

## Google Earth 在无人机侦察仿真中的应用

李增彦, 李小民

(军械工程学院光学与电子工程系, 石家庄 050003)

**摘要:** 针对目前模拟训练中需要大规模逼真三维地形资源的问题, 提出了利用 Google Earth 作为训练侦察环境的新方法。介绍了模拟训练系统的实现方式, 解决了 Google Earth 在系统开发中的几个关键技术, 并进行了功能扩展。实验结果表明, 这种实现模式具有可行性, 能够稳定地进行训练任务, 该设计方案可为其他仿真系统设计提供参考。

**关键词:** 无人机; 模拟训练系统; 侦察信息; 谷歌地球

**中图分类号:** V271.4; TP391.9      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1671-637X(2013)05-0069-04

## Application of Google Earth in UAV Reconnaissance Simulation

LI Zengyan, LI Xiaomin

(Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

**Abstract:** Considering the requirement of large-scale living 3D terrain's resource for simulation training, we proposed a new method that using Google Earth as the training reconnaissance environment. The implementation of the simulation training system was presented. Several key technological problems in the development of the system were solved, and function extension was realized. Experiments showed that this method is feasible, and can implement steady training mission simulation. The design may provide a reference for the other simulation systems.

**Key words:** UAV; simulation training system; reconnaissance information; Google Earth

### 0 引言

无人机在现代战争中发挥着重要作用。随着无人机高新技术不断发展, 训练难度越来越大, 传统实装训练的场地和经费给部队带来很大负担, 训练时机受环境影响, 训练科目受场地约束, 存在安全隐患<sup>[1]</sup>, 操作人员失误引起的无人机损伤仍然是主要根源。模拟训练系统不受场地、空间和气候等条件的限制, 它既能进行常规训练, 又能提高操作人员处理各种异常的应变能力。

大规模真实地理场景是部队训练科目急需的资源。在模拟环境中, 逼真地表场景的应用是提高操作人员训练效果的前提。为了模拟真实的地理环境, 传统方法采用飞行任务航拍影像作为数据来源, 资源收

集难度大, 后期视频图像提取和拼接处理工作复杂。

而 Google Earth (简称 GE) 给系统开发提供了丰富的地理信息。GE 影像数据是卫星影像与航拍数据的整合<sup>[2]</sup>, 地区分辨率最高可达 0.5 m, 同时 GE 具有二次开发功能<sup>[3]</sup>, 提供实时三维地形浏览、数据图层管理、矢量与影像数据叠加显示、地理信息数据标注、定位、查询、发布等数据库管理功能, 为模拟训练系统提供良好的环境基础。

本文提出以地面控制站作为模拟训练操作平台, 将地理信息系统引入模拟训练当中, 把 GE 作为地面侦察环境的训练模式, 并针对开发中的关键问题进行了分析与验证。

### 1 整体设计思路

#### 1.1 模拟训练系统要求

无人机模拟训练系统的特点对该系统的实现提出的具体要求如下所述。

1) 飞行仿真时, 场景覆盖范围广阔, 涉及到的对象复杂, 属于大面积区域渲染的范畴<sup>[4]</sup>。要求能够实

时显示与模拟飞行状态匹配的三维地景。

2) 地面场景主要用来模拟飞行仿真时任务设备(摄像机等)对地侦察时真实航拍影像,根据接收的运动仿真数据,动态更新视点位置。

3) 地面侦察环境中应包括典型建筑物、运动目标、动态云层、环境变化等效果<sup>[5]</sup>,并能实现高度查询及碰撞检测。

4) 功能可扩展,方便进行二次开发。

## 1.2 仿真平台实现方式

仿真系统由多台计算机组成,集成了飞行仿真、可视化及网络技术。为保证系统开发的进度、质量和可靠性,本文使飞行仿真软件和地景控制软件同时工作在两台仿真计算机上<sup>[6]</sup>,地景显示设备选用大屏幕液晶显示器或 CRT 显示器<sup>[7]</sup>,采用 GE 平台和 SketchUp 建模软件完成地形数据库和实体对象的创建,以 Visual C++6.0 为开发平台,操作人员通过地面控制站发送飞行指令控制方式,经过飞行仿真软件的控制律解算,得到实时无人机位置、姿态信息以及任务设备状态,使用 Windows Sockets 通讯方式将数据传给地景控制软件,利用 API 接口及 KML 语言驱动的方式,完成模型和场景动态效果的显示与控制,如图 1 所示。

