

基于 STK/X 的多 UAV 任务仿真平台实现

关旭宁, 钱坤, 辛公彩, 严浩
(空军第一航空学院, 河南 信阳 464000)

摘要: 针对数字仿真在挖掘数据本质特性和缺乏直观性等方面的不足, 根据视景显示需求, 战场态势管理需求和任务结果呈现需求等, 运用仿真可视化技术, 基于 MFC 和 STK 设计搭建了多无人机任务仿真平台。实现了仿真任务过程的二维、三维可视化和任务结果的文字报告与图表呈现, 为分析判断以及指挥决策提供了仿真支持。

关键词: 无人机; 仿真平台; STK/X; 战场态势

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2016)01-0057-04

Establishment of a Multi-UAV Simulation Platform Based on STK/X

GUAN Xu-ning, QIAN Kun, XIN Gong-cai, YAN Hao
(The First Aeronautical College of Air Force, Xinyang 464000, China)

Abstract: Digital simulation is insufficient in mining the essential characteristics of data and is lack of intuition. To solve the problems, and considering the demands to visualization, battlefield situation management and presence of results, we established a multi-UAV simulation platform using simulation visualization techniques based on MFC and STK. The 2D and 3D visualization of simulation process is realized, and the mission execution results can be presented in written statements and graphs, which supplies a simulation support for command and decision making.

Key words: Unmanned Aerial Vehicle (UAV); simulation platform; STK/X; battlefield situation

0 引言

无人机(UAV)作为一种有潜力的航空军事装备,是执行枯燥、恶劣、危险(Dull, Dirty and Dangerous, 3D)任务的最好选择^[1], 搜索和跟踪作为 UAV 主要的应用方式, 成为了目前研究的热门。仅通过数字仿真研究 UAV 的作战指挥与战术引导是远远不够的, 因为以数学模型为中心的仿真, 多以数字及曲线形式给出仿真结果, 很难得到整体、形象、直观的仿真结果, 不但不易观察和理解, 而且不利于挖掘隐藏于数据中的本质特性^[2]。同时, 随着 UAV 数量及任务数据量的增加, 该方式由于缺乏直观性, 不易于观察理解和分析判断以及为决策提供支持。

仿真与可视化技术的结合, 即仿真可视化技术, 能够把仿真中的数字信息变为直观的、以图形图像形式表示的、随时间和空间变化的仿真过程。将 VC++ 高

级语言与 DirectX, OpenGL 相结合, 通过建模、编程、链接、驱动、运行来实现平台的搭建, 虽然能够达到功能强、不受限制的效果, 但往往需要在真实环境数据获取、实体模型构建、可视化视景控制、图像逼真效果等方面耗费大量的人力、物力和财力, 对于一般的单位和研究人员来说往往不太可能实现。卫星仿真工具包(Satellite Tool Kit, STK)是美国 AGI 公司研制开发的一款商品化系统分析软件^[3], 可以快速方便地分析复杂的陆地、海洋、航空及航天任务。选取 STK 作为视景仿真工具, 不但能够利用其功能强大、界面精美、过程控制精确的二维、三维视景显示功能, 而且能够减少在可视化观察控制、代码编制与调试等方面的大量工作, 利用它可以快速方便地分析复杂任务, 辅助确定最佳方案, 在航空航天飞行任务、覆盖分析和打击效果评估等方面具有重要的应用价值^[4]。

此外, STK 为用户提供了便利的二次开发功能, 用户可以根据自己的需要对其进行二次开发, 最大程度地满足用户的特殊要求^[5-7]。本文针对 UAV 搜索跟踪任务仿真需求, 利用 STK 可视化实现简单、研制周

期短和成本低廉等优点,在 Visual C++ 6.0 开发平台基础上,在 MFC 中嵌入 STK/X 控件,开发了既具有 STK 二维、三维动态可视化能力,又能够进行任务结果分析的多 UAV 任务仿真平台。

