

·光电系统·

## 基于HLA和Vega的目标跟踪算法测试系统

陈大建, 张紫浩

(光电信息控制和安全技术重点实验室, 河北 燕郊 065201)

**摘要:**介绍了目标跟踪算法测试系统的构建方法,采用Multigen Creator创建目标及背景的三维数字仿真模型,在Vega视景仿真中利用数字仿真模型构建仿真场景,并利用HLA实现分布式仿真试验系统。

**关键词:**高层体系结构(HLA);Vega;视景仿真

中图分类号:TP391.9

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2012)05-0010-03

## Test System for Target Tracking Algorithm Based on HLA and Vega

CHEN Da-jian, ZHANG Zi-hao

(Science and Technology on Electro-optical Information Security Control Laboratory, Yanjiao 065201, China)

**Abstract:** The constructing method of a test system for target tracking algorithm is presented. The 3D digital simulation model of the target and the background is created using Multigen Creator. The simulation scene is constructed using digital simulation model in Vega scene simulation and the distributed simulation test system is realized using HLA.

**Key words:** high level architecture(HLA); Vega; scene simulation

现代信息处理技术的发展,促进了目标检测跟踪技术和能力的不断提高。对运动目标进行检测跟踪,需要设计相应的跟踪算法。验证跟踪算法的稳定性和适应性,可在真实环境中,也可采用仿真的方法。实际上仿真方法更具优越性,其仿真环境构建简单,可以重复试验进行验证。

作为一种软件体系结构,HLA为仿真应用的开发者提供了构造和描述仿真应用的通用框架,解决了仿真中的两大关键问题:一是提高了仿真应用之间的互操作性,二是促进了模型在不同区域的重用。

### 1 系统组成

为测试目标跟踪算法的性能,需要构建由目标及背景组成的仿真场景,该场景即为跟踪设备探测单元观察到的景像信息。场景信息以二维图像的形式作为输入端提供给目标检测跟踪算法。目标检测

跟踪算法根据图像信息采用滤波、图像分割、模板匹配等手段提取出目标在视场中的位置信息,并将该信息反馈给仿真场景;仿真场景则根据跟踪设备的当前姿态以及目标在探测单元视场中的位置修订跟踪设备的姿态,将目标稳定在探测单元的视场中心,实现对目标的跟踪。目标检测跟踪算法测试系统的组成如图1所示。

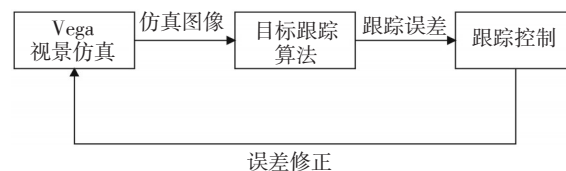


图1 目标检测跟踪算法测试系统组成图

测试系统采用Vega作为目标及背景的三维视景仿真工具。目前,比较常见的视景仿真工具有OpenGL、OpenGVS、VTree、Vega、Vega Prime等。Vega

收稿日期:2012-08-12

基金项目:光电信息控制和安全技术重点实验室基金(20100713-003)

作者简介:陈大建(1979-),女,贵州遵义人,工程师,研究方向为光电技术仿真。

是 Multigen-Paradigm 公司开发的一套完整的用于开发交互式、可视化仿真应用的软件平台和工具集,主要用于虚拟现实、实时可视化仿真和普通的视觉模拟应用等领域。Vega 由于自带的传感器仿真模块 (TMM) 和大气环境工具 (MAT, MOSART atmospheric tool), 可以模拟出通过任意波长的远红外传感器观察虚拟场景的图像效果, 并支持使用预先定义好的大气环境、模型材质温度和反射率等数据信息, 因此较其他工具具有优越性。

测试系统采用 HLA 分布式仿真系统。HLA 体系结构采用面向对象的方法来分析系统。建立不同层次和力度的对象模型, 从而促进了仿真系统和仿真部件的重用。HLA 的关键组成部分是接口规范, 定义了一个联邦演练中支持联邦成员通过 RTI 实现成员之间相互交互、协调和协同作业的标准服务<sup>[1]</sup>。最显著的特点是通过提供通用的、相对独立的支撑服务程序, 将应用层同其底层支撑环境分离开, 即将具体的仿真功能实现、仿真运行管理和底层的通信三者分离开来, 隐蔽了各自的实现细节, 可以使各部分相对独立的开发, 最大程度地利用各自领域的最新技术来实现标准的功能和服务。

