

基于融合帧间差的改进 Vibe 方法

赵光明, 韩光, 李晓飞, 车少帅, 刘浏

(南京邮电大学 宽带无线通信技术教育部工程研究中心, 江苏 南京 210003)

摘要: Vibe (Visual background extractor, 视觉背景提取) 算法速度快, 能有效抑制噪声, 但是也有缺陷, 比如无法有效去除运动目标阴影, 且不能快速去除“鬼影”区域。针对上述问题, 提出了一种基于融合帧差法的改进 Vibe 算法。利用新的帧差法, 提出如下改进: 在灰度空间进行前景检测并利用亮度信息去除运动目标的阴影; 巧妙运用帧差法的特性, 利用两种方法所得的背景进行“与”操作, 快速去除 Vibe 产生的“鬼影”。最后用形态学方法对检测结果进行改善, 给出实验验证结果。结果表明, 文中提出的改进方法可以很好地去除阴影, 并能快速去除“鬼影”, 从实际效果上提高了算法的可靠性和检测的准确性。

关键词: Vibe 改进; 帧差法; 阴影去除; “鬼影”去除; 前景检测

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2015)03-0076-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2015.03.018

An Improved Vibe Method Based on Frame Difference of Fusion

ZHAO Guang-ming, HAN Guang, LI Xiao-fei, CHE Shao-shuai, LIU Liu

(Engineering Research Center of Wideband Wireless Communication Technique of MoE,
Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: Vibe (Visual background extractor) algorithm runs very quickly and can restrain the impact of noise, but it does have flaws. For example, the several classical related papers didn't propose the efficient method to remove shadows, and couldn't remove the "ghost" areas quickly. On the issues mentioned above, propose an improved Vibe algorithm based on fusing frame differential method. Using a new frame differential method, it gives two improvements. On the one hand, a new way to detect and remove the shadow using the brightness information only in gray space is proposed. On the other hand, it can remove the "ghost" area quickly, via using the frame differential feature skillfully, means doing "And" operation between the two kinds of background images. Finally, improve the result with morphological method and show the result of experimental verification. The results show that this improved method does remove the shadows well and remove the "ghost" well. Besides it improves the reliability and accuracy of the detection from the practical effect.

Key words: Vibe improvement; frame differential method; shadow removal; "ghost" removal; foreground image detection

0 引言

伴随视频智能监控技术的发展, 近年来对于交通视频中运动目标检测与跟踪的研究得到了广泛关注。背景提取是很多运动视频分析应用的关键步骤^[1], 所提取目标准确与否, 对后续的目标分类、识别、跟踪起到至关重要的作用^[2]。

目前, 比较典型的运动检测方法有: 帧差法、背景减除法、光流法等。光流法主要通过对视频图像光流场的分析^[3], 近似计算出运动光流场, 然后在此基础上分割出前景。缺点是计算复杂, 抗噪能力差, 达不到实

时性要求。

在视频监控中, 背景差法^[4]应用相当广泛, 其核心原理是为每一个像素建立一个背景模型, 然后用模型与当前像素相比, 以确定是否为背景像素。其中, 平均背景法主要原理是^[5], 存储 M 帧连续的视频帧, 并且计算每一个像素的平均值作为背景的背景像素值。平均法原理简单, 但需要许多内存来存储。而最经典的 GMM (Gauss Mix Model)^[6] 将单一像素点所呈现的颜色用 M (一般取 3~5) 个高斯分布来近似, 可以处理多模型背景场景, 比如摇动的树叶、波光粼粼的水面, 但

收稿日期: 2014-04-10

修回日期: 2014-07-14

网络出版时间: 2015-01-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (61302156); 江苏省高校自然科学研究面上项目 (13KJB510021)

作者简介: 赵光明 (1988-), 男, 硕士研究生, 研究方向为智能视频监控; 韩光, 通信作者, 博士, 讲师, 研究方向为智能视频分析、模式识别和机器学习; 李晓飞, 教授, 研究方向为图像处理与视频分析。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150120.2159.017.html>

