

红外复杂场景仿真系统的设计与实现

徐传刚, 宋利权

(天津津航技术物理研究所, 天津 300192)

摘要: 仿真技术在复杂系统的研制过程中已经成为不可缺少的辅助工具, 红外场景的计算机仿真是红外成像制导系统仿真中的关键环节, 在武器制导系统的研制、检验和评估中发挥着重要的作用。对红外仿真技术进行了研究, 较为详细地介绍了红外复杂场景的仿真过程, 并给出了仿真结果。

关键词: 红外仿真; 红外图像; 景象仿真; 图像生成

中图分类号: TN21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2276(2005)02-0241-03

Design and realization of infrared complicated scene simulation system

XU Chuan-gang, SONG Li-quan

(Tianjin Jinhang Institute of Physical Technology, Tianjin 300192, China)

Abstract: Simulation technology has become a necessary and auxiliary tool in the complicated process of system research. Computer simulation of infrared images is a key step in the simulation of infrared imaging guidance system, and it plays an important role in the research, inspection and evaluation of missile guidance system. Simulation technology of infrared images is studied in this paper, simulation process of infrared complicated scene is introduced in detail, and the simulated result is given.

Key words: Infrared simulation; Infrared image; Scene simulation; Image generation

0 引言

红外成像制导是当今最先进的红外制导方式, 由于其目标识别能力强、制导精度高、具有全天候作战能力和很强的抗干扰能力, 因而成为当今精确制导武器的一大发展趋势。在红外导引头的研制测试过程中, 红外图像的获取是十分重要的。然而, 通过现场实拍得到的图像有很大的局限性, 首先很难获得各种气象条件下的红外图像, 另外许多军事目标的红外图像也是无法拍到的, 而且外场实拍要耗费很长的时间和

大量的人力物力。红外景象仿真技术可以很好地解决这些问题, 其优点是有效、完备、经济、安全, 因而红外景象仿真的研究在红外制导武器的研制过程中具有十分重要的意义。

对于红外成像系统来说, 目标、背景以及大气状态等因素是复杂多样的, 这就使得红外景象仿真难度更大^[1]。复杂场景的红外建模、辐射场的分布、大气的传输特性以及光学系统和红外探测器对图像的影响, 都是需要研究的关键问题。为了解决这些问题, 利用 SGI 公司的图形工作站作为硬件平台, 采用了相应的

建模仿真软件,组成了红外仿真系统,设计生成了红外图像序列,用于目标识别跟踪算法的检测。本文详细地介绍了红外景象仿真的各个过程,并给出了仿真得到的红外图像序列。

1 红外仿真系统的研究和设计

到目前为止,红外成像系统已经经历了两代的发展,正在向第三代迈进,它们的组成虽有差异,但都可以分为如图 1 所示的几个基本单元。

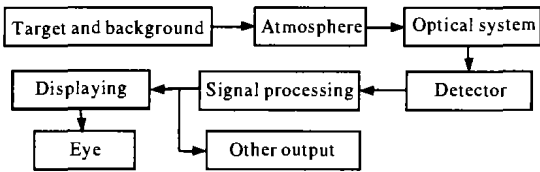


图 1 红外成像系统的基本组成单元

Fig.1 Basic components of infrared imaging system

由此将红外图像仿真系统分成如图 2 所示的几个模块,分别建立各自的仿真模型。目标和背景模块组成的场景作为辐射源,大气模块模拟传输过程中场景辐射受到的吸收和散射,光学系统对场景信号实施空间滤波,确定导引头“看到”的图像,探测器模块模拟探测器对红外图像的各种影响,然后将最终生成仿真图像序列,直接传给导引头的信号处理部分。

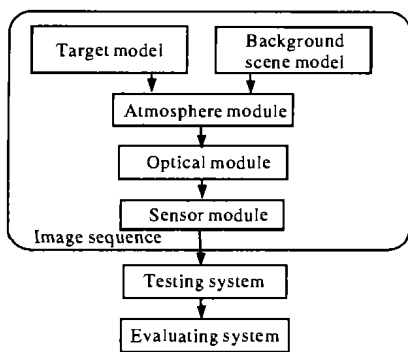


图 2 红外场景仿真系统框图

Fig.2 Infrared scene simulation system

这种数字注入式仿真系统与传统的半实物仿真相比,其特点是:(1)可以在型号研制初期进行仿真,论证设计方案,检验算法的适用性。(2)半实物仿真中需要红外景象模拟发生器,由于受到器件特性的限制,在红外热图生成过程中其空间分辨率、动态响应

时间都很难满足实际的要求,数字注入式仿真可以避开景象模拟器这个瓶颈。(3)可以不需要红外探测器,用仿真模型来模拟探测器成像时产生的各种效应,直接仿真生成所需要的数字图像。这就要求探测器仿真模型十分准确,能够模拟仿真出探测器的噪声特性、非均匀性以及时间、空间采样特性等效应。

