

文章编号:1001-9081(2006)01-0177-03

海战场态势实时三维显示系统研究与实现

刘玉亮,夏学知,沈迎春

(武汉数字工程研究所,湖北武汉 430074)

(lyul78@263.net)

摘要:针对当前舰载指挥控制系统只能基于二维图形、图标显示战场态势的问题,提出和开发了基于 UDP 的海战场态势实时三维显示系统,将虚拟现实技术应用到作战指挥控制系统中,用三维视景实时显示战场态势变化过程、战场态势发展以及双方兵力对抗过程。系统对战场实体位置进行了从经纬度坐标到直角坐标的转换,并为战场实体建立了简单的行为模型。为满足实时渲染和实时显示的需要,系统对模型、场景范围、显示方式等都做了优化处理,减少计算量,同时减少对硬件的依赖。

关键词:战场态势;三维显示;Vega;实时

中图分类号: TP18 **文献标识码:** A

Research and realization of sea battle-field situations real-time display system

LIU Yu-liang, XIA Xue-zhi, SHEN Ying-chun

(Wuhan Institute of Digital Engineering, Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: Today, the C³I (Command, Control, Communications and Integration) System installed on warships can display sea battle-field situations only by 2D graphics and icons based on two dimensions. In this paper a real-time display system for sea battle-field situations was presented and developed, which introduced Virtual Reality technology into C³I System, and used 3D scene to display changes and development of battle situations as well as force counterwork process of both sides. The system converted location of battle entity from longitude and latitude coordinates (geographical coordinates) to rectangular coordinates, and established simple action model for it. For real-time render and display, the system optimized model, scene scope and display fashion to decrease computing and the dependency on hardware.

Key words: sea battle-field situations; 3D display; Vega; real-time

0 引言

指挥自动化系统是指令、控制、通信、计算机、情报、侦察、监视、电子对抗系统,也称 C⁴ISR 系统,目的是实现信息获取、处理、决策和对部队实施指挥与控制以及战场管理等,是现代作战指挥的神经中枢。

作战指挥控制系统是指挥自动化系统的重要组成部分,当前舰载指挥控制系统的态势显示都是用二维图形、图标显示的,不能满足逼真直观形象显示战场态势的需要。而当前的战场环境三维视景仿真系统大多是孤立存在的,只能针对指定的、具体的、想定的态势或场景进行三维显示,灵活性差,并且演示前的准备、配置工作繁琐,也不能满足实时显示战场态势的需要。因此,将虚拟现实技术应用到作战指挥控制系统中,将战场变化过程、战场态势发展、双方兵力对抗过程等可视化,可以增强指挥控制系统的真实感以及作战指挥人员的浸入性和交互性,大大提高指挥自动化系统的实用性。

从理论上来说,基于 HLA 的体系结构可以实现战场态势的实时三维显示,但 HLA 是一种新的仿真协议,必须对现有的指挥控制系统加 HLA 代理接口,工作量较大,同时也会改变现有装备的状态,这在军事应用上是不允许的。本文提出了一种基于 UDP 的解决方案来建立海战场态势实时三维显示系统,不用对现有装备做任何修改,根据 UDP 报文传递的战场态势信息,用三维视景的方式逼真的实时显示想定的态

势或是实际的态势,动态的调入或生成三维的地形、目标、舰船航行的尾迹效果、飞机导弹的尾焰、云雾雨雪以及对抗效果等。在显示过程中,用户可选择观察的方式和对象,调整视角和观察位置,具有很强的实时交互性。为满足实时渲染和实时显示的需要,系统对模型、场景范围、显示方式等都做了优化处理,减少计算量,减少对硬件的依赖。

1 系统的原理

1.1 系统的结构

基于 UDP 的海战场态势实时三维显示系统与指挥控制系统的关系如图 1 所示。首先,各类雷达、声纳等传感器将探测到的目标信息发送给指挥控制系统,指挥控制系统进行数据融合处理以形成海战场综合态势,然后指挥控制系统将海战场综合态势信息以 UDP 报文方式发送给海战场态势实时三维显示系统,最后由海战场态势实时三维显示系统负责用三维立体的形式实时显示海战场的态势。UDP 报文传送的战场态势信息包括目标的 ID、敌我属性、类型(各类舰船、各类飞机、各类潜艇、导弹的名称编号等)、经度、纬度、高度、速度等。三维模型库是用 Multigen/Creator 建立的逼真三维目标模型,包括各类舰船、各类飞机、各类潜艇、导弹等三维模型,三维显示系统首先调入三维模型的数据集以及战场范围内的三维地形数据,然后根据战场态势信息的内容在场景中动态的生成对应的三维模型及特效。

