

网络环境下三维编织物参数化仿真探索

张小萍 王君泽

(南通大学,南通 226019)

文 摘 以四步法矩形截面编织物为例,结合 VRML 语言和 Java 语言,实现了网络环境下的三维编织物交互式仿真设计。以 Java Applet 作为控制核心,VRML 场景作为三维展示平台,用户只需访问网络、输入参数,即可获得不同参数的编织物仿真模型,大大提高了编织物设计与制造效率。

关键词 三维编织物,VRML,Java,网络,交互仿真

Exploration of 3D Braided Fabrics Parametric Simulation in Network Environment

Zhang Xiaoping Wang Junze

(Nantong University, Nantong 226019)

Abstract With an example of 3D rectangular braided fabrics, the interactional simulation design of 3D braided fabrics was realized by combining VRML and Java Language in network environment. Taking Java Applet as controlling core and VRML scenes as 3D displaying platform, the users can get the simulation models of 3D braided fabrics with different parameters by visiting only the web and input the data, which improves the efficiency of design and manufacturing greatly.

Key words 3D braided fabrics, VRML, Java, Network, Interactional simulation

0 引言

近年来,国民经济各领域对三维编织复合材料的需求急速增加,使得三维编织技术得到了迅猛发展。工艺设计作为三维编织的首要任务之一,涉及到成千上万根纱线的运动和交织情况,因此,利用计算机仿真技术模拟三维编织物的编织过程,对优化工艺设计、提高设计质量、缩短设计周期具有显著的意义。国内外学者在这方面已做了许多研究工作,文献[1~6]中介绍了在不同的软件平台上进行三维编织过程静态和动态模拟的方法与步骤,但它们大多只限于在单机上运行,或虽可通过网络异地浏览,却缺乏交互功能。本文结合虚拟现实建模语言(VRML)和 Java 程序设计语言,实现了网络环境下三维编织物的仿真模拟和交互设计。用户通过访问网络、输入参数即可获得相应编织物的仿真模型。

1 VRML 和 Java 概述

1.1 VRML 和 Java 语言简介

虚拟现实建模语言 VRML 是一种基于 Internet

的网上虚拟场景描述标准,文件中的基本单元是节点(node),节点的层层嵌套构成三维场景。但是 VRML 本身与用户进行交互的能力有限,它需要与其他语言结合才能实现三维场景和用户交互的要求,而 Java 提供了这种可能。Java 是一种跨平台的编程语言,通过 Java 编写的 Applet 小程序在网上可以直接运行,非常适合于因特网上虚拟现实环境。VRML 着重于虚拟场景中对象的特征,不太考虑对象的行为,而 Java 主要讨论对象行为,很少涉及外部特征,它们相互结合,相互补充,是实现较复杂动态场景控制等高级交互功能的有效方法。

1.2 Java 程序和 VRML 场景间的交互

VRML 有支持它自己的 API,这样就提供给 Java 程序一个可以访问 VRML 浏览器的界面和可执行的环境。根据访问方式的不同,可以分为脚本授权接口 SAI 访问^[7]和外部授权接口 EAI 访问^[8]。

1.2.1 SAI 脚本授权接口访问

SAI 使用事件机制和路由,利用 VRML 本身提供

收稿日期:2009-01-15;修回日期:2009-05-04

基金项目:江苏省高校自然科学基金基础研究项目(07KJD540178);南通市应用研究计划项目(K2007009)

作者简介:张小萍,1973年出生,硕士,副教授,主要从事计算机图形学、CAD及虚拟现实技术应用等。E-mail:zhang_xp@ntu.edu.com

的脚本节点 (Script 节点) 实现 VRML 与 Java 之间的交互。VRML 的 Script 节点拥有 field 域、event In 事件和 event Out 事件等, 通过程序脚本编写 field 域、eventIn 事件和 event Out 事件来描述动作, 使 Script 节点产生所希望的行为, 具体过程可描述为:

(1) 通过 eventIn 将事件传至 Script 节点中的脚本;

(2) 在 Script 节点的脚本中调用相应的 Java 类进行处理;

(3) 通过 event Out 将结果送回到 VRML 场景以实现动画或交互。

1.2.2 EAI 外部授权接口访问

EAI 是一种介于 VRML 世界和外部环境的授权接口, 它由一组关于浏览器操作的函数组成, 这些函数被封装在 3 个包中: `vml. eai. *`, `vml. eai. event. *`, `vml. eai. field. *`。通过这些函数的调用, 外部程序就能影响 VRML 世界中的物体, 具体流程如下:

(1) 在进入 VRML 场景之前, 必须首先得到它的 Browser 类的一个实例, 通过调用 Browser 类的静态方法 `get Browser()` 来实现;

