

文章编号:1007-2780(2011)05-0646-04

基于视频仿真的光电跟踪仪性能测试系统

王成龙^{1,2}, 乔彦峰^{1*}, 于晓波¹, 王春霞¹, 李雪雷¹

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033, Email: wangcl@ustc.edu;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 针对光电跟踪仪性能测试的特点和技术要求, 提出了一种基于视频仿真技术的光电跟踪仪测试系统解决方案。通过对视频处理器注入仿真视频并存储记录设备运转状态, 采用事后视频判读的方式达到对光电跟踪设备进行测试的目的。

关键词: 视频仿真; 光电跟踪仪; 测试;

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20112605.0646

Performance Testing System for Photoelectricity Tracker Based on Video Emulation

WANG Cheng-long^{1,2}, QIAO Yan-feng^{1*}, YU Xiao-bo¹, WANG Chun-xia¹, LI Xue-lei¹

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,

Changchun 130033, China, E-mail: wangcl@ustc.edu;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: To satisfy rigid performance specifications, this paper provides a design of performance testing system for photoelectricity tracker based on video emulation. It can give a result to evaluate the performance of a photoelectricity tracker by adding emulation video, storing pictures and analyzing images.

Key words: video emulation; photo-electricity tracker; testing

1 引 言

光电跟踪仪作为火炮及导弹等装备的重要组成部分, 用于协助火控系统完成对目标的捕获、跟踪及瞄准, 其性能很大程度上决定了总体系统的战术技术指标。随着目标特性的更加复杂和目标速度的不断增加, 对光电跟踪仪图像处理单元(取差器)及伺服单元的性能要求越来越高, 对系统进行量化评估及性能测试的要求也凸显出来。因为复杂目标难以获得, 高速目标(如 F16 战机等)很难实现, 以往的测试过程往往采用子单元单项指

标测试的方式, 很难对整体工作情况进行全面的测试。

本文提出的方案主要用于完成光电跟踪仪性能测试及评估任务, 用于判读光电跟踪仪视频图像信息, 完成对其角跟踪精度评估的任务。采用视频仿真方法, 对光电跟踪仪的取差器目标提取、处理及抗干扰能力进行检查, 对伺服系统的最大跟踪速度、最大跟踪加速度等指标进行考核。与传统的测试方式相比, 本文提出的方案有着很大优势, 也是对传统测试方式的一个极有意义的补充。

收稿日期: 2011-03-15; 修订日期: 2011-05-12

作者简介: 王成龙(1981-), 男, 辽宁沈阳人, 大学本科, 主要从事靶场光学测量方面的研究。

* 通讯联系人, E-mail: wangcl522@gmail.com

2 系统原理与结构

系统在硬件上由两台工控机、3D 显示卡、智能串行通讯卡、视频采集卡、GPS 时统终端和轴角转换卡等组成。软件包括视频仿真软件、存储与记录软件和视频判读软件。

其中,视频仿真软件安装在仿真控制计算机内,完成实时仿真图像的生成。视频判读软件、存储与记录软件安装在另一台工控机内,组成数据采集与处理单元,完成图像与数据的实时存储、数据记录与事后判读。采用三维视景仿真技术根据预置弹道实时生成可见光标准视频,作为光电跟踪仪的前端输入数据。另外通过对取差仪输出的图像数据进行事后判读得出相关数据。原有设备加挂本系统后,可以根据仿真生成的注入图像进行随动跟踪,根据随动跟踪的情况,对设备的性能进行评估。

本系统具有以下功能:(1)图像采集和存储功能。可将被测试光电设备的视频图像量化处理,转化成数字视频图像进行存储;(2)数据记录功能。可接收被测试光电设备输出的数据,利用 GPS 提供的绝对时信息打上时标后进行存储,用于数据的分析和回放;(3)图像判读功能。可通过数据实时采集和处理单元接收来自取差器的跟踪信息和角偏差量信息进行图像的判读;(4)仿真测试功能。可通过人机接口设置,模拟产生背景、气象、目标及干扰信息,根据被测试光电设备架位信息融合产生模拟标准视频信号输入到被测试光电跟踪仪,也可接收被测试光电跟踪仪原始视频并叠加模拟目标后输入到被测试光电跟踪仪,进行半实物仿真试验;(5)自检功能。可对系统内单元进行自检与故障定位。

