

一种实时的分块跟踪算法

尚 堃, 张同贺, 李 威

(中国空空导弹研究院, 河南 洛阳 471000)

摘要: 为有效地处理目标跟踪中的目标尺度变化、光照变化和局部被遮挡问题, 采用分块跟踪策略, 跟踪目标上的多个跟踪点, 通过前后两帧图像间多对对应跟踪点之间的距离变化量确定目标尺度的变化量和位移量。在目标被遮挡的情况下, 利用未受遮挡影响的跟踪点的位置信息和时空上下文信息计算目标跟踪点位置。采用高效而精确的STC(Spatial Temporal Context)跟踪算法跟踪单个跟踪点, 保证算法的实时性和跟踪点定位的准确性。实验结果表明, 提出的分块跟踪算法不但实时性较好, 跟踪精度较高, 具有抗光照变化和抗局部遮挡能力, 而且算法原理简单, 能够适应多种跟踪环境。

关键词: 目标跟踪; 尺度变化; 抗遮挡; 光照变化; STC; 分块跟踪

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2016)03-0045-04

A Real-Time Block Tracking Method

SHANG Kun, ZHANG Tong-he, LI Wei

(China Airborne Missile Academy, Luoyang 471000, China)

Abstract: To solve the problems of object scale changing, illumination variation and partial object occlusion in target tracking, the object tracking strategy based on block method is adopted for tracking multiple points in the object box. The variation of object scale and displacement are confirmed according to the relationship between corresponding points change through two sequential pictures. Considering object occlusion, location of object tracking is calculated out by spatial temporal context information between tracking points and uninfluenced tracking points. To improve the real-time performance and locating accuracy of tracking points of the algorithm, the efficient Spatial Temporal Context(STC) method is applied to track every single point. It is demonstrated from experiment that this novel multi-block tracking method can track target accurately, and has the capacity of anti-partial occlusion and resistance to illumination changes. Meanwhile, this method is efficient, has good real-time performance, and is adapted to different tracking conditions.

Key words: object tracking; scale change; anti-occlusion; illumination variation; spatial temporal content; block tracking method

0 引言

自动目标跟踪是计算机视觉研究领域的一个重要分支, 自其诞生以来, 研究人员提出了大量的具有重要影响和应用价值的研究成果, 但是, 由于应用领域的复杂性和特殊性, 特定的跟踪算法很难同时处理各种复杂的问题。在目标跟踪过程中存在目标被部分遮挡、目标发生形变、光照变化、背景混乱以及目标尺度变化等现象, 这些问题都对目标跟踪算法提出了挑战。其中, 目标尺度变化、光照变化和局部被遮挡等是自动目

标跟踪应用中常见并且难以处理的问题。因此, 研究自动目标跟踪中的目标尺度变化、光照变化和局部被遮挡问题具有重要的应用价值。为了克服目标尺度变化、光照变化和局部被遮挡对目标跟踪的影响, 人们提出了大量的算法, 如粒子滤波算法^[1]、TLD算法^[2]、LK算法^[3]、SIFT^[4]算法、STC算法^[5]、CT算法^[6]、Mean-Shift算法^[7]、马尔可夫随机场算法^[8]、序列蒙特卡罗方法^[9]、Hausdorff距离法^[10]以及KLT算法^[11]等。

Lucas-Kanade提出的LK算法能够利用图像灰度信息精确计算视频前后两帧之间的几何变换关系, 精确定位跟踪点, 但该方法是基于目标与场景的灰度不随时间变化的假设, 因此对光照变化比较敏感。另外该方法使用迭代的方式计算几何变换关系, 当变换参

收稿日期: 2015-03-06

修回日期: 2015-04-17

作者简介: 尚 堃(1990—), 女, 山西平顺人, 硕士, 研究方向为导航制导与控制。

数较多时,其运算量较大。

TLD(Tracking Learning Detection)算法将目标跟踪和检测相结合,发挥各自长处,弥补彼此不足,并加入在线学习机制不断更新目标模型和检测模块。由于使用了在线学习机制和分块跟踪策略,当目标发生形变或者部分被遮挡时,TLD 算法仍能跟踪目标,但其对光照变化仍比较敏感。

