

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.05.006

## 增强现实技术在海军标图中的应用

刘喜作<sup>1</sup>, 蔡畅<sup>2</sup>, 邹文萌<sup>1</sup>

(1. 海军大连舰艇学院模拟训练中心, 辽宁 大连 116018; 2. 海军大连舰艇学院自动化系, 辽宁 大连 116018)

**摘要:** 为解决在三维电子沙盘中进行自然交互、实时标绘和生成三维态势图的问题, 利用增强现实技术构建一个应用于海军三维标图的平台。对增强现实三维空间建模的关键技术进行描述, 并以实例对虚拟兵力和虚拟地形进行三维模型加载和渲染, 空间定位和三维海军标图。仿真结果表明: 与传统的二维标图相比, 该三维标图方式更为灵活、直观自然, 具有沉浸感强及想象空间丰富的特点。

**关键词:** 增强现实; 海军标图; OSGART

**中图分类号:** TJ8 **文献标志码:** A

## Application of Augmented Reality in Navy Plotting

Liu Xizuo<sup>1</sup>, Cai Chang<sup>2</sup>, Zou Wenmeng<sup>1</sup>

(1. Simulation Training Center, Dalian Warship Academy of PLA Navy, Dalian 116018, China;

2. Dept. of Automation, Dalian Warship Academy of PLA Navy, Dalian 116018, China)

**Abstract:** To solve the problem of human-computer nature interaction (HCNI), real-time plotting and generating three-dimensional situation of battlefield in three-dimensional electronic sand table, established a new flat using navy three-dimensional plotting using augmented reality technology. Describe the key technology of augmented reality three-dimensional modeling, use example to carry out three-dimensional loading and dramatizing of virtual army forces and virtual landscape and interspaces location and three-dimensional navy plotting. The simulation result shows, comparing with the traditional two-dimensional plotting, the three-dimensional plotting method is more flexible, natural and intuitive, and the AR-based space is more immersive and thinking.

**Key words:** augmented reality; navy plotting; OSGART

### 0 引言

海军标图一般在二维海图上标绘, 标图符号抽象, 缺少直观立体感, 往往战场态势信息不能全方位呈现给相关人员。而传统的实物沙盘携带不便, 表现内容有限且不易更新, 表示的作战兵力也过于抽象, 虽然地理三维空间可以很好地呈现出来, 但作战兵力很难做到精确放置(如潜艇和飞机不能很好地放置在相应水下和空中), 影响作战人员对战场态势的理解。与实物沙盘相比, 电子沙盘具有快速、简便、精确的特点, 而且可以动态展示, 同时可以对参数进行修订以获取更加丰富的展示效果, 用电子沙盘进行海军标图有很好的应用前景。

电子沙盘的研究主要集中在场景的三维建模<sup>[1-2]</sup>以及基于 GIS 的动态可视化<sup>[3-4]</sup>方面, 至于如何在三维电子沙盘中实时标绘、生成三维态势图, 还没有相关的报道。笔者利用增强现实技术建立用于海军标图的电子沙盘, 该系统在现实空间通过手(而不是通过鼠标和键盘)移动注册的标记点来生成地形和部署虚拟兵力, 这种交互方式更为灵活、直观和自然, 沉浸感强<sup>[5-6]</sup>, 可弥补传统标图方法表现方式

单调、交互性不强和战场兵力抽象等方面的不足。

### 1 相关工作

增强现实技术是将真实环境和虚拟现实的景象结合起来。增强现实系统具有虚实结合、实时交互、三维注册的新特点以及真实感强、建模工作量小的优点<sup>[7]</sup>。

目前, 用于增强现实技术开发的软件包很多, 其中比较优秀开源的开发包是 ARToolKit, 是由日本广岛城市大学与美国华盛顿大学联合开发的增强现实系统二次开发工具<sup>[8]</sup>。笔者利用 ARToolKit 和 OpenSceneGraph (OSG)<sup>[9-10]</sup>联合开发包 OSGART<sup>[11]</sup>进行系统开发, 框架结构如图 1 所示。

