

Tribon 系统与视景仿真系统接口技术

姚 海¹, 颜 璨², 鲍劲松¹

(1. 上海交通大学机械与动力工程学院, 上海 200240; 2. 中国船舶及海洋工程设计研究院, 上海 200011)

摘 要

视景仿真作为一种系统评估的有效手段在船舶工业领域已愈来愈被重视,而模型的真实性是确保视景仿真可评估的关键。直接将 CAD 系统的三维模型导入视景仿真系统是确保模型真实性的有效手段,但由于两个系统的数据表达的异构性往往难以实现。通过分析 Tribon 导出模型数据和视景仿真用模型数据,开发相应的接口转换程序,实现了通过 DXF 和 OpenFlight 格式之间的直接转换,并采用 Schroeder 三角形网格简化算法建立了具有多种细节层次的 OpenFlight 模型,以满足视景仿真系统对实时性的要求。在此基础上开发了某型船的三维视景仿真系统,采用该转换接口的转换,模型达到了较强的真实感和沉浸感。仿真结果表明该接口技术的正确性和有效性。

关 键 词: 船舶、舰船工程;视景仿真;DXF 文件;数据转换;OpenFlight 文件

中图分类号: U662.9 **文献标识码:** A

1 引 言

视景仿真以实时视觉反馈的方式模拟真实场景,使人感知并沉浸于虚拟的交互环境中。作为计算机仿真中的一个重要领域,视景仿真在船舶工业领域中具有广泛的应用前景,可用于各类船舶的舱室漫游、驾驶模拟训练、关键系统性能评估等。

在船舶视景仿真系统中,为了优化设计方案,验证系统性能或者支持作战决策,必须要确保模型的真实性和完整性,因此须要将船舶 CAD 系统设计的三维模型转换成视景仿真用的模型,以保证系统评估的有效性。作为由瑞典 KCS(Kockums Computer System AB)公司开发的船舶辅助设计软件,Tribon 系统被国内外多家船舶设计公司和船厂所使用。而 Vega 也是国内科研机构和大专院校使用最多的虚拟仿真软件之一。目前国内外关于 Tribon 系统接口技术的研究主要集中在 Tribon 系统与有限元分析、产品数据管理之间的数据提取和数据集成。文献[1]介绍了基于船舶结构分析的 Tribon 系统数据提取方法;文献[2]介绍了 Tribon 与 PDM 系统之间数据集成和信息共享的实现方法。然而,有关 Tribon 系统与 Vega 虚拟仿真系统接口技术的研究尚少,主要问题在于:

(1) 虽然 Tribon 是船舶 CAD 软件中一个出色的集成系统,但 Tribon 系统数据开放性不够,数据库与其它数据库系统接口较少,这给接口开发带来了不少困难。

(2) Vega 虚拟仿真系统中的模型数据格式与其它数据格式的兼容性不够。虽然 MultiGen-Paradigm 公司的视景仿真建模软件 Creator 能够以 DXF、3DS、STL 或 OBJ 格式导入 Tribon 软件中的船舶模型,将模型转换成虚拟仿真系统所支持的 OpenFlight 数据格式,但导入后得到的模型丢失了原有的组织结构,所有的节点信息都在同一层下。

本文以某型船的视景仿真系统为开发背景,在分析 Tribon 导出模型数据和视景仿真用模型数据的

基础上,开发相应的接口转换程序,实现两者之间的直接转换,并对模型进行优化。转换后的模型能被现有的视景仿真直接调用,目前已在大型 SGI 图形工作站上通过调试和验收,模型达到了较强的真实感和沉浸感。

2 接口技术研究

2.1 模型数据的分析

2.1.1 Tribon 导出的模型数据

从 Tribon 系统导出的模型默认为一种 Tribon 自带的二进制数据格式,该格式不开放,目前直接解读还很困难。但 Tribon 可以导出 DXF 格式—CAD 图形标准数据交换格式,且允许用户选择文本格式,可用 Windows 常用的文本编辑器打开,能比较方便地解读,所以可以利用文本格式的 DXF 模型来实现文件转换工作。DXF 文件格式目前发展很快,本文采用 DXF2000 格式作为整个转换的基础,主要是因其最为全面和稳定,开放的接口也最完备,接口的兼容性可以得到有效的保障。

