

# 虚拟 EAST 系统的设计与实现

党宁宁, 肖炳甲

(中国科学院等离子体物理研究所, 合肥 230031)  
(dangning@ipp.ac.cn)

**摘要:** 虚拟 EAST 系统能三维再现 EAST 装置, 并提供 360 度全方位浏览 EAST 内部结构及点击访问相关信息的功能。交互式虚拟 EAST 的建立使用了 3ds Max 和虚拟现实建模语言( VRML) 技术, 3ds Max 提供了良好的可视化开发环境, 可以利用其产生高质量的 3D 模型; VRML 是 Web 上建立三维虚拟模型的标准语言, 可以构造虚拟场景并实现用户与虚拟场景的互动。初步构建了虚拟 EAST 系统, 可以动态交互地再现 EAST 装置, 为全面虚拟 EAST 的三维物理实验建立了基础。

**关键词:** 虚拟现实建模语言; EAST; 三维模型; 浏览器/服务器

**中图分类号:** TP391.9      **文献标志码:** A

## Design and implementation of virtual EAST system

DANG Ning-ning, XIAO Bing-jia

(Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences, Hefei Anhui 230031, China)

**Abstract:** Virtual EAST system displays the 3D model of EAST facility and provides the function of visiting inner structure and information of EAST omni directionally. Virtual EAST tokamak model was preliminarily constructed using 3ds Max and VRML. 3ds Max offers a potentially excellent visual development environment for creating high quality 3D models. While VRML is a standard language for building 3D virtual reality model in Web. The Virtual EAST model reproduced the outline structure of the EAST device which can be viewed dynamically and interactively. This provides the basis for future visualization of EAST 3D experimental physics results.

**Key words:** Virtual Reality Modeling Language (VRML); Experimental Advanced Superconducting Tokamak (EAST); 3D model; Browser/Server (B/S)

## 0 引言

EAST( Experimental Advanced Superconducting Tokamak) 装置是世界上第一个全超导非圆截面托卡马克核聚变实验装置<sup>[1]</sup>, 由中国科学院等离子体物理研究所自主建成。该装置主要由六大部件组成, 分别是: 极向场系统( PF System)、纵场系统( TF System)、真空室( Vacuum Vessel)、冷屏系统( Thermal Shields)、外真空杜瓦( Cryostat Vessel) 和支撑系统( Support System)<sup>[2]</sup>。

作为大科学装置, EAST 不容易被接近, 尤其是其内部主要构造, 因此虚拟 EAST 系统的制作就非常必要。由于该系统能三维再现 EAST 装置, 提供 360 度全方位浏览 EAST 内部结构及点击访问相关信息的功能, 它能使科研人员迅速了解 EAST 装置主要结构及内部信息, 对其科研工作提供极大的帮助; 同时因虚拟 EAST 直观、立体、系统操作界面友好的特点, 也能使更多人认识了解 EAST 装置, 因此意义重大。最重要的是, 该系统的建立, 为全面虚拟 EAST 的三维物理实验建立了基础。

## 1 关键技术

虚拟 EAST 建模主要使用了 3ds Max 和虚拟现实建模语言( Virtual Reality Modeling Language, VRML)。为了有效实现

VRML 文件在网络上的浏览, 以及能够构建虚拟 EAST 系统的交互性, 采用 VRML 和 3ds Max 相结合的方法, 完成虚拟 EAST 的场景构建、交互操作、虚拟漫游。

### 1.1 VRML

VRML 是一门功能非常强大的、基于 Web 的语言, 有着很大的开发潜力; VRML 是 HTML 的 3D 模型。它把交互式三维能力带入了万维网, 即 VRML 是一种可以发布 3D 网页的跨平台语言, 使用 VRML 我们能在 Internet 上设计自己的三维虚拟空间<sup>[3]</sup>。VRML 把二维、三维、动画、多媒体、数据库和人机交互等多种技术融合为一体, 能满足用户多方面的要求。如图 1 所示。VRML 对三维场景有很强的描述能力, 它把现实世界抽象为节点。节点是 VRML 文件最基本的组成要素, 节点由不同的域组成, 域值即为场景特征<sup>[3]</sup>。

