

# 基于 X3D VRML 的飞机螺旋桨机构运动仿真

王金柱

( 华北电力大学计算机科学与技术学院,北京 102206 )

**摘 要:**本文详细阐述了利用 X3D VRML 技术实现飞机螺旋桨机构运动仿真的原理和过程,并解释了实现过程中的关键技术。用户可在装有 VRML 插件的 Web 浏览器中观察其仿真效果,并可通过鼠标进行交互操作。

**关键词:**Web3D;X3D VRML;虚拟现实;建模;仿真

近几年,X3D VRML 技术在大型设备构件三维仿真中得到了良好的应用。X3D VRML 技术是一种可交互操作、可扩展、跨平台的网络 3D 标准,是 XML 标准与 3D 标准的有机结合。X3D VRML 技术相对于传统的建模仿真技术来讲,具有如下的优点:文件小巧,便于网络传输;能够在 Web 浏览器上实时浏览,并具有强大的交互功能;搭建开发平台所需软硬件价格低廉,易于推广。所以,X3D VRML 技术为虚拟现实(VR)技术和仿真(Simulation)技术提供了一种很好的解决方案。本文以飞机螺旋桨机构运动为原型,详细阐述了 X3D VRML 技术在 Web 环境下实现仿真的原理与过程,并解释了实现过程中的关键技术。

## 1. X3D VRML 标准介绍

### (1) VRML 语言介绍<sup>[1,2]</sup>

VRML(Virtual Reality Modeling Language,即虚拟现实建模语言)是原来的网络 3D 图形的 ISO 标准,是用于描述虚拟环境场景的一种标准建模语言。VRML 发展历史并不很长,VRML 协会(VRML Consortium)于 1995 年推出其 1.0 版规范,于次年又推出了改进的 2.0 版规范。2.0 版有如下改进:对静态场景描述有所增强;增加了交互性;增加了动画和行为的描述;增加了构造原型的功能。1997 年 12 月,VRML 协会将 VRML 作为国际标准正式发布,并于 1998 年 1 月获 ISO 批准,称为 VRML97。同时,VRML 协会在 1997 年将它名字改为 Wed3D 协会(Web 3D Consortium),并制定了 VRML97 新的国际标准。

VRML 文件(.wrl)本身是一种把三维图形和多媒体结合起来的文件格式,它能够把图形对象和声音对象通过各种机制灵活地展示出来,并能够在互联网上进行三维场景传输、实时漫游、网络共享。实际上,VRML 文件本身只定义了客户端应如何渲染的指令而不是渲染后的场景,而渲染场景的工作由第三方提供的 VRML 浏览器插件来完成。

### (2) X3D 介绍<sup>[3]</sup>

X3D 是 VRML 的继承,2001 年 8 月 Wed3D 协会发布新一

代国际标准——X3D(X3D 的含义是可扩展的 3D)。X3D 是在重要软件厂商(如 3DLabs、ATI Technologies、ParallelGraphics、Sony Electronics 等)的支持下提出的。X3D 的主要任务是把 VRML 的功能封装到一个轻型的、可扩展的核心之中。因为 X3D 是可扩展的,所以任何开发者可以根据自己的需求,扩展其功能。在 SIGGRAPH 2002 会议上 Wed3D Consortium 发布了 X3D 最终工作草案,Wed3D Consortium 准备将该规范递交给国际标准化组织 ISO,同时 Wed3D Consortium 希望 Wed3D 软件公司使用 X3D 规范来开发相应产品并评估规范的可行性。

## 2. X3D 的技术特点

(1) 3D 图形:多边形化几何体、参数化几何体、变换层级、光照、材质、多通道纹理贴图;

(2) 2D 图形:在 3D 变换层级中显示文本、2D 矢量、平面图形;

(3) 动画:计时器和插值器驱动连续动画;人性化动画和变形;

(4) 空间化的音频和视频:在场景几何体上映射视听源;

(5) 用户交互:基于鼠标的选取和拖曳;键盘输入;

(6) 导航:摄像机;用户在 3D 场景中的移动;碰撞、接近和可见性检测;

