

## 成像制导算法仿真评估系统

胡建华<sup>1</sup>, 崔宝生<sup>2</sup>, 魏新伟<sup>2</sup>, 马玉中<sup>2</sup>

(1.解放军理工大学 工程兵工程学院, 江苏 南京 210007;

2.总装工程兵科研一所, 江苏 无锡 214035)

摘要: 成像制导算法仿真评估系统用于评估成像制导算法在各种复杂背景下的跟踪精度和稳定性, 分析制导系统的采样频率、视场及模板大小等因素对跟踪效果的影响。该系统简化了弹体的姿态控制和反馈系统, 具有结构简单、造价低廉、体积小等特点, 既适用于外场试验, 又可以使用以前积累的试验数据开展内场测试。系统内建相关跟踪算法、形心跟踪算法和这两种算法的复合跟踪算法。用户可以根据需要, 加入自己编写的跟踪算法程序模块进行性能测试。简要阐述了该系统的工作原理、硬件系统构成和软件工作流程。

关键词: 成像制导仿真; 效果评估; 红外仿真; 红外伪装

中图分类号: E951.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-2276-(2005)04-0450-04

## Imaging guiding arithmetic evaluating system

HU Jian-hua<sup>1</sup>, CUI Bao-sheng<sup>2</sup>, WEI Xin-wei<sup>2</sup>, MA Yu-zhong<sup>2</sup>

(1.Engineering Institute of Engineer Corps, PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China;

2.The First Engineers Scientific Research Institute of the General Armaments Department, Wuxi 214035, China)

Abstract: This imaging guiding arithmetic evaluating system is used to evaluate the precision and stability of a guiding arithmetic on complex backgrounds, analyze the effects of sampling frequency, field of vision, template size, etc. It has the character of simply structure, lower cost and small volume. This system can either be used in outfield testing or be used in infield experiment by using formerly accumulated data. Guiding arithmetic program compiled by user can be joined into this system, and then the performance of this guiding arithmetic can be tested easily. The hardware structure and software flow is briefly expounded in this paper.

Key words: Imaging guiding simulation; Effect evaluating; IR simulation; IR camouflage

### 0 引言

在成像制导系统中, 跟踪算法的优劣对系统最终

性能起着重要的作用。在系统的预研阶段或研制阶段初期, 正确比较和评估各种跟踪算法的实战效果, 对正确选择适当的跟踪算法, 提高成像制导系统的命中精

度和抗干扰性能具有重要意义<sup>[1]</sup>。

目前采用的成像制导仿真技术多为半实物仿真,其目的主要是为了在实验室内完成导弹的各项性能测试,提高外场试验的成功率,缩短导弹研制周期。目前主要有以下几种:

(1) 沙盘式光电仿真系统。由波音宇航公司和马丁公司为美国陆军制造,用于空地导弹和地地导弹仿真。目标和背景是按比例制作的实物模型;三轴飞行平台用二维平移系统做上下移动,模拟目标和导弹之间的相对运动。

(2) 胶片式成像制导仿真系统。该系统由美国休斯公司制造。目标和背景是通过投影系统实际拍摄的胶片产生的。

(3) 五轴转台式光学成像制导系统。该系统由英国宇航公司制造。目标投影系统固定在两个外框轴上,提供目标在两个方位角上的运动,制导系统置于三轴转台上,由此可以提供六自由度充满导引头视场的运动目标图像。

上述成像制导仿真系统价格昂贵,其弹体的姿态控制和反馈系统占总成本很大部分。系统的采样频率、空间分辨率及视场角等参数是固定的,主要用于成像制导系统研制过程后期的半实物仿真及测试分析成像制导系统的总体性能。如果只是测试跟踪算法的性能,则弹体姿态控制系统可以用更简单的方法实现。因此,研制一套可更新成像制导算法的仿真评估系统,在成像制导系统研制的初期阶段,对于成像制导算法的分析和选优是十分有用的。

## 1 伪装效果仿真评估硬件系统组成

### 1.1 硬件系统结构

硬件系统由彩色 CCD 摄像机、电动变焦镜头、可控转台、图像采集卡及控制计算机组成,如图 1 所示。彩色 CCD 摄像机获取目标及背景实时图像,经图像采集卡送给控制计算机进行处理。计算机运行相应软件,对图像中的目标进行识别,根据目标在背景中的相应位置,向转台控制器发出控制信号,使其沿垂直和水平方向转动,调整固定在它上面的摄像机的姿态,使目标始终处于摄像机的瞄准中心。