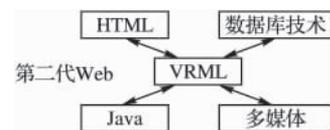


图 1 VRML 与其他技术关系图

### 1.2 3ds Max

3ds Max 是由 Discreet 公司推出的建模、动画及渲染为一体的大型三维软件, 经过不断的换代及更新, 已发展到 3ds Max 9, 其功能也已十分强大<sup>[4]</sup>。虚拟 EAST 的建模即是采用此版本强大的可视化集成开发工具, 大大缩短建模时间。

收稿日期: 2010 - 01 - 06。      基金项目: 国家自然科学基金资助项目( 10835009); 国家 973 计划项目( 2009GB103000); 科学院知识创新工程重要方向性项目( KJCX3. SYW. N4)。

作者简介: 党宁宁( 1986 - ) 女, 河南杞县人, 硕士研究生, 主要研究方向: 计算机仿真、基于 VRML 的虚拟现实技术; 肖炳甲( 1966 - ), 男, 安徽潜山人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 计算机应用、等离子体控制。

## 2 系统方案设计

### 2.1 系统模型

本系统采用 Browser/Server 模型(图2)实现。B/S 模型是采用 Web 服务器为中间件的典型三层体系结构。客户端使用通用的浏览器(Browser),通过浏览器向 URL 指定的 Web 服务器发出服务请求,Web 服务器以 HTTP 协议的形式把数据传送给客户,客户端则由浏览器解释 HTML 的表示逻辑。功能层是具备应用程序扩展功能的 Web 服务器。数据库服务器的任务是接受 Web 服务器对数据库操作的请求,实现对数据库的查询、修改、更新等功能,并把运行结果提交给 Web 服务器。



图2 Browser/Server 模型

B/S 模式相对 C/S 模式来说具有很多优点:首先,B/S 模式大大简化了客户端。采用 B/S 模式不再需要在客户端安装用户界面程序,而是只要安装一个通用的浏览器就行了,同时,由于 B/S 模式的功能都在 Web 服务器上实现,所以大大地降低了维护工作。其次,用户操作变得相当容易。综合以上考虑,虚拟 EAST 系统采用 B/S 模式实现一个三维立体交互的新一代的 Web 系统,更加方便用户使用,提高了信息资源共享度。

### 2.2 系统结构

整个系统的结构如图3所示。



图3 系统逻辑结构

Web 浏览器 VRML 文件是以扩展名 .wrl 或 .wrz 等结尾的,是一种用来描述几何形体的简单的 ASCII 文本文件,VRML 文件不需要任何编译,直接由浏览器解释执行,可以方便地实现桌面虚拟现实。VRML 浏览器一般是作为 Web 浏览器的插件使用的,因而又称为浏览器插件。本系统中采用的浏览器插件是 Cortona3D Viewer。当学习者通过 Web 浏览器请求一个 VRML 文件时,服务器端接收到请求,并将 VRML 文件代码传输到客户端,客户端浏览器通过 VRML 浏览插件对代码进行解释,将 VRML 语言中的信息解释成空间中目标的几何体描述,如长方体、球体、不规则的其他三维物体等,同时它将提供实时显示,一秒显示多次,这样在学习者的计算机上就会有一个活动场景的感觉。而学习者只需用简单的 2D 鼠标,通过切换不同的浏览方式即可遨游于整个虚拟境界,与境界中的物体进行交互。

Web 服务器 Web 服务器隔离了用户对数据服务器的直接访问,保证了数据的安全性。Web 服务器采用 Windows 2000 Server 平台,使用 IIS(Internet Information Server) 提高的 Web 服务。Web 服务器向客户端提供的服务有身份验证服务、数据查询服务和数据显示服务。用 ASP 开发 Web 页面,提供给用户丰富的人机交互手段和数据表示方法,将各个子系统的结构和数据直观地提供给用户。

