

3Ds Max 与 VRML 在机械产品虚拟设计中的应用

王 东¹, 李志荣²

(1 四川理工学院建筑工程学院, 四川 自贡 643000 2 四川理工学院机械工程学院, 四川 自贡 643000)

摘 要: 虚拟设计是数字化建模与仿真技术的综合应用, 在机械产品真实制造出来以前, 通过数字化虚拟模型来模拟和预测产品在特定环境中的工作状况, 通过运动和动力学仿真分析, 发现设计中的缺陷, 尽早修改设计方案。文章详细论述了利用 3Ds Max 建立产品数字化虚拟模型和通过 VRML 编写脚本程序实现产品基于网络的交互式运动和动力仿真分析的方法。运用该方法成功地构建了基于网络的齿轮减速器动态仿真系统。

关键词: VRML; 3Ds Max 虚拟设计; 数字化虚拟模型; 运动和动力学仿真

中图分类号: TP391

文献标识码: A

引 言

虚拟设计 (Virtual Design) 是现实产品开发在计算机上的数字化映射, 它使现实产品开发全过程的一切活动及产品演变过程都基于数字化模型, 并对产品质量和工作性能进行预测和评价, 实时地修改和优化设计结果。与传统的设计和制造相比较, 虚拟设计不生产实际的产品, 它具有高度集成、快速成型、数字化分布合作、直观可视化和良好的交互性等特征。

基于网络的虚拟设计体系的核心内容包括产品三维数字化建模和异地产品交互式数字化仿真两个方面。产品三维数字化建模主要以面向对象技术为工具, 以 STEP (Standard Exchange of Product data model 产品模型数据交换标准) 为指导思想, 建立支持工程分析和异地并行设计的基于装配的约束参数化虚拟模型, 然后以统一数据格式输出模型, 进行实时渲染, 通过事件响应, 对虚拟模型进行移动、旋转、视点变换、碰撞检测、干涉校验及关联运动等操作, 从而实现产品全生命周期的交互式仿真。基于此, 本文主要讨论用 3Ds Max 为建模工具, 建立产品三维数字化虚拟模型, 将模型数据输出成 wrf 文件格式, 通过 VRML (Virtual Reality Modeling Language 虚拟现实建模语言) 的 Script 节点引入 Java、JavaScript 或 VRMLScript 语言编写的脚本程序来控制虚拟模型的交互式仿真, 从而实现机械产品网络虚拟制造

的方法和步骤。

1 利用 3Ds Max 与 VRML 实现机械产品数字化建模及基于网络的运动和动力仿真分析原理

在网络环境下实现机械产品的并行化仿真虚拟设计, 首先需要解决的问题是产品三维模型的可视化浏览, 通常情况下, 用户通过 Internet 下载模型数据文件, 数据不是从本地硬盘中读取, 浏览器的运行环境、操作系统各不相同, 所以 CAD 数据很难直接以 Web 方式用浏览器显示。而 VRML 是面向网络、访问方式基于客户/服务器模式 (Client/Server Mode) 的。服务器作为中心工作站提供 VRML 文件 (.wrl 格式) 及其支持资源 (图像、声音、文字等), 客户端通过网络下载希望访问的文件, VRML 源程序文件不必进行其他语言源程序文件 (如 C 语言) 所必需的编译连接等处理, 只需通过本地平台上的 VRML 浏览器 (Browser) 运行该程序, 就可以在三维空间中生成机械产品的虚拟模型并实现客户端的动态立体化仿真与交互。VRML 浏览器解释、执行和运行 VRML 文件的机制和利用浏览器显示 HTML 文件的机制完全相同, 由于浏览器安装在本地平台上, 因此对 VRML 模型文件的交互式操作是与网络平台无关的。在交互的过程中, VRML 提供了 6+1 度的自由度, 即机械产品可以沿三个方向移动, 也可以沿三个方向转

动,同时还可以建立与其它虚拟设计系统的超链接,因此 VRML是超空间的,相对于其它在网络上运用的语言而言,VRML的图形渲染是实时的,这种图形渲染的实时性,实现了在虚拟设计系统中的人机可交互性。