2 红外图像的仿真设计

红外成像与可见光的成像机理不同,它是对场景的热辐射成像,包括目标与背景的红外辐射、大气辐射、环境辐射和大气对辐射传输过程中的衰减等,这就使得红外场景的仿真十分复杂,计算量特别巨大,因此要生成逼真的红外图像序列就要有性能优秀的仿真平台和相应的仿真软件。鉴于 SGI 公司在实时景象仿真方面的突出表现及技术上的领先优势,选择 SGI 超级图形工作站作为硬件平台,相应采用了 MultiGen、Vega 和 Maya 等优秀的软件工具^[2,3]。整个仿真工作的流程图如图 3 所示。

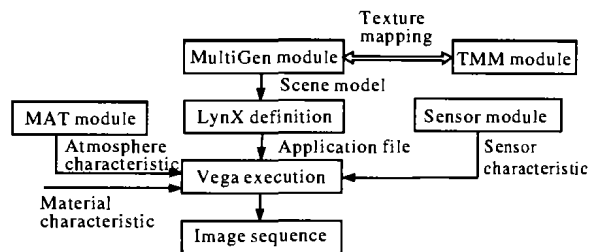


图 3 红外仿真流程图

Fig.3 Diagram of infrared simulation

2.1 MultiGen 三维建模

利用 MultiGen 完成场景和目标的几何造型工作,场景主要包括地表、山坡、河流、公路、稻田、树木等,目标主要有建筑、桥梁、车辆等。这里的地形数据也可以采用美国国家图像和测绘局提供的数字地形高程数据(DTED),DTED 由地形高度矩阵组成,提供地球表面的起伏信息。

这部分工作与传统的三维 CAD 设计类似,但也有其特殊性。在几何建模过程中既要保证模型的逼真性,又要时刻考虑三维场景仿真过程的实时性要求,传统的用增加多边形数量来提高几何模型的逼真度的方法并不可取。以树木造型为例,如果按树木的结

构从树干、树枝到树叶分别进行几何造型,不仅工作量巨大,而且很难满足真实感的要求,更无法适合实时仿真的需要。通常的做法是利用纹理映射技术来实现(如图4所示),利用两个相互垂直的平面图(4(a)),四个面都贴上树的纹理图(4(b)),可以简单地完成造型工作,同时满足了实时性的要求。

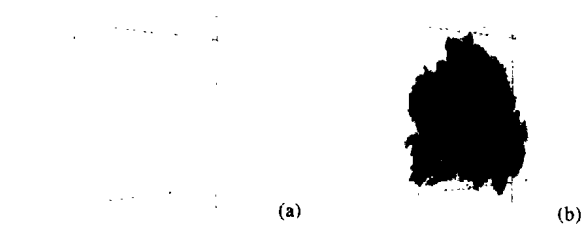


图4 纹理映射技术

Fig.4 Texture mapping technology

2.2 TMM 材质工具

TMM(Texture Material Mapping)工具是 Vega 仿真软件提供的材质赋予工具,利用它在纹理图上定义材质特性,生成材质图片,为探测器、雷达等模块运行时提供物体的材质属性。由于物体的材质属性直接影响其红外辐射特性,所以这一步对红外仿真工作尤为重要,对大幅场景这部分工作也是十分繁重的。目前版本的 TMM 提供了 10 大类 172 种材质,并且可以创建新的材质数据,每种材质都有相应的光谱反射特性库和热特性库。

2.3 LynX 仿真驱动界面

LynX 是用来设定和预览 Vega 应用程序的图形用户界面,利用它将 MultiGen 做好的目标模型置于场景模型中,并确定模型的相对位置,设计物体的运动状态和路径,同时要输入环境、光照和气象条件等参数,还要通过设置对仿真过程中的计算机系统进行管理和通道分配。

2.4 MAT 大气传输特性工具

MAT(MOSART Atmospheric Tool)工具是用来创建、编辑、生成大气传输特性的数据库。首先设定地理位置、大气状态、气象条件和光谱波段等参数,然后利用 MOSART 和 TERTEM 软件,根据所输入的参数,得到特定光谱范围内的大气传输特性以及相关物质的辐射特性,生成相应的数据库,以提供仿真过程中

Sensor 模块所需要的数据。

由于大气传输特性的计算十分复杂和繁琐,且计算量巨大,一种气象条件的计算往往要用几个小时,因此这部分工作要在仿真前完成,以保证仿真的实时性。MAT 会将一种大气状况下,各个时间内的传输特性存放在一个数据库中,仿真过程中只要调用相应的数据库就可以得到所需数据。

2.5 Sensor 探测器模块

Sensor 模块用来仿真生成可见光谱段以外的图像,主要包括 SensorVision 和 SensorWorks 两个部分。利用它可以控制探测器的参数,模拟探测器对红外成像的影响,处理探测器模块与其他模块以及 MAT、TMM 工具的连接与调用^[4]。这部分是红外图像模拟仿真的关键,直接影响图像的质量和逼真度。另外还可以利用 RadarWorks 模块,模拟仿真出雷达系统的图像。