1 多 UAV 任务仿真平台需求分析

基于可计算信息生成虚拟环境,展现整个任务过程并提供可靠的分析结果是开发多 UAV 任务仿真平台的关键,而对其进行科学合理的需求分析是建立仿真平台的前提条件。根据多 UAV 任务仿真的特点,结合对地目标搜索、跟踪任务,对多 UAV 任务仿真平台进行需求分析。

1) 二维和三维视景显示需求。视景系统是仿真系统人机交互的重要接口,需要动态提供二维场景下对象信息的显示功能,并且三维显示 UAV 位置姿态信息以及机载传感器对地搜索覆盖情况,是观察战场态势、监控 UAV 及其任务设备状态的重要模块。

2) 战场态势管理需求。为了进行仿真验证,首先需要对任务场景、任务区域做严格的定义和规范的管理;其次,需要对敌我双方的实力配置情况以及作战单元在任务区域内的部署情况进行有效的管理;再次,由于仿真贯穿于整个任务过程,战场环境瞬息万变,敌方的兵力部署不断变化,都需要平台本身进行监控,并且为视景显示提供实时有效的计算结果和数据。

3) 任务结果呈现需求。定量评估分析不同作战想定下的作战决策是军事训练领域的重要研究课题,作战任务仿真推演是其中的一项重要研究手段^[6]。针对地面目标搜索问题,发现目标的耗时以及发现目标的数目是评判所采用搜索算法优劣的直接标准;针对对地目标跟踪问题,传感器能否对目标数据进行实时探测获取,UAV 与目标的空间关系变化是跟踪任务是否顺利完成的判断依据。为了客观地评价分析在特定场景中所采用控制算法的性能和决策优劣,仿真平台在设计时应当考虑对决策优劣进行定量的分析评估。这就需要在对 UAV、机载传感器以及地面目标精确建模的基础上,精确计算三者之间的空间几何关系,并在时间轴上给出定性、定量的数值结果。

2 多 UAV 任务仿真平台设计

2.1 系统框架设计

多 UAV 任务仿真平台总体设计框架如图 1 所示,大致可以分为界面管理、视景仿真和外部接口 3 个部分。管理界面采用 MFC 构建,视景仿真采用 STK/X 组件技术,并设计 Matlab 接口。

MFC 提供面向对象的应用程序框架,除了为用户

提供友好的图形用户界面(Graphical User Interface, GUI),MFC 还负责为视景模块提供接口用于管理场景、对象信息,进行任务场景、对象的加载和设置。

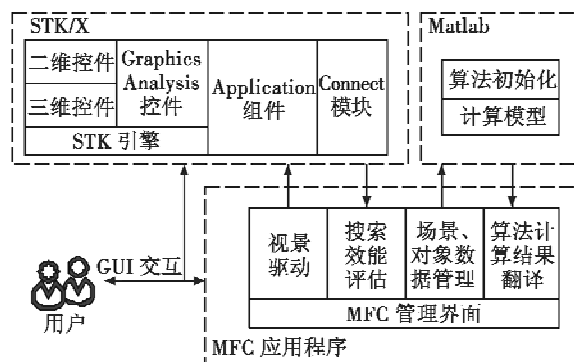


图1 仿真平台设计框架

Fig. 1 Structure of simulation platform

STK 提供的 ActiveX 控件——STK/X 允许开发者在运行支撑环境(Run Time Infrastructure, RTI)中无缝集成控件仿真环境与数据分析引擎,不需要启动 STK 就能完成 STK 功能的调用^[9]。二维控件(AGI Map Control)和三维控件(AGI Globe Control)可分别将 STK 的二维画面和三维画面嵌入到 MFC 界面进行显示。此外,分析工具 Graphics Analysis 控件及与控件相关的 Application 组件主要提供对场景对象的分析以及其他命令输入函数和数据通讯事件的响应方法。

对于仿真来讲,需要接收数据来控制模型的运动,这就要求控件外部能够提供驱动视景对象运动的参数信息用作数据支持。Matlab 为研究人员提供了强大的编程环境和现成的数学计算函数,仿真平台设计过程中,考虑程序复用效率,避免重复编程,特地设计了 Matrix 格式离线数据加载接口。

