

对固定平台红外单站被动定位技术研究*

殷世民 付小宁 刘上乾

(西安电子科技大学技术物理学院, 西安 710071)

摘要 介绍了一种基于红外成像和序列图像处理技术的对固定平台红外单站被动定位新算法. 该算法通过对红外成像目标的实时测量信息求解出目标相对测量基站的距离, 它适用于匀速、匀加速和变加速等各种运动模型, 具有定位精度高、体积小和便于机动的特点. 该算法对可见光成像单站被动定位同样有效.

关键词 红外单站; 被动定位; 红外成像; 序列图像处理

中图分类号 TB866 **文献标识码** A

0 引言

红外单站被动定位是利用单一测量基站上的被动红外系统, 通过接收和测量来自目标的红外辐射来确定目标的位置信息的技术. 目前主要有两种基本类型的红外单站被动定位体制, 一种是被称为准红外单站被动定位技术, 它是利用在同一个测量平台上安装的两台红外探测器对目标进行探测^[1], 利用三角形原理来确定目标至测量基站的距离, 另一种是利用测量平台上的单一红外探测器对目标进行探测和定位.

准红外单站被动定位利用交汇技术求解出目标至测量基站的距离, 虽然具有原理简单易于实现的特点, 但它需要两台红外探测器, 而且两台红外探测器之间需要一定的基线长度, 因而它体积比较大, 不便于机动. 目前利用单一测量平台上的单一红外探测器并利用单一红外接收波段对目标进行实时定位的技术一直是国内外众多学者研究的热点, 由于这种定位体制难度大, 目前国内大多数的研究都是基于匀速直线运动这一基本运动模型的^[2]. 我们多年来对红外单站被动定位技术进行了深入的研究^[3-5], 提出了多种方案, 现介绍一种基于红外成像和序列图像处理技术的新算法, 它适用于匀速、匀加速和变加速等各种运动模型.

1 数学模型及定位算法

由于单一红外探测器只能提供目标的方位角和高低角信息, 无法给出目标与测量基站之间的距离信息, 因而红外单站被动定位技术必须要给出一定的初始条件才能对目标进行定位. 本文算法要求已知目标相对测量基站的初始速度 v_0 以及目标与测

量基站之间的初始距离 r_0 (符合雷达、光电多模侦查告警系统实际情况), 在此基础上利用实时测量信息对机动目标进行定位.

1.1 数学模型

图1为对固定平台的红外单站被动定位数学模型, 它以测量平台上的红外摄像机中心为原点建立三维坐标系, 假设空中机动目标的运动轨迹为空间任意曲线, 在采样时间间隔 T 足够小的情况下, 前后两采样点之间目标的运动可近似为直线运动, 这样在 A_i 与 A_{i+1} 时刻之间目标的运动可近似为初始速度为 v_i , 加速度为 a_i 的匀加速直线运动.

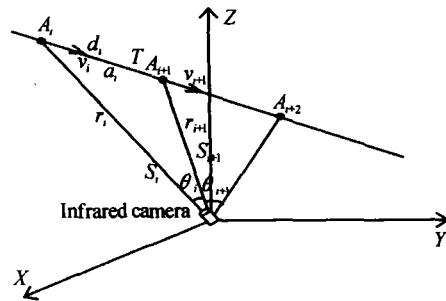


图1 对固定平台红外单站被动定位模型
Fig. 1 The location model for stationary platform

图中各参量意义: T 为前后两时刻之间的采样间隔; a_i 为目标在 A_i 与 A_{i+1} 时刻之间的平均加速度; v_i 为目标在 A_i 时刻的速度; d_i 为目标在 A_i 时刻与 A_{i+1} 时刻之间前进的距离; S_i 为目标在 A_i 时刻的成像面积; L_i 为目标在 A_i 时刻在前进方向上成像长度; r_i 为目标在 A_i 时刻与测量基站之间的径向距离; θ_i 为目标在 A_i 时刻与 A_{i+1} 时刻之间的空间跨度角.

1.2 定位算法

根据图1模型, 利用红外成像、序列图像处理和三维运动分析技术可导出如下对机动目标距离进行迭代求解的实时定位算法.