基于局部特征匹配的跟踪算法也是一类常用的跟踪算法。由于采用局部特征匹配的方式进行跟踪,该类算法具有一定抗局部遮挡和抗目标几何变换的能力,但是有时无法从目标上提取足够多的局部特征,不满足跟踪条件。另外,通过特征点对应关系计算图像帧之间的几何变换关系需要一定的约束条件,限制了跟踪算法的使用范围。

STC 算法利用相邻两帧图像间对应目标的时空相关性对目标进行跟踪。STC 跟踪算法不但跟踪精度较高,实时性较强,具有较好的抗局部遮挡能力,而且其使用条件比 LK 算法和局部特征匹配方法有明显放宽,但是其适应目标尺度变化的能力有待提高。本文利用 STC 算法对跟踪点定位精度较高的特点,同时借鉴 TLD 算法中的分块跟踪策略,提出了基于 STC 算法的分块跟踪算法,该算法综合 STC 算法和 TLD 算法的优点,同时弥补了彼此的不足,具有较好的抗光照变化能力、抗遮挡能力和抗尺度变化能力。

1 分块跟踪算法原理

1.1 基于 STC 算法的多块跟踪策略

分块跟踪算法采用分块跟踪策略对目标框内多个跟踪点进行 STC 算法跟踪。如图 1 所示,首先在目标上取多个跟踪点,使用 STC 算法对单个跟踪点进行跟踪,得到每个跟踪点在当前帧中的位置,利用前后帧多对对应跟踪点之间的位置关系确定目标尺度的变化量和位移量,更新目标尺度,确定目标跟踪点的位置。

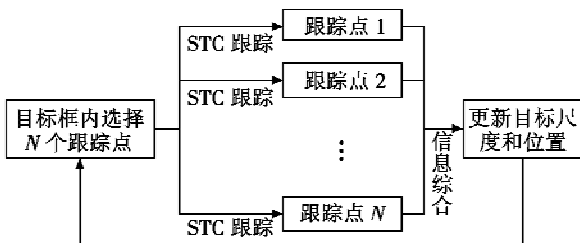


图 1 算法流程

Fig. 1 Flow chart of the algorithm

由于跟踪目标上的多个跟踪点,当目标被局部遮挡时,仍能根据未被遮挡的跟踪点对目标进行跟踪,从而使算法具有较强的抗局部遮挡能力。STC 算法对单个跟踪点的定位精度较高,跟踪点之间的距离变化量

能够准确地反映目标尺度的变化,因此通过计算跟踪点之间的距离变化量得到目标的尺度变化量,不但原理简单,而且精度较高。

1.2 算法步骤介绍

首先对第一帧图像进行分块 STC 跟踪,初始目标框作为算法的先验知识由人为选定。对初始信息跟踪框进行均匀分块,根据计算得到的横向和纵向均分点坐标,使点阵均匀分布在跟踪框内。

合理选择分块数量,保证跟踪效果的同时也能确保实时性,当目标突变或被遮挡时,跟踪点会出现位置异常,此时取大多数趋势相近的点作为可靠点,综合结果对目标位置尺度进行更新,不会因为分块太少而提升跟踪的偶然性,保证目标跟踪正常进行;也不会因为分块太多,使每个分块所含区域有较多的重叠,在计算量增加的同时,算法的跟踪精度没有得到明显提升。因此,进行多次实验后,本文最终选择将目标分为 25 块进行跟踪。当目标区域较大或较小时,应酌情对分块数量进行加减。

对每块中心点进行 STC 跟踪。遍历划分出的所有点,以单点为中心,取每个小块背景区域的图像进行预处理,得到加权后的图像频域信息,然后计算每块的空间上下文信息,对单点进行 STC 跟踪。

