

·光电系统·

## 红外成像设备内场测试系统设计

董明良, 李航宇, 林 涛

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

**摘要:**针对红外场景生成技术发展现状,采用红外场景生成器模拟产生真实红外图像的技术,设计了对红外成像设备进行性能指标验证的内场测试系统,分析了系统组成及工作原理,采用MultiGen Creator作为建模工具设计虚拟环境模拟单元并给出工作流程,通过对红外场景生成器技术水平和应用情况分析,确定了DMD数字微反射镜阵列体制的红外场景生成器。

**关键词:**红外成像;计算机图像虚拟机;红外场景生成器

中图分类号:TN216

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2013)-03-0008-03

## Design for Laboratory Testing System of Infrared Imaging Equipment

DONG Ming-liang, LI Hang-yu, LIN Tao

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

**Abstract:** According to the development status of infrared scene generation technology and the technology of true infrared images simulated by infrared scene generator, an laboratory testing system to prove performances of infrared imaging equipments is designed. Structures and operation principles are analyzed. Virtual environment simulation units are designed by MultiGen Creator simulation tool and operation flows are given. An infrared scene generator with DMD digital micro-mirror array structure is confirmed based on the analysis on technology levels and application states of infrared scene generators.

**Key words:** infrared imaging; computer image virtual machine; infrared scene generator

红外成像设备具备同时探测多个动态目标以及全天候工作能力,实际操作中,几乎不可能同时提供多个目标(方位、姿态不同)在不同气象环境条件下配合测试。因此,对红外成像设备的性能指标进行试验验证难度很大,设计内场测试系统验证红外成像设备的性能指标是十分必要的。文中根据现有红外场景生成技术水平<sup>[1-2]</sup>,设计了利用红外场景生成器模拟产生真实红外图像对红外成像设备进行验证的内场测试系统。

### 1 系统组成及原理

#### 1.1 系统组成

红外成像设备内场测试系统主要由计算机图像

虚拟机和红外场景生成器组成,如图1所示。

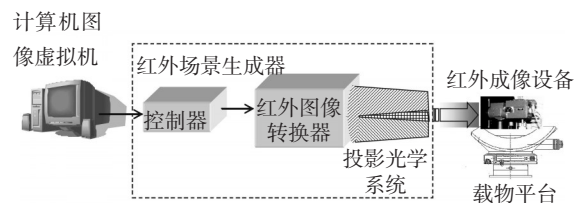


图1 红外成像内场测试系统组成框图

计算机图像虚拟机是以计算机图形工作站为计算平台和控制中心,以目标、背景特性数据为基础,利用MultiGen Creator建模工具,建立地面或空中背景下目标的三维几何模型,采用三维视景驱动软件Vega和Visual C++编程生成红外成像检测验证试验所要求的虚拟环境,建立红外成像设备的动态视场

虚拟机,生成数字场景。

红外场景生成器与红外成像设备工作在同一波段,模拟真实目标和背景在红外成像设备接收系统入瞳处红外辐射能量的空间分布和时间变化,使红外成像设备得到一组与真实目标背景一致的红外景象。不仅能模拟目标和背景的红外辐射特性,而且还能反映目标和背景的运动特性,使红外成像设备如同在真实目标环境中工作。

### 1.2 计算机图像虚拟机

计算机图像虚拟机由虚拟环境模拟单元、红外成像设备视场模拟单元、过程控制单元、人机交互单元和计算机图形工作站等部分组成。如图2所示。

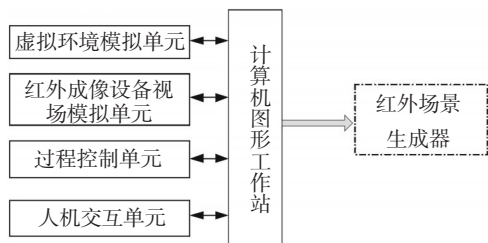


图2 计算机图像虚拟机组成框图

图中各组成部分分别具有如下功能:

