

文章编号 1004-924X(2008)11-2286-04

适用于光电跟踪的初始目标区域估计法

刘丹平, 段钦义, 李云伟, 刘晓明, 李正周

(重庆大学 通信工程学院, 重庆 400030)

摘要: 为了提高光电跟踪度的定位精度, 提出了用于初始目标区域估计的宏像素方法。定义了有效像素比 r 的概念, 利用它分析了噪声和非对称性对目标初始定位精度的影响, 得到了高精度强抗噪声能力的最大宏像素和确定宏像素目标的限制操作。对目标占 $4 \text{ pixel} \times 4 \text{ pixel}$ 左右, 大小为 $128 \text{ pixel} \times 128 \text{ pixel}$ 的非对称光斑图像, 选择宏像素大小为 36 pixel , 目标宏像素扩大 2 pixel 区域。在 SNR 为 5 dB 时, r 值达到 1。动态图像模拟表明, 该方法处理速度可达 $18 \sim 20 \text{ frame/s}$ 。

关键词: 光电跟踪; 质心算法; 宏像素; 宏像素划分算法

中图分类号: TN386.5; TP391 **文献标识码:** A

Initial target region estimation suitable to optical tracking

LIU Dan-ping, DUAN Qin-yi, LI Yun-wei, LIU Xiao-ming, LI Zheng-zhou

(College of Communication Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: In order to improve the accuracy of optical tracker, the macro pixel method is used for estimating initial target region. A term, valid pixel ratio, is put forward and then is applied to analyze the effects of noise and asymmetry on the location for initial target region. Finally, the most macro pixels and the restricting operation way with high-precision and strong anti-noise ability are obtained. For the unsymmetry target of $4 \text{ pixel} \times 4 \text{ pixel}$ in $128 \text{ pixel} \times 128 \text{ pixel}$ spot image, the most macro pixel is 36 pixels and target macro pixel is enlarged by 2 pixel . The value of r is 1 when SNR is 5 dB . Dynamic picture test shows that the method has the processing speed of $18 \sim 20 \text{ frame/s}$.

Key words: optical tracking; center of mass; macro pixels; macro pixels divided method

1 引言

当前, 利用轮廓跟踪、边沿跟踪和质心跟踪算法的跟踪技术已经在汽车防撞警报系统、智能机器人、雷达、通信等领域中得到广泛应用。在诸多方式中, 光电跟踪最有吸引力, 因为它对电磁干扰

不敏感, CCD 成为它最重要的传感器。限制它得到精确位置的主要问题是 CCD 的像素不均匀分布特性和由背景噪声、散粒噪声、热噪声、传感器读出噪声、A/D 转换噪声、空间量化噪声引起的干扰。这些噪声引起信号强度波动, 降低了信噪比, 从而降低了定位精度。

在许多需要对物体准确定位的应用中, 噪声

收稿日期: 2008-01-04; 修订日期: 2008-03-21.

基金项目: 重庆市自然科学基金资助项目 (No. 2006BB3162)

是不能回避的重要问题。比如有计算机控制下进行的外科手术,必须要对有病的组织进行精确定位,如果噪声严重,将引起不必要的切割伤及健康组织。

跟踪技术通常涉及到附在感兴趣物体上的光源的探测,通过应用某种跟踪方法来得到光源位置,从而得到所研究物体的确切位置。传统的质心算法^[1]对整幅图像的所有像素都做了加权,充分利用了图像中每一点的灰度值,因此有较好的定位精度。但对所有像素做都计算,影响了速度,并且对于非对称目标,其抗噪声能力也有一定的限制。文献[2]将目标区域划分成内部像素区域和边缘像素区域,并对内部像素灰度进行均值化来提高了算法的抗噪声能力。但是区域划分需要 Sobel 算子来进行,而且对均值的结果没有得到充分利用。文献[3]利用光斑的模型来得到背景和信号边界,从而解决背景噪声问题,但是光斑模型是通过传感器重采样得到的,方法比较繁琐,影响定位速度。

