

基于参数化设计的虚拟现实技术应用

—厦门五缘湾“鹦鹉螺”音乐厅

孟卉¹ 何婷¹ 饶金通² 夏侯建兵³

(1. 厦门华夏职业学院电子信息部 福建厦门 361005; 2. 厦门大学建筑与土木工程学院 福建厦门 361005;
3. 厦门大学软件学院 福建厦门 361005)

摘要:随着计算机软件与硬件技术的高速发展,虚拟现实技术的应用越来越广泛。VRML是基于网络的三维语言,是Web3D的代表。本文通过在厦门五缘湾“鹦鹉螺”音乐厅的方案设计过程中,结合参数化设计方法和面向对象编程技术,应用VRML对建筑设计的虚拟现实可视化设计进行了实践,并证明该方法在建筑方案可视化决策中可以发挥巨大作用,大大提高了工程的设计效率和设计质量。

关键词:虚拟现实 可视化设计 参数化设计

中图分类号:TP399 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-9416(2011)12-0075-03

The Application of Virtual Reality based on Parametric Design

Meng Hui¹ Ting He¹ RAO Jin-tong² Xiahou Jiang-bin³

1. Department of Electronic Information, Xiamen Huixia Vocational College, Xiamen 361005, China

2. School of Architecture and Civil Engineering, Xiamen Univ., Xiamen 361005, China

3. School of Software, Xiamen Univ., Xiamen 361005, China

Abstract: With the development of computer hardware and software, the Virtual Reality is applied more widely. VRML is the 3-Dimension language based on web, the representative of Web3D. In this article, the VRML is applied in the design practice of Parrot-Conch Concert Hall of Xiamen Wuyuan Gulf, through the Parametric Design and the Object-Oriented Programming. The application proved that VR has become the more and more important factor in the architectural visual design, and improved the efficiency and quality of design at the same time.

KeyWord: Virtual Reality; Visual Design; Parametric Design;

随着虚拟现实技术的发展,基于计算机技术的数字化技术在建筑设计中的应用越来越广泛,从二维图形绘制、三维建模、动画到现在的虚拟现实,已经改变了传统的建筑设计方法和建筑表现方法,尤其是建筑表现,已经从静态表现、路径动画、实时漫游到虚拟现实(VR, Virtual Reality),特别是在VR中如果增加对方案模型的编辑功能,就可以实现在一个虚拟真实的环境中进行建筑设计^[1]。本文就是一个虚拟现实技术与参数化设计技术相结合,在建筑方案设计中的成功实践,它提高了建筑方案的设计质量和设计效率,细致而准确地实现了建筑师的方案构想。

1、VRML与参数化设计

虚拟现实是最近几年来国内外科技界关注的一热点,其发展也是日新月异。VR技术具有I³(沉浸、交互、想象)特征,其中虚拟现实建模语言(VRML, Virtual Reality Modeling Language)是Web3D的代表、Web3D技术的标准,它是用于建构基于WWW的多人交互式虚拟环境(VR)语言,描述的是交互的三维空间信息。

VRML本身不具有通信功能,通过其脚本(Script)的编程可以支持网络通信,使得VRML节点能够通过网络接收数据并能实时地进行场景渲染^[2]。VRML语言通过使用原型(PROTO/EXTERPROTO)的定义扩充用户的对象,具有一定的扩充性;通过路由和脚本编程可以实现以所见即所得的用户界面来构建虚拟场景,既方便了用户操作又提高了工作效率。^[3]

参数化设计(Parametric Design)是CAD技术在实际应用中提出的课题,它不仅可使CAD系统具有交互式绘图功能,还具有自动

绘图的功能。目前它是CAD技术应用领域内的一个重要的、且待进一步研究的课题。利用参数化设计手段开发的专用产品设计系统,可使设计人员从大量繁重而琐碎的绘图工作中解脱出来,可以大大提高设计速度,并减少信息的存储量。

2、“鹦鹉螺”音乐厅

如果说厦门是闽南金三角的皇冠,那么五缘湾就是皇冠上最夺目的明珠。五缘湾是正逐渐揭开她神秘的面纱:海市宵灯、帆影归航、渔家晚歌、奋情余韵、檐影映水……一幅幅充满意境的画面出现在市民面前。五缘湾文化艺术中心音乐厅将是其中一个标志性的建筑,它要求总体造型体现滨海建筑特点和地方文化个性,并考虑结合与厦门地域及海洋有关的生物(如白鹭、白海豚、贝壳等)或其它具象征意义的形态进行设计,在众多的设计中“鹦鹉螺”造型的音乐厅设计方案脱颖而出,效果图见图1。(图片资料来源于厦门中元建筑设计有限责任公司)