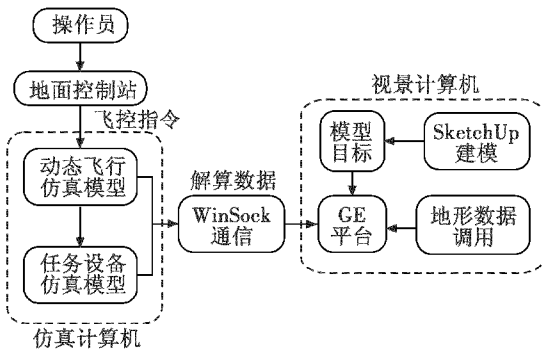


图 1 仿真平台整体结构

Fig. 1 The structure of simulation platform

## 2 关键技术研究

GE 提供的二次开发功能,通过 KML 文件可以显示丰富的内容,能够加载 SketchUp 制作的三维模型,为虚拟现实技术在军事仿真训练中的应用提供新的方式。

KML 与 XML 有着相似的语法和格式。KML 描述了地理要素相关的信息(如位置、大小、缩放比例、颜色、视角等),可被 GE 解释,并在其平台上显示出相应的地理要素模型。

为了解决视景仿真中的关键问题,实现与 GE 的交互式仿真,对以下几个方面进行深入研究。

### 2.1 侦察区域调用方法

地面场景与无人机及摄像机平台参数关联,从不

断变化的 range、tilt、azimuth 及 speed 值达到实际侦察效果。根据 SetCameraParams() 函数设置场景视角的变化,调整显示的旋转及倾斜角度模拟稳定平台转动的效果,视点位置变化实现变倍放缩的目的。该部分主要由参数解算模块和图像调用显示模块组成<sup>[8]</sup>,解算流程及示意如图 2~图 3 所示。

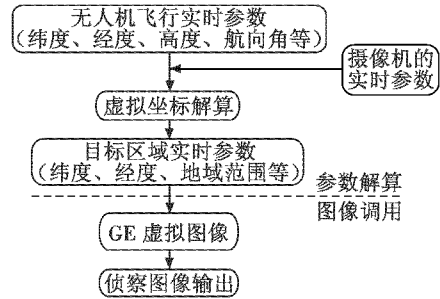


图 2 解算流程图

Fig. 2 Flow chart of calculation

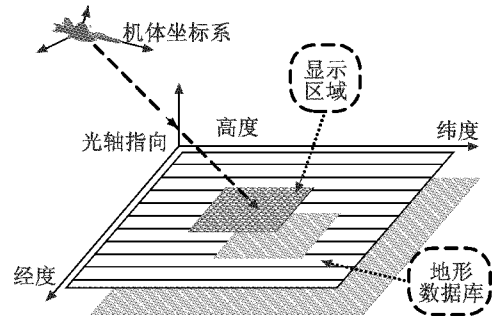


图 3 解算示意图

Fig. 3 Sketch map of calculation

假定无人机质心、镜头像面中心重合(如不重合,需要考虑相应平移量),仿真平台在接收到无人机的姿态、位置、速度等参数(机体坐标系)及摄像机焦距、视场角、镜头方向等工作参数后,通过几何空间关系换算,可以解算出视场中图像对应的地面位置(大地坐标系),确定在任意位置和参数状态下的数据,从地形数据库中截取相应的图像数据作为当前的视场图像,并显示和输出<sup>[9]</sup>。其中地面坐标系到机体坐标系的转换矩阵为

$$S_{\theta\psi\phi} = \begin{bmatrix} \cos \theta \cos \psi & \cos \theta \sin \psi & -\sin \theta \\ \sin \theta \cos \psi \sin \phi - \sin \psi \cos \phi & \sin \theta \sin \psi \sin \phi + \cos \psi \cos \phi & \cos \theta \sin \phi \\ \sin \theta \cos \psi \cos \phi + \sin \psi \sin \phi & \sin \theta \sin \psi \cos \phi - \cos \psi \sin \phi & \cos \theta \cos \phi \end{bmatrix} \quad (1)$$

由于稳定平台作用,摄像机运动与无人机姿态参数相互隔离<sup>[5]</sup>,设无人机大地坐标为 $(X_0, Y_0, Z_0)$ ,则显示区域坐标为 $(X_1, Y_1, Z_1)$ 。

$$\begin{cases} X_1 = X_0 + \tan \beta \times Z_0 \times \sin \alpha \\ Y_1 = Y_0 + \tan \beta \times Z_0 \times \cos \alpha \end{cases} \quad (2)$$

