

【信息科学与控制工程】

# 基于半实物仿真的半自动跟踪技术开发平台

付强<sup>1,2</sup>,王春平<sup>1</sup>

(1. 军械工程学院, 石家庄 050003, 2. 清华大学, 北京 100084)

**摘要:**由于现役半自动跟踪系统的平稳性、快速性不足,智能化程度较低,不能满足复杂环境下多个快速目标作战需求的问题,设计了1套基于半实物仿真的半自动跟踪技术开发平台,支持对操作员的跟踪模拟训练,定量评估其训练效果;同时可通过不同人员、不同操控装置,进行不同图像特征的长时间大样本的训练,评估现有软硬件的总体性能,支撑新型智能半自动跟踪技术的研究工作。

**关键词:**半自动跟踪;模拟训练;半实物仿真

**中图分类号:**TP271.6

**文献标识码:**A

**文章编号:**1006-0707(2012)08-0069-02

半自动跟踪系统又称为操瞄系统,广泛应用于诸军兵种的装备领域。相对于自动跟踪,半自动跟踪的突出优点是能直接体现人员意图、准确选取/切换跟踪对象,特别适合于复杂背景下多目标的跟踪控制。半自动跟踪一般需要操纵手利用雷达、电视、红外、激光、白光等探测单元获取战场信息(一般为视频形式),根据作战指令或目标威胁程度,选定作战目标,估计目标相对视场中心的偏差量,进而利用操控装置产生控制信号,通过伺服装置带动目标探测器适当运动,消除瞄准线和目标线的偏差量。

然而,我军现役装备半自动跟踪系统结构简单,算法功能单一,智能化程度低,不适应复杂条件下的战场环境。为研究人机闭环、协同工作的特征规律,建立操控意图与目标运动特征之间的关系模型,本文通过对空目标进行半实物仿真,设计实现了1套半自动跟踪技术的开发平台,为研究“准确、快速、灵活”的半自动跟踪技术提供了有力支撑。

## 1 现有技术分析及分析

现代战场环境越来越复杂,空中目标的机动能力越来越强,战机稍纵即逝,且很可能出现目标遮挡、视场光线剧烈变化、安装载体振动不稳等情况,因此,跟踪系统必须快速、准确、灵活地完成目标搜索、识别、选定和跟踪。这就要求跟踪算法具有高度智能化,在具有自动跟踪能力的同时,也应具有高效、准确的半自动跟踪能力。

早期半自动跟踪系统由2名操作手分别操作1套跟踪装置,各自负责方位和高低自由度的跟踪控制,这就要求2人之间默契配合,否则会出现跟踪不稳、耗时过长等问题<sup>[1-2]</sup>。目前,火控系统一般采用1名操作手加1套跟踪装

置的方式,即单人同时控制目标2个角坐标( $\beta, \varepsilon$ )。操作装置一般为单柄操纵杆,也有部分装备采用轨迹球、手轮等<sup>[2-4]</sup>。半自动跟踪系统的基本原理如图1所示。

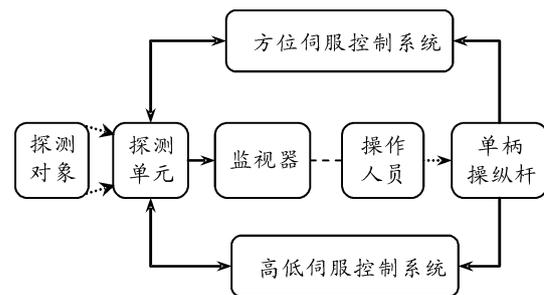


图1 半自动跟踪原理

操作员作为半自动跟踪系统中非常关键的一环,其操作本身特点以及熟练程度将直接影响跟踪效果。同时,由于人的动作规律具有很强的个体差异性和时间上的随机性,易受外界偶发因素影响,所以对人的控制行为进行数学建模,有针对性地改进跟踪算法,提高手动跟踪的自动化程度。

虽然我国在机动目标跟踪领域做了大量投入,但与国外先进水平相比还有相当差距。部分装备虽配备稳像式火控系统,但自动化程度还比较低,炮手或车长跟踪目标的精度较低,尤其对做机动运动的目标不仅跟踪误差大,而且跟踪/精瞄时间较长。

从跟踪技术角度看,存在的主要问题是半自动跟踪结构简单,算法功能单一,控制关系通过分离运放电路进行传递,因此操纵偏移量与伺服控制量之间是固定的函数关系,没有考虑跟踪对象的特性(例如快速目标,要放大其跟踪增益;低速/静止目标,要降低增益,提高精度),也没有考虑操作的连