1) 加速度求解

$$a_i = \frac{2}{T^2} \left(r_i \sqrt{1 + \frac{L_i}{L_{i+1}}} - \sqrt{\frac{L_i}{L_{i+1}}} \cos \theta_i - v_i T \right)$$

*国防预研基金资助项目
Tel: 029-88202573 Email: yinism_455@sohu.com
收稿日期: 2003-04-04

2)距离解算

$$r_{i+1} = r_i \cos \theta_i + \operatorname{sgn} \left(1 - \frac{S_{i+1}}{S_i} \right) \cdot$$

$$\sqrt{\left| v_i T + \frac{1}{2} a_i T^2 \right|^2 - (r_i \sin \theta_i)^2}$$

3)速度校正

$$v_{i+1} = v_i + a_i T$$

特例,对径向运动目标上述算法可简化为

4)加速度求解

$$a_i = \frac{2}{T^2} \left(\left| \left(1 - \frac{L_i}{L_{i+1}} \right) r_i \right| - v_i T \right)$$

5)距离解算

$$r_{i+1} = r_i + \operatorname{sgn} \left(1 - \frac{S_{i+1}}{S_i} \right) \left(v_i T + \frac{1}{2} a_i T^2 \right)$$

6)速度校正

$$v_{i+1} = v_i + a_i T$$

该算法特点是,利用红外成像和序列图像处理技术实时计算出目标在前后两采样时刻在前进方向上于红外焦平面上所成像长度之比,并根据前后两采样时刻红外像机视线的夹角以及目标当前位置信息测算出目标在前后两采样时刻之间的平均加速度,然后对目标在下一时刻的距离和速度进行解算和实时更新.因而本文算法可以克服目前大多数基于匀速直线运动模型的红外单站被动定位的局限性,它不仅适用于匀速直线运动模型,而且适用于匀加速和变加速运动模型的红外单站被动定位,能够客观地反映机动目标的实际运动状况.

2 关键技术分析

2.1 波段选择

本文算法主要是利用红外成像和序列图像处理技术实现对机动目标的定位,因而目标在红外焦平面上能否成像和成像质量是比较关键的问题.根据普朗克辐射定律和维恩位移定律,辐射体温度与其所辐射红外波长成反比.对空中飞机目标而言,其辐射主要来自尾喷管、排出气流和蒙皮的热辐射.尾喷管和排出气流由于其温度比较高,辐射波长主要集中在3~5 μm波段,但其辐射具有很强的方向

性,成像易受目标姿态影响.蒙皮的辐射由于其温度相对较低,其波长主要集中在8~14 μm波段,成像受目标姿态变化的影响相对较小,因而我们拟采用8~14 μm波段对机动目标成像,探测器拟采用响应于8~14 μm波段光敏单元尺寸不大于15 μm × 15 μm的HgCdTe凝视红外焦平面阵列器件.

2.2 成像参量估算

采用红外望远光学成像系统,其焦距*f*为1 m和2 m可切换,探测器象元尺寸为*D*=15 μm.对迎头来袭飞机目标,假如其翼展7 m,机高3 m,可将其实际截面积折算为直径为φ=1.5 m左右的圆形.设目标与像机距离为*R*,则目标在探测器上所成像直径为*l*=*f*φ/*R**D*个像素,成像面积为*S*=π*l*²/4个像素,表1是具体计算结果.

表1 目标成像参量计算结果

距离 <i>R</i> /m	焦距 <i>f</i> /m	成像直径 <i>l</i> (像素)	成像面积 <i>S</i> (像素)
5000	1	20	314
10000	1	10	78
10000	2	20	314
20000	2	10	78

从表1可以看出,利用焦距为2 m的红外光学成像系统和象元尺寸不大于15 μm的红外焦平面阵列探测器可对20000 m以内的飞机等机动目标成像.

3 算法仿真

建立空间机动目标运动的三维立体模型对上述算法进行计算机仿真,仅举一例如下.机动目标距测量站的初始距离*r*₀=8007.6 m,初始速度*v*₀=300 m/s,加速度*a*=10 m/s²,采样频率*T*=4 Hz,沿目标前进方向图像长度测量误差为±4像素,角度测量误差为±1 mrad,仿真结果如图2所示.图2(a)为机动目标运动三维模型,图2(b)为目标至测量站的理论距离,图2(c)为据本文算法所得解算距离,图2(d)为解算距离与理论距离之间的相对误差.图3为对本文算法利用可见光像机采集的16帧序列图像进行半实物仿真所得结果.图3(a)为序列图像某一帧,图3(b)为该帧图像处理结果,图3(c)中实线为目标与测量站的实际距离(实际测量得到),虚线为