### 1.2 部分器件作用及性能

(1) MINTRON3801CB 型号的 CCD 摄像机,其作

用是通过镜头将物空间的实际景象转换成模拟电信号,送图像采集卡并交计算机处理。该摄像机分辨率为 1024 × 768,敏感光照度为 3 lx。

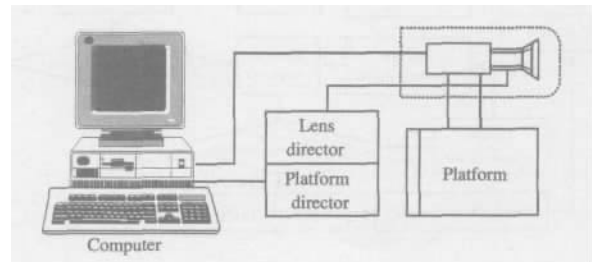


图 1 硬件系统框图

Fig.1 Hardware system frame

(2) 精工 AVENIR SL10200M 电动变焦镜头,其作用是对物空间目标及背景进行成像,提供图像的光信号给 CCD 摄像机。镜头控制器可调节镜头的光圈和焦距。该镜头的焦距为 10 ~ 200 mm,相应视场角为 1.8° ~ 36°。

(3) CG200 图像采集卡,将 CCD 传来的模拟视频信号转换成数字信号。图像采集卡的主要技术指标为:标准 PAL、NTSC 制式彩色/黑白视频信号输入;软件选择六路 CVBS 或三路 Y/C 输入;亮度、色度、对比度等通过软件可调;图像最大分辨率为 768 × 576 × 24 bit;支持 YUV4:2:2、RGB24 或 RGB16 等多种图像格式的显示和存储。

(4) 控制计算机经图像采集卡采集实时的目标及背景图像,一旦确定目标,计算机将运行相应软件对目标进行识别,从背景中区分出目标。当目标移动时,计算机将给出相应的偏移量,并控制转台转动,调整目标至视场中规定的区域。计算机性能为:PIII500 以上 CPU,64 M 以上内存,6.4 G 以上硬盘。

(5) 可控转台的作用是根据指令调整方位、俯仰角,使目标始终处于视场中相应的位置。转台控制器既可人工手动操作转台运动,也可通过计算机接口发送指令进行操作,转动精度优于 1.3 mrad。

## 2 软件系统构成和 workflow

### 2.1 软件系统构成

系统软件主要由图像预处理模块、图像跟踪算法模块、匹配结果判别模块和模板更新模块几部分组成

成,其主要工作流程如图 2 所示。

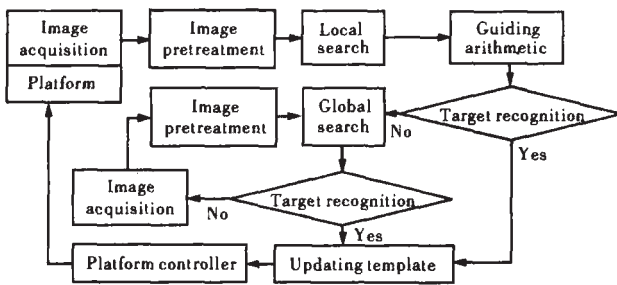


图 2 仿真平台软件工作流程图  
Fig.2 Flow chart of software system

## 2.2 各分系统模块算法和功能

### 2.2.1 图像预处理

成像系统采集的目标及背景图像含有一定的噪声,若不加处理直接用于图像的跟踪算法部分,对计算结果有一定的影响,尤其对图像中物体的边缘部分,影响更加显著。因此,图像预处理有利于提高跟踪结果。

图像预处理程序主要由用户根据需要自己编写后加入系统。用于成像系统噪声主要是椒盐噪声,考虑到中值滤波器对此类噪声有较好的效果,故作为系统默认算法。

### 2.2.2 图像跟踪算法

本系统的主要用途就是检测评估不同跟踪算法的实际效果,故图像跟踪算法是本系统的核心,包括模板图像对视场的全局搜索算法、局部搜索算法和模板图像的形心跟踪算法等<sup>[2-6]</sup>。跟踪算法由用户自己编写实现。系统默认算法为改进的相关跟踪算法(SS-DA)和形心跟踪算法的复合算法。