RTI 作为联邦执行的核心, 其功能类似于某种特殊目的的分布式操作系统, 跨计算机平台、操作系统和网络系统, 为联邦成员提供运行所需的服务。RTI 提供 6 种服务, 即联邦管理、声明管理、对象管理、所有权管理、时间管理和数据分发管理服务。

测试系统在体系结构上采用客户/服务器 (C/S) 模式。即各功能模块构成联邦成员, 联邦成员通过调用 RTI 服务实现成员间的交互操作。RTI 与联邦成员在逻辑上构成 C/S 结构。各联邦、联邦成员和对象的关系如图 2 所示。

各联邦成员与服务器共同构成了测试系统的硬件平台。测试系统的硬件组成如图 3 所示。

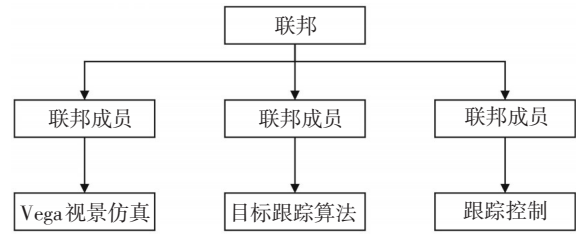


图2 联邦、联邦成员和对象的关系

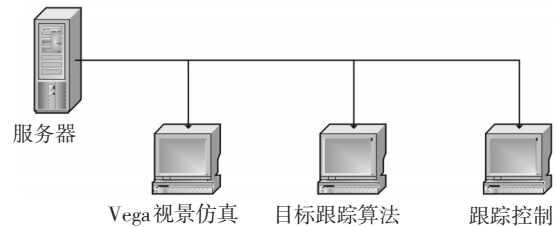


图3 目标检测跟踪算法测试系统硬件组成

## 2 Vega 视景仿真场景的建立

要建立目标与背景的 Vega 视景仿真场景, 首先需要建立目标与背景的三维目标与背景的几何建模。因此 Vega 视景仿真场景的建立可以分为目标与背景的几何建模和 Vega 视景仿真的程序设计实现两个部分<sup>[4]</sup>。

因为目标模型为观测的重点, 其真实性要求较其他模型要高, 即要求目标模型要更为精细, 所以必须特殊处理。因此需要对模型进行层级 (Level) 的划分, 为不同的层级选择不同的纹理数据, 从而建立起整体模型。在进行三维目标与背景几何建模的过程中, 必须从仿真的整体出发, 为保证仿真的实时性, 对模型进行 LOD (level of detail) 方法建模, 即建立多

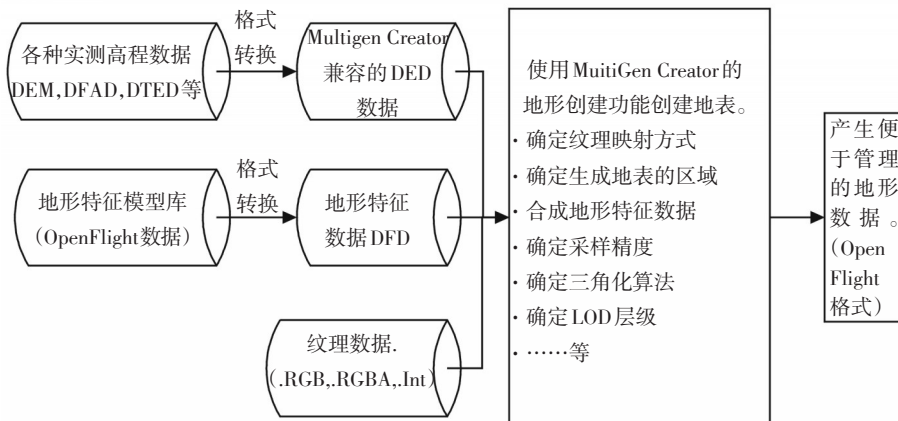


图4 地形背景的三维几何建模方法框图

个分辨率的三维模型<sup>[5]</sup>。

三维地形的几何建模精度由DEM数据的精度决定,同时为了兼顾仿真的实时性,需进行LOD建模,建模方法框图如图4所示。

目标与背景红外辐射数据获取:红外图像的生成与探测器所接收物体的辐射能量相关,而物体的辐射是一个与多方面因素有关的量,如物体表面辐射、天空背景辐射、太阳辐射、大气辐射。这部分数据可通过建立目标、地物红外辐射模型,依据模拟计算的方式获得。