2.2 MFC 与 STK/X 集成

如图 1 所示,利用 VC 链接、开发 STK 的直接途径是利用 STK 的 Connect 模块,因为 STK 提供有一套完整的应用程序编程接口(Application Programming Interface, API)函数。如表 1 所示,可以通过调用 API 函数、编写事件响应代码来对 STK/X 控件进行操作,增强程序的交互能力。

表 1 STK/X 控件常用 API 命令

Table 1 Frequently-used API command of STK/X

命令	格式范例	功能描述
	New / Scenario scenario1	新建场景,名称 scenario1
New	New /* /Aircraft UAV	新建飞行器,名称为 UAV
	New /* /Aircraft/UAV/Sensor Sensor1	为 UAV 新建传感器,名称为 Sensor1
Altitude Ref	AltitudeRef /* /Aircraft/UAV Ref Terrain	设置 UAV 飞行高度基准

续表

命令	格式范例	功能描述
SetGreat ArcStart	SetGreatArcStart */Aircraft/UAV "01 Jul 2013 00:00:10.00"	设置 UAV 开始飞行时间
Set Position	SetPosition */Aircraft/UAV LLA" 1 Jan 2015 00:00:00.00" 20.0 120.0 1000	将 UAV 在特定时刻的经纬度和高程设置在 E20°, N20°, 1000 m
Add Waypoint	AddWaypoint */Aircraft/UAVDet TimeAccFromVel 22.087-159.649 1700 5.0	为 UAV 添加航路点 (经纬度、高程与速度)
Graphics	Graphics */Aircraft/UAV/Sensor/Sensor1 Fill On	二维窗口中显示 UAV 的传感器 Sensor1 收容区域
	VO*/Aircraft/UAV/Sensor/Sensor1 Fill On	三维窗口中显示 UAV 的传感器 Sensor1 收容区域
VO	VO*/Aircraft/UAV Model File "* \STKData\VO\Models \Air\rq-1a_predator.mdl"	将 UAV 设置为三维模型 rq-1a_predator.mdl
	VO * View Top	
	VO* View North	
	VO* View FromTo FromRegName "STK Object" FromName "Aircraft/UAV1" ToRegName "STK Object" ToName "Aircraft/Vehicle1" WindowID 1	三维窗口视角管理 (俯视、北向、对象 UAV1 至 Vehicle1)
SetEpoch	SetEpoch * "1 Nov 2014 12:00:00.00"	历元时刻设置
Set Animation	SetAnimation *StartTimeOnly "1 Nov 2014 12:00:00.000" TimeStep 3RefreshDelta 0.01 RefreshMode RefreshDelta	仿真时间设置
Animate	Animate * Start/Pause/End	仿真开始/暂停/结束
ConFile	ConFile / "C:\stk\User\Connect\commandList"	从文件读取指令
	命令行中 * 号可以代替场景/场景名 (scenario/scenario1)	

首先,需要在 VC 框架内对 STK/X 控件进行初始环境配置,包括 3 个头文件 (AgConnect.h, AgConSendData.h 和 AgUtMsgCommon.h)、调试库文件和运行库文件进行配置。此后,MFC 与 STK/X 的数据交互只需要通过 2 个函数即可实现:

1) 可以根据需要将命令和数据按照 Connect 命令格式组成字符串,将该字符串作为类函数 CAgSTKX-Application -> ExecuteCommand() 的参数即可实现向 STK 发送信息;

2) STK/X 提供的消息函数 OnAnimUpdate(double TimeEpSec),用户只需要修改代码即可实现信息的输出。

3 仿真实例

3.1 多 UAV 协同搜索仿真

下面以 UAV 协同搜索任务推演为例,给出仿真系统界面以及任务过程部分二维和三维视景仿真图。仿真场景设置在东太平洋夏威夷考艾岛 (Kauai Island, N22.122°, W159.627°), 2 个敌方目标分布于任务区域中,设置 3 架无人机协同执行搜索任务。