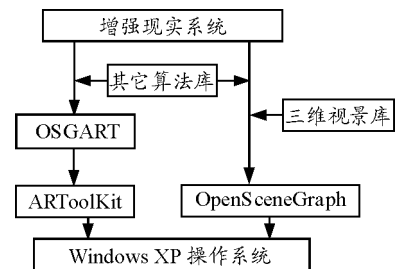


图 1 增强系统软件框架

收稿日期: 2011-11-21; 修回日期: 2011-12-15

作者简介: 刘喜作(1975—), 男, 辽宁人, 博士, 讲师, 从事虚拟现实作战仿真研究。

## 2 关键技术

### 2.1 基于 OSGART 的增强现实软件系统

OSGART 兼顾了 ARToolKit 和 OSG 的优点,提高了增强现实技术的开发效率,主要有以下特点:

- 1) 支持多视频输入;
- 2) 提供跟踪器、标志物标准接口;
- 3) 支持多个标志物跟踪注册或者自然特征跟踪注册;
- 4) 有强大的三维图形渲染能力;
- 5) 代码完全开放。

利用 OSGART 可以方便地将虚拟空间和现实空间结合起来,通过把虚拟兵力与相应识别标记匹配,通过手移动注册的标记点来生成地形和部署虚拟兵力,以达到实时交互的目的。

### 2.2 虚拟兵力建模

海军标图以简单的图形方式表示作战兵力,这种方式很难表达作战实体拥有的各种装备和作战行动中的不同状态,并且海军标图有其军种的特殊性,其他军种指挥员如果不熟知海军标图,很难理解这些图形的含义,将会影响一体化战争的指挥效率。按实际装备的模样,用三维建模软件建造虚拟兵力是一种直观通俗的表现方式。

笔者选择 Creator 对舰艇、飞机和导弹等复杂虚拟兵力进行 3D 建模,Creator 生成 3D 模型几乎是“所见即所得”,其中 LOD 节点、DOF 节点、纹理的加入,光照和坐标系的设置,在 OSG 程序中利用 OpenFlight 插件可以直接读取与应用。在笔者设计的增强系统中,通过跟踪识别标记在现实空间中的位置,计算出识别标记相对于摄像机的空间位置和姿态,来确定虚拟兵力摆放的位置。在图 2 中,系统根据相应的标记生成舰艇与直升机虚拟兵力,与实时采集的视频融合,最终显示到计算屏幕上。

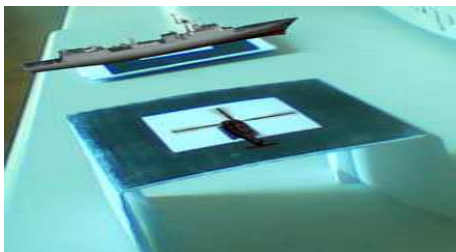


图 2 三维虚拟兵力模型

### 2.3 地形建模

为了突出地形建模的军事实用性,构建的三维地形必须能反映战场地形的真实状况,其建模数据

必须来源于实际的测绘结果。描述三维数字地形的的基本方法是数字地面模型 (digital terrain model, DTM), 数字高程模型 (digital elevation model, DEM) 是 DTM 的一个子集,地形的 DEM 数据可根据航拍测量途径获取(如立体坐标仪观测及、解析测图和数字摄影测量等)。为了表现出真实地形视觉空间真实感,笔者采用基于卫星图片作为地形纹理进行映射。

纹理空间与实体空间的映射实际是实现卫星影像与对应地面之间在平面位置上的配准,其映射关系是一种仿射变换,如下式<sup>[12]</sup>:

$$\begin{aligned} x &= a_0 + a_1 X_T + a_2 Y_T + a_3 X_T Y_T \\ y &= b_0 + b_1 X_T + b_2 Y_T + b_3 X_T Y_T \end{aligned} \quad (1)$$