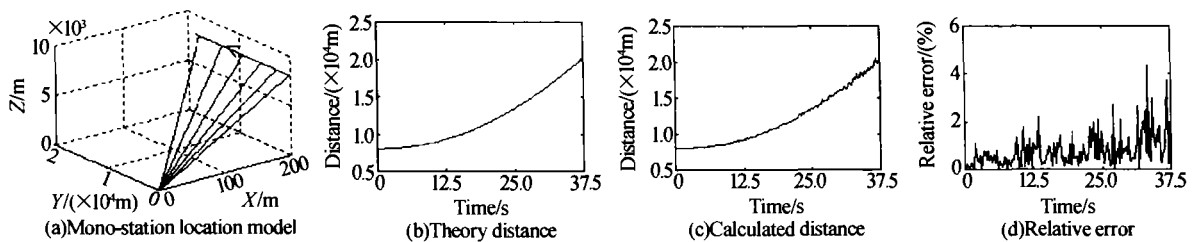


图2 对固定平台红外单站被动定位计算机仿真结果

Fig.2 The simulation result for infrared mono-station passive location

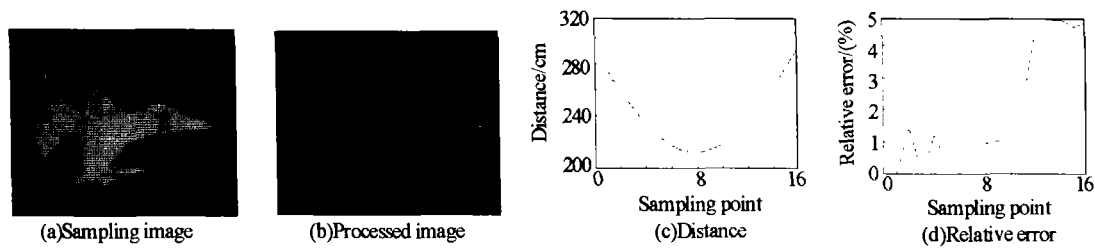


图3 对固定平台红外单站被动定位半实物仿真结果

Fig.3 The simulation result for infrared mono-station passive location

求解距离,图3(d)为求解距离与实际距离之间的相对误差。

4 结论

本文算法是基于红外成像、序列图像处理 and 三维运动分析的红外单站被动定位技术,从计算机和半实物仿真结果可以看出,本文算法适用于机动目标匀速、匀加速和变加速运动模型,在满足图像测量和角度测量精度范围内,测距相对误差不大于5%,完全满足红外单站被动定位技术实战要求。同时该算法对可见光单站被动定位同样有效。

参考文献

- 1 谢邦荣. 机载红外被动定位方法研究. 红外技术, 2001, 23(5): 1~3
Xie B R. *Infrared Technology*, 2001, 23(5): 1~3
- 2 钱铮铁. 一种用于红外警戒系统的被动测距方法. 红外

- 与毫米波学报, 2001, 20(4): 311~314
Qian Z T. *J Infrared and Millim Waves*, 2001, 20(4): 311~314
- 3 程兵旺. 机动多目标红外无源单站被动定位新技术研究. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1998
Cheng B W. *Research on New Technology of Infrared Monostation Passive Location System for Multiple Maneuvering Targets*. Xi'an: Xidian University Press, 1998
- 4 肖畅. 红外无源单站定位技术. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2000
Xiao Y. *Research on Technology of Infrared Monostation Passive Location*. Xi'an: Xidian University Press, 2000
- 5 殷世民, 付小宁, 刘上乾. 红外单站被动定位技术速度更新算法研究. 光子学报, 2003, 32(3): 298~300
Yin S M, Fu X N, Liu S Q. *Acta Photonica Sinica*, 2003, 32(3): 298~300

Research for Infrared Mono-station Passive Location on Stationary Platform

Yin Shimin, Fu Xiaoning, Liu Shangqiang

School of Technical Physics, Xidian University, Xi'an 710071

Received date: 2003-04-04

Abstract Based on infrared imaging and series images processing, a new algorithm for infrared mono-station passive location on stationary platform is presented. The algorithm calculates the relative distance between the mobile target and the measurement station by using the measured information of infrared target imaging. It is adapted to the motion models of invariable velocity, invariable accelerator and variable accelerator with some specialities such as high location precision, small cubage and easy to motion. The algorithm is also available for visible light imaging mono-station passive location.

Keywords Infrared mono-station; Passive location; Infrared imaging; Series images processing



Yin Shimin attended the Zhejiang University at Hangzhou from 1986 to 1990 and was awarded a B. S. degree in applied mathematics. He worked as an engineer at the first base of airforce from 1990 to 1997. He earned his M. S. degree in the signal and information processing at Xidian University in 1999. Now he is currently working towards the Ph. D. degree in photoelectricity engineering at Xidian University. His current work is concerned in the nonuniformity correction of IRFPA, infrared mono-station passive location and IR image processing.