文献[4]提出了宏像素划分算法,该算法先经过几次迭代初步确定目标区域,然后将目标区域划分为 $2^i \times 2^i$ (i 为迭代次数) 个大小相等的宏像素进行迭代运算;每次迭代后重新确定目标区域。其实质是对噪声进行了平滑来提高抗噪声能力,并通过迭代保证较好的精度。但是该方法计算量太大,不适合实时系统。

本文对宏像素划分算法进行了改造,采用宏像素法寻找初始目标区域,不需要对每帧图像每个像素点进行的操作,从而减少了计算量。通过恰当地选取宏像素大小和确定目标区域(ROI),该方法可以较快地得到较好的初始定位效果。

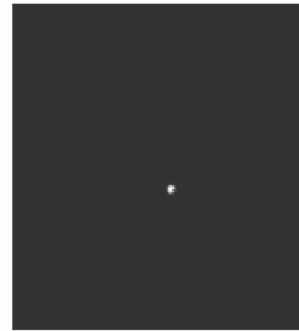
2 非对称目标图像模型

由于各种噪声的影响,从传感器中得到的光斑图像强度并非对称光斑图像。为了使得算法具有实际意义,用如下的数学模型来表示非对称的光斑图像:

$$f(x, y) = \sum_i a_i g[(x - x_{a_i}), (y - y_{a_i})] + b_i(x + y) + n(x, y), \quad (1)$$

其中 $g(x, y)$ 表示高斯函数, a_i 表示每个高斯函数的峰值, b_i 表示背景光强弱和方向的一个参量, n

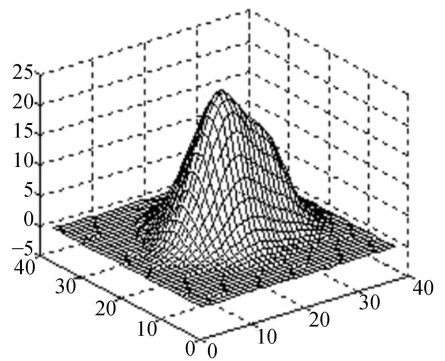
(x, y) 表示噪声。上式右边第一项表示由于各种因素的影响原来的点扩散函数的高斯形状的畸变形成了几个局部峰值点,第二项表示从不同方向进入探测器的背景光的影响,第三项是探测器噪声,可用广义高斯噪声来模拟。没有噪声和背景时的质心表示靶值。模拟的结果如图 1 所示,其中(a)为整帧图像,(b)为目标宏像素图像,(c)为目标宏像素内的光强分布。



(a) 整帧图像
(a) An image



(b) 目标宏像素
(b) Target macropixels



(c) 目标宏像素光强分布
(c) Intensity distribution

图 1 非对称光斑图像目标宏像素及其强度分布
Fig. 1 Intensity distribution for unsymmetry spot

对目标占 $4 \text{ pixel} \times 4 \text{ pixel}$ 左右,大小为 $128 \text{ pixel} \times 128 \text{ pixel}$ 的圆高斯分布图像和非对称光斑图像,计算不同信噪比条件下的质心误差结果

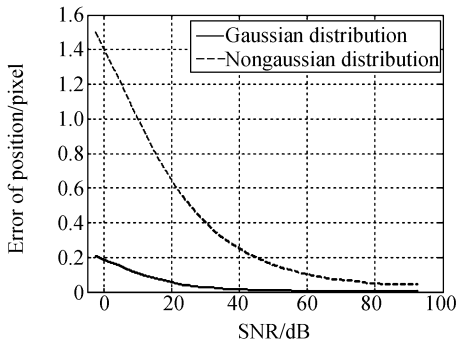


图 2 在不同信噪比下质心计算误差
Fig. 2 Centroid errors at different SNRs

如图 2 所示。图中横坐标是信噪比,纵坐标是 x 轴方向上的质心误差。计算结果表明,在圆高斯光斑的情况下,传统的重心法可得到较高的定位精度;但是对于非对称光斑图像,当信噪比为 0 dB 时,质心误差为 1.4 pixel。所以传统的重心法并不适合低信噪比非对称目标图像的定位。