图1 五缘湾“鹦鹉螺”音乐厅效果图

3、“鹦鹉螺”的参数化方程

“鹦鹉螺”造型音乐厅的建筑设计关键之一就是它的几何造型,

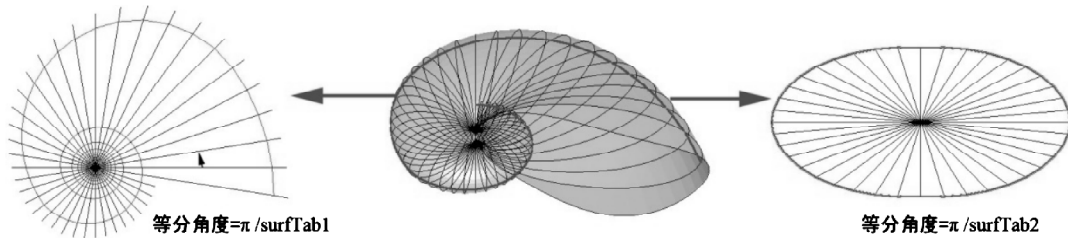


图2 鹦鹉螺的外轮廓(左图)与截面(右图)示意

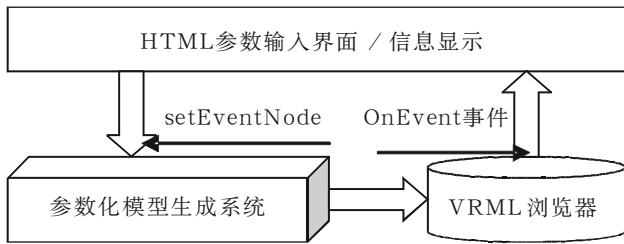


图3 参数化虚拟展示系统架构图

如何定义一个参数化的几何造型方程,能够准确地表达建筑师的设计构想成为本工程的重中之重,一方面它决定了建筑的外观造型设计,另一方面它也决定了它的结构设计。通过研究建筑师的方案构想,与实际“鹦鹉螺”之间的关系,我们把它的造型构成分为两部分(见图2的左、右部分):

首先确定海螺的外轮廓,以一个双曲螺线(Hyperbolic Spiral)作为蓝本。双曲螺线又称倒数螺线,表示极径与极角成反比的点的轨迹,其特征有三:(1)有一条平行于极轴的渐近线;(2)是阿基米德螺线(方程: $r=c\theta$)的倒数;(3)曲线出发于极点。相应的极坐标方程为: $r\theta=c$,其中c为实数,其渐近直线方程为 $y=c$;

显然转换为直角坐标方程为: $x=(r/\theta)\cos\theta$, $y=(r/\theta)\sin\theta$;

按照建筑师的设想,实际希望建造一个变形的鹦鹉螺形建筑,我们对双曲螺线按照实际需要进行调整,确定螺心为坐标原点O, XZ轴为 $\theta=0$ 时的截面,从而定义外轮廓方程的分段函数为:

$$\begin{cases} r_1 = \sqrt{R_1^2 - \rho_1^2 \sin^2(0.2\pi - \theta)} - \rho_1 \cos(0.2\pi - \theta), \theta = [-0.05\pi, 0.2\pi]; \\ r_2 = \sqrt{R_2^2 - \rho_2^2 \sin^2(\theta - 0.2\pi)} - \rho_2 \cos(\theta - 0.2\pi), \theta = [0.2\pi, 1.2\pi]; \\ r_3 = \frac{48264\pi}{\theta + \pi}, \theta = [1.2\pi, 2.5\pi]; \end{cases}$$

$$R_1 = 74400, R_2 = 40211, \rho_1 = 15917, \rho_2 = 18272$$

其次沿着双曲螺线的截面确定为变形的椭圆形,长轴定义为极径r的1/2,短轴根据设计进行调整,并加以一定的系数产生变形,使得表面更加光滑,方程为:

$$z(\theta, \omega) = \frac{15150\pi}{\theta + \pi} \sin(\omega) [1 + 0.1 \sin^2(2\omega)] \text{ 其中 } \omega \in [0, 2\pi], \theta \in [-0.05\pi, 2.5\pi].$$