仿真平台程序主界面如图 2 所示。

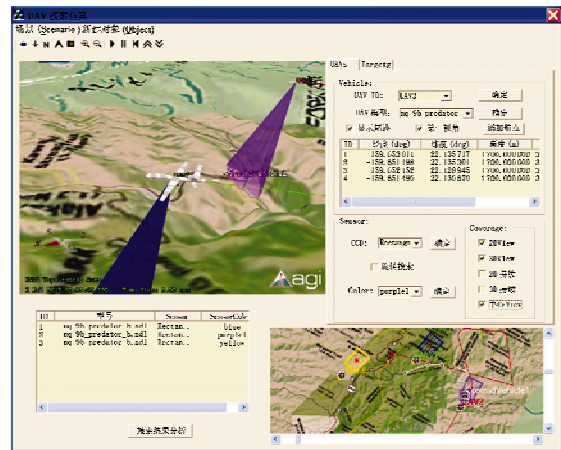


图 2 仿真平台程序主界面

Fig. 2 Main interface of simulation platform

根据仿真平台的功能需求对 MFC 框架下的 SDI 标准应用程序框架进行了区域划分以完成不同的功能,提高系统界面的友好性。左上为三维视景显示区,包含的主要信息有当前所观察的地图范围、UAV 对象、UAV 的静态航线和传感器覆盖范围。右下为二维地图显示区,主要提供战场的二维态势、所有已掌握对象的位置信息以及传感器的覆盖范围二维显示等功能。图表报告区所包含的主要信息有参战 UAV 的任务信息,分析报告的生成功能以及图表的定制和显示。UAV 状态信息显示及指令操纵接口能够显示所关注的 UAV 的相关状态信息,并且支持根据当前任务需求对单架 UAV 进行完全操控。根据功能对平台界面进行了合理部署,从程序设计的角度看提高了程序的可读性和条理性。

可以发现,二维和三维视景窗口能够提供对 UAV 和机载传感器的图像化显示,基于仿真数据清晰地展现了 UAV 协同飞行,并使用机载传感器搜索目标的过程。图 3 所示为 UAV2 捕获目标的过程截图,该过程建立在数字仿真的基础上,展现了对传感器搜索探测的良好显示效果。

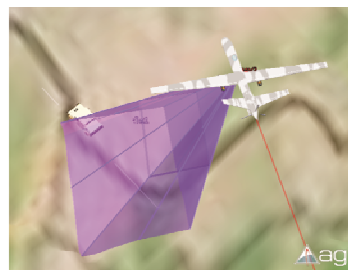


图 3 三维视景—捕获目标截图

Fig. 3 3D scene of target interception

在对 UAV、机载传感器以及地面目标精确建模的基础上,在时间轴上给出三者之间空间几何关系的定性、定量的数值结果。图 4a 所示为 UAV2 探测到目标的结果报告窗口;为进一步对探测过程中 UAV 与目标几何

关系进行显示,图 4b 提供了目标相对于 UAV3 的方位 - 仰角 - 距离 (Azimuth-Elevation-Range, AER) 分析报告。分析报告对整个仿真过程的探测结果进行了定量分析,从一定程度上反映了所采用搜索策略的优劣。

