

基于 X3D 技术构建虚拟液压传动实验室研究

陈敏^① 郭烈恩^② 宋鑫心^②

(^①江西理工大学南昌校区机电工程系,江西 南昌 330013 ;

^②南昌大学工程训练中心,江西 南昌 330031)

摘要:以液压传动虚拟实验系统为例,分析了构建基于 X3D 的在线液压传动虚拟实验的建模、关键技术和应用,考虑并提出了实现虚拟实验系统的方案。

关键词: X3D(可扩展 3D) 液压传动 虚拟实验室

Building a Virtual lab for Hydraulic drive Based on X3D

CHEN Min^①, GUO Lieen^②, SONG Xinxin^②

(^①Jiangxi University of Science and Technology Nanchang Branch Mechanical and Electrical Engineering Department, Nanchang 330013, CHN ;

^②The Engineering Training Center of Nanchang University, Nanchang 330031, CHN)

Abstract: A virtual lab is the developing way of the lab teaching. Taking Hydraulic drive Virtual Lab system, the paper analyses the model, the key skill and the application based on X3D Hydraulic drive Virtual Lab on line, and puts forward the plan of how to accomplish Hydraulic drive Virtual Lab system.

Keywords: X3D (Extensible 3D); Hydraulic Drive; Virtual Lab

液压传动是机械技术中发展速度最快的技术之一。特别是近年来与微电子技术、计算机技术相结合以及制造技术的进一步提高,使液压传动技术不仅在作为一种基本的传动形式上占有重要地位,而且以优良的静态、动态性能成为一种重要的控制手段。液压传动是机电专业重要的一门专业基础课程,注重理论联系实践。培养学生分析和解决问题的能力,要让学生熟练掌握液压传动技术,仅靠“讲”是不够的,“练”是非常重要的。在传统教学中一般使用挂图、幻灯片、模型等进行讲解,存在二维性和静态性的制约,无法实现液压元件的三维展示和系统各部件在工作中的运行状况;传统的液压实验中,由于传动系统是密封的,在实验台上所看到的只是元件和表盘,无法观察到

系统内部动态变化,对元件结构、系统回路原理等的理解难以达到预期效果。随着计算机科学和技术的迅速发展和普及应用,提供了克服这些难点的方法和手段。

虚拟实验是利用计算机技术及其图形功能,应用虚拟模型来仿真实际物理实验过程,以达到实验目的的应用系统。基于因特网的虚拟实验系统具有教学时空的无限性和人机优势互补性,具有智能化、更形象逼真等优点,可以将讲课与实验结合起来,能实现以学生为主体的教学。将 X3D 和液压传动实验教学结合起来,可以提供良好的 VR 体验。同时通过先进的计算机技术,还可以把不同教学内容按教学目标的要求组成一个有机的整体,极大地增加了授课的信息量,提高了课堂教学的效率和教学质量。这为培养学生的思

3 PLC 软件处理及编程

不论是对刀具的冷却,还是对管路的保护,最终是实现电动机转速的控制。变频器的整定值由 PLC 处理给出,不同的刀具、不同的冷却状况有不同的整定值。这些值与机床冷却喷嘴数量、管路粗细、泵的流量等因素有关,最好是实测给出。

用户在调试程序时,可对每把刀具的冷却值手动

设定。刀具的冷却值一旦设定好,在正常加工时 PLC 自动处理,根据不同的刀具自动给出冷却整定值。

可编程冷却是一个新的概念,上述方案构思简单、成本低。当然随着可编程冷却在数控机床上的应用和推广,将会有不同的控制模式产生。

(编辑 梁玉)(收稿日期 2008 12 16)

文章编号 9814

如果您想发表对本文的看法,请将文章编号填入读者意见调查表中的相应位置。

维能力、动手能力、创新能力和工程意识提供了极大的便利。利用虚拟实验室,教师还可以对科研项目的液压部分进行验证分析,利用装配技术得到三维样机,通过运动仿真和干涉检验、修改和完善设计方案。虚拟实验易于控制和维护,使用成本低,安全可靠。特别对于那些设备昂贵、操作过程有危险的损坏型实验,虚拟实验的优点更为突出。虚拟实验是实验教学的发展方向。