### 2.2.3 匹配结果判别

目标判断是对匹配结果作出量化判断,其流程图已在图 2 中具体体现。由于作用的对象为匹配结果,故它与跟踪算法密切相关。由用户编写实现。系统默认判别准则为 Fisher 准则,阈值为 0.9。

### 2.2.4 更新模板图像

跟踪过程中,模板的更新策略对跟踪结果有一定的影响。模板更新过快或过慢都会造成目标丢失。在跟踪过程中,可以采用模板加权更新方案<sup>[7,8]</sup>。由用户编写实现。

## 3 试验及效果分析

本系统可以通过改变焦距或挂机飞行,动态模拟导弹逼近目标过程时跟踪算法的跟踪效果;也可以利用已有的视频资料测试跟踪算法的性能。

图 3 是利用科索沃战争中美军成像制导武器攻击科索沃地面目标的实际图像序列,使用复合算法跟踪攻击过程中不同时刻的效果。图 4 和图 5 分别是结合某伪装器材的研制,对野外实际背景中伪装前后的固定目标的实际跟踪效果,使用了变焦的方法模拟导弹逼近目标的动态效果。结果表明该系统可以准确稳定地跟踪人员、车辆等运动目标和未伪装的坑道口,对伪装较完善的目标跟踪误差增大。



图 3 跟踪科索沃录像资料  
Fig.3 Tracking imaging serials

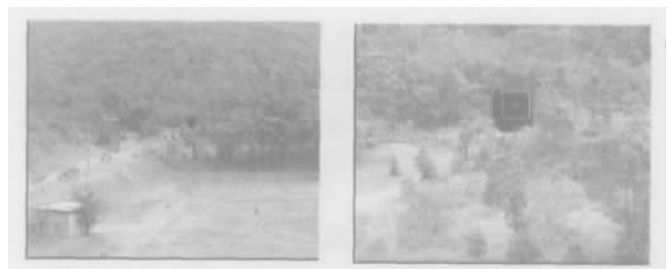


图 4 跟踪原始坑道口  
Fig.4 Tracking original target



图 5 跟踪伪装后坑道口  
Fig.5 Tracking camouflaged target

对软件系统提供的相关跟踪算法、形心跟踪算法和以上两种算法的复合算法进行比较可发现: 相关算法跟踪稳定性较好, 但跟踪点会发生漂移现象; 形心跟踪算法可以准确定位目标, 却容易丢失目标; 复合算法综合以上两种算法的优点, 具有良好的跟踪效果。

#### 4 结论

本系统具有结构简单、造价低廉、体积小等特点, 既适用于外场试验, 又可以使用以前积累的试验数据开展内场测试。系统内建相关跟踪算法、形心跟踪算法和复合跟踪算法。用户可以根据需要, 加入自己编写的跟踪算法程序模块进行性能测试, 随时调整系统的采样频率、视场大小和匹配模板尺寸等参数, 分析它们对算法跟踪效果的影响, 优化算法设计。实验表明, 本系统可用于评估跟踪算法的稳定性、计算量和抗干扰能力, 也可用于评估伪装器材防成像制导武器打击效果。