虚拟环境模拟单元主要完成战场环境三维视景的实时生成与显示,为红外成像设备对目标进行探测提供一个直观的可视化平台。建模工具采用MultiGen Creator,该软件具备强大便捷的矢量编辑、交互式建模与装配以及地形地貌生成功能<sup>[3]</sup>。利用MultiGen Creator建立天空背景和目标的三维几何模型。虚拟场景利用可视化应用程序开发工具Microsoft Visual C++ 6.0,基于MFC来编写Vega驱动程序<sup>[4]</sup>,通过实时生成各种条件下动态的、高逼真场景红外成像,从红外成像设备视点模拟观测红外成像设备探测目标的工作全过程。该场景主要提供给监视人员,对此红外成像设备进行评估。

红外成像设备视场模拟单元主要完成红外成像设备成像传感器视场对应场景的实时生成功能<sup>[5]</sup>。该单元从人机界面获取被试红外成像设备探测器参数,结合红外成像设备坐标参数,确定红外成像设备在虚拟环境中的实时位置信息;根据红外成像设备的瞬时视场角和像素数目,确定观测场景大小和分辨率,以高帧频(大小取决于场景的复杂度和计算机图形工作站性能)实时获取进入探测视场的图像序

列。同时,考虑了典型大气环境下大气对红外成像设备的影响参数和红外成像设备自身物理特性对成像质量的影响。从而形成逼真的目标模拟图像。图3给出了计算机生成天空图像和红外成像设备拍摄的实际图像。

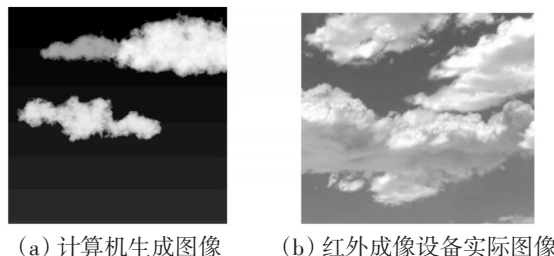


图3 天空红外图片

过程控制单元主要完成设备实时控制及目标载体运动轨迹的计算,确定红外成像设备与各种动态目标的几何关系。

人机交互单元为操作人员提供一个友好的操作界面,便于观察对比可视窗口。

计算机高速图形工作站完成虚拟环境模拟单元和红外成像设备视场模拟单元的计算、生成和同步协调等功能。工作流程示意图如图4所示。

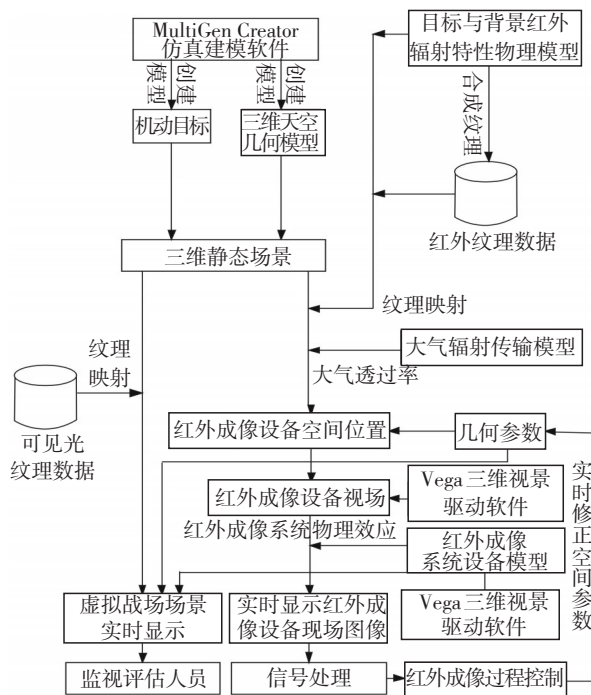


图4 工作流程示意图

### 1.3 红外场景生成器

红外场景生成器用于将计算机图像虚拟机生成

的目标和背景红外图像转换成真实的红外图像,为红外成像设备测试、验证提供红外目标模拟环境。

目前,红外场景生成器主要采用热电阻阵列、液晶光阀、IR-CRT和数字微反射镜阵列DMD等技术<sup>[6]</sup>。

热电阻阵列机理为采用计算机技术控制微型电阻阵列中每个电阻单元的电流强度。按照普朗克定律,各电阻单元的热辐射强度随电流强度变化而变化,辐射的能量大小由电阻的温度、占空因子和辐射率决定。若阵列的温度场以一定的帧速变化,将呈现动态红外场景。