一个完整的 DXF 文件由各个不同的段组成。每段由若干个组构成,每个组占两行。第一行为组的代码,第二行为组的值。组代码和组值合起来表示一个数据的类型和它的值。每个组代码都有其特定的含义,有些组代码的含义是固定的,而有些则因场合不同具有不同的含义。虽然 DXF 文件的数据很多,人工处理显得相当繁琐,但由于 DXF 文件的格式很规范,描述每个段的组代码和组值很有规律,因此便于用高级语言来编写处理程序。

2.1.2 视景仿真用模型数据

在 Vega 开发的视景仿真系统中,预先建好的模型文件以 OpenFlight 格式调入内存,由视景仿真程序进行组织、控制和管理。OpenFlight 采用树状结构和节点属性来描述三维物体,在 Creator 三维建模系统中,用户可选取不同层次节点的几何对象,这样可以保证对物体顶点、面的控制。由图 1 可知,

OpenFlight 的节点类型由高级到低级依次为头节点、组节点、物体节点和面节点,另外还可包括一些特殊节点,例如 DOF 节点、LOD 节点等。组节点可以包含物体节点,也可以包含其它组节点^[3]。

2.2 接口转换过程

2.2.1 数据解析和重构

对于 Tribon 输出的文件,最关键的是掌握文件中图形对象的类型并得到每个图形实体中各个点的坐标。在 DXF 文件的结构中,三维模型的几何信息主要集中在实体段,实体段中包含了如圆、圆弧、多义线和三维面等多种图形对象。每种图形对象又由多个图形实体组成。在每个图形实体中,数据表达的顺序是:先叙述图形实体的图形类型,接着叙述图形实体的名称和相关属性,最后记录每个点的坐标。为此,本文采用两个数组来存储一个图形实体的信息:一个用于存储点的坐标,一个用于存储实体的图形类型。将这两个数组放到一个结构中,当模型中不同类型的图形实体数目不止一个时,就可以采用这个结构来定义一个数组。整个模型由大量不同图形类型的实体所构成,只要读取所有实体的数据,就能得到原始 Tribon 模型的几何信息。

根据 Tribon 导出模型中图形类型的不同建立多个组节点,每个组节点下按照图形实体的名称建立物体节点,最后将顶点的坐标记录到物体节点的面节点中。通过这样的重构方法,以树状的 OpenFlight 数据结构重新构造了原有模型的组织层次。对于 OpenFlight 模型实体而言,它由一个或多个面组成,而

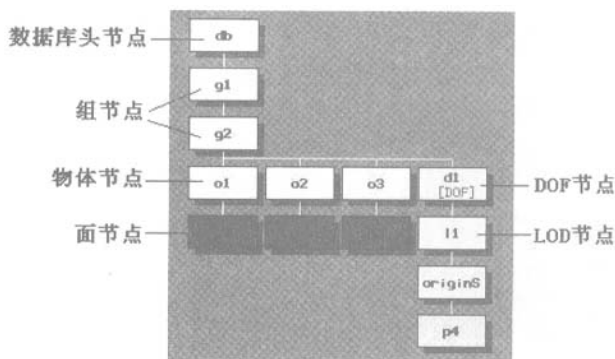


图 1 OpenFlight 在 Creator 中的数据结构

每个面又是由多个顶点来标定的。模型实体的几何造型就是由这些点和面来确定的,模型实体的材质则通过纹理映射来实现。只要将所有顶点的坐标信息记录到数据库中,就保证了模型的准确和真实可靠。