#### 参考文献:

- [1] HU Jun-hui, WANG Tao, XING Hui, et al. Optic system effect simulation in IR dynamic scenes simulation [J]. Infrared and Laser Engineering(胡军辉, 王涛, 邢晖, 等. 红外动态景象仿真中光学系统效应仿真. 红外与激光工程), 2004, 33(1): 25- 28.
- [2] WANG Hu-yuan, LIU Yong-chang. Research on system techniques of real-time dual-mode image tracking [J]. China Journal of Image and Graphics(王虎元, 刘永昌. 实时双模图像跟踪系统技术研究. 中国图像图形学报), 1997, 2(2): 113- 118.
- [3] ZHANG Feng-chao, YANG Jie. Target enhancement and detection for IR image sequence [J]. Infrared and Laser Engineering(张风超, 杨杰. 红外图像序列的增强和检测. 红外与激光工程), 2004, 33(4): 380- 384.
- [4] SUN Cheng-jun. Infrared/visible light dual-mode image tracking system [J]. Infrared and Laser Technology(孙承浚. 红外/可见光双模成像跟踪系统. 红外与激光技术), 1992, 21(2): 20- 25.
- [5] ZHOU Rui, SHEN Gong-xun, CUI Hu-tao, et al. Multiple models adaptive target image tracking [J]. Journal of Astronautics(周锐, 申功勋, 崔祐涛, 等. 多模自适应目标图像跟踪. 宇航学报), 1998, 19(2): 81- 85.
- [6] WEI Luo-gang, PENG Jia-xiong. A correlation tracking algorithm for a target on the ground [J]. J Huazhong University of Science and Technology(魏洛刚, 彭嘉雄. 一种地面目标的相关跟踪方法. 华中理工大学学报), 1994, 22(5): 26- 30.
- [7] Moscheni F, Dufaux F, Kunt M. Object Tracking Based on Temporal and Spatial Information [A]. The 1996 IEEE International Conference [C]. 1996, 4: 1914- 1917.
- [8] ZHU Chang-zheng, SHEN Zhen-kang. Improved full-search block-matching algorithm [J]. Infrared and Laser Engineering(朱长征, 沈振康. 一种改进的完全搜索块匹配算法. 红外与激光工程), 2004, 33(4): 388- 391.
- [9] YAN Yi-xin, LIN Hong-hai. Film Technology [M]. Beijing: Weapon and Industry Publisher(严一心, 林鸿海. 薄膜技术. 北京: 兵器工业出版社), 1994: 12- 13.
- [10] TANG Jin-fa, GU Pei-fu. Film Optics and Technology [M]. Beijing: Mechanic Industry Publisher(唐晋发, 顾培夫. 薄膜光学与技术. 北京: 机械工业出版社), 1987: 30- 34.
- [11] Bui Hoa. Thorium-free anti-reflection coatings for domes and windows [A]. Processings of SPIE [C]. 1997, 3060: 11- 16.
- [12] YAN Yi-xin, LU Jin-jun, LIU Wei-guo, et al. Broad beam cold cathode ion source and application [J]. Journal of Xi'an Institute of Technology(严一心, 卢进军, 刘卫国, 等. 宽束冷阴极离子源及其应用. 西安工业学院学报), 1989, 9(10): 27- 31.
- [13] CHU Guo-qiang, WANG Zi-jun, ZHAO Jia-min, et al. Transparent conductive film (ITO) deposited by IAD [J]. Optics and Precision Engineering(初国强, 王子君, 赵家民, 等. 氧离子辅助沉积 ITO 透明导电膜的研究. 光学精密工程), 2001, 9(2): 162- 165.
- [14] Cole colin. Nonradioactive infrared coatings for single-and multispectral application [A]. Processings of SPIE [C]. 1996, 2776: 72- 83.
- [15] ZHANG Quan, SU Zhe-xiang, CHEN Geng-hui, et al. High performance irregular multi-layer coating machine [J]. Optics and Precision Engineering(张泉, 苏哲湘, 陈耿晖, 等. 高质量非规整多层膜自动制备的研究. 光学精密工程), 2004, 12(3): 335- 339.

(上接第 396 页)

- [1] ZHANG You-wen. Infrared Optical Engineering [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technology Publisher(张幼文. 红外光学工程. 上海: 上海科学技术出版社), 1981: 108- 113.
- [2] Sulzbach F C. Infrared antireflection coatings without thorium fluoride annual technical [A]. Conference-Society of Vacuum Coaters, [C]. 1993, 102- 108.
- [3] Bui Hoa. Thorium-free anti-reflection coatings for domes and windows [A]. Processings of SPIE [C]. 1997, 3060: 11- 16.
- [4] CHU Guo-qiang, WANG Zi-jun, ZHAO Jia-min, et al. Transparent conductive film (ITO) deposited by IAD [J]. Optics and Precision Engineering(初国强, 王子君, 赵家民, 等. 氧离子辅助沉积 ITO 透明导电膜的研究. 光学精密工程), 2001, 9(2): 162- 165.
- [5] Cole colin. Nonradioactive infrared coatings for single-and multispectral application [A]. Processings of SPIE [C]. 1996, 2776: 72- 83.