液晶光阀(LCLV)将计算机图像虚拟机生成的图像投影在液晶光阀高电阻一侧的硅光电导上,激发出光电荷载流子,电荷载流子产生空间电压图案转移到高阻抗的液晶层上,引起液晶分子重新排列,导致双折射率发生变化;另一方面,黑体辐射偏振分束器线性偏振后,均匀地照射在液晶层另一侧,按照液晶层空间电压分布,使黑体辐射的偏振方向发生旋转,再通过偏振分束器调制,即可得到红外图像。单晶硅液晶光阀是整个系统的关键部件,其性能主要

由响应时间、分辨率和对比度等参数决定。

IR-CRT是一种特殊的阴极射线管,与普通可见光CRT的不同之处在于其采用了红外磷光体材料、热电制冷的反射式靶屏结构、透红外窗口和特殊的对应的动态红外图像<sup>[7]</sup>。

DMD数字微反射镜阵列,是采用微电子机械原理,利用铝溅射工艺,在半导体硅片上生成的一些方形微镜面。数以百万计的微镜面用铰链结构建造在由硅片衬托的CMOS存储器上。利用静电原理,可使每一个微镜面沿着它的对角线轴线翻转 $+10^\circ$ 或 $-10^\circ$ 。当受到光源照射时,每一个微镜面可以反射一个像素的光。当微镜面为 $+10^\circ$ 时,镜面对着光源,反射光可以通过投影镜头投向屏幕,形成一个亮点;当微镜面为 $-10^\circ$ 时,镜面背向光源,反射光则不能通过投影镜头而被光吸收装置所吸收,在屏幕上形成一个黑点。通过控制每个微镜面在两个状态的时间,即可实现光的脉冲宽度调制,形成不同亮度、灰度和对比度的图像。表1给出了红外场景生成器的主要技术特点<sup>[8]</sup>。

表1 红外场景生成器的优缺点

红外场景生成器类型	优缺点
热电阻阵列	温度范围大,空间分辨率高;功耗较大,均匀性有待提高。
液晶光阀	有极好的空间分辨率;帧频、温度范围和动态范围方面存在局限性。
IR-CRT	国内技术成熟,应用广泛;分辨率、对比度等存在局限性。
DMD数字微反射镜阵列	高帧频,无死像元,均匀性好;存在闪烁,不适合扫描系统。

根据目前技术水平和应用情况,本系统红外场景生成器采用DMD数字微反射镜阵列。

## 2 结 论

以DMD型红外场景生成器为基础设计了红外成像设备内场测试系统,并对各组成部分的工作原理进行了说明。文中设计的红外成像设备内场测试系统已经成功应用于多个红外成像设备的性能测试,大大减少外场测试实验的次数,节约成本并提高工作效率。

同时,根据相关项目的具体要求,可将该红外成像设备内场测试系统嵌入其中,通过进一步针对性的开发形成实时仿真环境,丰富红外成像设备的探测、跟踪和识别算法研究的科研手段。另外,通过红外辐射定标工作,可以对红外成像设备内场测试系

统中红外辐射进行物理标定,可进一步将红外成像设备内场测试系统开发成红外成像计量设备,扩展红外成像设备内场测试系统应用范围。

## 参考文献

- [1] 沈同圣. 红外警戒系统视景仿真[J]. 红外技术[J], 2000(6):12-16.
- [2] 娄树理. 动态红外景象生成方法研究[J]. 红外与激光工程, 2004(4):427-431.
- [3] 董战鲲, 曹青. MultiGen 建模技术在视景仿真中的研究与应用[J]. 电子技术应用, 2006(2):14-17.
- [4] 钱康, 王爱民. 基于Multigen Creator 和 Vega 的舰载捷联惯导系统的视景仿真设计[J]. 舰船电子工程, 2011(9):92-99.
- [5] 肖树臣, 刘凡, 杨尚君. 基于 Vega 的动态红外图像仿真[J]. 光电与控制, 2012(5):4-12.