(2) 调用 `Browser. get Node()` 函数, 以获得 VRML 场景中使用 DEF 关键字定义的 Node 类实例;

(3) 调用封装在 `vml. eai. Node` 类中的 `get EventIn()` 和 `get Event Out()` 函数, 即可访问 VRML 场景中各节点的域, 进而按要求改变节点的状态, 实现其交互性能;

(4) 如果需要在 Applet 中实现 VRML 节点的动

态增加和删除, 还可利用 Browser 类中 `create Vml From String()` 方法。此方法的参数是一个内容符合 VRML 规范的字符串, 它返回一个 Node 类的实例数组, 这些 Node 实例是在 VRML 场景的外部环境中生成的。

本文采用了 EAI 方式实现了 Java 程序和 VRML 场景间的交互。

2 网络环境下三维编织物仿真模型构建

在三维编织方法中, 四步法和二步法代表了该领域的主流。编织物按其横截面形状则可分为矩形及矩形组合形状与圆形两大类。本文以四步法矩形截面编织物为例, 讨论网络环境下三维编织物参数化仿真模型的构建。

2.1 矩形截面编织物编织工艺介绍

如图 1(a) 所示, 编织纱线根据要求按 m 行 n 列排成矩形阵列, 这些纱线被称为主体纱; 在这阵列之外再间隔排列纱线, 即上下两行、左右两列, 这些纱线被称为边纱。所谓四步法就是纱线的一个运动循环共有四步^[9]。第一步, 不同行的纱线交替地以不同的方向运动一个纱线的位置, 如图 1(b) 所示; 第二步, 不同列的纱线交替地以不同的方向运动一个纱线的位置, 如图 1(c) 所示; 第三步的运动方向和第一步相反, 第四步的运动方向和第二步相反, 分别如图 1(d)、(e) 所示。经过一个循环后, 纱线又回到了原来的分布状态。纱线不断地重复上述循环, 再加上打紧和织物输出运动, 即可完成编织过程。这就是四步法编织中最流行的 1×1 样式。

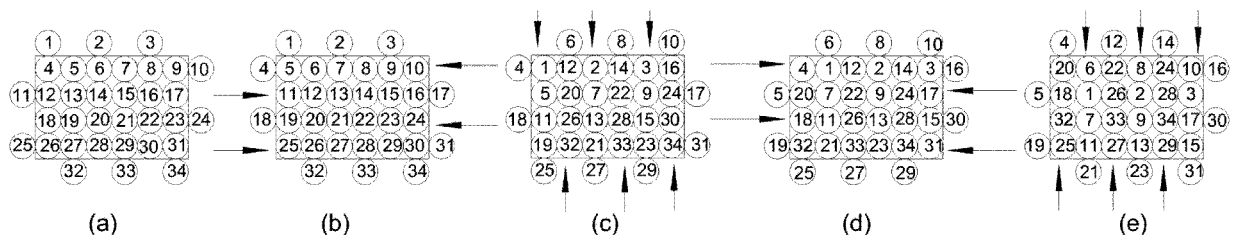


图 1 矩形截面编织物四步法编织

Fig.1 Four-step braiding of 3D rectangular fabrics

2.2 纱线运动轨迹分析

纱线在横截面内是沿着一定的轨迹运动的, 每一条运动轨迹都包含一组纱线, 且每组纱线的根数相同。对主阵列 $m \times n$ 的编织物来说, 纱线的总根数为 $N_r = (m \times n + m + n)$, 纱线的组数为 $G_r = [m \times n / (m \text{ 和 } n \text{ 的最小公倍数})]$, 每组纱线的根数为 $M_r = N_r / G_r$ 。纱线在横截面内经过一个循环运动, 其在垂直方向就会移动一个编织节长 h 。纱线经过 M_r 个循环运动后都回到了原来的位置, 且都经过了 $S_r (S_r = 4 \times M_r + 1)$ 个空间位置点, 其坐标可记为 $Q_i (X_i, Y_i, Z_i) (i = 1, 2, \dots, S_r)$ 。因此, 各空间位置点可以看成

是运动轨迹曲线的形值点, 这就是样条放样。参考文献 [10] 的介绍, 可以用分段光滑的三次 B 样条曲线近似描述纱线在编织过程中的屈曲形态, 建立纱线的运动轨迹模型。