1 X3D 概述

X3D(Extensible 3D,可扩展 3D)是一个软件标准(ISO/IEC 19775 ,19776 ,19777)定义了如何在多媒体中整合基于网络传播的交互三维内容。X3D 可用于不同的应用领域中,如工程设计、科学可视化、多媒体再现、娱乐、教育、网页、共享虚拟世界等方面。X3D 是 VRML(Virtual Reality Modeling Language - 虚拟现实建模语言)的继承,可兼容 VRML,能够表现静态和动态的 3D 和多媒体对象。X3D 本质上是一种造型的脚本语言,目的主要是在网页中实现三维动画效果及其与三维对象的交互,实现用户参与的动态仿真等。X3D 采用 XML 编码,组件化结构更具有通用性、兼容性和可扩展性,只需要对场景做很小的改动,就可以用来播放不包含脚本的 VR 场景,XML 已成为整合并管理数据库信息的必选。X3D 不仅能连接文本、声音、电影和图象等超链接,可广泛地用于各种平台,场景制作简化,适应各种播放器,可和其它应用程序平滑地整合,不管使用何种编程语言都可以使用一致的播放环境,可更简单地管理、控制、交换信息,场景中的编码模式可以由浏览器所支持的不同编码模式混合而成,相比 VRML 更具有跨平台、应用更方便等优点,能支持更大的数据吞吐量。

2 基于 X3D 液压传动虚拟实验室构建

虚拟实验软件的研制与开发是一个系统工程,它的设计内容应由实验教学的内容决定,基于教学设计

进行。此外,虚拟实验系统作为一种计算机软件,它的具体开发及维护应按照软件工程的思想和方法进行。

2.1 基于 X3D 技术的虚拟液压传动实验室场景建模

基于 X3D 的场景和执行过程的虚拟实验建模流程如图 1 所示。

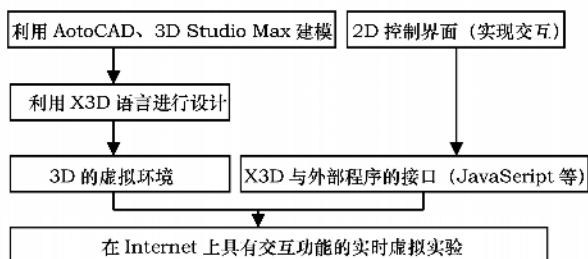


图1 基于X3D的虚拟液压传动实验建模流程

2.2 结构设计

虚拟实验室的场景可以对真实的世界进行重建,也可以用来构建想象中的世界。X3D 的场景描述了三维世界中对象的性质及其相互的层次关系。对象的性质就包括尺寸、材质、纹理、几何变换等。场景是一种分层次的类结构,是 X3D 文件的组成实体。基于 X3D 的网络化液压传动虚拟实验系统结构由绘图初始化、X3D 分析器、三维场景图、高真感图形生成四部分组成。其中 X3D 分析器读取 X3D 文件并将节点信息保存到图元信息中以便场景图使用,场景图包括执行引擎,建立显示列表,且通过层次转换来修改管理图元信息,高真感图形呈现处理后的图元信息并生成真实感三维图形。X3D 文件定义了一套简洁紧凑的语法,显式地定义和组织三维多媒体对象集合,对文件定义的所有对象及其包含的信息隐式地建立了一个境界坐标空间。基于 X3D 建立的虚拟实验室概念模型原理如图 2 所示。

2.3 建立虚拟空间与模型的方法

系统采用 Quantum3D 公司的 OpenGVS 软件(4.0 版本),用于场景图形的视景仿真的实时开发。OpenGVS 不仅基于 OpenGL 图形标准,是一个开放的系统,而且它可以被应用于所有图形平台标准,有良好