其中:  $(x, y)$  是任一点在像素卫星影像中的坐标;  $(X_T, Y_T)$  是对应地面点的平面位置;  $(a_i, b_i)$  为 8 个变换参数,依据像素地形图的 4 个角点即可求解出这 8 个变换参数,从而确定其映射关系。实验的数据采用 NASA 提供的数据,地形的 DEM 数据和卫星影像纹理数据均采用包含地理信息的 GEOTIFF 格式,因为其中卫星影像纹理数据是不同波段的数据,要通过 ERDAS 软件进行坐标校正和自然颜色变换<sup>[13]</sup>。在图 3 中,系统把 DEM 数据与处理好的纹理数据进行融合,生成系统可以加载的三维地形模块。

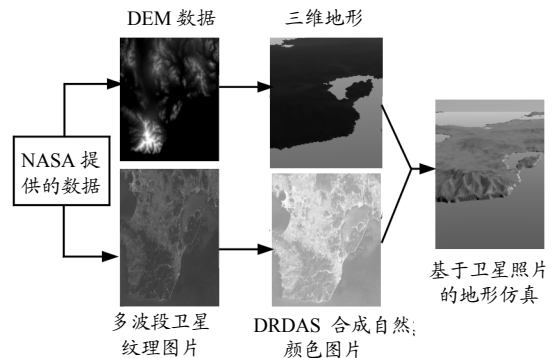


图 3 地形制作的过程

### 2.4 增强现实系统的注册定位

增强现实系统的注册定位的实质是建立虚拟物体与真实环境之间的几何相对关系,并在用户的视野中实时、无缝地显示这种关系。

如图 4 所示,XYZ 表示绝对空间坐标系(世界坐标系);  $\epsilon\eta\sigma$  表示虚拟物体坐标系,此坐标系用来对所添加的虚拟物体进行几何描述;  $x'y'z'$  (左手坐标系)表示观察者坐标系(摄像机坐标系),此坐标系的  $o'z'$  轴与观察者视线方向重合;  $uv$  是一个二维坐标系,表示投影图像坐标系,垂直于  $o'z'$  轴投影面,即为观察者看到的画平面。

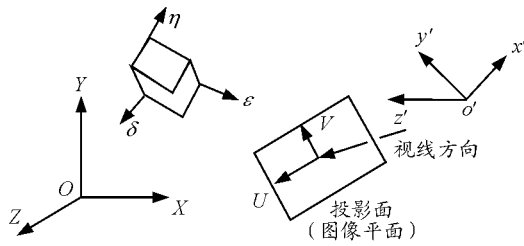


图 4 虚拟物体注册定位

在系统中, 所需添加的虚拟物体在真实空间坐标系(世界坐标系)中的位置和姿态由系统要完成的功能所决定, 即虚拟物体坐标系  $\epsilon\eta\sigma$  与真实空间坐标系  $XYZ$  的关系已知, 所以虚拟物体坐标系中三维虚拟物体的几何描述  $(\epsilon, \eta, \sigma)$  可以变换为真实绝对空间坐标系  $XYZ$  中的几何描述  $(x, y, z)$ :

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} \epsilon \\ \eta \\ \delta \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_A & T_A \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon \\ \eta \\ \delta \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中:  $A$  是 2 个坐标系之间的变换矩阵, 为已知。设真实空间坐标系  $XYZ$  与观察者坐标系  $x'y'z'$  之间的变换矩阵  $[R|T]$  即为  $B$ , 即可将虚拟物体坐标系中三维虚拟物体的几何描述  $(\epsilon, \eta, \sigma)$  变换为观察者坐标系(摄像机坐标系)中的几何描述  $(x', y', z')$ , 即

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = B \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & T \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & T \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_A & T_A \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon \\ \eta \\ \sigma \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