3 宏像素初始目标定位算法

宏像素划分算法被证明是一种抗噪声能力较强的定位方法^[4]。该方法在估计初始目标区域(ROD)后,计算宏像素平均质心,通过迭代式进一步调整 ROI 位置来得到最后结果。对于初始目标区域估计,该算法是先利用峰值法第一次得到较粗略的 ROI,然后采用几次质心计算对 ROI 进行调整得到较准确的初始 ROI。

所谓宏像素是包含几个像素的一个区域。采用宏像素法寻找初始 ROI,不需要对整帧图像每个像素点进行操作,采用保证一定精度的最大宏像素可以最大限度地减少计算量。该方法先把一帧图片分成若干个宏像素,然后利用宏像素内信号的代数和作为宏像素强度,比较宏像素强度,把最大的宏像素当作目标所在的区域,最后通过进一步的“限制”来确定初始 ROI。该算法关键是如何确定宏像素大小和最后的限制操作。

采用式(1)的模型,通过计算初始 ROI 中的质心,并变换到整帧图像质心,发现宏像素大小会引入误差如图 3 所示。当宏像素 > 33 pixel 时,质心误差将很大。定义“有效像素比 r ”来分析引起质心误差的原因:

$$r = N_e / N_0 \quad (2)$$

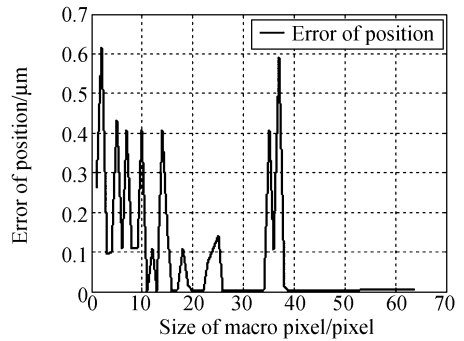


图 3 宏像素大小与质心计算误差间的关系
Fig. 3 Centroid errors versus sizes of macro pixels

这里 N_0 表示光斑信号所覆盖的所有的像素数, N_e 是采用宏像素法确定的初始 ROI 所覆盖的像素数。理论分析如图 4 所示,随着宏像素大小的变化,当 r 接近为 1 的时候,质心误差最低。因为 ROI 内包含的有用信号越多,质心计算误差必然越低。

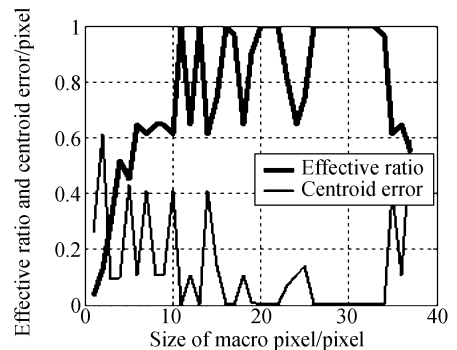


图 4 有效比和质心计算误差与宏像素大小间的关系
Fig. 4 Effective ratios and centroid errors versus sizes of macro pixels

理论分析表明,对式(1)中的仿真模型,选择宏像素大小为 36 pixel 时,对目标宏像素扩大 2 pixel 区域,可以在较少的运算时间、较高的计算精度和最好的抗噪声能力间达到最佳化,这时 r 得到改善后如图 5 所示。当宏像素为 36 pixel 时,优化前 r 为 0.65,优化后 r 为 1。

用文献[4]中的算法和改进的算法进行初始 ROI 定位,随着信噪比不同,得到的 r 值的变化如图 6 所示。可见,改进的算法不仅减少了计算量,在 SNR 为 5 dB 时, r 值达到 1,而文献[4]的初始 ROI 算法 r 值只有 0.9。