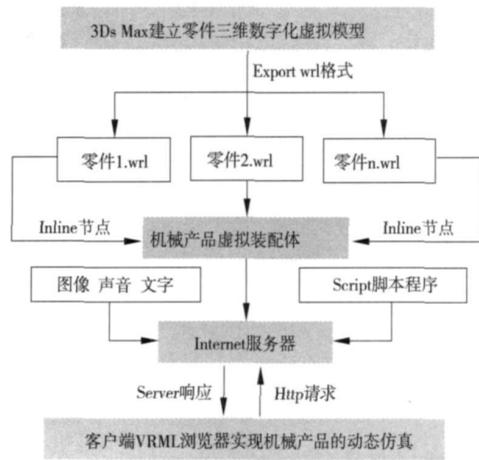


图1 机械产品建模及网络仿真系统

利用 VRML和 3Ds Max实现机械产品网络虚拟设计的方法及步骤如图1所示。

2 3Ds Max与 VRML相结合的机械产品三维数字化建模技术

产品建模应该反映产品信息的模型空间,根据产品功能构思出产品的工作原理、运动方式、能量传递路线、结构形状以及所使用的材料。三维数字化虚拟模型是实际机械产品的数学表示,采用这种包括实际机械产品拓元素和几何元素的虚拟模型,可以从 CAD系统中得到如 NC编程、有限元分析、虚拟装配等工程应用所需要的各种信息,可以在产品真实制造以前,完善表达产品的信息和数据,以此来模拟、支持产品设计、制造、使用过程中的各种活动。

2.1 网络仿真系统零件三维数字化建模方法

构建基于网络的虚拟仿真系统,零件三维数字化建模方法有两种:一是利用 VRML语言本身提供的建模功能,直接编写源程序代码生成零件模型;二是使用 CAD软件如 3Ds Max建立产品三维数字化虚拟模型,再将该模型文件通过接口工具 Export菜单选项输出,转化保存为扩展名为 wrl的 VRML文件。

(1)VRML程序代码建立零件三维数字化虚拟模型。VRML通过各种对象来描述零件三维模型,对象及其属性用节点(node)表达,每个节点具有一个或多个域(field),同类型的节点根据域值的不同而不同。节点之间可以并列或层层嵌套使用,零件模型由具有基于特定形状、材质、纹理和颜色外观的不同层次结构的多个节点组成。每一个简单零件单元可以通过 Box、Sphere、Cone、Cylinder等基本几何形体节点结合 IndexInSet

Extrusion、PointSet、ElevationGrid等构造几何形体节点来生成,再用 Transform空间坐标变换节点对每一结构进行平移、旋转和缩放,最后根据产品结构用 Group编组节点将各零件单元组合在一起,形成完整的机械产品三维数字化虚拟模型。模型建立好以后,还可以利用渲染节点,对产品进行光照、着色、纹理贴图、加入立体声音等真实感处理。

(2)3Ds Max建立零件三维数字化虚拟模型。3Ds Max基于模型的几何建模方法主要有多边形(Polygon)建模、非均匀有理 B样条曲线建模(Non-Uniform Rational B-Splines)和细分曲面建模(Subdivision Surface),通常建立一个模型可以分别通过几种不同的方法得到,但有优劣、繁简之分。根据虚拟设计系统的要求,选取合适的建模方法,用参数化设计思想,使用模型库中的模型或编辑修改功能建立所需要的三维模型。3Ds Max建立零件三维数字化虚拟模型应当遵循一个原则:在能够保证视觉效果的前提下,尽量采用比较简单的模型,而且若能用参数化方法构建的对象尽量用参数化方法构建,同时,在模型创作过程中,对模型进行分割,分别建模,以利于在虚拟设计系统中对各个零件进行动态操作和实时修改。

3Ds Max建模过程直观,模型形象逼真,立体感强,但生成的机械零件不具备实时的交互性;VRML语句简练,能通过编程接受用户操作,与用户进行实时交互,但用 VRML程序代码建立零件三维数字化虚拟模型,要把复杂零件不同结构的位置数据和 VRML立体空间坐标对应起来是很烦琐的,为了克服这一缺点,基于网络的虚拟设计系统的构建必须把这两种方法结合起来:在 3Ds Max环境下建立零件三维数字化虚拟模型,输出为 wrl格式,利用 VRML的动态感知节点 Sensor和脚本节点 Script实现虚拟设计系统的人机可交互性。

2.2 由零件三维数字化虚拟模型构建网络仿真系统

装配体是一组相互关联的零件的集合,装配就是把几个零部件套装在一起形成一台机器或一个部件的过程。装配模型的完整信息包括三个方面:零件信息;确定装配中零件位置和方位的装配关系信息;装配体中零件之间的父子从属关系信息。由零件三维数字化虚拟模型构建产品虚拟装配体采用结构化、模块化、层次化的嵌套式结构,建立 VRML的 Transform节点,每个 Transform节点的 Children域的 Inline内联节点的域值对应一个 wrl格式零件模型的 URL地址,通过 URL地址将零件信息导入虚拟装配体;多个零件模型的导入通过增加节点实现,这些节点逐层嵌套包含,表达装配体、子装配体及零件之间的父、子从属关系;Transform节点的 Translation域、Rotation域和 Scale域分别控制零件模型在 VRML三维坐标系中的平移、旋转和缩放变换,以达到各零件模型外形尺寸的一致性,表达装配体中各零