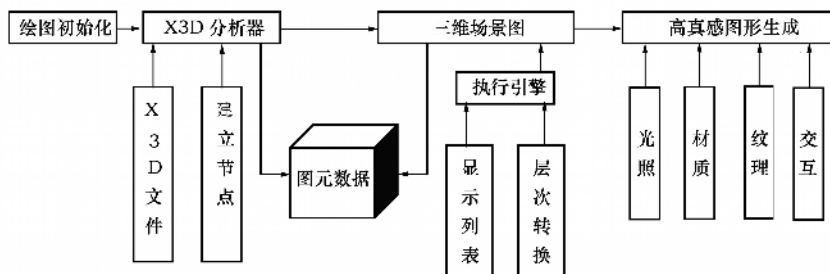


图2 基于X3D建立的液压传动虚拟实验室概念模型原理

的模块性、巨大的编程灵活性和可移植特性。利用资源自身提供的 API,可以很好地以接近自然和面向对象的方式组织视景诸元和进行编程,来模拟视景仿真的各个要素,满足项目的要求,如模型、运动方程等。如图3为在 OpenGVS 环境中组装的减压阀立体三维模型(为表现内部构造,模型采用透明模式)。系统还使用 X3D、AutoCAD2005、FrontPage 2003、3DS MAX 8.0、Photoshop cs 8.0 等软件作为基本制作工具。



图3 溢流阀透明模型

由于实验系统的结构和外形的复杂性,直接用 X3D 建模难度大,但为保证模型的准确性和真实性,因此我们采用了 3D 建模软件。如 AutoCAD、Pro/E、3DS MAX 8.0 等,其中 AutoCAD 软件和 3DS MAX 同为一家公司产品,坐标系统兼容。利用 AutoCAD 可以建立复杂精确的三维模型,3DS MAX 则功能强大,可以方便地形成各种动画,构成虚拟现实效果。我们先用 AutoCAD 对每个子模型进行精确的三维建模,再导入到 3DS MAX 中进行调整、定位装配和虚拟动态设计等。最后再通过 3DS MAX 为 X3D 语言提供的接口,把在 3DS MAX 生成的模型单元“导出”(export)为 X3D 格式的文件“*.X3D”。通过编辑源程序的相关部分,编辑它们在虚拟现实世界的位置关系来实现虚拟实验的场景,构造出更复杂的几何造型,利用 X3D 输出接口,编辑修改 X3D 文件形成动态及控制流。然后再根据相应的实验要求,

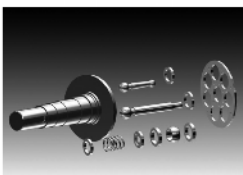


图4 斜缸柱塞泵元件模型

在对应的位置加入动画、声音、材质、纹理、光照等以及传感器功能等。如图4,先用 AutoCAD 生成精确平面图形再导入到 3DS MAX 生成的带金属材质和纹理的斜缸柱塞泵 3D 模型。图中各零件模型可以在虚拟环境中以交互方式组装成斜缸柱塞泵。

2.4 液压传动虚拟实验系统的构成

液压传动虚拟实验包括虚拟装拆和虚拟回路实验。

虚拟装拆主要是了解各个元件的结构组成部分,增强对元件的理解能力。拆装实验主要由液压泵和液压马达、液压缸、液压控制阀(如换向阀、压力控制阀、流量控制阀等)、虚拟液压试验台等部分组成。虚拟拆装的实现采用在网页中嵌入应用程序的方法,以调

用注册表中相关的键值作为指示,让浏览器调用相应的程序并嵌入页面。我们利用 XML 编码把以文本方式加入到相应网页文本里的液压元件模型取出,供外部程序直接调用,实时完成液压元件的三维装拆等各种操作。图5是利用造型软件生成的三维模型在 X3D 中组装好的元件(为便于组装和观察,所有元件阀体和泵体部分全部采用透明结构)。

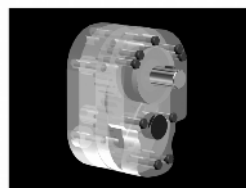


图5 装配好的虚拟齿轮泵图(系统界面截图)