收稿日期:2012-05-23

作者简介:付强(1979—),男,博士后,讲师,主要从事计算机控制方面的研究。

续性,不能针对操作人员的操作意图来灵活控制,不适合多目标中快速选择<sup>[5]</sup>。

## 2 平台基本组成

为定量评估半自动跟踪系统的跟踪性能,本文参照自行式高炮武器系统的基本架构,建立了目标跟踪技术开发平台,其基本结构如图2所示,通过在载体上搭载各种试验单元,模拟实现了自行高炮的短停和行进间的目标搜索、跟踪、射击等战术动作。

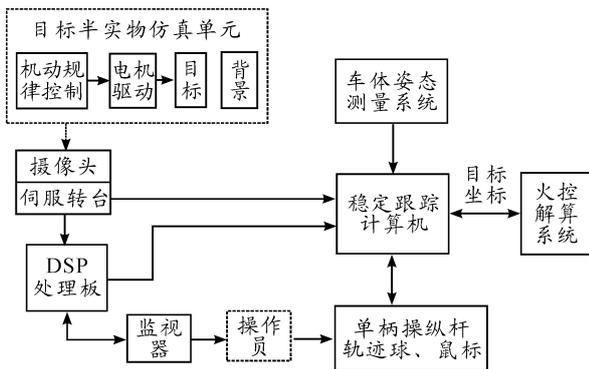


图2 开发平台基本结构

结合室内实验室条件,本平台根据目标航迹,利用电机驱动等比例缩小的飞机模型,模拟对空作战条件,实际效果如图3所示。操作员可选择单柄操纵杆、轨迹球或鼠标作为操控装置,产生控制信号,经过稳定跟踪计算机处理,驱动伺服转台运动,带动电视探测头,完成目标的搜索、捕获和跟踪;DSP处理板的核心处理器为1片TMS320DM642芯片,协处理器为1片XC2S300E FPGA芯片,二者配合工作,实现运动目标的检测和定位,并叠加波门、“十”字线等显示信息<sup>[6]</sup>;姿态测量系统则向稳定跟踪计算机提供当前车体的姿态角 $(\kappa, \phi, \theta)$ 。

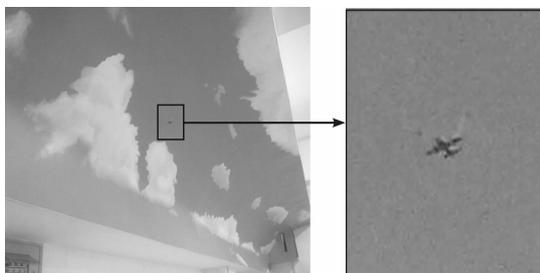


图3 空中目标半实物仿真单元

单柄操纵杆采用双轴霍尔操纵杆,能够同时测量手柄在 $x$ 、 $y$ 两个方向的运动量,其输出响应与机械偏移量为线性关系,通信形式为115 200 bit/s的RS232。其顶部设计有手动/自动跟踪切换按钮。松开操纵杆后,操纵杆自动弹回中央位置,图4是实物图。



图4 双轴霍尔操纵杆

## 3 平台技术特点

本平台可作为操作手的模拟训练平台,也可作为操控装置的测试平台,进而可作为支持新型操控装置和跟踪控制算法的研发平台。

作为模拟训练平台,可避免实装损耗,有效改善操作员的训练条件。训练过程中,可实时显示目标运动曲线和操纵杆的响应曲线,供参训人员或督导人员记录、分析。在每个航路跟踪训练结束后,系统将对训练过程的数据进行记录、统计和分析,得到最大误差、反应速度、跟踪平稳性等量化指标,并给出综合评价等级,使训练人员从不同角度了解自己的跟踪效果和存在缺陷,以便于有针对性地进行改进。

另一方面,除了操作员自身因素外,系统跟踪性能还取决于操纵装置、跟踪计算机、伺服机构等环节的传递函数。为提升整体性能,有必要针对这些环节开展测试和研究。

本平台支持复杂的目标运动规律,能够模拟复杂战场环境下目标高度机动的情况。通过选择不同的操纵装置、不同的跟踪控制算法,配合大样本的训练,开展各环节的性能评估和验证。

特别地,由于人的反应动作属于典型的模糊系统,不同用户(甚至同1个用户在不同情况下)做相同动作的响应存在大幅度的随机性波动,因此,需要研究其操作员行为意图的理解方法,建立其动作轨迹与意图之间的对应关系,这一关系显然是非线性的,并且具有很强的不确定性。可以利用本平台对上述关系进行建模,通过长时间的训练(学习)过程,得到恰当的模型结构和参数,用于跟踪系统的闭环控制,从而提升系统的跟踪准确性、平稳性、快速性等指标。