根据每个点的位置得到对应的图像信息,并对图像进行加权处理,得到加权后的图像的频域信息。计算置信图,找出置信图中最大的点,记录最大点对应位置坐标,该坐标作为下一帧跟踪点。输出分块后每个网格中心点的坐标数组。

如图 2 所示,在前一帧初始化跟踪点坐标 $P_n = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$,计算相邻两跟踪点之间的距离 $S_{n-1} = \{S_{12}, S_{23}, \dots, S_{(n-1)n}\}$,对初始跟踪点进行跟踪,得到跟踪点在当前帧的坐标 $P'_n = \{P'_1, P'_2, \dots, P'_n\}$,计算两跟踪点之间的距离 $S'_{n-1} = \{S'_{12}, S'_{23}, \dots, S'_{(n-1)n}\}$ 。距离变化率 $K = S'/S$ 反映了目标的尺度变化量。

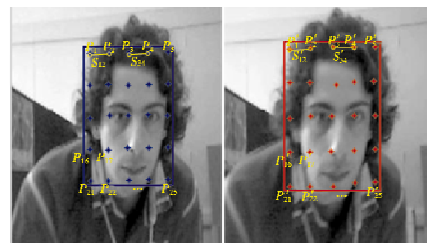


图 2 分块跟踪示意图

Fig. 2 Sketch map of block tracking

由于计算出的 K 值有多个,而目标尺度变化率是一个数值,因此 K 值不能直接使用,需要根据多个 K 值计算出合理的尺度变化率。为了消除跟踪误差较大的影响,提高尺度变化率的计算精度,分块跟踪算法

对多个 K 值进行聚类。其具体步骤如下所述。

1) 对 K 中的每个点分别计算其行距离变化率和列距离变化率,得到统计直方图 $K_{[i][j]}$;对其做最大距离聚类,计算其均值 \bar{k} ;计算 $K_{[i][j]}$ 内每个点的行变化率和列变化率之和,减去 \bar{k} 得到矩阵 M 。

2) 找出 M 的最大值 M_{\max} 及其对应位置,若 M_{\max} 大于 $0.9 * \bar{k}$,认为该点异常,将 $K_{[i][j]}$ 中对应 M_{\max} 的位置置 0,并重新进行最大距离聚类直到消除异常点。

此时,通过计算有效跟踪点的 x 轴位移、 y 轴位移、欧式距离及其平均尺寸变化率来计算当前帧跟踪框覆盖区域。

综合可信跟踪点的结果,预测当前帧跟踪框位置和尺寸变化信息,再作为下一帧的先验知识进行计算。图 2 中,右图尺度变化为上一帧的 1.0678 倍。

对单块跟踪时采用的 STC 跟踪问题可以表达为计算每个单块位置点的似然置信图,即

$$c(x) = P(x|o) = \sum_{c(z) \in X} P(x, c(z) | o) = \sum_{c(z) \in X} P(x|c(z), o) P(c(z) | o) \quad (1)$$

来确定每个点的位置。式中: x 为目标位置; o 代表含有目标的视频帧。当前帧中,目标位置为 x^* (跟踪目标框中心点),上下文特征为 $X = \{c(z) = (I(z), z) | z \in \Omega_k(x^*)\}$ 。其中: $I(z)$ 表示图像灰度; $\Omega_k(x^*)$ 为目标位置 x^* 的邻域; $P(c(z) | o)$ 是上下文先验概率, $P(x|c(z), o)$ 就成为了目标位置和它的空间上下文概率的桥梁。

在视觉跟踪中,由目标和围绕目标紧挨的背景组成一个决策区域称为空间上下文,这样,在连续帧中目标就存在一个强时空关系。假定上下两帧间包含目标的局部上下文并没有发生很大的改变,外部特征仍然保持相似,则可通过当前帧所含有的空间上下文信息去推断下一帧中的空间上下文信息,从而推断目标位置。这种性质可以在目标外观明显改变时用来帮助从背景中区分目标。