虚拟回路主要是了解实验的目的、内容、步骤以及实验结果显示。实验者必须对相应的知识要先行了解才能进行,做到在学习过程中以自己为主体的学习和提高。虚拟回路使用 JAVA APPL ET 技术生成。主图是一个利用 JAVA 绘图和图片显示功能混合的动态图象。主图示区的图象会根据输入的参数计算出液压缸和控制阀的状态与速度,虚拟实验进行时会根据新的参数动态显示液压缸和控制阀的运动。面板采用 JAVA 的 AWT 标准控件。如图6为虚拟液压实验界面(两缸顺序动作回路实验)截图。实验时,拖动液压元件库中与实验要求对应的元件到实验台(界面)上,即可组装出实验回路。

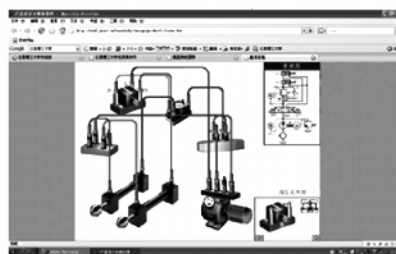


图6 网络虚拟液压回路实验界面截图

3 虚拟实验系统的实现

3.1 虚拟实验场景的实现

虚拟环境是虚拟实验系统的核心,是虚拟现实系统人机交互的交互环境。虚拟液压实验系统场景的创建实际上是实景虚化,主要包括虚拟景物模型构建、空间跟踪、视觉跟踪等。X3D 提供 Transform 节点来进行造型的几何变换。X3D 动画涉及到时间触发器、插值器、事件和路由等,采用发送到输入域的事件和输出域发送的事件,在运行时使用一个事件传播或数据流(dataflow)模型来改变域值。节点的行为可抽象地描述为:当事件发送到节点时节点产生回应,当节点满足给定条件时节点的域会发送事件。因此,事件传播模

型就可以用运行时行为来建立场景。在 X3D 场景空间中,每一个造型都有其空间坐标,通过修改空间坐标系就可以使该造型在场景空间中移动、旋转和缩放等功能。

液压传动虚拟实验室中的虚拟场景包括真实的实验背景和虚拟模型两个部分。虚拟建模采用了基于 3D 和基于图像的两种方法。前者利用计算机图形学的技术进行虚拟环境的建模和渲染,主要用于实验室中的需要与实验人员进行交互的虚拟模型构建,生成图像的质量独立于场景的复杂性,但建模较复杂。后者利用多视、全景的图像来产生虚拟场景,交互性差,主要用于虚拟实验的背景制作。

3.2 网站的结构设计

网站由若干个 HTML 页面与若干个 X3D 节点所组成。首页以按钮超链接或文本超链接的形式与其它各页面链接。每个实验内容都是一个虚拟空间与 HTML 内容的组合。在项目开发中,我们采用的是 Firefox 2.0 浏览器,浏览器本身就是由许多对象所组成,这些对象有各自的属性,方法和事件,可方便地通过 Script 程序来控制或调用这些对象。Firefox 支持包含 HTML、XML、XHTML、ECMAScript(JavaScript)、DOM、MathML、DTD 和 PNG 图档(包含透明度支持)等。Firefox 也提供一个良好的开发平台,可以通过内置的工具来进行开发工作,例如错误主控台、DOM 观察器,此外还可通过扩展像是 Web Developer 来延伸开发功能。在脚本语言方面,Java Script 是大多数主流浏览器均支持的语言,所以成为唯一选择。

3.3 虚拟实验室交互功能的实现

X3D 的交互实现也是通过类似 Virtual C++ 消息映射的映射机制。X3D 中通过使用程序化的节点一嵌入脚本程序来实现,它支持 ECMAScript/JavaScript 或 Java 语言。通过加上相应其它的脚本程序,我们可以构造出不一般的场景,实现虚拟场景的交互性,实现用户对场景的修改、调整、重新组合。对于虚拟实验室模型加入交互和查询功能,用户事件的产生是通过相应的传感器产生的。而在此过程中,传感器和插值器不可或缺用户事件产生通过相应传感器来实现,最常见的输入装置是鼠标。当观看者的鼠标移动到装有传感器的虚拟对象时,传感器可以感应到鼠标,鼠标有三种动作使感应器开始工作,即移动(move)、单击(click)和拖动(drag)。这三种动作可以使装有传感器的虚拟对象因为感应到观看者的动作而有所改变,交互式的虚拟现实即可实现。