(下转第31页)



波器,实验验证了光纤滤波器输出光谱呈现振荡曲线,随拉锥周期不同光纤滤波器的输出波长不同,信道间隔不同,隔离度不同。在实验中,拉锥周期为40,45时,光谱较平坦,因此这一组参数不适合用于制作光纤滤波器;其他拉锥周期50,55,60均可用来制作不同透射波长的光纤滤波器;其中拉锥周期为50时,信道之间的隔离度约为23 dB。

理论分析和实验结果都证明了该方案的有效性和可行性。目前的结果只是阶段性成果,而且都是在实验室环境下完成的,有些地方还有待改进,譬如封装<sup>[8]</sup>的问题还有待进行更进一步的研究。

### 参考文献

- [1] 霍雷,曾晓东,冯喆璐,等.共线型声光可调谐滤波器非互易效应研究[J].光子学报,2011,40(8):1149-1153.
- [2] 林绵海,张伟刚.光纤耦合器的理论、设计及进展[J].物理学进展,2010,30(1):44.
- [3] 杨学礼,王学峰,张蔚.单模光纤耦合器的偏振温度特性研究[J].光子学报,2009,38(4):841-846.
- [4] 李绪友,杨汉瑞,杨建华,等.光纤耦合器稳定性分析及对光纤陀螺的影响[J].中国惯性技术学报,2010,18(2):246-250.
- [5] 孙友文,薛瑞丽,柳春郁,等.一种新型全光纤隔离器的设计[J].红外激光工程,2011,40(11):2187-2190.
- [6] Amir Hosseini, John Covey, David N Kwonget. Tapered multi-mode interference couplers for high order mode power extraction [J]. J. Opt., 2010, 12(7): 075502.
- [7] 柳春郁,叶红安,孔婧.基于马赫-曾德尔滤波器的光纤应力传感器的研究[J].光学学报,2009,29(12):288-29.
- [8] 高宏伟.1\*2单模熔拉型光纤耦合器拉锥工艺与PDL的改进[D].大连:大连理工大学,2009.

(上接第10页)

- [6] 耿康,周起勃.动态红外景象仿真技术的研究[J].红外,2006(2):23-27.
- [7] 李平,李卓.基于LabVIEW的红外场景生成器最小可分

辨温差测试[J].北京理工大学学报,2010(4):943-946.

- [8] 李卓,钱丽勋,李平,等.动态红外场景生成技术及其新进展[J].红外与激光工程,2011(2):377-383.

(上接第13页)

单,计算便捷,无需气象参数等优点可以很好地应用到实时光测数据处理中,提高实时计算处理精度。另外,无法测得气象参数时,还可用实时修正方法代替进行折射误差计算,从而满足数据处理的需求。

### 参考文献

- [1] 刘利生.外测数据事后处理[M].北京:国防工业出版社,1999:15-19.
- [2] ITU\_R, P834\_3 Effects of tropospheric refraction on radio wave propagation. ITU\_R, Recommendations Radio Wave Propagation[M]. Volume 2000, P series\_Part1, 2001:231.
- [3] Smith, W.L. Notes on the relationship between total precipitable water and surface dew point[J]. Journal of Applied Meteorology, 1966(5):726-727.
- [4] 杨成利.视距传播中电磁波弯曲引起距离误差的探讨[J].河南职业技术学院学报,2003,31(4):64-65.
- [5] 胡绍林.电波折射误差的经验-分层修正算法[J].中国空间科学技术,2003,8(4):67-71.
- [6] Hopfield H S. Troposphere effect on electromagnetic measured range: Prediction from surface weather data[J]. Radio Science, 1971, 6(3):357-367.
- [7] G D Thayer. A modified equation for radio refractivity of air [J]. Radio Science, 1974(10):803-807.
- [8] 黄捷.大气折射误差修正[M].北京:国防工业出版社,1999:31-35.
- [9] Niell, A.E. Preliminary evaluation of atmospheric mapping functions based on numerical weather models[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2001(26):475-480.
- [10] 祝转民.高弹道测量数据电波折射误差快速修正算法[J].中国空间科学技术,2001,8(4):31-35.
- [11] 高星伟,陈锐志,李夕银.中性大气对非差伪距定位的影响及其模型改正分析[J].测绘学报,2007,36(2):134-140.
- [12] 谭振江,郭丽虹.经纬仪目标交汇测量及航迹曲线拟合[J].光电工程,2002,29(6):17-20.