件位置和方位的装配关系。如由零件三维数字化虚拟模型构建齿轮减速器虚拟装配体的 VRML 部分源程序编写如下:

```
DEF XiangTiTransform {
translation 0.0 0.0 0.0 rotation 0 0 0 0 scale 1 1 1
children [ Inline { url "箱体.wrl" } ] }
DEF DachLunTransform {
translation 2 1.5 1.8 rotation 0 0 0 0 scale 1 1 1
children [ Inline { url "大齿轮.wrl" } ] } .....
```

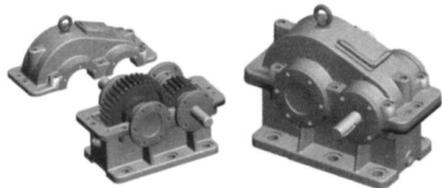


图 2 齿轮减速器 VRML 虚拟装配体

Inline 内联节点是一种虚拟空间造型技术, 它允许在分离的环境中创建虚拟设计系统所需的单个零件模型, 然后将这些模型组织起来构建出复杂的虚拟装配体。这种模块化的软件工程设计思想, 不仅提高了软件的设计质量, 给程序的调试带来很大的方便, 而且有利于对组成虚拟装配体的各个零件模型再进行脚本编程, 实现虚拟仿真中的交互式运动控制。

3 网络仿真系统的交互式运动和动力学仿真事件执行机制

VRML 的仿真交互与动画执行都是由事件驱动的, 只有加入了动态感知节点才能实现虚拟制造系统与用户的交互, 其中包括时间传感器节点、动画插补器节点、触摸节点及感知节点。各个节点不能孤立的响应外界的变化, 由 route 语句来定义事件的路由。节点由域和事件组成, 其中域的取值决定了节点的不同状态, 从而决定了虚拟模型的当前状态, 事件则为节点提供了接收外界消息以及向外界发送消息的能力。节点通过入事件 eventIn 接收事件, 引起节点域值的改变, 通过出事件 eventOut 发出事件, 一个节点的事件出口和另一个节点的事件入口之间用于传递事件的通路称为路由 (route), 通过路由联系起来的节点形成事件体系。事件体系是场景图除节点层次体系之外的另一基本组成部分, 通过事件体系, 事件得以蔓延传播而引起节点域的变化, 即动态改变虚拟模型的显示状态, 实现虚拟制造系统的交互式仿真。产生事件的最初原因是环境变化、用户交互或时间的推移, 检测器节点能够检测到这种变化并通过路由发送到场景中其它节点的入事件域并被目标节点处理, 这种处理可能改变节点域值, 产生其它事件, 或者修改场景图的结构, 从而为场景提供了动态性。

齿轮减速器仿真系统中, 实现齿轮啮合运动仿真的基本原理是: 定义控制动画效果的时钟传感器 TimeSensor

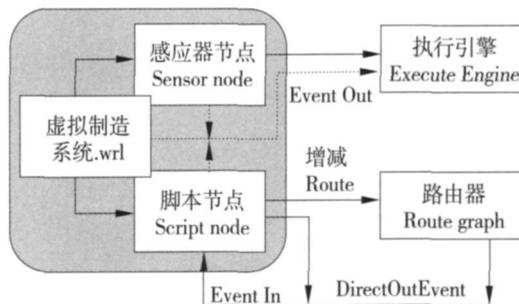


图 3 网络仿真系统的交互式运动和动力学仿真事件执行机制

节点, 通过这个传感器的输出, 驱动齿轮减速器虚拟装配体中大小齿轮的方向插值器 OrientationInterpolator 节点作线性插值, 齿轮啮合转动完成齿轮机构的运动仿真动画。连接时钟传感器 TimeSensor 节点和 OrientationInterpolator 节点的指令是 Route 语句, 它将 TimeSensor 节点的 EventOut 出事件传递给 OrientationInterpolator 节点的 EventIn 入事件。即时间传感器 TimeSensor 给出一个控制动画效果的时钟, 这个时钟包含了动画效果的开始时间、停止时间、时间间隔和是否循环等动画参数。然后通过这个时钟的输出在虚拟装配体中驱动各种内插节点产生各种动画效果, 而在内插节点中将给出各种动画效果的关键点和关键值, 浏览器将自动根据这些关键点通过线性插值的方法来完成整个动画过程。