3 系统硬件部分设计

系统的硬件配置及协作关系如图 1 所示。

GPS 时统终端为本测试系统及被测设备提供同步采样信号及绝对时间信息。可输出两路 RS422 绝对时间信息及两路 RS232 同步采样信号。

数据采集与处理单元由一台工业控制计算机、智能串行通讯卡和视频采集卡组成,可对仿真图像进行存储记录。并可在本机进行图像判读与数据处理。

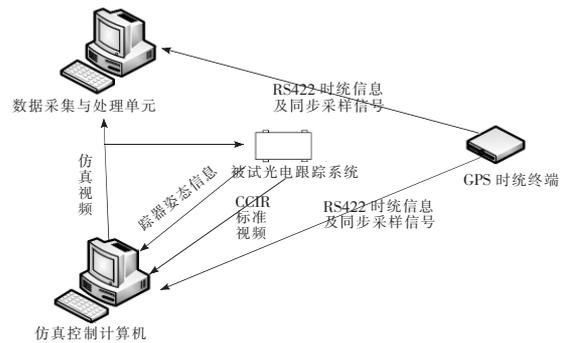


图 1 硬件配置及协作关系图

Fig. 1 Chart of hardware configuration and cooperation

仿真控制计算机由一台工业控制计算机、智能串行通讯卡和轴角转换卡和视频采集卡组成,可接收相关信息生成仿真视频并输出。

4 系统软件部分设计

系统的软件由视频仿真软件、存储软件和判读软件 3 部分组成。

其中,存储软件以时统同步信号为中断进行工作,在每个工作周期内实时采集视频图像、绝对时间信息及装备架位信息,并将它们进行对齐同步存储。判读软件在跟踪试验结束后处理已经存储在计算机硬盘上的数字图像数据,可进行图像放映、偏差量判读、数据综合和数据分析,以得出对装备的评价。

视频仿真软件是本方案的核心部分,它通过预设的弹道及当前实时架位信息生成仿真图像注入被测装备。生成的仿真视频用于图像处理器(取差器)的前端输入,间接驱动被测装备的伺服及火控系统。视频仿真软件本是一个多任务并行的系统。因此采用了多线程技术。机上软件线程设计包括同步线程、绘图线程、内部网络通讯接收线程和内部网络通讯发送线程。软件线程设计包括中心机接收发线程、与原系统数据接口线程、内部网络收线程、内部网络发线程、记录线程、同步线程、背景视频采集线程和绘图线程。软件结构如图 2 所示。

测试系统的视频图像由真实背景与三维模拟目标两部分叠加组成。真实背景由光电跟踪仪实时采集;三维模拟目标,包括其姿态变换、融入真实背景等效果使用 Direct3D 编程接口及 3DMax 三维建模工具绘制而成。同时 Direct3D 接口还

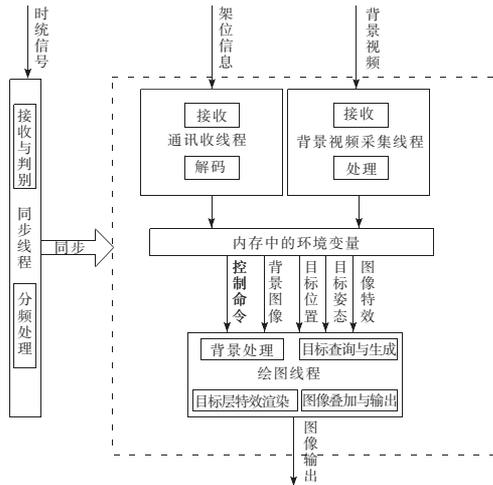


图 2 视频仿真软件结构图

Fig. 2 Structure of video simulation software



图 3 实时仿真视频图像

Fig. 3 Image of real-time simulation video

可实现多种类型、多种效果的模拟目标管理、静态目标与背景融合、动态目标三维效果(出水、着陆)与真实背景的融合等功能。图 3 为本系统生成的仿真图像截图,背景的楼房为实时采集,左下角的导弹图像为三维模拟目标。

预设理论弹道采用地心坐标系的数据作为基础数据,数据更直观,弹道设计更简便。但是在仿真时需要将地心坐标系的弹道转换为测量系的坐标进行运算。地心系弹道到测站系极坐标转换原理如下:

站点地心坐标:

$$\begin{bmatrix} x_{station} \\ y_{station} \\ z_{station} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N+H)\cos B\cos L \\ (N+H)\cos B\sin L \\ [N(1-e^2)+H]\sin B \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中: $N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2\sin^2 B}}$ 为卯酉圈的曲率

半径; $e = \sqrt{\frac{a^2-b^2}{a^2}}$ 为子午椭圆第一偏心率; a 为椭球体长半径; b 为椭球体短半径。

模拟目标测量站直角坐标:

$$\begin{bmatrix} x_C \\ y_C \\ z_C \end{bmatrix} = R_y[-(90^\circ + a_{of})] \cdot R_x(\varphi_{of}) \cdot R_z[-(90^\circ - \lambda_{of})] \begin{bmatrix} x_D - x_{STATION} \\ y_D - y_{STATION} \\ z_D - z_{STATION} \end{bmatrix}_{CTS} \quad (2)$$

其中: $R_z[-(90^\circ - \lambda_{of})]$ 为坐标系统 z 轴顺时针旋转 $(90^\circ - \lambda_{of})$ 的矩阵; $R_x(\varphi_{of})$ 为绕 x 轴逆时针旋转 φ_{of} 的矩阵; $R_y[-(90^\circ + a_{of})]$ 为绕 y 轴顺时针旋转 $(90^\circ + a_{of})$ 的矩阵。