空间上下文模型描述定义为条件概率函数

$$P(x|c(z), o) = h^*(x-z) \quad (2)$$

式中, $h^*(x-z)$ 是一个关于目标 x 和局部上下文位置 z 的相对距离和方向的函数,这样它就确定了目标与它的空间上下文间的关系。

通过计算空间上下文模型 $h^*(x)$,把 $h^*(x)$ 的最大值作为计算得到的下一帧目标跟踪点进行跟踪,可以得到单个目标点的位置改变情况。

2 实验结果与分析

2.1 抗遮挡能力实验

本文进行了 3 组抗遮挡能力实验。

图 3 是一组人物由正面转为侧面再转回正面的实验。可以看到,由于人物转头速度较慢,当完全转为侧面时,图像的样本发生了改变,以致于当人物再一次转为正向时目标样本变为半张脸。但分块 STC 算法通过未被遮挡区域和人物身后背景,依然可以找到目标,跟踪效果良好。

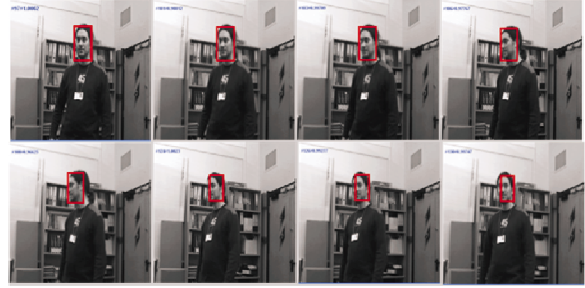


图 3 遮挡实验 A

Fig. 3 Results of occlusion experiment A

由图 4 可以看到,分块跟踪算法跟踪效果稳定,当人脸被手遮挡时,跟踪区域能够稳定地保持在人脸位置,跟踪点稳定,跟踪效果良好。

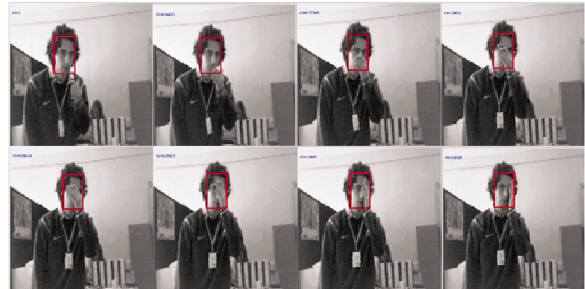


图 4 遮挡实验 B

Fig. 4 Results of occlusion experiment B

为了检验本文算法的抗遮挡能力,对一组视频序列进行了删减,采用不相邻的两帧进行图像跟踪,并通过分块跟踪点位置说明效果。如图 5 所示,人物由正面突变为侧向面对镜头,脸部的信息被遮挡,目标的特征信息发生明显改变,并伴有尺度改变。很多特征在上下两帧中不连续,出现了单个跟踪点的漂移。由于采用多块跟踪,算法排除了异常点的干扰,通过选取大多数运动趋势相近的块依旧可以准确地跟踪目标。



图 5 遮挡实验 C

Fig. 5 Results of occlusion experiment C

2.2 抗光照改变能力实验

由图 6 可以看出,光照改变情况下,分块跟踪算法能够稳定跟踪目标,跟踪效果良好。



图 6 光照改变实验

Fig. 6 Results of illumination changing experiment

2.3 抗图像旋转能力

图 7 的镜头发生旋转并伴随目标尺度缩放,在这种情况下,分块跟踪算法跟踪表现良好,能够适应复杂环境。

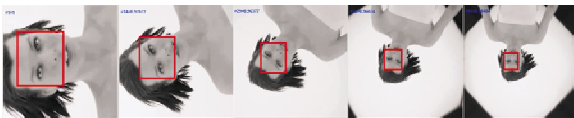


图 7 图像旋转实验

Fig. 7 Results of image rotation experiment

2.4 与 LK 算法比较实验

LK 算法和本文算法一样,均针对图像灰度分布进行计算,是一种非常经典的跟踪方法。通过比较可以发现,LK 算法虽然精度高、定位能力强,但由于其对光照的敏感以及非几何变换能力弱,本文算法在光照改变的情况下适应性优于 LK 算法,如图 8 所示。