其计算量太大^[7],需要估计分布的参数,并且更新参数难调试。Kim K 等提出的 codebook 算法^[8],主要思想是通过一段长视频序列,采用量化和聚类技术为每一个像素建一个码本,每个码本包括多个码元,每个码元有它学习和检测时的最大最小阈值。codebook 方法可以学到复杂的动态背景,但是该算法在 RGB 颜色空间下,其匹配模型从低亮度背景逐渐变亮时,存在像素点可能被误判为前景的问题。

近几年,Barnich 等提出的 Vibe 算法,使用一种全新思路,只通过在每个像素领域内随机选取若干个采样点对各像素建立一个样本模型,采用随机的方法更新背景模型。但是,在 Barnich 的论文中,以及 2012 年 M. Van 发表的 Vibe+ 中^[9],都没有对运动目标的阴影进行去除。而阴影与本体有一样的运动状态,也会被当作前景检测出,产生粘连、误判等问题。此外,“鬼影”区域经常被当作前景值检测出来,会带来误检。基于如何快速去除阴影和鬼影,文中利用融合帧差法对 Vibe 去除阴影进行改进,能够很好地消除阴影带来的影响,并能快速去除“鬼影”。

1 Vibe 算法和帧间差

1.1 Vibe 算法原理

Vibe,即视觉背景提取算法,由马里兰大学的 Barnich 在 2009 年首次提出,它是一种通用的目标检测算法,对于各种视频流、不同颜色空间、多种场景内容及变化的场景都适用。Vibe 首次采用随机选择机制和领域传播机制来建立和更新背景模型,从而可以快速进行背景提取,有效提高了实时性和抗噪声性能。

算法总共分为两步:

第一步:初始化。对于待处理第一帧图像,为每一个像素点选取一个固定长度 N 的采样数组,假设 t 时刻坐标为 (x, y) 的像素用 $P_{xy,t}$,假设图像中此点的采样数组为:

$$M_1 = \{p_1, p_2, \dots, p_n\} \quad (1)$$

第二步:更新。从第二帧开始,为了确定新来一帧每一个像素是前景还是背景,将这个像素与它的采样数组进行比较,如图 1 所示。

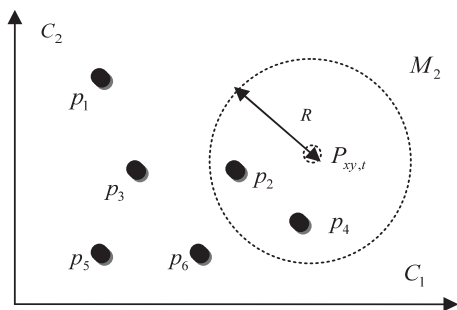


图 1 判断像素点是否是前景点

横坐标并不是空间坐标,它表示了待分类的像素点和模型采样数组的差距。假设一个 $P_{xy,t}$ 集合,到像素颜色距离小于 R :

$$M_2 = \{m \mid \text{dist}(p, P_{xy,t}) < R\} \quad (2)$$

求 M_1 、 M_2 的交集,得出的值即为 $\#$ 。与待判定点的差距小于规定的半径 R 的采样值数量被称 P_i 为基,用 $\#$ 表示;如图 1 中所示 $\# = 2$ 。如果设定门限值为 $\#_{\min}$,如果 $\# < \#_{\min}$,则待判定的点为背景点。

Vibe 的一个重要创新是通过随机的方式更新背景模型。Barnich 在文献[10]中提到,好的更新方式是让采样值在模型中的概率单调降低。具体做法是在 N 个采样点中随机选取一个 P_i 进行更新。这样在数学上保证一个采样值如果在 t_0 时刻在模型中,在 t_1 时刻也在模型中的概率为 $\left(\frac{n-1}{n}\right)^{t_1-t_0}$ 。而为了保证空间一致性,从已经更新的点周围 8 邻域再随机选取一个点,仍然用当前值进行更新。

1.2 帧间差

图像由 Vibe 处理后得到前景图,但是要想得到背景只能用平均法,效果不是很理想。文中利用由改进帧差法建立的背景,对比亮度信息去除阴影,具体如下:

1.2.1 建立背景

帧差法可以说是最简单的一种背景建模了,原理如下^[11]:

$$D_x(x, y) = |f_{k-1}(x, y) - f_k(x, y)| \quad (3)$$

$$\begin{cases} D_x(x, y) = 0, D_x(x, y) < \text{threshold} \\ D_x(x, y) = 1, D_x(x, y) \geq \text{threshold} \end{cases} \quad (4)$$

速度很快,并且对光照变化适应性较强,但容易产生空洞。文中采用的是改进的帧差法,不是将第一帧作为背景,而是逐步建立背景。其中背景建立流程如下:

(1) 用 temp 表示缓存的前一帧图像,用 background 表示背景图像(初始化为全 0),用 backgroundmask 表示背景掩膜图像(初始化为全 0)。

(2) 高斯平滑新来的一帧图像 current,与 temp 作差后取绝对值得 diffimage。遍历整幅图像,diffimage 中像素值小于阈值 Thread_1 (实验中选为 6) 且 backgroundmask 对应像素值等于 0 的点,则将 backgroundmask 赋值为 1。

(3) 再次遍历整幅图像,对于满足 backgroundmask 为 1 且 background 为 0 的点,将当前帧 current 的对应点像素值赋给背景图 background;而对于仅仅满足 backgroundmask 为 0 的点,进行累加计数 count。

(4) 如果掩膜为 0 的总数 count 小于 Thread_2 (实验中选为 100),则表示背景建成了。否则将 current 存储

在 temp 中,转到(2),继续进行。

1.2.2 更新背景

更新原理,将前景与当前帧作与运算,统计值为 255 的点数,如果总数小于 300,则认为前景出现太少,背景需要微更新,更新系数设置为 0.01;否则认为背景不更新。

在帧差法背景建立完成后,Vibe 则用此背景来检测并去除阴影像素。

2 阴影消除

根据统计大量测试结果,阴影部分相对于被遮挡的背景来讲,阴影部分亮度 $C(x,y)$ 是小于背景亮度 $B(x,y)$ 的。并且,阴影亮度与背景亮度之比满足大于一个系数。由于文中帧差法所获得背景为灰度图,而灰度值即近似表示为亮度信息,利用此信息即可去除大部分阴影。另外,经过多次测量发现,阴影部分的亮度在 30 到 100 范围之内^[12],因此文中基于此预处理确定出阴影检测区,减少了计算量。

根据以上论述得出决策公式:

$$Sp(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } \alpha \leq \frac{C(x,y)}{B(x,y)} \leq \beta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

其中, $C(x,y)$ 表示当前帧像素点灰度值; $B(x,y)$ 表示所获得背景帧像素点灰度值。实验中,取 $\alpha = 0.4, \beta = 1$,若 $Sp(x,y) = 1$ 则认为是阴影。

经过以上步骤后,只能检测出该像素点是否是阴影,要想去掉阴影^[13],则需再结合 Vibe 的更新算法,将此阴影点对应的前景点赋值为 0,即把阴影点归为背景来进行处理。

3 去除“鬼影”

利用背景差法的时候^[14],如果第一帧含有运动目标时会产生“鬼影”,即运动目标留下的影子。

Vibe 算法存在“鬼影”,而 Vibe 中独特的更新策略只能缓慢去除“鬼影”。文中利用改进帧差法得到前景,再和 Vibe 产生的前景进行与操作的方法,具体为:

记 Vibe 方法得到的前景图当前帧 F_i 与已经建立好的背景帧相减得到的前景记为 T_i ,因为帧差法产生的前景中不会有“鬼影”,因此可以利用此特性,两种前景相与后记

$$F'_i = F_i \cap T_i \quad (6)$$

从背景建立完成开始,以后的每一帧都先经过 Vibe 操作,然后再与帧差法得到的前景进行相与操作,得到前景 F'_i 。

巧妙利用帧差法不会产生“鬼影”这一特性,与 Vibe 方法得到的前景进行与运算,可以从背景建立伊始就能去除“鬼影”。

4 实验效果

根据以上理论选定的实验数据 ($R = 20, \#_{\min} = 2, N = 20$),从南京邮电大学与南京市公安局联合成立的物联网及宽带视频技术实验室的视频库中选取视频,并在操作系统为 Windows 7、CPU 为 AMD 双核 2.1 GHz、内存 3.0 G 的笔记本电脑上,采用 VS2010 + OpenCV2.4.4 进行实验。为了更好地展示算法性能,文中有意识地选取了具有挑战性的视频,存在光照变化等,最后采用添加虚拟检测框^[15]的方法来检测。

4.1 去阴影设计实验

从常用去阴影数据库里选取 2 段视频 highways 和 highwayI_raw 进行去阴影实验。对比实验效果如图 2 和图 3 所示。

从图中可以看出,结合了帧差法的 Vibe 算法可以较好地去除阴影影响。

为了体现改进后的 Vibe 检测效果,文中统计了各个视频中的运动目标检测率和耗时情况,如表 1 和表



图 2 highways.avi 去除阴影效果



图 3 highwayI_raw.avi 去除阴影效果

2 所示。

从实验数据可以看出,融合帧差法的 Vibe 算法很好地去除了阴影的影响,提高了前景检测的正确率,能够更准确地区分开前景物体,大大降低了由粘连产生的误判。

表 1 经典 Vibe 与改进 Vibe 的比较(1)

类别	检测数量	实际数量	漏检数量	耗时 /s	检测率 /%
经典 Vibe	20	23	3	0.112	87
改进 Vibe	21	23	2	0.121	91

表 2 经典 Vibe 与改进 Vibe 的比较(2)

类别	检测数量	实际数量	漏检数量	耗时 /s	检测率 /%
经典 Vibe	59	66	7	0.118	89
改进 Vibe	62	66	4	0.123	94

用 TPR(True Positive Rate)表示真阳性率,文中表示本身是前景并被正确检测的像素点占总前景像素点的比率,记为

TPR = TP/P

(7)

其中,TP 表示前景被正确检测的像素点个数;*P* 表示视频 Ground truth 中前景点个数。

用 FPR(False Positive Rate)表示假阳性率,文中表示本身是背景却被误检为前景的像素点占总背景像素点的比率,记为

FPR = FP/N

(8)

其中,FP 表示背景误检为前景的像素点个数(文中即代表阴影部分);*N* 表示视频 Ground truth 中背景点个数。

基于此画出视频 highways. avi 和视频 highwayI_raw. avi 的 ROC(Receiver Operating Characteristic curve)曲线,如图 4 和图 5 所示。



图 4 highways. avi 的 ROC 曲线

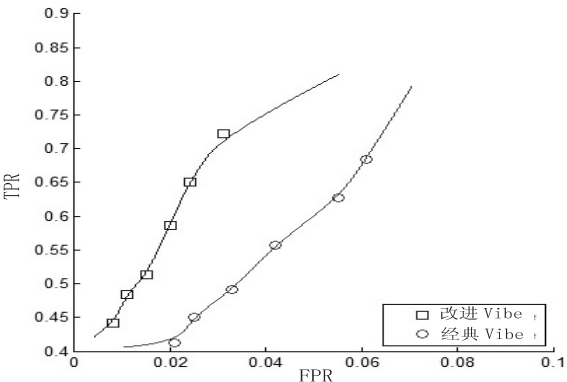


图 5 highwayI_raw. avi 的 ROC 曲线

从 Matlab 拟合的曲线可以看出,在相同错误命中率的情况下,得益于形态学处理,命中率 TPR 得到提高。在同样正命中率的情况下,改进 Vibe 算法的错误命中率明显降低,即 FP 数量明显减少,意味着被当作前景的阴影大量减少,去阴影效果良好。

4.2 快速去“鬼影”设计实验

从常用前景检测数据库中选取视频 highwayII_raw. avi,进行快速去“鬼影”实验。图 6(b)和图 7(b)中白色框内即为“鬼影”,鬼影的存在降低了检测的正确率。具体效果如下:

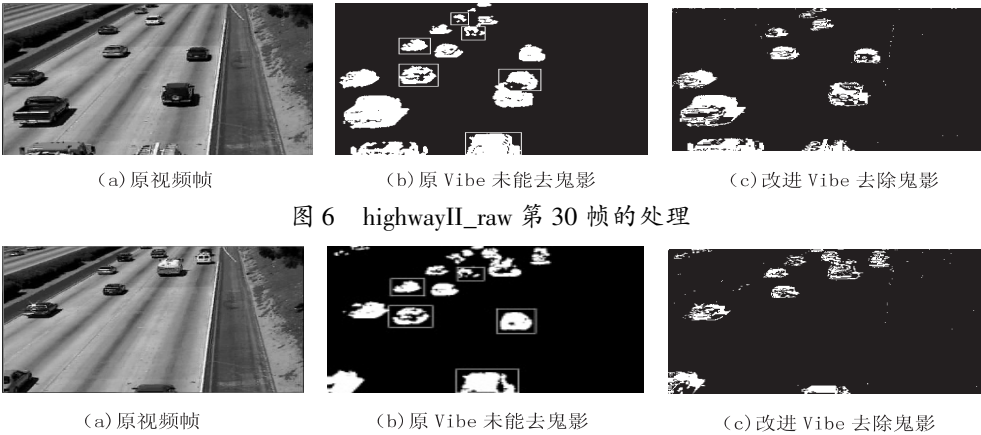


图 6 highwayII_raw 第 30 帧的处理

图 7 highwayII_raw 第 110 帧的处理

从实验效果看出,Vibe 经典算法需要经过许多帧处理(实际需要 200 帧左右)才可以彻底消除“鬼影”影响,这样会导致检测过程中的虚假报警。但文中

Vibe 改进算法,可以在帧差法背景建立完成,就可以去除“鬼影”,并且检测效果与实际场景匹配一致,同时去除鬼影速度和准确度都比较高。

快速去除完阴影,对于后续的检测起到很好铺垫效果,在检测前期尽量减少误警率。

5 结束语

将 Vibe 算法与帧差法融合在一起,利用帧差法建立和更新的背景来消除由于太阳光照射而产生的阴影,提高了前景检测的准确率。此外,利用帧差法得到的前景与 Vibe 检测的前景进行与操作,去除“鬼影”,进一步降低了检测系统的虚警率。从实验中得到的数据计算,其中改进的 Vibe 平均耗时为 0.123 s,可以达到 8 帧每秒,能满足检测实时性要求。

参考文献:

- [1] Barnich O, van Droogenbroeck M. ViBe: a powerful random technique to estimate the background in video sequences [C]//Proc of IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing. [s. l.]: IEEE, 2009: 945–948.
 - [2] 张伟. 基于视觉的运动车辆检测与跟踪[D]. 上海: 上海交通大学, 2007.
 - [3] Collins R T, Lipton A J, Kanade T. Introduction to the special section on video surveillance[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(8): 745–746.
 - [4] Sen-Ching S C, Kamath C. Robust techniques for background subtraction in urban traffic video[J]. SPIE, 2004, 5308: 881–892.
 - [5] Zivkovic Z. Improved adaptive Gaussian mixture model for background subtraction [C]//Proceedings of the 17th international conference on pattern recognition. [s. l.]: IEEE, 2004: 28–31.
 - [6] Zivkovic Z, van der Heijden F. Efficient adaptive density estimation per image pixel for the task of background subtraction [J]. Pattern Recognition Letters, 2006, 27(7): 773–780.
 - [7] Power P W, Schoonees J A. Understanding background mixture models for foreground segmentation [C]//Proceedings of image and vision computing, New Zealand: [s. n.], 2002.
 - [8] Kim K, Chalidabhongse T H, Harwood D, et al. Background modeling and subtraction by codebook construction [C]//Proc of international conference on image processing. [s. l.]: IEEE, 2004: 3061–3064.
 - [9] van Droogenbroeck M, Paquot O. Background subtraction: experiments and improvements for vibe [C]//Proc of IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition workshop. [s. l.]: IEEE, 2012: 32–37.
 - [10] Prati A, Mikic I, Trivedi M M, et al. Detecting moving shadows: algorithms and evaluation [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(7): 918–923.
 - [11] 周维. 视频监控中运动目标发现与跟踪算法研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2012.
 - [12] 王晓冬, 霍宏, 方涛. 基于快速归一化互相关函数的运动车辆阴影检测算法[J]. 计算机应用, 2006, 26(9): 2065–2067.
 - [13] 焦波, 李国辉, 汪彦明, 等. 一种基于形态学的运动车辆阴影消除方法[J]. 自动化学报, 2008, 34(7): 838–840.
 - [14] 王华伟, 李翠华, 施华, 等. 基于 HSV 空间和一阶梯度的阴影剪除算法[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(8): 43–44.
 - [15] 朱秀昌, 刘峰, 胡栋, 等. 数字图像处理与图像通信 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2002.
- +++++
- (上接第 75 页)
- [10] Wang Jingjin, Lin Kunhui, Li Jia. A collaborative filtering recommendation algorithm based on user clustering and slope one scheme [C]//Proc of 8th international conference on computer science & education. [s. l.]: IEEE, 2013: 1473–1476.
 - [11] 黄创光, 印鉴, 汪静, 等. 不确定近邻的协同过滤推荐算法[J]. 计算机学报, 2010, 33(8): 1369–1377.
 - [12] Symeonidis P, Nanopoulos A, Manolopoulos Y. A unified framework for providing recommendations in social tagging systems based on ternary semantic analysis [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2010, 22(2): 179–192.
 - [13] Hotho A, Jascher R, Schmitz C, et al. Information retrieval in folksonomies: search and ranking [C]//Proc of 3rd European semantic web conference on the semantic web: research and applications. Budva: Springer, 2006: 411–426.
 - [14] Harvey M, Baillie M, Ruthven I, et al. Tripartite hidden topic models for personalized tag suggestion [M]//Advances in information retrieval. Berlin: Springer, 2010: 432–443.
 - [15] 张斌, 张引, 高克宁, 等. 融合关系与内容分析的社会标签推荐[J]. 软件学报, 2012, 23(3): 476–488.
 - [16] 项亮. 推荐系统实践 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2012: 44–64.
 - [17] Sarwar B, Karypis G, Konstan J, et al. Item-based collaborative filtering recommendation algorithms [C]//Proceedings of the 10th international conference on World Wide Web. [s. l.]: ACM, 2001: 285–295.
 - [18] Ye J. Cosine similarity measures for intuitionistic fuzzy sets and their applications [J]. Mathematical and Computer Modeling, 2011, 53(1): 91–97.
 - [19] 罗辛, 欧阳元新, 熊璋, 等. 通过相似度支持度优化基于 K 近邻的协同过滤算法[J]. 计算机学报, 2010, 33(8): 1437–1445.
 - [20] Toby S. 集体智慧编程 [M]. 莫映, 王开福, 译. 北京: 电子工业出版社, 2009: 7–28.

基于融合帧间差的改进Vibe方法

作者：[赵光明](#)，[韩光](#)，[李晓飞](#)，[车少帅](#)，[刘浏](#)，[ZHAO Guang-ming](#)，[HAN Guang](#)，[LI Xiao-fei](#)，[CHE Shao-shuai](#)，[LIU Liu](#)

作者单位：[南京邮电大学 宽带无线通信技术教育部工程研究中心, 江苏 南京, 210003](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2015(3)

引用本文格式：[赵光明](#).[韩光](#).[李晓飞](#).[车少帅](#).[刘浏](#).[ZHAO Guang-ming](#).[HAN Guang](#).[LI Xiao-fei](#).[CHE Shao-shuai](#).[LIU Liu](#) [基于融合帧间差的改进Vibe方法](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(3)