模拟目标测量站极坐标:

$$\begin{cases} r = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2} \\ \phi = \arctg \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} \\ l = \arctg \frac{y}{x} \end{cases} \quad (3)$$

5 系统关键问题的解决

本系统中牵涉到两个关键问题:一是仿真视频的延时问题,另一个是判读的处理速度问题。由于生成的视频是用于被评估装备的伺服跟踪,所以要求视频图像的生成严格与装备姿态相关且实时性极强。但是由于仿真生成图像本身依赖于被评估装备姿态,因此注入视频会产生至少一帧的延迟。这个延迟将影响被评估装备的跟踪性能,必须予以抵消。在硬件上,我们采用了 MATROX 的 VIO 模拟视频采集卡。该卡在具有视频采集功能的同时具有极小延迟模拟视频输出功能。我们通过后台替换采集卡缓冲区的方式灵活利用了该采集卡的视频输出功能。在软件上我们提高了对架位信息的采集频率,同时将对图像缓冲区的刷新率做相应提高,使测试系统的工作频率明显高于被测装备,最大程度地减小延时。实践证明,被试装备对于仿真图像产生的延时是完全不敏感的。

由于判读功能由计算机软件完成。为了减少事后判读中图像处理算法对系统处理器的开销,我们对存储的图像进行划分小确定区域运算。划分小区域根据可采用理论弹道信息来指定,同时采用匀速外推算法,就可以迅速锁定有效目标区域,减少了匹配算法搜索的复杂运算。

6 结 论

光电跟踪仪的测试及评估是测控装备及武器装备系统评价的一项重要组成项目。基于视频仿真注入的测试方式能够轻易地解决复杂目标、复

杂背景及高速目标等方面的测试难题。该系统已经用于某型武器系统的评估及测试,实践证明这种方式是对传统测试的一种重要补充。而且,这种测试手段实施方便且成本极低,有很高的实用价值。

参 考 文 献:

- [1] 王成龙,米阳,于晓波.靶场光测设备模拟器设计现[J].测控技术,2008,27(4):76-78.
- [2] 梁建武. Visual C++ 程序设计教程 [M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.
- [3] Rafeal Conzales. 数字图像处理 [M]. 北京:电子工业出版社,2008.
- [4] 黄进,郭立红,韩晓泉,等. 光电经纬仪高速数字视频采集和存储[J]. 光学 精密工程,2004,12(4):68-71.
- [5] 熊文彬,蒋泉,曲建军,等. 基于 FPGA 实现的视频显示系统[J]. 液晶与显示,2011,26(1):92-95.
- [6] 程国英,张淑梅,蔡盛,等. 实时特征级数据融合在光电经纬仪上的应用[J]. 光学 精密工程,2008,16(11):2151-2157.

欢迎订阅 欢迎投稿

《光学 精密工程》

《光学 精密工程》是中国仪器仪表学会一级学术期刊,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所主办,科学出版社出版。由国内外著名科学家任顾问,陈星旦院士任编委会主任,国家科技部副部长曹健林博士担任主编。

《光学 精密工程》坚持学术品位,集中报道国内外现代应用光学、光学工程技术、光电工程和精密机械、光学材料、微纳科学与技术、医用光学、先进加工制造技术、信息与控制、计算机应用以及有关交叉学科等方面的最新理论研究、科研成果和创新能力。本刊自 2007 年起只刊发国家重大科技项目和国家自然科学基金项目及各省、部委基金项目资助的论文。《光学 精密工程》竭诚欢迎广大作者踊跃投稿。

本刊获奖:

- 中国科学技术协会择优支持期刊
- 中国百种杰出学术期刊
- 第一届北方优秀期刊
- 吉林省双十佳期刊

国际检索源:

- 《美国工程索引》(EI Compendex)
- 《美国化学文摘》(CA)
- 《英国 INSPEC》(SA)
- 《俄罗斯文摘杂志》(PЖ)
- 《美国剑桥科学文摘》(CSA)

国内检索源:

- 中国科技论文统计源期刊
- 中国学术期刊(光盘版)
- 万方数据系统数字化期刊
- 台湾华艺中文电子期刊网
- 中国科学引文数据库
- 中国物理文献数据库
- 中国期刊网

- 中文核心期刊要目总览(北大)
- 中国学术期刊综合评价数据库
- 中国光学与应用光学文摘
- 中国科学期刊全文数据库
- 中国光学文献数据库
- 中国学术期刊文摘
- 中国物理文摘

地 址: 长春市东南湖大路 3888 号
《光学 精密工程》编辑部

邮 编: 130033

电 话: (0431)86176855

传 真: (0431)84613409

E-mail: gxjmgc@ciomp. ac. cn
gxjmgc@sina. com

http://www. ope. net. cn

国内邮发代号: 12-166

国外发行代号: 4803BM

定 价: 50.00 元/期

帐 户: 中国科学院长春光学
精密机械与物理研究所

银 行: 中行吉林省分行营业部

帐 号: 220801471908091001