此时, 再将观察者坐标系中的虚拟物体投影到画平面坐标系  $uv$  中, 就完成了增强现实系统的三维图像注册, 整个过程如图 5 所示。

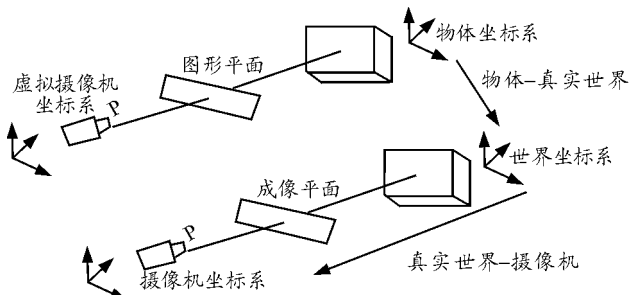


图 5 注册定位过程

### 2.5 识别标记

为了在基于视觉的增强现实系统中达到实时、鲁棒的结果, 一般是通过在场景中, 预先布置标志物来实现。首先在真实场景中放置容易识别的标志

物, 如正方形、圆环、五边形和条形码等, 这些标志物具有明显的视觉特征, 纹理和颜色上也较为单一, 这样就容易通过简单的计算机视觉算法, 从每帧图像中分割出可能是标志物的部分, 并提取标志物提供的基准点(如标志物的角点、中心点等), 利用这些信息, 就可以按上面介绍的算法确定摄像机的外部参数, 完成配准。

考虑到计算量和影像分辨率的影响, 基于 ARToolkit 的计算机视觉系统只能识别二值图像, 即图像只含有 2 个灰度值, 通常选取对比度最高的黑与白。此外, ARToolkit 只能识别本身默认的标记框, 笔者在默认的标记框内添加任意的符号, 从而制作出任意的识别标记, 如图 6 所示。制作好识别标记后, 通过计算机视觉识别程序, 标记将作为文件存储并记录在 ARToolkit 系统中。这样, 该标记即可在任何应用中被识别。



图 6 ARToolkit 识别标记

### 2.6 辅助观察

在用增强系统进行海军三维标图时, 观察点被约束在现实摄像机的视觉空间, 标图信息显示受到观测点的限制。为了突出显示系统中感兴趣的目标, 笔者在系统中增加了辅助观察虚拟摄像机和辅助观察窗口, 如图 7 右下角所示。增加的辅助观察虚拟摄像机空间位置是根据感兴趣的目标设定的, 系统首先通过识别标记, 计算出虚拟目标相对于当前摄像机的位置和姿态, 然后系统根据该位置和姿态把辅助观察虚拟摄像机摆放在相应的位置, 根据式 (5), 计算虚拟目标相对于辅助观察虚拟摄像机的空间位置和姿态, 最终把感兴趣的目标显示在辅助观察窗口中。图 7 是把感兴趣的某舰艇放在辅助观察窗口中间并会跟随舰艇移动, 方便观察其周围态势。

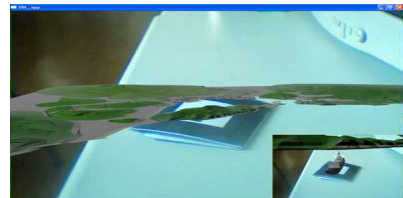


图 7 辅助观察窗口

## 3 实验仿真结果

实验仿真的设备包括一个普通 PC 摄像头和 CPU 为 P3.0G, 显卡为 Geforce 9600 GT, 内存为 2.0 G 的 PC 机。笔者利用 OSGART 中 OSG 组件对

虚拟兵力进行三维模型加载和渲染，利用 ARToolKit 实现标志的识别与定位。笔者在一个现实的三维空间中放置一个或多个标记平台，该程序利用这些标志构成的标志矩阵来定位三维标图空间和进行海军三维标图。在图 8 中，系统以桌面为水平面，在远端水平摆放地形标记生成相应海拔的三维地形，在近端空中摆放直升机标记生成空中悬停的直升机，实现了通过手放置标记点来进行三维标图的目的。

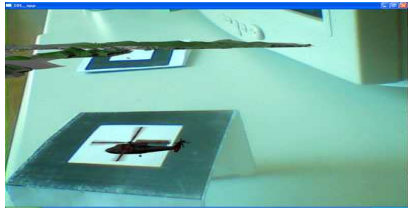


图 8 三维标图实验仿真结果图

#### 4 结束语

笔者基于增强现实技术构建了一个应用于海军三维标图的平台，该平台设备简单，携带方便，仅由普通 PC 机、普通 PC 摄像头和一些识别标记组成，通过手(而不是通过鼠标和键盘)移动注册的标记点来生成地形和部署虚拟兵力，并且可以通过辅助窗口进一步观察感兴趣的虚拟兵力，这种三维标图方式与传统的二维标图相比，更为灵活、直观和自然，具有沉浸感强，想象空间丰富的特点。