(7) 用户定义对象:通过创建用户定义的数据类型,可以扩展浏览器的功能;

(8) 脚本:通过程序或脚本语言,可以动态的改变场景;

(9) 网络:可以用网络上的资源组成一个单一的 X3D 场景;可以通过超链接对象连接到其他场景或网络上的其他资源;

(10) 物理模拟:人性化动画;地理化数据集;分布交互模拟(Distributed Interactive Simulation——DIS)协议整合。

X3D 标准的发布,为互联网 3D 图形的发展提供了广阔的前景。无论是小型的具有 3D 功能的 Web 客户端应用,还是高性能的广播级应用,X3D 都应该是大家共同遵守的标准,在统一的 X3D 基本框架下保证不同软件厂家开发的软件具有互操作性。

3. 基于 X3D VRML 的飞机螺旋桨运动仿真的实现

(1) 系统实现步骤及设计目标

本系统实现虚拟环境下的机构运动仿真主要分以下三个步骤:首先建立运动机构的静态模型,即“.x3d”文件;其次根据螺旋桨机构的运动特征并配合运用 X3D 强大的动画及交互功能在“.x3d”文件中模拟动画仿真;最后将“.x3d”源文件编译成“.wrl”文件格式实现在 Web 浏览器中浏览。

实现飞机螺旋桨机构运动的仿真的设计过程中要尽量提高模型的真实性和运动模拟的精确性和交互操作的实时性。最终能够在 Web 浏览器上观察到逼真、准确、实时的效果。

(2) 静态模型的建立方法<sup>[4]</sup>

以前建立 VRML 实体模型大致有两种方法:一种是利用 VRMLPad 工具直接生成 VRML 格式模型;另一种是利用专业的三维建模工具(如:UG、Pro E、SolidWorks 等)先建立模型,然后再通过第三方插件输出为 VRML 格式模型。现在,随着 X3D- Edit 编辑工具的出现,我们有了更方便、快捷的方法。

X3D- Edit 是图形化 Extensible 3D( X3D) 文件编辑器,它是通过 X3D 3.0 DTD 定义的 X3D 3.0 tagset 标签集来定制 Java 平台下的通用 XML 编辑器。在编辑 X3D 场景文件时,X3D- Edit 可以提供简化的无错的创作和编辑方式。

本系统需要用 X3D- Edit 编辑器建立一个名称为 airplane.x3d 的模型文件。X3D 标准中的所有基本几何形体都是通过一个叫 Shape 的元件来实现的。Shape 元件在 X3D- Edit 编辑器中表示为一个节点,它一般包含以下两个子节点:一个是 Appearance 子节点,它通过 Material 节点来描述这个形体的外观(包括材质、颜色、贴图元素);另一个子节点用于描述这个形体的基本几何形状如:Box、Cylinder、Sphere 等)。

X3D 场景层次关系如图 1 所示:

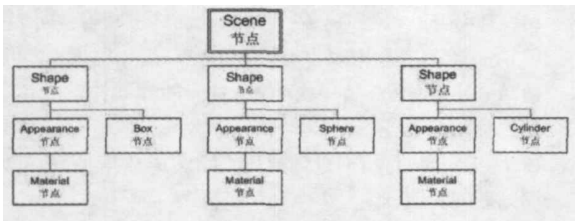


图 1 X3D 场景的层次关系图

图 2 所展示的就是 X3D- Edit 编辑器中 Shape 元件的基本语法,图中节点描述的就是飞机模型( airplane.x3d) 机身的主体部分。

事实上,利用 Shape 元件的复杂组合,我们可以搭建出任何实体模型。这样,X3D- Edit 编辑器就可以完成其它专业建模软件(如:UG、Pro E、SolidWorks 等)同样能完成的工作。

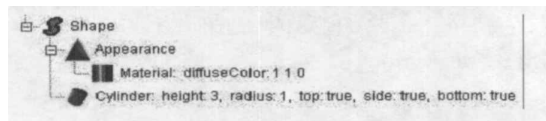


图 2 Shape 元件的基本语法

(3) X3D 动画的实现原理<sup>[3]</sup>

在 X3D 中,动画的仿真涉及到时间触发器、插值器、事件和路由。

时间触发器 TimeSensor

触发器或者叫做传感器,是用来产生不同类型的事件。时间触发器 TimeSensor 根据时间来不断产生事件,时间触发器 TimeSensor 的主要域有:

- A.cycleInterval: 每个周期的长度,以秒为单位,取值大于 0;
- B.enabled: 为 True,当条件成立时产生时间相关事件;为 False,任何条件下都不会产生时间相关事件;
- C.loop: 表明时间传感器是无限循环,还是在一个周期后被终止;
- D.startTime: 开始产生事件的时间;
- E.stopTime: 终止产生事件的时间。其值若小于等于起始时间,则被忽略;
- F.pauseTime: 暂停时间。若现在时间 pauseTime, isPaused 值变为 True,暂停;
- G.resumeTime: 恢复时间。当 resumeTime 现在时间, isPaused 值变为 False,再次激活;
- H.isActive: 表明时间传感器当前是否在运行。若在运行,则返回 True;若处于停止状态,则返回 False。isPaused 表明时间传感器当前是否在暂停;
- I.cycleTime: 在每个周期开始时,返回当前时间;
- J.fraction\_changed: 当前周期的完成比。从 0(周期开始)到 1(周期结束);
- K.time: 从格林威治时间 1970 年 1 月 1 日子时(午夜 12 点)至今所经过的秒数。

插值器

X3D 中的插值器就起到设定关键帧并自动生成中间帧的作用。它主要有颜色插值器节点( ColorInterpolator)、坐标插值器节点( CoordinateInterpolator)、位置插值器节点( PositionInterpolator) 和比例插值器节点( ScalarInterpolator)。除此之外,X3D 还提供比较专业的插值器,如 NURBS 曲线系列插值器等。

事件

事件( Events) 是在 X3D 运行环境中产生行为的主要方法,这种方法用来改变输入域的输入值或接受域的输出值,分别又称为发送到输入域的事件和输出域发送的事件。

路由

路由( Route) 声明允许我们把一个节点的输出事件连接到另一个节点的输入事件上,这样可以执行复杂的行为,而不需要使用程序命令。在路由中,一个输出事件发生,相应的输入事件就会接受到通知,同时可以对输入事件的变动做出相应的处理。这个处理可以改变节点的状态,产生额外的事件,或者改变场景图的结构。

Route( 路由) 不是节点,它是一个语句。ROUTE 语句是建立指定节点的域之间通道的语法构件。ROUTE 语句可以出现在 X3D 文件的最上层,或者也可以出现在节点中任何可

以使用域的地方。ROUTE 语句应该放置在路由的源节点和目的节点之后,而不能放置在源节点中或目的节点中。

图 3 所展示的就是 X3D - Edit 编辑器中时间触发器、插值器、路由的基本语法,图中节点描述的就是飞机螺旋桨构件模型 (airplane.x3d) 基本动画的生成部分。

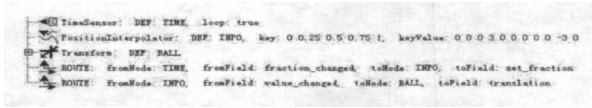


图 3 时间触发器、插值器、路由的基本语法

(4) 系统实现的关键技术

实现本系统的关键技术在于模拟动画的生成,图 3 展示了动画生成的节点代码,下面对图 3 所示的代码原理进行阐述。

我们先定义了一个名为 TIME 的时间触发器。之所以给它定义一个名称,是由于在 ROUTE 语句中要使用它。然后定义了一个名为 INPO 的位置插值器。由于构件的位置需要不断变化,因此我们将 Transform 作为 Shape 的父节点。最后两个 Route 语句是理解仿真动画生成的关键。

第一个 Route 语句,如图 4 所示:



图 4 时间触发器在第一个路由中的功能

这是建立 TIME 中的 fraction\_changed 和 INPO 的 set\_fraction 的事件关联。

第二个 Route 语句,如图 5 所示:

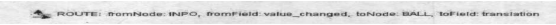


图 5 位置插值器在第二个路由中的功能

这是建立 INPO 的 set\_fraction 和 BALL 的 translation 的事件关联。

这样,当 TIME 中的 fraction\_changed 变化时引起位置插值器 set\_fraction 值的变化,当输入一个 key 值,位置插值器就输出一个 keyValue,由于位置插值器的 keyValue 值是一个坐标值,因此作为 Transform 节点 translation 域的输入值,从而使构件的位置自动改变。由于时间触发器的 loop 设为 True,这样不断有事件产生,从而构件的位置不断变化,这样构件早就设定好的参数运动起来了,动画效果就生成了。

最后需要说明的是,由于我们使用了时间触发器的 fraction\_changed 事件,而 fraction\_changed 值的变化是 0 到 1 之间,因此我们在指定插值器的 key 时也应是 0 到 1 之间的序列值,并且每一个序列值要与插值器的 keyValue 相对应,不能多也不能少。

(5) 仿真效果的实时浏览

将编辑好的 X3D 文件 (airplane.x3d) 通过 X3D- Edit 编辑

器的编译功能生成 VRML 文件 (airplane.wrl)。如果需要在 Web 浏览器中观看,需要安装 VRML 浏览器插件,推荐使用 ParallelGraphics Company 最新的 VRML 浏览器插件——Cortona VRML Client 5.0 作为其 VRML 插件。(http: www. parallel-graphics. com)

飞机螺旋桨机构运动仿真的 Web 浏览效果如图 6 所示:

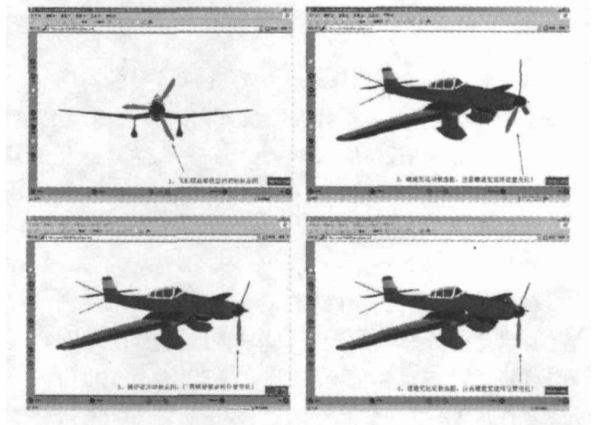


图 6 飞机螺旋桨构件运动仿真效果图

利用 VRML 浏览器插件的自带功能,可以对飞机模型分别以远景、近景或不同角度进行浏览,用户操作起来极为方便。而且,从图中可以清楚地看到螺旋桨机构自身在做旋转运动,展示了螺旋桨机构运动仿真的真实效果。

4. 总结<sup>[5]</sup>

本文详细阐述了利用 X3D VRML 技术实现飞机螺旋桨机构三维运动仿真的原理与过程,该系统具有以下特点:(1) 形象逼真;(2) 交互性强;(3) 文件小,便于网上传输;(4) 实现简单快捷;(5) 对系统的要求较低。这种方法不仅在机构设计、运动仿真方面展示了其强大的功能,而且在网络时代的许多领域都有较大的应用前景。为此,笔者将进一步研究如何将 Java 技术强大的开发功能和 X3D VRML 技术高效的网络 3D 功能结合起来,来创建基于网络虚拟环境的大规模 Web3D 综合平台。

参考文献:

[ 1 ] 董光辉,徐晓慧.基于 VRML 三维协同装配可视化的实现.工程图学学报,2002,23(2):210~214.  
[ 2 ] 冯桂珍,池建斌,王晨,王大鸣.VRML 模型创建工具中可视化交互操作的设计和实现.系统仿真学报,2006,18(2):387~390.  
[ 3 ] 徐利明,姜昱明.可漫游的虚拟场景建模与实现,2006,18(1):121~124.  
[ 4 ] 阳化冰,等.虚拟现实构造语言 VRML.北京航空航天大学出版社,ISBN 7-81012-991-0 TPT.405,2000 年 9 月.  
[ 5 ] Liu Junqiang, San Ye, WANG Zicai. Virtual environment of simulation system for complex industry plant. Journal of System Simulation, 2000, 12(3):188-192.