2.6 Vega 仿真驱动

Vega 是 Multigen-Paradigm 公司最主要的工业软件环境,用于实时视觉模拟、虚拟现实和普通视觉应用,利用它执行和修改仿真程序,生成红外图像,如图 5 所示。LynX 只是用来设定和预览 Vega 应用程序的图形用户界面,可以进行简单的程序设置,对于高级仿真设计则需要直接编制 API 函数库,Vega 提供了完整的 C 语言应用程序接口和丰富的库函数,能够满足多种特殊仿真设计的需要^[5]。



(a) 建筑

(b) 桥梁

(a) Building

(b) Bridge

图5 红外仿真图像

Fig.5 Infrared simulated images

3 红外图像仿真结果

通过以上各部分的工作,设计仿真出多组红外图像序列。图 6(a)~(f)为一组由远及近的图像仿真序

(下转第 252 页)

光度差 δA 与探测光束在吸收池内的折返次数呈良好的线性关系,与公式(12)的分析结果一致。

在实时测量中,环境温度的改变及震动等现象是不可避免的,传感器可能产生形变,参考文献[4]已作了详细讨论。

4 结束语

在基于直角棱镜的光纤气体传感器中,利用单片机控制系统调节间距 d 便于实现灵敏度的自动设定,对间距 d 的调节精度要求不高。对差分测量工作方式,选择消色差透镜作为吸收池输出光的接收透镜可不考虑间距 d 的调节误差对灵敏度设定的影响。

参考文献:

- [1] 刘英同.长光程大气模拟仓试验装置[J].激光与红外,1999,29(4):216-217/220.
- [2] Ronald S I, McAndrew J J F. Application of tunable diode laser absorption spectroscopy to trace moisture in gases[J].Anal Chem, 1994, 66(15):2471-2479.
- [3] 肖韶荣,陈进榜,何勇.一种气体传感器吸收池的光传输特性[A].第九届全国光学测试学术讨论会论文集[C].2001.178.
- [4] 肖韶荣,陈进榜,朱日宏,等.于直角棱镜的光纤光度传感器[J].中国激光,2004,31(12):1513-1517.
- [5] Shaorong Xiao,Jinbang Chen, Zhenhui Wang, et al. A new set of measuring terrain atmospheric visibility with optical fiber[A].SPIE [C].2002, 4920.187-192.

(上接第 243 页)

列。这些图像序列已经用于目标识别、跟踪算法的设计与评估中,并可根据实际要求进行相应的修改,解决了红外图像处理中图像源难以获得的问题。

结果。通过实际的检验,仿真的方法是有效的,达到了实际任务对图像仿真的要求。目前主要的工作包括:半实物仿真系统的实现以及仿真系统软件的研究开发,进一步提高图像的复杂性和仿真的置信度。

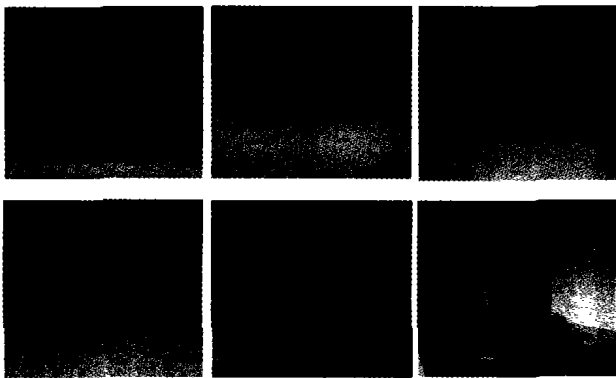


图 6 红外仿真图像序列
Fig.6 Infrared simulation image sequence

参考文献:

- [1] Onda D, Simmons, Stephen E Jacobs. Advancements in real-time IR/EO scene generation utilizing the silicon graphics Onyx2[A]. SPIE[C].2000,4027.134-144.
- [2] 吴亚平,张天序.红外图像的计算机仿真及仿真软件[J].红外与激光工程,2000,29(4):1-3.
- [3] 李丽荣,沈春林,陆宇平,等.在 SGI 图形工作站上实现低空突防三维视景及跨平台实时仿真[J].南京航空航天大学学报,2002,34(2):168-172.
- [4] 李桦,汤心溢,施家明,等.红外动态景象仿真中探测器效应的研究[J].量子电子学报,2001,18(12):20-26.
- [5] 宋志明,康凤举,唐凯,等.水下航行器视景仿真系统的研究[J].系统仿真学报,2002,14(6):761-764.

4 结束语

场景仿真是一个庞大、复杂的系统工程,尤其是红外仿真,相对于较成熟的可见光仿真更为复杂,专业性也更强。本文对红外仿真技术进行了研究,较为详细地介绍了红外复杂场景的仿真过程,给出了仿真