## 4 结束语

在实验室条件下,按照目标运动规律,通过驱动等比例的模型,实现了机动目标的半实物仿真;结合现役装备体系结构,搭建了半自动跟踪技术开发平台。试验表明,该平台效果直观,组合灵活,能够支撑操纵员、操纵装置、跟踪算法等环节的性能评估和仿真试验,为新型半自动跟踪系统的研发提供了良好的试验环境。

(下转第80页)

正算法、Sigmoid 核函数校正算法、多项式校正算法。

从泛化能力的角度分析,在图 3 中:①除了带高程的多项式核函数支持向量机遥感图像校正算法外,不同核函数的支持向量机遥感图像几何校正算法的泛化能力都保持相对稳定;②带高程的多项式核函数支持向量机遥感图像几何校正算法在 30 个抽样点时的泛化能力最弱,在 20 和 50 个抽样点时的泛化能力与其他算法基本相同;③从总体上来说,带高程的多项式核函数支持向量机遥感图像校正算法的泛化能力最弱,Sigmoid 核函数支持向量机的泛化能力中等,其余核函数支持向量机的泛化能力最强。

#### 4 结束语

对不同核函数支持向量机遥感图像几何校正算法的拟合误差、检验误差和泛化能力进行分析比较研究可知,基于 RBF 核函数的支持向量机遥感图像几何校正算法具有明显

的优越性和可行性。

#### 参考文献:

- [1] 徐青,张艳. 遥感影像融合与分辨率增强技术[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [2] 邓乃扬,田英杰. 支持向量机:理论、算法与拓展[M]. 北京:科学技术出版社,2009.
- [3] 孙军. 基于支持向量机的遥感图像几何校正算法研究[D]. 西安:西安科技大学,2011.
- [4] 王六如,李崇贵. QuickBird 遥感图像变形式定量估测模型[J]. 东北林业大学学报,2010,12(38):91-94.
- [5] 赵鹏,沈庭芝,单宝堂. 微小型无人机遥感图像应用[J]. 火力与指挥控制,2009(7):158-161.

(责任编辑 鲁进)

(上接第 70 页)

#### 参考文献:

- [1] 张贤椿,王军,郭治. 半自动跟踪系统中的操纵手满意建模[J]. 兵工学报,2009,30(4):497-502.
- [2] 杨培根. 火力控制系统总论[M]. 北京:兵器工业出版社,1999.
- [3] 朱竞夫,赵碧君,王钦钊. 现代坦克火控系统[M]. 北京:国防工业出版社,2003.
- [4] 董志荣. 舰艇火控系统特点分析[J]. 情报指挥控制系统与仿真技术,2004,26(2):38-40.
- [5] 朱元昌,赵福红. 火控系统原理与分析[M]. 北京:兵器工业出版社,1994.
- [6] 张瑞娟. 基于视频图像的运动目标检测与跟踪算法研究[D]. 大连:大连理工大学,2008.
- [7] 李志宁,何忠波,石志勇. 自行火炮随动系统模拟训练装置[J]. 火力与指挥控制,2010(12):123-125.

(责任编辑 鲁进)

(上接第 75 页)

#### 3 结束语

针对导弹起竖装置的非线性模型,采用直接反馈线性化理论将其线性化,并在此基础上,基于李亚普诺夫稳定理论设计了起竖装置的鲁棒控制律,仿真结果表明所设计的控制器具有较好的响应速度和更高的控制精度,具有一定的理论和工程参考价值。

#### 参考文献:

- [1] 凡永华. 地地导弹瞄准系统的模糊-PI 复合控制器设计

(责任编辑 杨继森)

[J]. 弹箭制导学报,2007,27(2):57-61.

- [2] 卢伯英. 现代控制工程[M]. 北京:电子工业出版社,2000.
- [3] 张春朋. 基于直接反馈线性化的异步电动机非线性控制[J]. 中国电机工程学报,2003,23(2):99-102.
- [4] 陈铁. 基于直接反馈线性化的非线性励磁控制策略的研究[J]. 电力科学与工程,2005(1):30-31.
- [5] 孟凡军. 线性模型跟随方法在某导弹快速起竖装置设计中的应用[J]. 弹箭与制导学报,2006(2):1087-1089.
- [6] 肖晨静. 地地导弹快速起竖装置的模糊控制器设计[J]. 弹箭与制导学报,2007(5):85-86.