不变特征,将提取的不变特征与摄像机 1 发送的不变特征做匹配,匹配结果为 95%大于设定的阈值 80%,因此,判断此未知运动目标为摄像机 1 中跟踪的目标,继续使用均值漂移算法对目标进行跟踪。

4.2 算法效率分析实验

对于 ORB、SURF、SIFT 常用的 3 种匹配算法的效率对比,在文献[10]中已有结论。在此主要比较 ORB 与 PROSAC 组合算法、ORB 与 RANSAC 组合算法。本文利用实验室环境下摄像头获取的图片(图 10,图 11)对比两组组合算法的效率,对比结果如表 2、表 3。



(a)本文算法

(a) Algorithm in this paper



(b) ORB、RANSAC 组合算法

(b) Combination algorithm of RANSAC and ORB

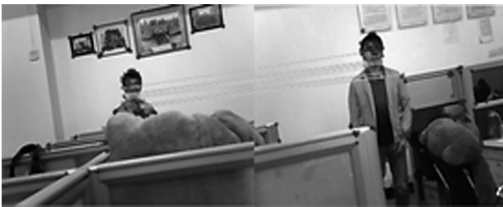
图 10 对比实验结果 1

Fig.10 Comparison of experimental results 1

表 2 图 10 对应的对比数据

Tab.2 Comparison data corresponding to figure 10

算法	匹配点 数目 N	算法 耗时 t	准确配对点 对数目 n
本文算法	31	247.10 ms	31
ORB、RANSAC 组合算法	27	321.22 ms	27



(a) 本文算法

(a) Algorithm in this paper



(b) ORB、RANSAC 组合算法

(b) Combination algorithm of RANSAC and ORB

图 11 对比实验结果 2

Fig.11 Comparison of experimental results 2

表 3 图 11 对应的对比数据

Tab.3 Comparison data corresponding to figure 11

算法	匹配点 数目 N	算法 耗时 t	准确配对点 对数目 n
本文算法	15	367.73 ms	15
ORB、RANSAC 组合算法	16	360.69 ms	11

5 结 论

本文主要介绍了一种基于 ORB 算法的多摄像机视野域内的目标交接,通过理论和实验证明了本文提出的多摄像机目标交接方案的可行性。

本文创新地采用 ORB 算法结合 PROSAC 外点剔除算法,对穿行于两个摄像机视野域内的目标进行匹配并交接跟踪目标。ORB 特征点对旋转、尺度变换均具有很好的不变特性,且 ORB 算法在匹配算法中的效率最高。PROSAC 算法能够去除影响匹配结果的外点,提高 ORB 特征

匹配的准确度,效率也高于 RANSAC 算法。因此,结合 ORB 算法与 PROSAC 算法能够满足快速交接目标的需要。

本文还创新地通过 Vibe 算法提取待确认目标,能够快速地获取待确认目标,具有很好的实时性。

参 考 文 献:

- [1] 申明军,欧阳宁,莫建文,等.多摄像机环境下的目标跟踪[J].现代电子技术,2009,32(12):61-63,70.
SHEN M J, OUYANG N, MO J W, *et al.* Multi-camera object tracking [J]. *Modern Electronics Technique*, 2009, 32(12): 61-63, 70. (in Chinese)
- [2] 衡林,朱秀昌.无重叠视域的多摄像机之间的目标匹配[J].计算机工程与应用,2014,50(8):188-193.
HENG L, ZHU X C. Objects matching across multiple cameras with disjoint views [J]. *Computer Engineering and Applications*, 2014, 50(8): 188-193. (in Chinese)
- [3] 刘琳,景阳.分布式摄像机的运动目标匹配[J].科学技术与工程,2014,14(21):267-270.
LIU L, JING Y. Moving objects matching of distributed cameras [J]. *Science Technology and Engineering*, 2014, 14(21): 267-270. (in Chinese)
- [4] 欧阳宁,刘钊.重叠视野域内多摄像机目标交换算法[J].激光与红外,2009,39(9):995-998.
OUYANG N, LIU Z. Multi-camera object handoff algorithm in overlapping fields of view [J]. *Laser & Infrared*, 2009, 39(9): 995-998. (in Chinese)
- [5] 张腾飞.无重叠视域多摄像机目标跟踪若干关键问题的研究[D].合肥:合肥工业大学,2010.
ZHANG T F. Research of key problems of non-overlapping multi-camera object tracking [D]. Hefei: *Hefei University of Technology*, 2010. (in Chinese)
- [6] 阳小燕,任家富,刘长江.基于视野分界线的多摄像机运动目标跟踪算法[J].计算机工程与应用,2016,52(9):208-212.
YANG X Y, REN J F, LIU C J. Moving target tracking algorithm with multiple camera based on FOV line [J]. *Computer Engineering and Applications*, 2016, 52(9): 208-212. (in Chinese)
- [7] 陆鹏.多摄像机下的同一目标的鉴定[D].北京:北京邮电大学,2013.
LU P. Object identification in the situation of multiple cameras [D]. Beijing: *Beijing University of Posts and Telecommunications*, 2013. (in Chinese)
- [8] 李红波,陈安荣.一种基于 SIFT 的遮挡目标跟踪算法[J].重庆邮电大学学报:自然科学版,2011,23(2):231-236.
LI H B, CHEN A R. A tracking algorithm based on SIFT [J]. *Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications: Natural Science Edition*, 2011, 23(2): 231-236. (in Chinese)
- [9] 胡光龙,秦世引.动态成像条件下基于 SURF 和 Mean shift 的运动目标高精度检测[J].智能系统学报,2012,7(1):61-68.
HU G L, QIN S Y. High precision detection of a mobile object under dynamic imaging based on SURF and Mean shift [J]. *CAAI Transactions on Intelligent Systems*, 2012, 7(1): 61-68. (in Chinese)
- [10] 索春宝,杨东清,刘云鹏.多种角度比较 SIFT、SURF、BRISK、ORB、FREAK 算法[J].北京测绘,2014(4):22-26.
SUO C B, YANG D Q, LIU Y P. Comparing SIFT, SURF, BRISK, ORB and FREAK in some different perspectives [J]. *Beijing Surveying and Mapping*, 2014(4): 22-26. (in Chinese)
- [11] ROSIN P L. Measuring corner properties [J]. *Computer Vision and Image Understanding*, 1999, 73(2): 291-307.
- [12] CHUM O, MATAS J. Matching with PROSAC - progressive sample consensus [C]. *Proceedings of 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, San Diego, CA, USA: IEEE, 2005, 1: 220-226.

[13] 刘威,赵文杰,李德军,等.一种基于 ORB 检测的特征点匹配算法[J].激光与红外,2015,45(11):1380-1384.
LIU W, ZHAO W J, LI D J, *et al.* Feature points matching algorithm based on ORB detection [J]. *Laser & Infrared*, 2015, 45(11): 1380-1384. (in Chinese)

[14] 邓博,范文兵,常伯乐.基于嵌入式系统的运动检测算法的设计及实现[J].电视技术,2013,37(9):214-217.
DENG B, FAN W B, CHANG B L. Design and implementation of motion detection algorithm based on embedded system [J].*Video Engineering*, 2013, 37(9): 214-217. (in Chinese)

作者简介:黄新(1978—),男,湖北黄冈人,硕士,副教授,主要研究方向:可测性设计,图像处理。E-mail:hxgl@guet.edu.cn