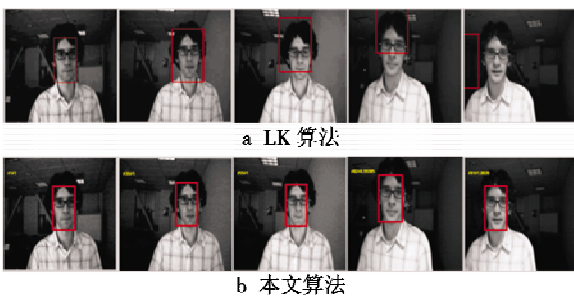


图 8 与 LK 算法比较

Fig. 8 Comparison with LK

2.5 与原 STC 算法比较实验

采用 STC 算法中的视频帧进行对比实验,说明目标运动造成的尺度改变对跟踪结果的影响。由图 9 可以看出,两算法均可对目标进行实时跟踪,跟踪效果都很好。从跟踪框的选取来看,本文算法对人脸的包络更贴合,对目标的尺度变化更敏感,尺度处理效果更好。

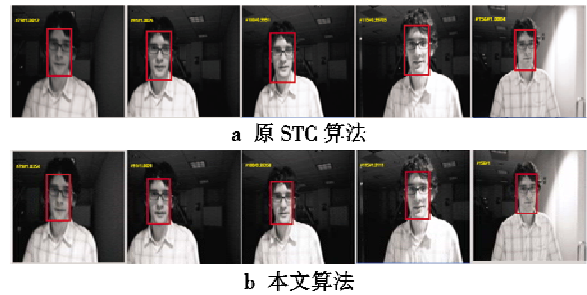


图 9 与原 STC 算法比较

Fig. 9 Comparison with STC

3 结论

本文提出一种分块目标跟踪方法。实验表明,该算法对于目标跟踪有着良好的效果,达到了实时跟踪,能够充分利用图像的 STC 信息判断目标位置,能够抗遮挡、抗光照改变以及尺度变化。通过与 LK 算法和原 STC 算法对比,证明了本文算法在抗光照变化能力、抗遮挡能力以及抗尺度变化能力的优越性。

参考文献

- [1] HESS R, FERN A. Discriminatively trained particle filters for complex multi-object tracking [C]//IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2009:240-247.
- [2] KALAL Z, MIKOLAJCZY K, MATAS J. Tracking learning detection [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2012, 34(7):1409-1422.
- [3] LUCAS B, KANADE T. An iterative image registration technique with an application in stereo vision [C]//The 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence, Vancouver, British Columbia, 1981:674-679.
- [4] LOWE D G. Distinctive image features from scale invariant key points [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2):91-110.
- [5] ZHANG K H, ZHANG L, YANG M H, et al. Fast tracking via spatio-temporal context learning [EB/OL]. [2015-03-06]. <http://export.arxiv.org/pdf/1311.1939>.
- [6] ZHANG K, ZHANG L, YANG M. Real-time compressive tracking [C]//The 12th European Conference on Computer Vision, Florence, 2012:864-877.
- [7] COMANICIU D, RAMESH V, MEER P. Kernel-based object tracking [J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(5):564-577.
- [8] MOSER G, SERPICO S B. Combining support vector machines and Markov random fields in an integrated framework for contextual image classification [J]. IEEE Transaction on Geosciences and Remote Sensing, 2012, 51(5):1-19.