目标与背景表面纹理映射:目标与背景表面所赋予的辐射温度值仅表示其表面的平均辐射,无法表示物体表面的细节分布。由于自然界的景物细节是相当复杂的,表面纹理即是这种的表现形式,利用纹理映射技术可以较好地解决这个问题。纹理映射技术有以下特点:可方便地表现物体的细节;不需真正地生成具体的几何结果,能够节省工作量;可提高实时性;纹理数据从图片获得(贴图技术),具体质素(Texture,纹理的最小单位)表示一种灰度属性。对于红外场景的生成,有以下要求:不使用大量面元,以保证系统性能;需要体现灰度起伏,满足仿真要求;具体的灰度值与具体环境(如场景的最高、最低辐射亮度以及灰度量方法等)相关。

目标与背景表面辐射温度赋值:针对由三角形为基本图元所拼接成的三维起伏地表,通过对每一个三角形基本单元指定特定辐射温度值,确定其灰度值。对于地形中的所有三角形单元,通过对同一类型的三角形进行分组,按组指定其辐射温度值。

### 3 HLA 中的时间管理和数据分发管理策略

系统中的时间模型可以表示为联邦中沿联邦时间轴上的点<sup>[2]</sup>。每一个联邦成员在仿真过程中沿时间轴推进。其推进可以受其他成员的约束或不受约束。通常时间推进必须与对象管理服务协调进行,使信息能以正确的因果顺序发送给联邦成员。为了测试跟踪算法准确性,该系统可采用基于事件的协商的时间推进,目标跟踪算法联邦成员处理完一个事件后(计算出目标在跟踪视场的位置),申请时间推进请求服务,发送一个带时戳的TSO消息,推动联邦逻辑时间的向前进行。

联邦成员使用数据分发管理来减少发送和接收无关数据,是根据仿真实体之间的数据供求关系实

现的基于组播通信的数据过滤技术,提高系统的可扩展性。实现的方法有基于区域的、表格划分、基于层次结构化的等<sup>[6]</sup>。该系统中可传输的仿真图像数据较大,采用基于区域的数据过滤技术,减少匹配操作的时间,提高组播地址资源的使用效率,节约系统和网络资源。联邦成员维护和管理各自的区域,其属性和交互的订购与发布根据需求进行关联。

### 4 判定方法

一般说来,算法的性能指标主要包括:精度、复杂度、运行时间、收敛性、鲁棒性、实时性、一致性等。该系统仿真过程中,跟踪控制模块的姿态指向目标,目标在运动过程中,不断改变其在跟踪控制模块视场中的位置,并以数字仿真图像的形式传递给目标检测跟踪算法;目标检测跟踪算法计算目标在跟踪视场中新的位置,同时将计算结果公布给跟踪控制模块;跟踪控制模块在机械控制能力范围内不断修正其横滚和纵滚,减小目标相对视场中心的偏离趋势,从而实现目标跟踪算法的检测。因此,系统主要检测了算法的跟踪精度。目标跟踪算法在每一个仿真步长将计算出的位置信息通过属性发布。评估模块将每一步订购的目标的真实位置信息和计算位置信息保存,分别作为目标运动的真实轨迹数据和计算轨迹数据进行分析,得出算法的一次仿真跟踪精度评估。采集多次仿真过程产生的数据,测试系统根据不同的跟踪算法在不同的天气情况、干扰情况以及复杂背景等情况下产生的轨迹数据进行分析,并对不同情况下的跟踪曲线做比较,根据初始想定情况的不同设计在稳定性、鲁棒性等方面做出综合性的评估。

### 参考文献

- [1] 冯贵江,李言俊,张科,等.基于HLA光电对抗仿真系统的设计与实现[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(8): 2055-2058.
- [2] 张家祥. HLA 仿真技术应用教程[M]. 北京:国防工业出版社, 2007.
- [3] 徐理德,孙文涛.基于Vega光电对抗视景仿真的研究与应用[J]. 微计算机信息, 2009, 25(3): 1-4.
- [4] 高波,陈红业.基于Vega的红外视景仿真技术[J]. 光电技术应用, 2011, 26(3): 10-13.