在三维虚拟空间中,用户既可以以鸟瞰、客观方

式,观看整个三维场景,也可以以参与者主观体验方式(即互动方式)进行实验。用户可以利用键盘或鼠标来控制三维试验机构在虚拟场景中运动,实现从静态界面对虚拟场景的调用及虚拟场景中进行虚拟元件、工具及其事件的交互,从而控制虚拟模型的动作进行实验。通过该系统,展现在使用者面前的是一个可以自由漫游、并可以像现实世界一样的“触碰”与“行走”的境界,同时可以根据需要向虚拟空间添加所需的任何实验内容。

交互式虚拟装配的重点不仅在于虚拟装配的过程,还在于与用户可交互性发生动作,如决定装配演示的开始或中断等。这些功能通过在虚拟环境中加入控制按钮来实现。典型的交互式虚拟装配事件如图 7。用户点击按钮使时间检测器计时产生随时间变化的改变分数值,通过路由再传给位置插补器。位置插补器对已定义的装配路径进行计算得到对应于该时刻的位置改变值。再次由路由把该值传递给相应零件的位置变量,从而改变装配零件的位置,实现零件的运动。

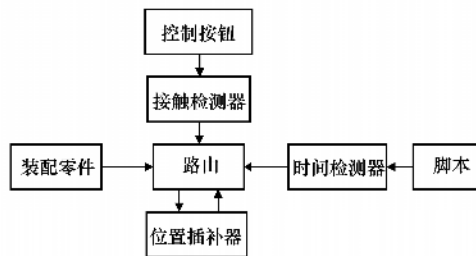


图7 交互式虚拟装配场景图的时间流程

4 虚拟实验室建立过程中几个关键技术问题

4.1 三维场景功能的实现

虚拟环境是由各类三维几何体合成,在虚拟环境中漫游是根据观察点及其观察方向通过实时计算、实时绘制三维几何体来实现的。系统的三维场景先根据基本图元信息的数据经过层次转换再处理,然后建立显示列表,将纹理、材质以及再处理的图元数据放到列表中,最后通过执行引擎建立三维图形数据,并将三维模型放在合适的位置,设置好视点,根据应用要求确定模型中物体纹理、材质、光照条件以及色彩等,将信息转换成像素,最终生成真实感的三维图形。如图 5 的齿轮泵,除外壳为透明材质,泵盖、联接螺栓为突出强调采用其他材质和纹理,其它内部零件均为与实际零件相似的金属材质和纹理。

4.2 摄像机的创建

在场景中放置摄像机不是一种建模技术,但在

X3D 场景中, 摄像机非常有用。场景中建立的不同摄像机由浏览器列出, 用户可以在场景中选择不同的摄像机进行导航, 展示最佳场景。选择摄像机要比使用鼠标手工导航简单, 而且浏览器可以迅速地从一个摄像机过渡到另一个摄像机, 由用户自己去进行导航, 以自由在 X3D 场景中自由游览。

4.3 空间复杂精确模型的建立

复杂精确模型如齿轮泵的齿轮以及螺杆泵的螺杆等, 由于其工作曲线需在三维空间内表示, 相对比较复杂, 所以在虚拟原型构造时就不能再用挤出造型 Extrusion 节点, 而需要用可对任意形状进行造型的面造型节点 IndexedFaceSet 来实现, 但实现起来较为繁琐。因此我们先用 AotuCAD 和 3DS MAX 精确建模, 另存为 X3D 文件, 复杂精确模型构建将相对得到简化。对于复杂组合模型在 X3D 调入过大时可使用 inline 节点, 把文件分割, 减小一次性调入的数据量, 以加快传输速度。