目前，该平台只是初步研究了基于增强现实技术构建了海军三维标图的关键技术。下一步，要提高该平台的实用性，这包括识别标记和虚拟兵力的丰富性，显示窗口的多样性，如头盔式显示、环幕方式显示和 CAVE 方式显示等。

\*\*\*\*\*

(上接第 15 页)

完善军民融合机制，积极推行合同商维修保障、基地级军民维修保障合作、非核心维修保障业务外包等军民融合维修保障方式已成为各军事强国的普遍选择。完善高技术武器装备维修保障力量军民融合机制，也是我国提升高技术武器装备维修保障能力和效益的有效手段和客观要求。具体来说，一是要完善包括政策、法规、决策、计划等主观要素的主观引导机制<sup>[3]</sup>；二是要完善市场作用机制，在重视地方部门企业经济利益的同时，形成积极竞争的态势；三是要完善监督评价机制，注重监督、控制和评价的综合运用；四是要完善奖惩机制，并与法律法规有效结合；五是要完善军方主导下的军民协调机制，建立良好的军民合作与信任关系。

#### 参考文献:

- [1] Pollefeys M, Koch R, Vergauwen M, et al. Three-dimensional Scene Reconstruction from Images [C]. Three-Dimensional Image Capture and Applications III, Washington: SPIE, 2000: 215-226.
- [2] 杨威, 侯鲲, 林和平, 等. 改进的单亲遗传算法在汇水盆地三维建模中的应用研究[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(11): 2749-2755.
- [3] Dollner J, Hinrichs K. An Object-Oriented Approach for Integrating 3D Visualization Systems and GIS[J]. Computers & Geosciences (S0098-3004), 2000, 26(1): 67-76.
- [4] 杜志强, 李德仁, 朱宜莹, 等. 基于3D GIS 的木构建筑群三维重建与可视化[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(7): 1886-1889.
- [5] Billingham M, Kato H. Collaborative Augmented Reality[J]. Communications of the ACM, 2002, 45(7): 64-70.
- [6] Lee, G A, Nelles, C, Billingham M, Kim, G J. Immersive Authoring of Tangible Augmented Reality Applications[C]. Proceedings of the Third IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality. South Korea: ISMAR, 2004: 172-181.
- [7] Marchand E, Chaumette F. Virtual visual serving: A framework for real-time augmented reality[C]. Proceedings of EUROGRAPHICS Conference, Germany, 2002: 289-298.
- [8] ARToolKit. <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>.
- [9] Paul Martz. OpenScenegrph快速入门指导[M]. 王锐, 钱学雷, 译. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [10] OSG 中国官方网站 [EB/OL]. [2011-10-15] <http://www.osgchina.org>.
- [11] OSGART 官方网站 [EB/OL]. [2011-10-15] <http://www.osgart.org>.
- [12] 汪连栋, 张德锋, 聂孝亮, 等. 电子战视景仿真技术与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [13] 党安荣, 王晓栋, 陈晓峰, 等. ERDAS IMAGINE遥感图像处理方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

#### 4 结论

我军装备维修保障力量要向适应高技术武器装备维修保障任务转变。笔者提出了高技术武器装备维修保障力量建设的几点建议，为我军提升高技术武器装备维修保障能力和效益提供了有力的参考。

#### 参考文献:

- [1] 黄益嘉. 始终坚持把科学发展观作为重要指导方针推动我军装备维修保障建设又快又好发展: 就加强全军装备维修保障工作访谈总装备部副部长张诗明[J]. 装备, 2006(8): 13.
- [2] 白群, 陈卓. 对加强新型装备人才培养的几点思考[J]. 装备学术研究, 2006(2): 56.
- [3] 徐起. 军民兼容保障体系论[M]. 北京: 国防大学出版社, 2001: 121-123.