(下转第 86 页)

- ics Optics & Control, 2011, 18(10): 82-86.)
- [8] 周雷. 嵌入式代码覆盖率统计方法[J]. 计算机应用与软件, 2014, 31(5): 326-327. (ZOU L. Statistical method of embedded code coverage [J]. Computer Applications and Software, 2014, 31(5): 326-327.)
- [9] 唐志军, 邹贵彬, 高厚磊, 等. 含分布式电源的配电网保护控制方案[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(8): 9-14. (TANG Z J, ZOU G B, GAO H L, et al. Protection and control scheme for smart distribution grid with distributed resource [J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(8): 9-14.)
- [10] 李晓红, 张涛, 辛欣. 基于蚁群算法的 DSP 计算机电源设计与开发[J]. 电源技术, 2013, 37(2): 307-309. (LI X H, ZHANG T, XIN X. Design and development of DSP intelligent computer power supply based on ant algorithms [J]. Chinese Journal of Power Sources, 2013, 37(2): 307-309.)
- [11] 赖明, 霍鹏飞, 刘创. 基于分层插件的引信装定器模型[J]. 探测与控制学报, 2014, 36(1): 59-62. (LAI M, HUO P F, LIU C. A fuze setter model based on hierarchic plug-in components [J]. Journal of Detection & Control, 2014, 36(1): 59-62.)
-
- (上接第 48 页)
- [9] DOUCET A, GORDON N. Sequential Monte Carlo methods in practice [M]. Berlin: Springer-Verlag, 2001.
- [10] YI X L, CAMPS O I. Line-based recognition using a multidimensional Hausdorff distance [J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1999, 21(9): 901-916.
- [11] LUCAS B, KANADE T. An iterative image registration technique with an application to stereo vision [C]//International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1981: 121-130.
-
- (上接第 62 页)

参 考 文 献

- [1] MOKBEL H F, WAN Y, LW Q Y, et al. Research on the mechanical design of two-axis fast steering mirror for optical beam guidance [C]//Proceedings of 1st International Conference on Mechanical Engineering and Material Science, 2012: 205-209.
- [2] KONADU K A, SUN Y, CHOI W, et al. Robust positioning of laser beams using proportional integral derivative and based observer-feedback control [J]. American Journal of Applied Sciences, 2013, 10(4): 374-387.
- [3] 王惠林. 光电系统稳定控制技术—瞄准线高精度稳定的补偿技术研究 [D]. 西安: 西安工业学院, 2002.
- (WANG H L. The control technology of electro-optical system stabilization—the research of compensation technology of line-of-sight stabilization with high-accuracy [D]. Xi'an: Xi'an Technological University, 2002.)
- [4] 徐飞飞, 纪明, 赵创社. 快速偏转反射镜研究现状及关键技术 [J]. 应用光学, 2010, 31(5): 847-850. (XU F F, JI M, ZHAO C S. Status of fast steering mirror [J]. Journal of Applied Optics, 2010, 31(5): 847-850.)
- [5] GERMANN L. Advanced two-axis beamsteering element [C]//American Astronautical Society Guidance and Control Conference, 1985: 63-69.
- [6] HILKERT J M, AMIL D L. Structural effects and techniques in precision pointing and tracking systems: a tutorial overview [C]//Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering, 2010: 76961C.

《电光与控制》再次入选《中文核心期刊要目总览》

接北京大学图书馆《中文核心期刊要目总览》2014 年版编委会通知,《电光与控制》入编 2014 年版(第七版即最新版)中文核心期刊。此次参选的期刊有 14728 种,入选核心的有 1983 种,涵盖 74 个学科类别。通过对影响因子、被引量、他引量等 12 个指标的定量评价及专家评议,《电光与控制》从竞争的期刊中脱颖而出,最终入选为武器工业类的核心期刊。这是自 2004 年以来《电光与控制》第 4 次入选中文核心期刊。

《中文核心期刊要目总览》由北京大学图书馆研制,每三年进行一次评审,是国内影响力较大的期刊评价依据。《电光与控制》入选中文核心期刊是继入选 2015 年武汉大学“RCCSE 中国核心学术期刊(A)”的又一喜讯。