收稿日期:2005-07-20;修订日期:2005-09-06

作者简介:刘玉亮(1978-),男,工程师,主要研究方向:虚拟现实、数据库、GIS;夏学知(1966-),男,研究员,主要研究方向:指挥控制系统、软件工程;沈迎春(1971-),男,高级工程师,博士,主要研究方向:计算机仿真、软件工程。

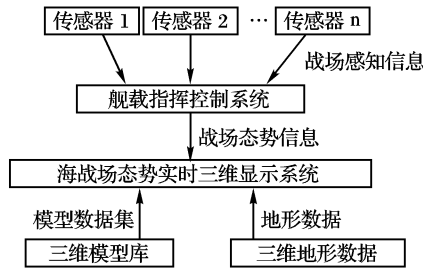


图1 与舰载指挥控制系统的关系

1.2 工作流程

基于 UDP 的海战场态势实时三维显示系统的处理流程如图2所示。

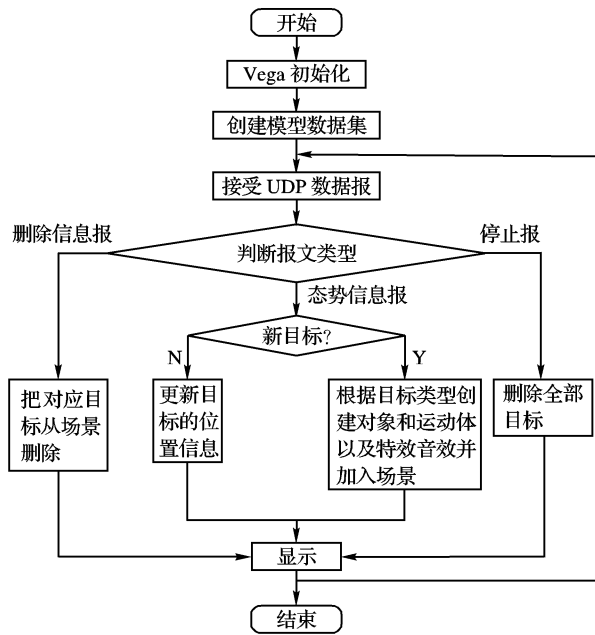


图2 海战场态势实时显示系统处理流程

海战场态势实时三维显示系统启动后,首先进行 Vega 自身的初始化,然后从三维模型库中把各类三维模型以数据集的形式载入,接着判断接受到的报文类型:(1)如果是态势信息报文,那么把报文中的态势信息与程序中已有的态势信息进行比较判断是否为新目标,如果是新目标那么就要根据目标的类型,用相应的三维模型的数据集生成一个 Vega 的对象、运动体及特效并与该目标的 ID 进行绑定,最后再添加到场景中显示,如果不是新目标,就更新目标的位置信息并在场景中显示;(2)如果是目标删除报文,那么就对应目标从场景中删除;(3)如果是停止报文,那么就所有目标从场景中删除,等待新的态势信息或退出。

1.3 战场实体行为模型

行为模型 SCP 是基于控制论的思想提出的,是一种最基本的控制论行为模型,对于虚拟战场来说,虚拟实体对象需要能够对作战行为进行足够的建模,能够满足或基本满足虚拟战场对实体对象的要求^[1]。

对本系统来说,它的定位是为舰载指挥控制系统提供一种三维显示的手段,是对战场态势的一种被动显示,因此,系统中实体的行为模型就仅限于与显示有关的行为。比如,实体在运行过程中可以自动产生特效、规避;导弹攻击时,超过射程未击中目标导弹自毁,在目标一定距离范围内算击中及目标的毁伤效果(主要是目标的起火效果和姿态改变)等。

1.4 坐标转换

海战场态势实时三维显示系统的显示内容和位置信息都

是由战场态势信息决定的。战场态势信息是以电子海图为基础的,发送的是战场实体的经纬度坐标和高度信息,而基于 Vega 的三维显示系统采用如图3所示的右手直角坐标系。因此系统必须把接收到的战场实体的位置信息进行从经纬度到直角的坐标转换,才能正确的在三维场景中定位、显示。

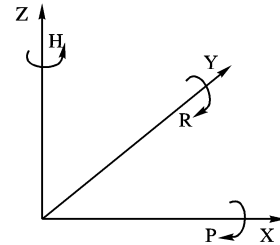


图3 Vega场景的右手直角坐标系

经纬度到方位距离的转换通常有 Vincenty 公式、Bowring 公式以及 TDSL 公式等,但本系统采用是一种精度更高的方法——Space Precision Location (SPL), SPL 方法是一种精确度非常高的空间精确定位方法。它是根据空间不同坐标系之间的转换得到的一套很具实用性的算法,避免上面 TDSL 公式由于在某些问题的求解中采用投影方法带来的误差,使其精确性更高、稳定性更好。SPL 方法的转换公式如下所示^[2]:

定义 空间不同坐标系之间的转换矩阵为:

$$D(j, w) = \begin{bmatrix} -\sin j & \cos j & 0 \\ \sin w \cos j & -\sin w \sin j & \cos w \\ \cos w \cos j & \cos w \sin j & \sin w \end{bmatrix}$$

$$F(j, w) = \begin{bmatrix} \cos j \cos j & & \\ & \cos w \sin j & \\ & & \sin w \end{bmatrix}$$

参量说明: j 为经度; w 为纬度; h 为高度; f 为偏率; $R(w)$ 为地球半径;

$$T(j, w, h) = F(j, w) \cdot \begin{bmatrix} R(w) + h \\ R(w) + h \\ R(w) \cdot (1 - f)^2 + h \end{bmatrix}$$

为经纬度地心坐标。

海战场态势实时三维显示系统采用的反解公式如下:

已知两点的经纬度坐标及高度 $A(j_1, w_1, h_1)$ 以及 $B(j_2, w_2, h_2)$, 求 B 相对于 A 的直角坐标 (x, y, z) 。其解算公式为:

$$B \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = D(j_1, w_1) \cdot [T(j_2, w_2, h_2) - T(j_1, w_1, h_1)]$$

海战场态势实时三维显示系统以战场中某一点,比如点 A (东经 119° , 北纬 26° , 高度 0) 为坐标原点,所有目标、地形的经纬度位置信息等都可以点 A 为参考点进行转换为相对于点 A 的直角坐标信息,参考点 A 的位置可以固定为某点也可以由系统自动的以作战区域的中心担任。

2 系统关键技术及优化

2.1 模型的优化

海战场态势实时三维显示系统的三维模型库需要建立的模型很多,不仅有空中飞机、导弹、水面舰艇还有水下潜艇、鱼雷,不仅有我军装备,还有外军装备。系统需要显示的战场态势目标很多,且数量不定,需要不停的添加删除,这就对硬件设备的要求很高。因此,系统在建模时采用细节等级 (LOD) 技术进行优化。当视点由远及近接近物体时,该物体的模型也由简单变为复杂,以满足真实性要求。当从上一级 LOD 到

下一级 LOD 在视觉上有一个明显的突变时,会发生一种称为 popping 的不良效果,为减少细节等级之间的突变,还加入了平滑技术,即细节等级的淡入淡出(Fade Level of Detail)。纹理也建立了等级细节,对于大面积的地形模型,当视点在高空观察地面时,可用分辨率较低的纹理,甚至不用纹理,以与纹理相近颜色的材质代替,当视点逐渐接近地面时换以高分辨率的真实地形纹理。

2.2 地形的优化

本系统需要显示的地形数据量也是非常巨大的,因此在采用 LOD 技术的同时,对某些不用细看的海岸、陆地地区尽量减少面的数量,用较低的纹理分辨率。再把地形分割成若干小单元地形,将这若干单元地形分别存成不同的地形模型文件,再以外调用方式分别调入,并重新构成一个完整的地形。这样,当用户漫游时,可以根据视点所能看到的地形区域,新的数据动态的加载到二叉树结构中显示窗内实体,而不需要将整个地形全部调用,十分有效地提高了软件运行的实时性。

2.3 数据格式的优化

通常情况下,在三维视景显示系统中的模型格式是国际标准的 flt(open flight)格式的数据,flt 格式的数据修改编辑方便、通用性强。尽管 flt 格式的数据也非常简化,但在场景较大、模型较多的情况下载入还是比较耗费时间与资源的。因此,可以把 flt 模型文件转换为 fst 文件格式。Vega 的 Fast 文件格式(fst)为系统尽可能快的加载模型到场景中提供了一种有效的途径。Fst 文件的数据方式与 Vega 场景里需要的方式非常相似,所以可以非常快的载入。其他的文件格式在加入 Vega 场景时都需要做大量的处理工作,这在处理少量数据或是静态调入时对系统运行时间没有什么影响,但在需要动态实时调入模型数据尤其是大规模地形数据时就有很大的时延,影响浏览效果。