并根据建筑师设计的要求,对入口螺口帽檐线外廓方程设计了一个方程:

$$y_k = -6000 * [\sin(\frac{1.5\pi x}{x1} - 0.5\pi) + 1]$$

建筑师从审美角度,要求鹦鹉螺还要从水平放置进行两次旋转,先绕Y轴旋转 $-\alpha$,再绕X轴旋转 α ,方程如下:

$$\text{绕x轴转: } \begin{bmatrix} x'(y) \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(y) \\ z \end{bmatrix}, \alpha = \frac{\pi}{30}$$

$$\text{绕y轴转: } \begin{bmatrix} y'(x) \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y(x) \\ z \end{bmatrix}, \alpha = \frac{\pi}{30}$$

4、虚拟展示系统的构建

结合前面鹦鹉螺的参数化分析结果,利用面向对象的设计方法,构造参数化的虚拟现实系统分为如下几个部分:

(1)参数化的输入界面:我们考虑通过HTML页面来完成参数的输入和信息的输出;其中参数包括:模型的参数,如双曲螺线的参数 R_i, ρ_i 等;模型显示的相关属性参数,如模型显示的分割数surfTab1、surfTab2,显示的材质颜色、透明度等,图3。

(2)参数化的模型生成系统:通过VRML的脚本编程,结合输入的参数,进行模型三维数据的生成;

(3)模型渲染模块:由浏览器插件BS Contact X3d/ VRML V7.0来显示生成的模型。

(4)信息查询模块:通过VRML的感应器,捕捉模型的表面数据,传递给HTML页面显示模型的相关数据。

结合数据流程和控制流程,虚拟现实展示系统架构图见图3。

4.1 参数化输入界面

VRML是Web3D的杰出代表,因而可以通过HTML页面来设计系统的用户界面,也是作为基于Web3D的系统界面首选。网页上的所有元素都是一个对象,都具有相关的属性,可以通过脚本语言JavaScript来访问它们,主要通过HTMLDocument定义的一个名为getElementById()的方法,可以快速地取得网页上参数输入框内的内容。

HTML对VRML的数据访问机制是主动访问,可以随时地通过VRML提供的API:setEventIn()、getEventOut()来存取VRML场景内任意节点的任意域。因此,HTML可以把网页上输入的参数值及时地传递给VRML,并直接激发VRML相应的事件,从而生成对应的参数化模型。

方法: `value = Document.getElementById("input_name");`
`Document.getElementById("bsContact").setEventIn(nodeName, fieldName, valu);`

其中input_name是网页上参数输入域的ID;bsContact是ActiveX渲染插件在HTML中的ID,而nodeName、fieldName分别代表VRML中的节点名和域名。

4.2 参数化模型生成设计

VRML是通过路由器(Route)来完成节点之间事件传递,也就是说通过路由在两个节点之间进行值的传递,传送值的节点定义一个出事件(eventOut),接收值的节点定义一个入事件(eventIn),具体方法为:Route node_out.eventOut To node_in.eventIn。

另一方面,VRML节点通过定义脚本节点(Script),可以对入事件进行处理,并把计算结果通过出事件传递出去。在脚本节点中,可以为每个入事件定义一个同名函数,进行事件处理,对每一个出事件定义一个同名变量,只要对它进行赋值,就相当于引发了一个出事件。在脚本中还有一个特殊函数initialize(),在建立脚本时对脚本中相关的域值进行初始化。

本系统中,设立了一个生成参数化模型的脚本节点 createHall,它定义了一个入事件eventIn MFString paraStr,它负责接收HTML页面传进来的参数列表。根据参数化定义的要求和工程的需要,我们定义如下参数列表和创建模型的脚本节点(表1):

参数化的鹦鹉螺根据双曲螺线的等分角($\pi/\text{surfTab1}$),一段一段地生成,每一段都是两个椭圆线(夹角为 $\pi/\text{surfTab1}$)生成一个网格面,椭圆则是按等分角($\pi/\text{surfTab2}$)进行等分,形成三角化的

表 1 鹦鹉螺模型的参数列表和创建模型节点的定义

<p>参数列表:</p> <p>(1)双曲螺线参数 $R_1, R_2, \rho_1, \rho_2, \rho_3$</p> <p>(2)截面轮廓参数 ρ_4</p> <p>(3)旋转角度 α</p> <p>(4)螺口帽檐线外挑长度 long</p> <p>(5)模型的分割精度 surfTab1, surfTab2</p> <p>(6)显示的透明度 transparency</p> <p>(7)模型的显示方式 displayMode</p> <p>(8)查询坐标 queryMode</p>	<pre>DEF createHall Script{ eventIn MFString paraStr ... #其它域 url" vrmlscript: function initialize(){...} #进行有关的初始化; function paraStr(){ #处理入事件, 生成相应的模型 } }</pre>
--	---