数据库服务器 数据服务器的数据库采用的是微软提供的 Microsoft SQL Server 2000,它具有 Internet 集成的特性,提供完整的 XML 支持,还具有构成最大的 Web 站点的数据存

储组件所需的可伸缩性、可用性和安全功能。

## 3 系统实现

### 3.1 系统功能概述

系统的主要功能如图4所示,系统的主要功能模块有三维虚拟模型展示、三维诊断信息显示、二维诊断信息显示、诊断信息数据库、电磁测量信息显示、系统使用帮助。



图4 系统功能框图

#### 3.1.1 三维虚拟模型展示

这一功能不仅使用户可以通过浏览器观察到虚拟的 EAST 模型,而且可以直接与其进行交互。用户可以通过鼠标拖动 360 全方位观察 EAST 结构,也可以点击各个部件,将 EAST 装置的各个主要部分一层一层地展现在用户面前。

#### 3.1.2 三维诊断信息显示

EAST 装置真空室内部环绕一周有 16 个窗口,每个窗口内部及其窗口与窗口之间都有很多诊断信息,虚拟 EAST 系统使用户可以在漫游真空室内部的同时查看自己感兴趣的窗口中的诊断信息,如同身临其境。

#### 3.1.3 二维诊断信息显示

为了更加方便用户了解 EAST 内部结构以及查看各个部分的信息数据,虚拟 EAST 系统中还提供了相应的全局和局部的平面二维图形,通过点击这些二维图形中的窗口标识可查看对应的诊断信息。

#### 3.1.4 诊断信息数据库

上面所访问的所有信息都存储在诊断信息数据库中。这一数据库提供了分类显示、信息查询、信息增加、信息修改、信息删除、用户管理和类别管理七种功能。这一强大的数据库系统方便用户对诊断信息及其种类查询、增加、删除及修改等管理操作,同时还提供了用户管理功能。系统中有两种用户:一种是普通用户,可以查询所有诊断信息,提交信息;另一种是超级用户,即管理员除了拥有普通用户所有的权限外,还拥有用户管理、类别管理及对所有的信息进行管理的功能。

### 3.2 EAST 3D 模型的实现

#### 3.2.1 建模流程

建模流程如图5所示。建模第一步是要进行真实模型的数据采集,收集场景信息,并且翻阅 EAST 装置总体设计图纸以及各个子部分的图纸。

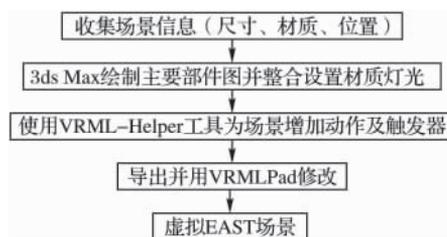


图5 建模流程

#### 3.2.2 利用 3ds Max 创建三维模型

在 3ds Max 中建模时,将 EAST 装置的主要部分极向场系

统、纵场系统、真空室、冷屏系统等拆分开 根据图纸现实尺寸分别建模,由于虚拟 EAST 系统中对装置不要求特别精准,因此在建模过程中可以进行必要的简化。装置各大部件基本形状都是封闭的圆弧形,为了便于访问者能够观察到装置内部的详细架构,建模时特将各部件做成 240°。采用放样 (LOFT) 法建模生成物体模型,放样法建模是截面图形 (SHAPES) 在一段路径 (PATH) 上形成的轨迹,截面图形和路径的相对方向取决于两者的法线方向。路径可以是封闭的,也可以是开敞的<sup>[4]</sup>。这里路径都设置成 240°的圆弧,截面图形根据部件形状绘制。各个部件建模完成后,组装成一个整体,赋予材质和灯光,添加摄像机。