2.2.2 数据转换

在数据转换过程中把 DXF 文件当成普通的文本文件来处理,利用标准的 C 函数,如 fopen、fscanf 等来搜索文件中特定的图形类型字符串,包括 3DFACE、POLYLINE、CIRCLE 和 SOLID 等。读取 DXF 文件中不同图形类型的各个实体的名称和顶点坐标,然后利用 OpenFlight API 函数建立不同的组节点和物体节点,将顶点坐标保存到相应的面节点里。在读取和写入的过程中,各个顶点的坐标临时保存在一组 double 型的数组里,使模型的几何信息得以转移。文件格式转换程序流程图示于图 2。

当 OpenFlight 树状结构上相邻两个多边形节点的颜色、材质或纹理属性不一致时,系统在绘制多边形时将因发生了状态变化而暂停并调用新的属性,从而延缓运行速度^[4]。为了减少状态变化的次数和便于模型优化,程序读取了 DXF 文件中不同图形类型的颜色属性,并根据该属性将颜色相同的不同图形归入不同的组节点。

2.2.3 建立多细节层次的 OpenFlight 模型

由上述数据转换过程生成的 OpenFlight 模型采用三角形网格来描述几何形状。在视景仿真系统中,可交互的帧频率是衡量系统的重要标准。为了实现复杂模型的连续帧绘制,可以采用具有多种细节层次的模型(LOD),根据一定的判断条件适当地选择某个细节层次进行显示。本文采用了 Schroeder 三角形网格简化算法来生成多分辨率的模型。该算法的步骤如下^[5]:

(1) 构造三角形网格顶点的平均平面,平均平面的构造方法为

$$x = \frac{\sum x_i A_i}{\sum A_i}, N = \frac{\sum n_i A_i}{\sum A_i}, n = \frac{N}{|N|} \quad (1)$$

式中 n_i, A_i, x_i 分别为顶点周围第 i 个三角形的所在平面的单位法向量、面积和平均平面的中心点坐标; n, x 分别为平均平面的单位法向量和中心点坐标。

(2) 计算三角形网格中每个顶点到该平均平面的距离,除了复杂顶点(以其为端点的边没有被两个三角形所共享,或者该顶点被一个没有在三角形环中的三角形使用)不能被删除外,为其余顶点进行排序,组成顶点链表。控制删除顶点的个数可以控制模型网格的简化程度。

(3) 如果顶点到平均平面的距离小于给定的近似误差值,那么就删除这个顶点。顶点的删除方法是:对于简单顶点(正好被一个完整的三角形环所包围,每一个以该顶点为端点的边被两个三角形所共享),如果其与一个平均平面的距离小于某个预先定义的值,则该顶点将被删除。对于在三角形网格边界上的顶点,则以其到某一直线的距离作为删除标准,该直线是通过连接两个产生边界的顶点所形成的。顶点 v 到平均平面的距离 d 可表示为