用改进的算法确定初始 ROI 后,在 ROI 中迭代 3 次得到最后的质心。利用摄像机、图像采集

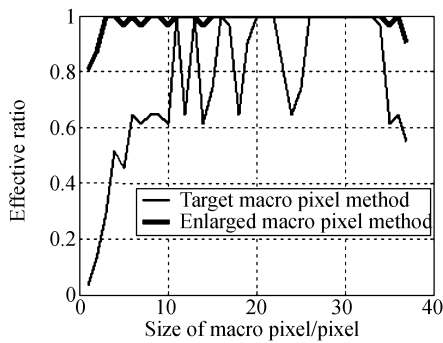


图 5 不同方法所对应的不同的有效比

Fig. 5 Effective ratios for diferent arithmetics

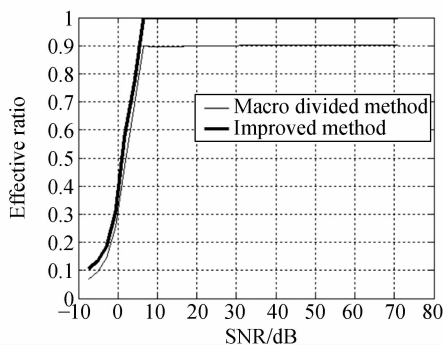


图 6 文献算法和改进算法有效比与 SNR 间的关系

Fig. 6 Effective ratios at different SNRs for macro divided method and improved method

卡和光学天线得到 1.3 km 传来的光斑图像序列,利用 Pentium IV PC 机,在 WINDOWS XP 系统和 Visual C++ 6.0 编程环境中,动态图像模拟可达 18~20 frame/s 的处理速度,完全能满足实时的要求。

4 结 论

由于噪声对非对称目标比较敏感,对所有像素都做加权运算的传统质心算法定位效果不好。对这种目标,宏像素划分算法具有较好的抗噪声能力,但是计算量太大。而采用宏像素法来估计初始目标区域,不需要对每帧图像各个像素点进行操作,从而减少了计算量。对 128 pixel × 128 pixel,目标 4 pixel × 4 pixel 左右的非对称光斑图像,选择宏像素大小为 36 pixel,对目标宏像素扩大 2 pixel 区域,可以在较少的运算时间与较好的抗噪声能力间优化。这时 r 得到明显改善,在 SNR 为 5 dB 时, r 值达到 1,而文献[4]的初始 ROI 算法 r 值只有 0.9。动态图像模拟表明,改进算法可达 18~20 frame/s 的处理速度,完全能满足实时要求。

参考文献:

- [1] VAN ASSEN H C, EGMONT-PETERSEN M E, REIBER J H C. Accurate object localization in gray level images using the center of gravity measure: accuracy versus precision [J]. *IEEE Transactions on Image Processing*, 2002, 11(12): 1379-1384.
- [2] 郭玉波,姚郁,遆晓光.一种改进的亚像素算法[J]. *光电工程*, 2006, 33(10): 137-140.
GUO Y B, YAO Y, DI X G. Improved sub-pixel algorithm[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2006, 33(10): 137-140. (in Chinese)
- [3] SHINHAK L. Pointing accuracy improvement using model-based noise reduction method [J]. *SPIE*, 2002, 4635: 65-71.
- [4] ZEEV Z, YOAV S. Novel denoising algorithm for obtaining a superresolved position estimation [J]. *Optical Engineering*, 2002, 41(6): 1350-1357.
- [5] 文伟力,左春怪,于建群,等. PMMA 微流控芯片微通道尺寸的检测[J]. *光学精密工程*, 2007, 15(2): 212-218.
WEN W L, ZUO CH G, YU J Q, *et al.*. Measurement of microchannels of PMMA microfluidic chip[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2007, 15(2): 212-218. (in Chinese)
- [6] 李云飞,李敏杰,司国良,等. TDI-CCD 图像传感器的噪声分析与处理[J]. *光学精密工程*, 2007, 15(8): 1196-1201.
LI Y F, LI M J, SI G L, *et al.*. Noise analyzing and processing of TDI CCD image sensor[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2007, 15(8): 1196-1201. (in Chinese)
- [7] 凌伟,王志乾,高峰端.光电测量系统畸变的实时数字校正[J]. *光学精密工程*, 2007, 15(2): 277-282.
LING W, WANG ZH Q, GAO F D. Real time digital correction for distortion in photoelectronical measuring system [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2007, 15(2): 277-282. (in Chinese)

作者简介:刘丹平(1969—),男,四川邻水人,博士,主要从事光电跟踪和激光通信技术研究。E-mail: ldpsbs@163.com