根据三次 B 样条曲线上的型值点 Q_j 可以找到一组与之对应的控制点 P_j , 第 i 段三次 B 样条曲线可写成:

$$C_{i,3}(u) = \sum_{j=1}^4 N_{j,3}(u) P_{i+j-2} \quad u \in [0,1] \quad (1)$$

式(1)中依次取 $i = 1, 2, \dots, S_r$, u 取 $[0,1]$ 区间上的值即可得 B 样条曲线上的一系列点。

2.3 纱线的 VRML 模型

虚拟现实造型时,纱线模型可用纱线截面图形沿纱线路径进行拉伸处理,这可采用 VRML2.0 的 Extrusion 节点实现,Extrusion 节点的基本格式可参阅文献[6]。

在三维编织物中,纱线根据其运动轨迹可分成若干组,每一组纱线的运动轨迹相同,只是依次相差一个相位。在构建三维编织物模型时,只需用 Extrusion 节点描述每组纱线中的一根,而该组中其余纱线则可通过 Transform 节点重复调用 Extrusion 节点定义的纱线模型来构建,其相位之差可通过 Translation 字段来控制。这样,编织物的 VRML 模型文件将进一步缩小,更加有利于网络传输和实时浏览。

3 三维编织物交互式仿真设计的实现

根据上述方法创建的编织物模型,虽可通过网络传输,但用户只能浏览而不能交互。当用户对编织物截面的形状、尺寸、纱线直径及颜色等要求发生改变时,上述模型就显得无能为力了。为实现 VRML 场景的完美和灵活,定义一个名为 Braid 的 VRML 场景,该场景中包含一个由 DEF 定义的名为 Node1 的空节点。当通过 get Browser()方法和 get Node()方法进入该场景获得 Node1 类实例后,该节点的 EventIn 和 Event Out 就能被引用。利用 create Vml From String()方法根据用户需要在 VRML 场景中增加或删除纱线节点,从而实现编织物的交互设计。以下是 Java Applet 程序的部分代码片段:

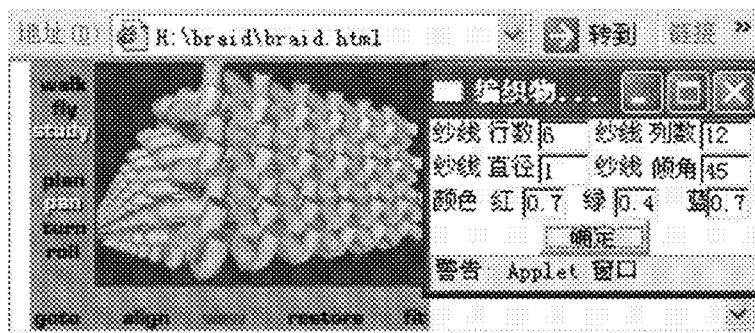
```
...
public void start()
{ ...
    //获取 Browser 类的实例
    browser = Browser Factory. get Browser(this);
    //获取 Node 类实例
    rootnode = browser. get Node("Node1");
    children = (EventIn MF Node) rootnode. get
EventIn("set_children");
    //构建 VRML 场景
```

```
String vml1 =
"#VRML V2.0 utf8\nTransform{" +
" children[" +
" Shape { appearance DEF MyApp Appearance {
material " +
" Material { diffuse Color " + clr + " shininess
0.2} } geometry Extrusion{" +
" scale [" + sdia + " " + sdia + "]" +
...
children. setValue ( browser. create Vml From
String(vml1) );
}
```

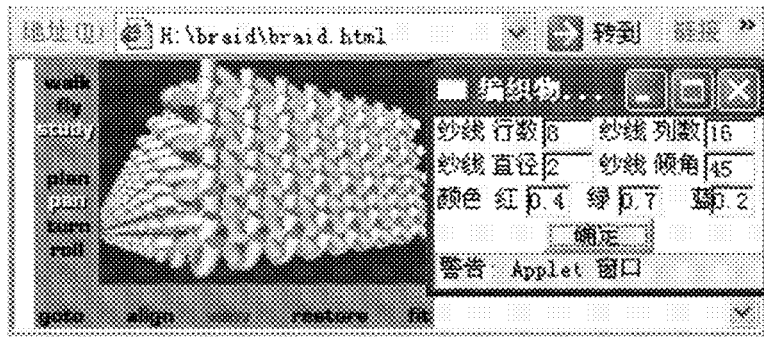
VRML 场景中任何使用 DEF 定义的节点都可以被 Java Applet 程序访问,在获得一个节点的句柄后,就可以调用 get EventIn()和 get Event Out()函数访问该节点。Java Applet 可以监视 VRML 场景中节点的改变并能在节点间传递事件来直接改变节点的属性。这种方法的实现是将 VRML 和 Java 都作为网页的嵌入件^[11],以 Java Applet 作为控制的核心,以 VRML 场景作为三维展示的平台。在编写 HTML 文档时,可通过 <embed> 标记来放置 VRML 文件,通过 <code> 标记来放置 Java Applet 所生成的类文件。这样,VRML 和 Java Applet 存在于同一个 HTML 文件中,它们可以互相访问,从而实现系统的交互功能。