(下转第31页)

激光出光受出光模式等的影响并非严格意义上的圆形光斑,若发射光学镜头表面存在污渍或其他加工缺陷亦将引起光斑均匀性变差,从而带来测量误差,为避免以上误差,尽量选择基模光束进行测量,同时保证光学镜头的清洁。

(4)大气扰动的影响<sup>[6,7]</sup>;

光波在湍流大气中传播时由于折射率的起伏使其散射强度会发生起伏,即出现光强闪烁、到达角起伏(抖动)和光束漂移等现象,在近距离传输时,以上效应均不明显,只有在远距离传输( $L \geq 5$  km)时以上效应才更为明显,对于光强闪烁和光束抖动其机理较为复杂,结合光束漂移来对大气扰动的影响进行定量的描述。

大气折射率的随机起伏所引起的激光束位置的漂移方差,可由下述方程估计

$$\delta^2 = 1.7C_n^2 Z^2 (2a_0)^{-1/3} \quad (17)$$

式中, $a_0$ 为初始光斑半径(cm); $Z$ 为传输距离(m); $C_n^2$ 为大气折射率结构常数,海洋环境下, $C_n^2 = 1.5 \times 10^{-13}/h$  ( $m^{-2/3}$ ) ( $h < 5$  km)。

随机大气信道试验测量结果表明:当传输距离为2 km时,试验中大部分的光斑漂移为2~4 cm;依此类推,同等测试条件下,传输距离90 m时,漂移约为0.001~0.002 cm,相对于光斑尺度测量(cm量级)来说,近距离传输大气扰动所引起的影响可忽略不计。

(5)出光孔光斑大小用衍射孔径等效带来的测量误差。

当衍射孔径(圆孔直径 $D$ )大小与激光波长 $\lambda$ 可比拟时,此时光的衍射满足圆孔夫琅禾费衍射;当衍射孔径远大于激光波长时,此时衍射孔径附近为几何投影区,用衍射孔径大小等效出光口光斑大小虽然会带来一定的误差,但误差相对较小,随着距离出光口距离的增大,该误差会越来越大。

### 3 结 论

通过对菲涅耳衍射和夫琅禾费衍射特性的对比分析,综合圆孔夫琅禾费衍射光强的爱里斑分布特征,提出了一种基于夫琅禾费衍射的激光束散角检测方法。在研究激光参数,合理布设测量距离,利用激光靶对激光远场光斑进行采集、分析和处理后,得到激光器关键性能参数一束散角的实测值且获得了较高的检测精度。在此基础上对影响测量精度的因素进行了初步的定性和定量分析,该方法可为激光器束散角外场检测提供科学指导。

### 参考文献

- [1] 吕乃光.傅立叶光学[M].北京:机械工业出版社,1987.
- [2] 羊国光,宋菲军.高等物理光学[M].北京:中国科学技术大学出版社,1991.
- [3] M 波恩,E 沃尔夫.光学原理[M].杨霞荪.北京:科学出版社,1978.
- [4] 母国光,战元令.光学[M].北京:人民教育出版社,1979.
- [5] 激光辐射发散角测试方法[S]. GB/T 13740-92, 1-5.
- [6] 韩燕,强希文,许晓军,等.近地面湍流大气中激光传输的光强闪烁分析[J].红外与激光工程,2006(S1):415-421.
- [7] 刘维慧.激光在大气湍流中传播时光强起伏的初步分析[D].西安:电子科技大学,2004.
- [8] 常山,肖清武,何洁,等.高斯光束微圆孔衍射的整形变换[J].光电技术应用,2011,26(1):20-23.
- [9] 屈军,孟凯,汪六三,等.贝塞尔-高斯光束通过圆孔与圆环光阑的衍射[J].激光技术,2008(4):393-395.
- [10] 王青狮.圆孔夫琅禾费衍射光强分析[J].太原科技大学学报,2007(3):217-219.
- [11] 张世富.用傅里叶变换分析圆孔夫琅禾费衍射[J].电子科技大学学报,2006(6):123-125.
- [12] 张军勇,郑刚,杨晖.菲涅耳-夫琅禾费衍射区的过渡判据[J].光学仪器,2007(6):32-35.
- [13] 周国泉,赵道木,王绍民.平面波经微小圆孔衍射的传输特性[J].光子学报,2002(7):874-876.

(上接第12页)

- [5] 王乘,周均清,李利军. Creator 可视化仿真建模技术[M].武汉:华中科技大学出版社,2005.
- [6] 周彦,戴剑伟. HLA 仿真程序设计[M].北京:电子工业出版社,2002.
- [7] 刘忠.现代军用仿真技术基础[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [8] 王海波,康凤举,宋志明,等.基于HLA的分布式作战视景仿真系统开发[J].计算机仿真,2005,22(9):178-181.