式中: $\alpha$ 为摄像机与北向的夹角; $\beta$ 为摄像机与地面垂线的夹角。

### 2.2 目标建模及动态模拟方法

通常,无人机的训练任务是以侦察某地区的地形和重要目标为主的。动态目标模拟是提高环境逼真度的重要指标,同时给无人机模拟操作训练中的区域侦察、火力校射、目标跟踪任务提供良好的交互对象。GE 中的时间轴以动画方式进行动态目标模拟能达到较好的效果。通过 KML 语言,可以进行不同模型区分,根据不同训练任务合理选择模型数量、位置等。

首先建立模型,模型使用 PhotoShop、SketchUp 建模软件实现,主要为典型目标(如房屋、装备、坦克等)。为了减少系统运行负担,对模型纹理进行处理,在不影响环境效果的情况下,多以贴图的形式进行模型构建。然后,动态目标使用 B 样条插值法进行路径曲线模拟,路径则采用定义的路口信息及方向信息通过随机搜索方式实现,利用两点连线法对目标姿态进行解算,从而实现复杂多变的侦察目标。通过上述方法,在目标区域范围内对侦察环境进行了构建。标注了路口信息约 10000 个,建立路径坐标数据库,系统初始化时将随机路径进行设置。利用 Cmarkup 类将解算得到的模型数据在 KML 文件中修改更新,实现模型运动。

KML 重要函数如下:

< NetworkLink > 动画更新,通过此参数调用目标文件;

< Location > 目标动画帧位置设置;

< Orientation > 目标姿态控制,该参数对模型在起伏路面及转弯运动时至关重要;

< Link > 调用模型文件, COLLADA 文件使用 SketchUp 软件设计并具有“.dae”文件扩展名。

### 2.3 环境效果

GE 提供了时间模式以及显示太阳的功能,能够动态显示阳光对当前视图的影响,可通过时间控制进行昼夜变化的环境设置。以时间节点方式设置侦察时间,从而完成不同时段的训练任务, IAnimationControllerGE 类读取设定好的时间信息完成动态显示。

本文采用 KML 方式模拟云层,通过调用各种云层纹理贴图,通过随机参数实时生成云层纹理坐标,利用 < NetworkLink > 对链接文件进行随机位置更新。

由于云层的稀疏程度,在进入以及穿出时有明显的显隐效果, < LOD > 参数实现云层显隐效果。“LOD”是“Level of Detail”的缩写。 < LOD > 描述了屏幕上的投射区域必须达到多大时才会视为“处于激活”状态。同时它还指定了用于淡入(从不透明到透明)和淡出(从不透明到透明)的像素梯度大小。云层效果如图 4 所示。



图 4 训练系统云层效果

Fig. 4 Result of training system's cloud

### 2.4 碰撞检测

碰撞检测方法有多种形式:包围盒、6 条线段、3 条直立线段等。由于无人机运动速度较快,采用单根线段沿任务设备光轴指向判断飞行高度与地形高度差值即可达到良好效果。GetPointOnTerrainFromScreenCoords() 可以提取光轴指向高程信息,计算高程差  $\Delta s = Z - H_{Altitude}$ , 当  $\Delta s = 0$  并且无人机航迹与地形坡度差  $\theta < 0$  时,则发生碰撞并生成爆炸效果,碰撞检测流程如图 5 所示。

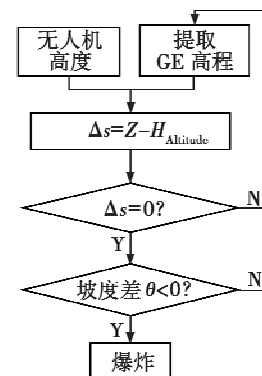


图 5 碰撞检测流程图

Fig. 5 Flow chart of collision check

### 3 GE 仿真平台扩展应用

侦察校射作为通用型无人机的主要作战任务,采用网络通信方式,使用 WwinSock 控件实现多机互联,通过 < NetworkLink > 参数可以不断更新网络中地面火力阵地及装备 GPS 位置以及随机弹丸落点,为动态战场布置以及大规模军事演习提供了可视化平台。

无人机在执行任务时需要对其进行实时监控和控制,利用 SketchUp 建模软件对无人机进行建模,并通过 DOF 节点方法,对无人机、任务设备、机翼进行分离,构成相互间的解算关系,将各部分模型导入 GE 中,利用参数解算,及时了解无人机的当前位置、周围环境。通过遥测信息解算,将实时位置及姿态显示于平台上<sup>[10-11]</sup>,如图 6 所示。