由机械原理知识可知: 外啮合齿轮机构, 大小齿轮旋转方向相反, 大齿轮齿数多, 转速慢, 小齿轮反之。故大小齿轮时间传感器的循环周期 cycleInterval 设置应与齿轮齿数成正比, 方向插值器 OrientationInterpolator 的 KeyValue 值绝对值相等, 正负符号相反。

实现齿轮减速器仿真系统中齿轮啮合运动仿真的关键程序代码为:

```
DEF BigGearTimeSensor {
# 定义控制大齿轮运动的时间传感器
cycleInterval 30
# 大齿轮时间传感器循环周期
bop TRUE }
# 循环运动为真
DEF BigGear-rotateOrientationInterpolator {
# 大齿轮转动轨迹
key [ 0 0.5 1 ]
# 大齿轮循环周期中的关键点
keyValue [ 0 0 1 0 0 0 1 3.14 0 0 1 6.28 ] }
# 对应关键点的坐标关键值
DEF SmallGearTimeSensor {
cycleInterval 15
bop TRUE }
```

```

DEF SmallGear- rotate OrientationInterpolator {
key [ 0 0.5 1 ]
keyValue [ 0 0 1 0 0 0 1- 3.14 0 0 1- 6.28 ] }
# 大小齿轮旋转方向相反
DEF TTT TouchSensor { enabled TRUE }
#接触传感器检测用户是否点击到齿轮机构
ROUTE TTT. isOver TO BigGear set enabled
# 鼠标移到齿轮机构模型将触发大齿轮时间传感器
ROUTE TTT. isOver TO SmallGear set enabled
# 鼠标移到齿轮机构模型将触发小齿轮时间传感器
ROUTE BigGear fraction_changed TO BigGear- rotate set_fraction
ROUTE BigGear- rotate value_changed TO BigGear rotation
ROUTE SmallGear fraction_changed TO SmallGear- rotate set_fraction
ROUTE SmallGear- rotate value_changed TO SmallGear rotation
# 指定事件消息传递路径

```

4 结束语

VRML是面向网络的虚拟现实技术,其最大的特点是实时渲染。利用 3DsMax建立零件数字化虚拟模型,生成的零件数字化虚拟模型是静态的,不能实现机械产品网络虚拟设计系统中要求的实时交互性,所以必须根据产品模型数据交换标准将零件数字化虚拟模型由

Max文件格式转化成 wrl文件格式,通过 VRML编写脚本程序实现机械产品基于网络的交互式虚拟仿真。这种将 3DsMax建立产品数字化虚拟模型和 VRML编程控制产品模型虚拟装配和运动及动力学仿真相结合来实现基于网络的产品虚拟设计方法,充分发挥 3DsMax三维数字化建模和 VRML实时渲染实时交互的技术优势,3DsMax创建的产品数字化虚拟模型形象逼真,立体感强,文件体积小而包含的信息量大,便于网络传输和交互式控制;通过 VRML编写脚本程序实现产品基于网络的交互式运动和动力仿真分析,真实模拟产品在特定环境中的工作状况,动态分析其运动规律和受力变形情况,以便尽早发现设计中存在的缺陷,及时修改设计方案,不仅可以缩短开发周期,减少开发费用,还可以提高产品设计质量。

参考文献:

- [1] 陈定方, 罗亚波. 虚拟设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [2] 刘涛. 基于 VRML的虚拟产品开发技术及其在变电柜设计中的应用 [D]. 四川大学, 2006
- [3] 彭龔. 面向产品概念设计的虚拟三维装配建模及其仿真技术 [J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2005, 18(2): 18-22
- [4] 王东, 蒲小琼. VRML在产品模型网络立体化交互中的应用 [J]. 机电产品开发与创新, 2005, 1(90): 70-72
- [5] 齐阿荣. 基于 VRML的交互式虚拟场景设计系统的设计与实现 [D]. 吉林大学, 2007.

Application of 3Ds Max and VRML in Mechanical Products Virtual Design

WANG Dong¹, LI Zhirong²

(1 School of Architecture Engineering Sichuan University of Science & Engineering Zigong 643000 China

2 School of Mechanical Engineering Sichuan University of Science & Engineering Zigong 643000 China)

Abstract Virtual Manufacturing is a comprehensive application of digital modeling and simulation technologies. Before the realm mechanical products were manufactured by the digital virtual models to simulate and predict products in a particular environment working conditions by the analysis of movement and dynamic simulation, the design flaws are found and modified as soon as possible. This paper discusses in detail using 3DsMax to build the digital virtual model of products. The use VRML to write scripts to achieve products interactive motion and dynamic simulation analysis based on network method can realize gear reducer dynamic simulation system based on network.

Key words VRML; 3DsMax; virtual design; virtual model of products; motion and dynamic simulation