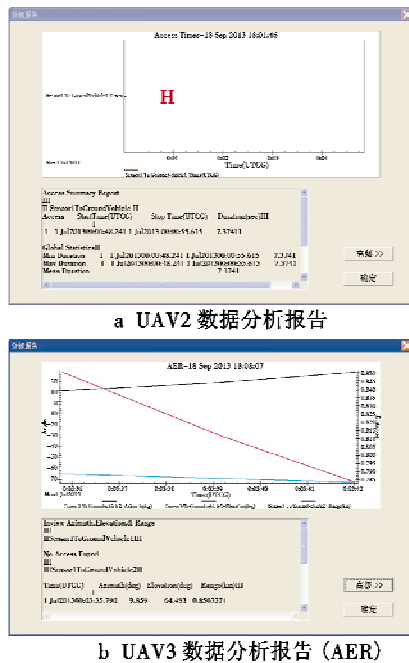


图 4 搜索结果分析报告

Fig.4 Analysis report of search mission

3.2 协同跟踪任务仿真

对仿真平台的任务扩展性进行仿真验证,无人机执行目标跟踪任务的仿真推演视景截图见图 5 和图 6。

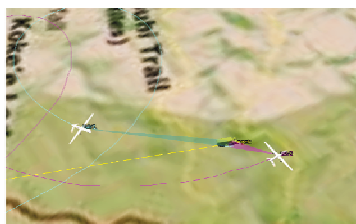


图 5 跟踪任务仿真三维视景截图

Fig.5 3D scene of tracking mission simulation

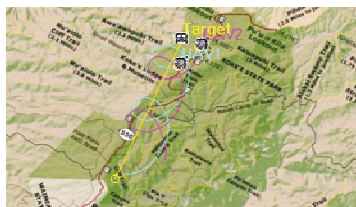


图 6 跟踪任务仿真二维视景截图

Fig.6 2D scene of tracking mission simulation

仿真平台三维窗口提供了 2 架 UAV 跟踪地面目标的动态飞行过程,并展现了使用机载传感器保持对目标探测的整个过程。二维视景则展现了整个任务过程的态势,提供了整体、形象、直观的仿真结果。综上,平台具有良好的任务通用性和扩展性。

4 小结

本文针对多 UAV 任务仿真中视景显示、战场态势管理、任务结果呈现需求,在 MFC 应用程序框架基础上嵌入 STK/X 二维、三维可视化控件,开发了具有友好界面和高效数据交互能力的多 UAV 任务仿真平台,为分析判断以及决策提供了仿真支持。

参考文献

- [1] Office of the Secretary of Defense. Unmanned systems integrated Roadmap FY2013-2038 [R]. Washington: United States Department of Defense, 2013.
- [2] 吴军,卢笙. Multigen 软件在飞行视景仿真中的应用 [J]. 福建电脑,2007(2):212,186. (WU J, LU S. Application of Multigen to flight visual simulation [J]. Fujian Computer, 2007(2):212, 186.)
- [3] 杨颖,王琦. STK 在计算机仿真中的应用 [M]. 北京:国防工业出版社,2005. (YANG Y, WANG Q. Application of STK to computer simulation [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2005.)
- [4] 王达,邱晓刚,黄柯棣. 基于 STK-RTI 中间件的天地一体作战建模仿真研究 [J]. 系统仿真学报,2005,17(2):501-503. (WANG D, QIU X G, HUANG K D. Study on STK-RTI middleware based modeling and simulation of space-ground integrated combat [J]. Journal of System Simulation, 2005, 17(2): 501-503.)
- [5] 邓晶,张明智,李志强,等. 基于 STK 的信息作战态势三维可视化表现方法研究 [J]. 系统仿真学报,2010,22(11):2654-2659. (DENG J, ZHANG M Z, LI Z Q, et al. Research on 3-D visualization in exhibition of information operation situation based on STK [J]. Journal of System Simulation, 2010, 22(11):2654-2659.)
- [6] 丁哲峰,张传玉. 基于 STKX 组件的空间仿真模式 [J]. 四川兵工学报,2009,30(10):141-143. (DING Z F, ZHANG C Y. Space simulation pattern based on STKX [J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2009, 30(10):141-143.)
- [7] 年福纯,周锦标,何剑伟,等. STK 三维场景构建及优化方法研究 [J]. 系统仿真学报,2012,24(1):199-203. (NIAN F C, ZHOU J B, HE J W, et al. Research on building and optimizing methods of STK 3D scenario [J]. Journal of System Simulation, 2012, 24(1):199-203.)
- [8] 朱宝鏊,朱荣昌,熊笑非. 作战飞机效能评估 [M]. 北京:航空工业出版社,1993. (ZHU B L, ZHU R C, XIONG X F. Effectiveness evaluation of combat aircraft [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 1993.)
- [9] 王天祥. STK 与 C# 的集成开发研究 [J]. 电脑编程技巧与维护,2013(2):6-7. (WANG T X. Integrated development research of STK and C# [J]. Computer Programming Skills & Maintenance, 2013(2):6-7.)