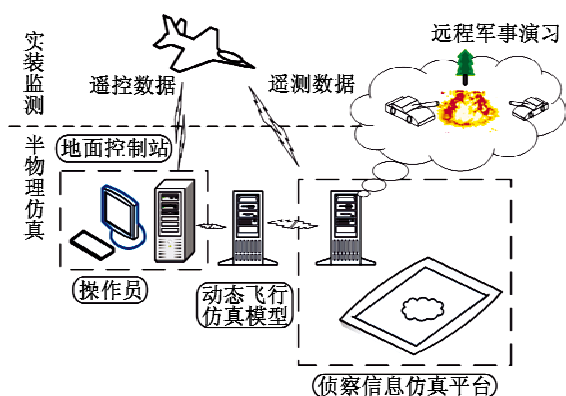


图6 系统扩展功能框图

Fig. 6 Extended function

GE 提供了沿线路飞行功能,通过实时航迹记录绘制航迹点,可动态地播放飞行过程,航迹记录与飞行过程回调能够方便进行训练效果评估及飞行试验功能验证。KML 中 `<LineString>` 的 `<coordinates>` 参数定义一组连起来的线段,用 `<LineStyle>` 指定颜色、颜色模式和线宽,通过数据库方式,对飞行数据进行记录,实现直观评估。

为了获取 GE 丰富的图源及高程信息,方便其他视景仿真系统的开发,可以沿线提取高程获取图像并进行拼接。

#### 4 功能验证

根据模拟训练系统要求,仿真程序使用 Visual C++6.0 开发并提供飞行数据,利用 GE 软件进行侦察信息环境模拟,在离线环境下,通过 GE 缓存影像对本文方法进行了验证。

1) 在飞行模式下进行模拟训练平均稳定运行时间大于 2 h,根据侦察任务带状特点,调用不同地点数据库文件,各区域覆盖  $10\text{ km} \times 400\text{ km}$ ,地面影像空间分辨率约  $0.5 \sim 1\text{ m}$ 。

2) 对地面典型目标建模,侦察任务区域运动目标约 1000 个,通过随机路径生成,目标运动状态重复率小于 1%。

3) 通过客户端计算机发送 GPS 信息,并在服务器端解算,显示模型位置刷新频率小于 1 s。

4) 提取了 GE 场景中 2 个经纬度区域约  $200\text{ km}^2$  的高程信息,及  $0.5\text{ m}$  分辨率的影像图。

#### 5 结论

本文对 GE 在无人机对地侦察仿真中的应用进行了分析及研究,并在此基础上提出了扩展性应用探索。该系统不仅可以进行模拟训练,还能接实装进行监测和控制,并且具有良好的可维护性和二次开发等扩展性功能,可根据需要增加新的功能。相对于传统模拟训练场景来说,真实感强,地形、地貌、高程及环境因素等与实际地理环境更匹配。提高操作人员技能的同时,增强了对地域的熟悉程度,丰富的训练场景没有局限性,避免了训练重复性,提高了操作人员的训练积极性。系统的研制可以为其他仿真模拟器的研制提供借鉴。

#### 参考文献

- [1] 国海峰,刘泽乾,陈丹强. 机载武器系统模拟训练仿真平台设计[J]. 计算机测量与控制,2010,18(5):1103-1105.
- [2] 江宽,龚小鹏. Google API 开发详解: Google Maps 与 Google Earth 双剑合璧[M]. 北京:电子工业出版社,2008.
- [3] 唐勇,刘昌忠,吴宏刚. 基于 Google Earth 的三维航迹监视及六自由度飞行仿真[J]. 计算机应用,2009,29(12):3385-3387.
- [4] 孙辉,祁圣君,欧杰,等. 无人机视景仿真系统的研究[J]. 测控技术,2011,30(7):76-78.
- [5] 邓常兴,芦利斌. 无人机视景仿真的建模与实现[J]. 火箭与制导学报,2007,27(1):375-377.
- [6] 申海荣,王新民,赵凯瑞. 基于 Vega/MFC 的直升机视景仿真设计[J]. 计算机测量与控制,2010,18(10):2385-2387.
- [7] 苏继杰,郑幸,林冬生,等. 无人机模拟训练系统的设计与实现[J]. 系统仿真学报,2009,21(5):1343-1346.
- [8] 吴佳楠,王伟. 基于任务设备的新型无人机训练模拟器研究[J]. 计算机测量与控制,2011,19(12):3105-3107.
- [9] 李登亮,叶榛. 无人机载荷图像仿真平台的设计与实现[J]. 计算机工程,2006,32(6):266-268.
- [10] 马俊. 基于 Google Earth 的无人机地面站监控系统[D]. 南京:南京航空航天大学,2011.
- [11] 丁斌. 基于虚拟现实的无人机三维可视化技术与实现[D]. 南京:南京航空航天大学,2008.

欢迎关注新浪微博 @电光与控制