4 应用实例

为便于人机交互,可调用 Java. awt 包中的界面组件构建操作方便的图形用户界面。图 2 所示为矩形截面编织物交互式仿真设计应用实例,其中图 2(a)所示纱线矩阵为 6 行 12 列,纱线直径为 1,倾角为 45°,纱线颜色红、绿、蓝三原系数分别为 0.7、0.4、0.7。图 2(b)为动态改变相关参数后的场景,图中所示纱线矩阵为 8 行 16 列,纱线直径为 2 cm,倾角为 45°,三原系数分别为 0.4、0.7、0.2。从图 2 中可以看出,用户只需访问网络,输入参数,即可方便、快捷地获得相应的编织物仿真模型。



(a) 6 × 12 矩形界面编织物仿真模型



(b) 8 × 16 矩形界面编织物仿真模型

图2 矩形截面编织物交互仿真

Fig.2 Interactional simulation of rectangular fabrics

5 结语

网络环境下三维编织物交互式仿真设计,真实地再现了众多纱线错综复杂的空间交织状况和编织物成型工艺。通过网络,用户在织造前就可根据不同的编织参数,实时、动态地观察分析相应编织物的空间模型,这对提高编织物的设计与制造效率和织造质量具有较好的现实意义。此处虽仅以矩形编织物为例,但提出的方法对管状编织物及其他编织工艺的编织物的参数化动态仿真同样具有重要的借鉴意义。

参考文献

- 1 肖来元,汪博峰. 三维编织复合材料几何成型算法及仿真研究. 计算机工程与科学,2008;30(1):82~85
- 2 王君泽,曹红蓓. 三维编织物的计算机仿真系统研制. 纺织学报,2004;25(4):106~107
- 3 成玲. 三维编织物的计算机模拟技术. 天津工业大学学报,2002;21(2):26~29
- 4 Tian Yiliao et al. 3D structural simulation of tubular brai-

ded fabrics for net-shape composites. Textile Research Journal, 2000;70(2):297~303

5 张小萍,王君泽. 虚拟现实技术在三维编织物设计及仿真中应用. 宇航材料工艺,2005;35(5):37~40

6 邵将,温卫东,崔海涛. 三维纵横步进编织预成型件的计算机仿真. 纺织学报,2008;29(9):129~132,136

7 The Virtual Reality Modeling Language International Standard Part1. ISO/IEC 14772-1:1997

8 The Virtual Reality Modeling Language International Standard Part2. EAI. ISO/IEC 14772-2:2002

9 道德锷等. 立体织物与复合材料. 上海:中国纺织大学出版社,1998:1

10 瞿畅,王君泽,徐建成. 机织物几何模型及其计算机模拟. 纺织学报,2002;23(3):46~48

11 陈莉娟,詹林. 基于 VRML 与 Java 的虚拟场景交互与实现. 电脑知识与技术,2008;3(7):1560~1562

(编辑 李洪泉)

欢迎订阅 2010 年《材料导报》(半月刊)

《材料导报》创刊于 1987 年,是由科学技术部主管、科技部西南信息中心主办的中国科技论文源统计期刊,中国科学引文数据库来源期刊,CNKI 期刊全文数据库收录期刊。

《材料导报》半月刊,分为《材料导报》(综述篇)和《材料导报》(研究篇)。

《材料导报》(综述篇)每月 10 日出版,主要栏目有:材料科技发展评述、材料科技政策、新材料新技术介绍、信息发布、专题评论、人物专访及专稿、材料产业论坛、会议报道、国际动态及快讯等。

《材料导报》(研究篇)每月 25 日出版,主要栏目有:研究简报、材料加工工艺与应用、材料分析测试与表征、材料设计计算机模拟、博士论文摘要、新成果转化及产业化等。

《材料导报》全年 24 期,每期约 28 万字,国内外公开发行。刊号:ISSN 1005-023X CN50-1078/TB,邮发代号:78-93,广告经营许可证:渝工商广许可号 020530 号,定价:12.00 元/册。

欢迎各订户到当地邮局订购。漏订者,可直接向材料导报社补订。

通讯地址:重庆市渝北区洪湖西路 18 号 材料导报社 邮编:401121

电话/传真:023-63505701 E-mail:mat-rev@126.com mat-rev@163.com

开户银行:重庆银行七星岗支行

户名:重庆天旭科技信息有限公司

帐号:150101040006888