当场景被完全制作好后,选择 3ds Max 中文件/导出菜单,出现一个对话框,点击“保存类型”下拉列表框,选择“VRML (\* .wrl)”文件类型,最后取一个名称,这里为 Virtual EAST.wrl,单击“保存”,会出现一个 VRM197 导出器对话框,取其默认值,单击 ok 即可生成需要的 wrl 文件。在 VRML 浏览器中检查效果,并不断反复修改直到满意为止。

### 3.3 数据库的设计与实现

系统中的诊断信息数据库为 eastinfo,数据库包含用户表 users,其表结构如表 1 所示;所有诊断信息的 info 表和诊断信息类别表 category,这两张表的关系如图 6 所示。

表 1 users 表的结构

字段名称	字段类型	字段长度 /b	说明
id	int	4	主键
username	nvarchar	50	用户名
userpwd	nvarchar	50	密码
realname	nvarchar	50	真实名字
email	nvarchar	100	邮箱地址
flag	smallint	2	用户类型标识

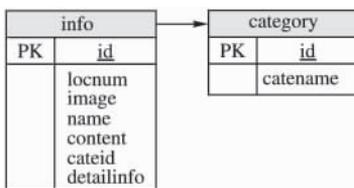


图 6 info 表与 category 表的关系图

## 4 系统应用

虚拟 EAST 系统中真空室显示如图 7 所示,按住鼠标左键拖动即可以 360°全方位地浏览真空室内部窗口,单击窗口即可以弹出显示窗口信息的网页。图 8 采用更便捷的全方位浏览窗口,单击窗口直接在右下方显示出窗口信息的详细介绍。



图 7 虚拟 EAST 真空室内部 360°显示



图 8 真空室内部窗口详细信息显示

## 5 结语

基于 VRML 的虚拟 EAST 系统,已经初步建成并投入使用,取得了良好效果,证明了 VRML 语言强大的开发潜力,它把交互式三维能力带入了万维网,使用户了解装置构造的同时还能掌握信息,界面操作友好,将抽象的物理实验装置,以直观、立体的形象展现在用户面前。该技术把二维、三维、动画、多媒体、数据库和人机交互等多种技术融合为一体,能满足用户多方面的要求,使用它开发的虚拟三维系统具有极大的扩展性和良好的应用前景,同时也具有极大的借鉴意义。

### 参考文献:

- [1] WAN YUANXI, LI JIANGANG, WENG PEIDE. First engineering commissioning of EAST Tokamak[J]. Plasma Science & Technology, 2006, 8(3): 253 - 254.
- [2] 武松涛. HT-7U 装置主机结构及总装介绍[M]. 合肥: 中国科学院等离子体物理研究所, 2003.
- [3] 赛博科技工作室. VRML 与 Java 编程技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [4] 万志成. 3ds max 9 基础入门与范例提高[M]. 北京: 科海电子出版社, 2008.

(上接第 242 页)

并行实现”将难以从程序级进行并行化的后处理程序,以较小的代价进行了并行化,使用 38 个 CPU 将整个后处理系统 (A、B、C 三部分) 原执行墙钟时间从 9 820.64 s,减少至 342.02 s,从而减少了整个数值天气预报系统运行的墙钟时间,提高了预报结果的实时性。

### 参考文献:

- [1] 赵军,张磊,李金才,等. 基于安腾 2 的机群系统设计实现与气象应用[J]. 计算机工程与科学, 2007, 29(7): 85 - 87
- [2] 薛纪善、陈德辉. 数值预报系统 grapes 的科学设计与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008.

- [3] WHITE P W. Ifs documentation part iv: Technical and computational procedures (cy25r1)[EB/OL]. [2009 - 10 - 01]. <http://www.ecmwf.int>.
- [4] HWANG K, XU ZHIWEI. 可扩展并行计算——技术、结构与编程[M]. 陆鑫达, 曾国荪, 邓倩妮, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [5] TROAN E W, JOHNSON M K. Linux 应用程序开发[M]. 武延军, 郭松柳, 译. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [6] MPI Standard[S/OL]. [2009 - 10 - 01]. <http://www-unix.mcs.anl.gov/mpi/standard.html>.