4.4 页面优化

由于目前网络技术发展的局限性, 使基于网络的虚拟实验方案也存在一些不足, 如网络带宽、网络传输速度、平台兼容性等问题的困扰。因此, 在开发过程中必须对实验项目进行优化, 以使其能够在网络上很好地运行。页面优化是其中的一个主要的问题。去除不必要的多媒体效果和内容, 尽量减小各种多媒体元素的大小是简便易行的一种方式。如优先使用相同的图形或多媒体内容, 将一个单一的大表格拆成多个小表格, 不使用嵌套表格, 不将新的扩展多媒体元素放入表格, 使用不大但清晰的图片等等措施, 都可以加快页面下载速度。同时, 应尽量减小系统所占空间, 在不影响播放效果的前提下, 对多媒体信息进行最大限度的压缩处理。

4.5 物体的碰撞问题

碰撞检测是进行虚拟装配的前提。在虚拟仿真中, 先把元器件等物体抽象、简化为规则的几何体或组合体, 因此无须采用精确的几何描述, 物体的运动轨迹也可以离散分解, 进行干涉检验。这样就可以用简化求交算法来提高检测效率, 同时也满足了实际应用装配余量的要求。对液压传动虚拟拆装中碰撞等碰撞干涉检测的



图8 运动中可能发生碰撞的液压臂X3D截图

任务是确定在某一时刻两个几何模型是否发生干涉, 即它们的交集是否不为空。可先设几个碰撞干涉检测点, 求出它们的真实坐标, 再判断是否碰撞上。此外还可用算法进行物体之间的干涉检测。图8为装配好的需要检测是否发生碰撞的液压臂运动截图。

5 结语

液压传动虚拟实验室教学平台的研究与开发, 是教育信息化在液压传动教学中的探索和尝试。虚拟实验室以其独特的优势成为今后教学改革的重要方向, 有利于教学模式多元化。更为重要的是提供了教学建设的一种可行模式和途径, 为数字化校园的建设打下良好的基础。同时促进教学观念、教学内容、教学场所的变化, 节省教育投资, 提高教学效果, 有利于学生创新精神、创新能力、协作意识的培养。基于因特网的虚拟实验系统具有教学时空的无限性和人机优势互补性, 可以将讲课与实验结合起来, 能实现以学生为主体的教学。随着计算机技术的发展, 虚拟实验也将随之发展, 将会具有智能化、更形象逼真等更多的优点。但目前虚拟的液压传动实验室, 主要应用在对实物的验证性实验上, 对动力学实验如泄漏、液压泵软硬特性等还不能进行, 因此还有改进的可能。

以计算机和现代网络技术为特征的现代信息技术, 使现行的教育方式和方法面临着前所未有的挑战。虚拟实验教学系统作为一种新的教育形式, 具有重要的意义, 并呈现出广阔的发展前景。软硬件等多方面的知识, 充分利用计算机领域内的最新科研成果, 开发出功能完善的虚拟实验教学系统。

参 考 文 献

- 1 陈敏, 刘晓秋, 伍胜男. 基于 VRML 技术虚拟机械设计实验室的研究. 机械设计, 2007(2): 68~70
- 2 姜佩东. 液压与气动技术. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- 3 林建亚, 何存兴. 液压元件. 北京: 机械工业出版社, 1988.
- 4 李玉忠, 覃达贵. 基于 XML 的虚拟现实研究. 计算机仿真, 2004, 21(4): 87~90
- 5 刘尚勤, 顾耀林. 基于 X3D 构建高效的虚拟场景. 计算机工程与设计, 2006, 27(2): 303~306
- 6 彭文辉, 杨宗凯, 朱汉洪. 远程虚拟实验过程模型研究. 计算机工程与设计, 2006, 27(18): 331~334

第一作者: 陈敏, 男, 1972 年生, 讲师, 硕士研究生, 从事计算机仿真和机械加工/设计的研究与教学。

(编辑 蔡云生)

(收稿日期 2008 12 18)

文章编号 9815

如果您想发表对本文的看法, 请将文章编号填入读者意见调查表中的相应位置。