$$d = |n_i \cdot (v - x)| \quad (2)$$

(4) 对删除顶点后留下的空洞采用 Delaunay 三角形剖分法进行局部三角化。

(5) 重复上述操作,直到三角形网格中无满足上述条件的点为止。

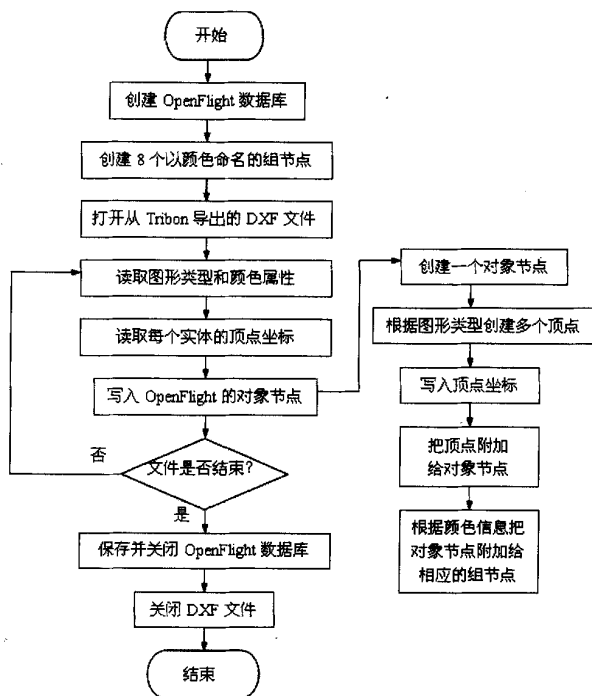


图2 文件格式转换程序流程图

图 3 为叶轮模型的 4 级细节层次简化图,分别适合近距离,中距离和较远距离绘制。由图 3 可见,该算法保持了原模型的细节特性和拓扑结构,具有较高简化效率。

为了加快视景仿真系统的运行速度,本文还对具有多细节层次的 OpenFlight 模型采用实例和外部参考的方法,缩短仿真程序在初始化阶段调用模型的时间,加快主循环阶段的运算并提高刷新率。船舶模型中具有大量形状相同的结构部件,通过运用实例修改同一数据库内几何形状相同的实体节点属性,这样可以重复使用数据库的某一几何实体而无须复制,节省计算机内存和建模时间。对于船舶模型中形状复杂的舾装部件,通过采用外部参考将这些几何实体分配到不同的模型文件,这样可以引用另一个数据库的几何实体而不用复制该实体,节省磁盘空间,并且让组装复杂模型的过程更加流畅。

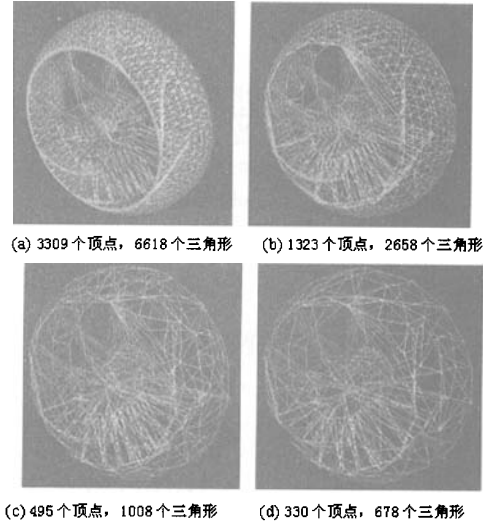


图 3 叶轮的 4 级 LOD 模型

3 视景仿真系统的实现

利用上述接口技术,上海交通大学虚拟现实实验室与中国船舶及海洋工程设计研究院联合开发了某型船的视景仿真系统。该系统采用 Vega 作为仿真驱动程序,以 VC++6.0 为开发工具,实现了在虚拟场景中漫游的视景仿真。仿真驱动程序可以根据获得的外部设备输入改变漫游者的动作方式和视角位置,根据模型几何外形和碰撞检测功能模拟漫游者与环境的互动。该系统建造了场景漫游数据库,提供了舰船、海洋、岛屿、海洋特效和舰船航行特效,可以改变漫游动作方式和视角位置,由三台投影仪实时将图像投到环形大屏幕上,增强了系统的真实感和沉浸感。通过为多批次观众演示该系统,对比调用其它模型的仿真,观众明显反映经过接口转换的复杂模型能提供更强的真实感,为舱室的设计布置提供了评估方案。图 4 示出了该仿真系统某舱室的漫游效果。

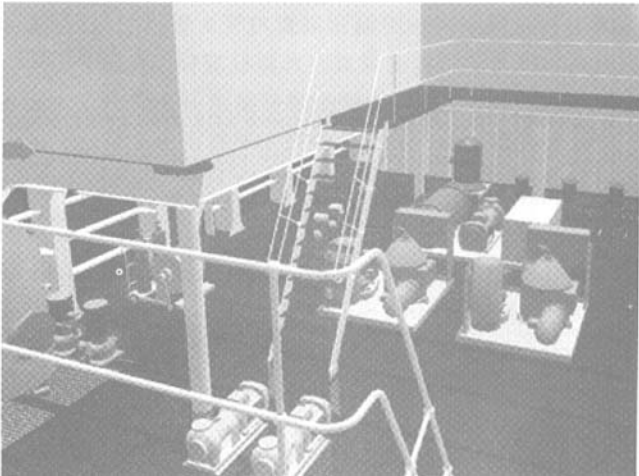


图 4 某舱室的漫游效果

4 结 语

在视景仿真系统开发过程中,需要将 CAD 模型转换成仿真程序所能调用的模型。本文以某型舰船的视景仿真系统为开发背景,对 Tribon 系统与视景仿真系统的接口转换技术进行了研究,并在此基础上开发了接口转换程序,在较短的时间里完成了某型船的整船和重要舱室的三维建模,为仿真系统提供了具有较强真实感的模型,大大提高了工作效率,保证了视景仿真的可评估性。