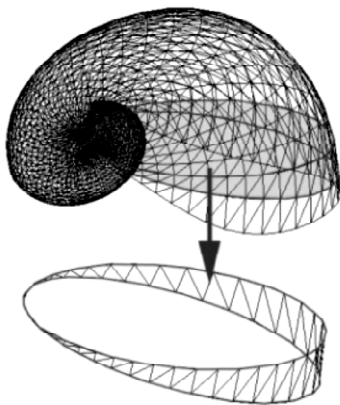


图 4 鹦鹉螺的“段”三角化模型示意图

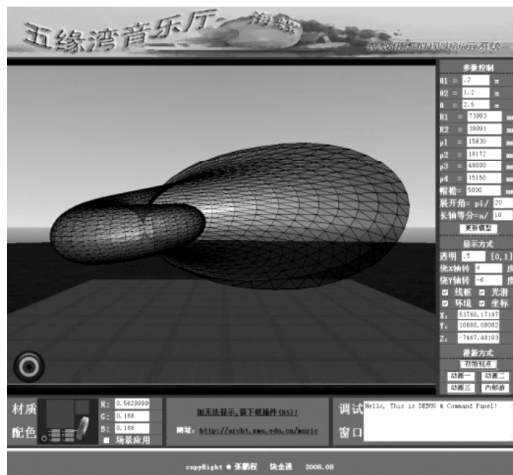


图 5 系统截图

表面模型(见图4示意),它在VRML中通过Shape结点的IndexFaceSet来生成。IndexFaceSet是VRML中最重要的模型节点,几乎能表示所有的几何模型,其它建模软件中建成的模型导出wrl文件时,都是用它来表述的。

4.3 信息查询模块

VRML为了获取模型的相关信息,主要是通过相关的感应器来生成入事件,然后进行相应的处理,本系统主要是获取鼠标在模型上移动和点击时的坐标。我们使用了触摸感应器touchSensor,并采用了触摸感应器的hitPoint_changed事件和touchTime事件,并通过他们的组合实时地从模型上获取点坐标的信息。获取的信息要最终显示在HTML的用户界面上,因此我们通过VrmlScript的

Browser对象方法loadURL()发送OnEvent事件给HTML用户界面: Browser.LoadURL(“OnEvent(Type,Info1,Info2,...)”,”),其中Type表示信息的类型,Info1,Info2,...表示对象属性的信息。

相应地在HTML页面设立一个信息接收中心:<Script for=“bsContact” event=“OnEvent (Type, infoList)” language=“Javascript1.2”>,与VRML的信息发送命令相对应,根据接收的信息进行处理,显示返回的点坐标信息。

5、结语

通过设计一个参数化的虚拟展示系统,可以快速地帮助建筑师,确定建筑模型的参数。在本工程实践中,主要是确定“鹦鹉螺”的造型参数,其中系统截面如图5。根据不同的参数我们得出几个典型的模型(见图6),通过比较,其中最右边的模型与建筑师的设计相符合,从而快速地确定了“鹦鹉螺”的几何模型参数,从而加快了建筑师的设计效率和设计质量,为下一步的结构设计奠定了基础。

这项技术成功地利用仿生建筑空间内在的几何规律,形成数学模型,通过数字化编程,利用网络的三维语言,生动、形象地把拟建建筑的形体展现在设计师面前,这是以往二维图纸、3D模型都无法做到的。该方法的简单、快捷、直观是它又一项显著优势,可以断言,基于参数化设计的虚拟现实技术必将在未来的建筑设计、工业设计、产品设计等等各种模型设计中发挥巨大的作用。

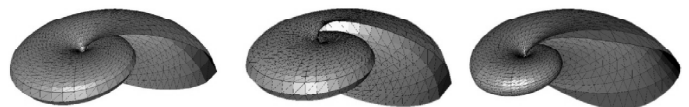


图 6 根据不同参数计算的模型示意图

参考文献

- [1]李建成,卫兆骥,王诒著.数字化建筑设计概论[M].北京:中国建筑工业出版社,2007
- [2]庞辽军,李慧贤,王力,王育民.基于Java的VRML网络通信功能的实现[J].计算机工程,2007,33(11):47-49.
- [3]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[J].系统仿真学报,2006,18(2):387-390.

通讯作者:饶金通。

基金项目

福建省自然科学基金(2010J05099),厦门市2009高校创新项目(3502Z20093003)支持。