通常情况下,fst 文件里不存储纹理文件,因为有可能几个 fst 文件用同样的纹理文件,这样就使 fst 文件更小,加载速度比较快。我们前边也提到场景的实时调入也包括纹理的实时调入,如果模型纹理总量超过硬件纹理内存的容量,甚至超过系统内存的容量,在浏览过程中,频繁交换内存或硬盘中的纹理,就很难保证其实时性。因此,可以把纹理文件存储在 fst 文件里,这样也可以大大提高载入的实时性。

3 系统功能

图 4 显示的是用二维图标显示的一个战场态势,指挥控

制系统把该战场态势信息以 UDP 报文形式发送,海战场态势实时三维显示系统根据接收到的战场态势信息,从三维模型库调入相应的模型和地形动态生成三维目标以及三维的战场态势(如图 5 所示)。在显示过程中可以选择观察对象,选择观察方式如旋转、跟随、相对定点观察(即相对某目标观察其他目标,比如在一架飞机上观察另一架飞机)、电子沙盘(可以选定坐标观察整个战场的三维态势)等(如图 6 所示);选择观察模型如 UFO 模型、Drive 鼠标驱动模型等;显示海洋波浪、航行尾迹、导弹击中的声音效果等;显示云雾雨雪等天气效果等。

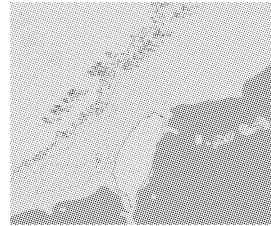


图 4 战场态势信息二维图标显示图

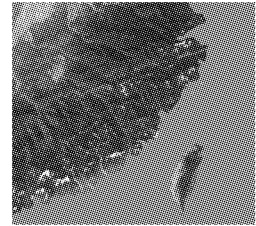


图 5 三维场景高空俯视图

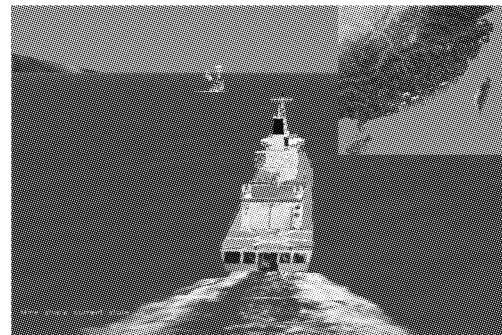


图 6 三维场景目标显示图

4 结语

海战场态势实时三维显示系统将虚拟现实技术应用到作战指挥控制系统中,将战场变化过程、战场态势发展、双方兵力对抗过程等可视化,增强了指挥控制系统的真实感,以及作战指挥人员的浸入性和交互性,将大大提高指挥自动化系统的实用性。

参考文献:

- [1] 郑义,李思昆,曾良. 虚拟战场实体行为建模技术[J]. 计算机应用,2000,20(8):226-228.
- [2] 吴汉宝,周永丰,孙为民. 三维问题空间对准算法研究[J]. 舰船电子工程,2003,(5):28-31.

(上接第 171 页)

6 结语

通过上述分析,本文所提出的优化算法在本质上是递归的、有效的。该算法在确定了某一起始参考点后时间复杂度为 $O(n^2)$ 。但在实际应用过程中,绘图笔或刀具的起始点随机给定,因此本文提出的优化排序方法在最坏情况下的时间复杂度为 $O(n^3)$ 。这在实际的生产过程中是能被操作人员所接受的。通过对 DXF 文件中的图元及其控制点的优化排序,实现了 DXF 按绘图或加工方向的图元优化排序并生成按此顺序排列的 DXF 文件,应用于以 DXF 为源文件的某型号绘图机,优化了其图形绘制时的路径顺序,减少了大量无效空行程,提高了绘图效率,降低了经济成本。

参考文献:

- [1] 张成才,孙喜梅,朱陶业. AutoCAD 的 DXF 文件格式及其转换接口研究[J]. 微型电脑应用,2001,17(8).
- [2] 刘传亮,陆建德. AutoCAD DXF 文件格式与二次开发图形软件编程[J]. 微机发展,2004,14(9).
- [3] 穆海华,彭芳瑜,陈吉红. 基于 DXF 的大型数控平面绘图机 CAM 系统[J]. 机床与液压,2003,(5).
- [4] 曹斌,李光耀,李启炎. 基于 DXF 文件格式的二维复杂图形数控代码自动生成法[J]. 机械设计与制造,2003,(3).
- [5] 王炜. 绘图机走笔路径优化程序的设计与应用[J]. 西飞科技,1990,(4):33-35.
- [6] YE JH, XIE MH. Research on the Method of Realizing Automatically Programming Tool of NC Code and Optimization Ordering Based on DXF File[J]. Journal of Shanghai University (English Edition), 2004,8(Suppl):172-176.