参考文献:

- [1] NA S-S, KARR D G. Product-oriented optimum structural design of double-hull oil tankers[J]. Journal of Ship Production, 2002, 18(4): 237-248.
- [2] 郑 刚. Tribon 数据提取与 BOM 生成[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2000.
- [3] MultiGen-Paradigm Inc. OpenFlight API User's Guide (Version 2.6) [S]. U. S. A: MultiGen-Paradigm Inc. , 2003.
- [4] MultiGen-Paradigm Inc. Creating Model for Simulations (Version 2.5) [S]. U. S. A: MultiGen-Paradigm Inc. , 2001.
- [5] SCHROEDER W J, ZARGE A, LORENSEN W E. Decimation of triangle meshes[J]. Computer Graphics, 1998, 26(2): 65-70.

Interface Technology Based on Tribon and Visual Simulation

YAO Hai¹, YAN Li², BAO Jin-song¹

(1. School of Mechanical Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China;

2. Marine Design and Research Institute of China, Shanghai 200011, China)

Abstract

Visual simulation is paid more attention as an effective way for evaluation in shipbuilding industry. In order to ensure the reality and reliability of 3D models, models must be converted from CAD into visual simulation efficiently. However, it is hard to realize data seamless transformation because of the different data structure between two systems. Therefore, a novel method of interface technology for the exported Tribon model data and OpenFlight data of visual simulation is presented. In order to satisfy the real-time rendering of visual simulation, multi-resolution LOD model representations are also created by Schroeder triangle mesh simplification algorithm for improving the runtime speed of some developed visual simulation system of ship. The simulation result shows that the system with converted models renders good reality and immersive sense and the interface technology is reasonable and valid.

Key words: ship engineering; visual simulation; DXF; data exchange; Openflight

作 者 简 介

姚 海 男, 1978 年生, 博士研究生。主要从事视景仿真、虚拟现实技术方面的研究工作。

颜 臻 男, 1978 年生, 硕士研究生。主要从事视景仿真、船舶数字化建模方面的研究工作。

鲍劲松 男, 1972 年生, 讲师。主要从事科学计算可视化、虚拟样机方面的研究工作。

作者: 姚海, 颜璞, 鲍劲松, [YAO Hai](#), [YAN Li](#), [BAO Jin-song](#)
作者单位: 姚海, 鲍劲松, [YAO Hai](#), [BAO Jin-song](#) (上海交通大学机械与动力工程学院, 上海, 200240),
颜璞, [YAN Li](#) (中国船舶及海洋工程设计研究院, 上海, 200011)
刊名: 中国造船 [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [SHIPBUILDING OF CHINA](#)
年, 卷(期): 2008, 49(4)
被引用次数: 0次

参考文献(5条)

1. [NA S-S, KARR D G](#) [Product-oriented optimum structural design of double-hull oil tankers](#) 2002(04)
2. 郑刚 [Tribon数据提取与BOM生成](#) 2000
3. [MultiGen-Paradigm Inc](#) [OpenFlight API User's Guide \(Version 2.6\)](#) 2003
4. [MultiGen-Paradigm Inc](#) [Creating Model for Simulations \(Version 2.5\)](#) 2001
5. [SCHROEDER W J, ZARGE A, LORENSEN W E](#) [Decimation of triangle meshes](#) 1998(02)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgzc200804017.aspx

授权使用: 大连海事大学图书馆(dlhsdxtsg), 授权号: 5012e2ce-24ef-4cba-a4ff-9e2401625cdd

下载时间: 2010年11月4日