

# 基于 VRML 三维动态虚拟现实场景的实现

王艳慧

(中南大学,湖南长沙 410083)

[摘要] 本文分析了 VRML 与 VR 的关系。然后在简要介绍 VRML 的基础上,详细论述了用 VRML 构造 3D 虚拟现实模型及动态虚拟场景的方法及其关键技术,并举例对各应用进行了比较说明。最后总结了 VRML 的优缺点及其发展趋势。

[关键词] 虚拟现实,VRML,虚拟模型,动态交互

[中图分类号] TP391.9 [文献标识码] B [文章编号] 1001-8379(2002)01-0008-04

## THE REALIZATION OF THREE DIMENSIONAL VIRTUAL REALITY SCENE BASED ON VRML

WANG Yan-hui

(Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** This paper analyses the relation between VR and VRML. Based on introducing briefly VRML, it discusses in detail the ways and crucial techniques of constructing three-dimensional virtual reality models and dynamic virtual scene, and some examples are given to explain how to use them. At last, some disadvantages and advantages and trend of VRML are summed.

**Key words:** virtual reality, VRML, virtual model, dynamic mutualness

### 1 引言

目前,随着 GIS 向网络方向发展(形成 WebGIS),尤其是数字地球的提出,迫切要求 GIS 向虚拟现实和真三维方向发展。而在虚拟现实技术中,建模—构造虚拟现实模型及动态虚拟场景是最基础也是最重要的一个环节,只有在一个生动逼真的虚拟世界中,用户才能愉快地进行人机交互、世界漫游等活动。VRML 语言就是为了在 WWW 上构造虚拟现实模型而诞生的,它是一个 3DWeb 标准。

作为虚拟现实技术(Virtual Reality,简称 VR)与 WWW 的接口,虚拟现实建模语言(VRML)不但语法简单、结构清晰,而且具有强大的构建 WWW 上三维物体的能力。它的出现,使得许多内置 VRML 浏览器的网络浏览器可直接浏览用 VRML 编程实现的虚拟对象。VR 爱好者能亲自编写反映三维世界的程序,体会三维世界的真实感。

下文在简要介绍 VRML 的基础上,详细论述了用 VRML 构造 3D 虚拟现实模型及动态虚拟场景的方法及其关键技术,并举例对各应用进行了比较说明。

### 2 VRML 概述

#### 2.1 VRML 概念及其特点

VRML——Virtual Reality Modeling Language,即虚拟现实建模语言,是一种“用来描述可在 World Wide Web 上运行的、可交互的 3D 世界和对象的文件格式”,利用它可以在 Internet 网上建立交互式的三维多媒体的境界。它定义了当今 3D 应用中的绝大多数常见概念,诸如变换层级、视点、光照、几何、动画、雾、材质属性以及纹理映射等。VRML 的基本特征包括:

◇可交互:VRML 提供了丰富的接口用于接收操作输入和与浏览器通信。

◇支持多媒体:包括 3D 声音和各种格式的音频、视频以及动画等。

◇平台无关:VRML 编写的文件可在任何平台上运行,它仅与不同的 VRML 浏览器相关(效果会有差异)。

◇结构化:VRML 的元素具有良好的界面和描述简单的语法。

◇可重组:用 VRML 生成的图形元素可被重复使用。

◇易扩展:VRML 不仅可以让开发者定义自己的节点类型,还为 JavaScript、Java 等语言提供了调用的接口。

◇标准化:VRML 中引入的元素都符合或支持

已有标准。

## 2.2 VRML 规范

VRML 规范 1.0 由 SGI 制订,主要参考了 SGI 的 Open Inventor 文件格式。最近的正式版本为 2.0,VRML97 是 VRML2.0 经编辑性修改和少量功能性调整的结果。国际标准化组织 1998 年 1 月正式将其批准为国际标准。

所有的 VRML 文件都是以扩展名 WRL 结尾的文本文件或以 WRZ 压缩格式结尾的二进制文件,它一般包含如下 4 个部分:

□文件头:位于 VRML 文件的首行,给浏览器提供文件的版本信息。对于 VRML2.0,它是: #VRML V2.0 utf8

□注释:以 # 号开始的一段文字。

□节点:场景信息的单位。可以用它来描述场景中的造型、灯光及声音等,如:Cone{...}描述的就是场景中的一个圆柱形节点。

□域值:域用于描述及改变节点的属性,值反应了域的大小。如:Cone{radius 1.5}

其中的 radius 就是域,而 1.5 就是域值。域是可选的且顺序不限,如果一个节点中没有任何域,则域取内定的缺省值。

VRML 并不是编程人员所说的编译型语言,它必需依赖解释程序来解释执行,即 VRML 浏览器。VRML 浏览器既可以是 WWW 浏览器(如 Netscape 和 Internet Explorer)的 plug-in,也可以是独立的应用程序(如 Cosmo player)。同样,就象浏览 Web 页面一样,客户机通过 Internet 下载 VRML 场景文件,再由浏览器解释执行并显示。由于采用了这种“可执行代码技术”,只需传送小型的指令代码文件,而不是数目大得惊人的多媒体数据,就能在 Internet 上浏览三维世界了。

## 3 基于 VRML 的 3D 动态虚拟现实场景的绘制

在 VRML 中,虚拟场景用场景图(Scene Graph)描述,场景图的基本单元称为节点(Node),一类节点用于从视觉和听觉角度表现对象,以父子关系形成层次性结构,反映境界的空间结构。另一类节点参与事件产生和路由机制,形成路由图,确定境界随时间推移如何动态变化。如图 1 所示,节点之间通过消息(Event 称为事件)相互通讯,事件通过路由(Route)在场景图中传播。检测节点(Sensor)能够检测用户动作或时间推移,从而产生初始事件,这是交互性或动态行为的基础。利用

脚本节点(Script)可以集成用 Java 或 ECMAScript (JavaScript 标准化后的名称)语言编写的程序代码,从而编写各种自定义行为。插补器实际上是内置脚本,常用的基本动态行为可利用插补器节点(Interpolator)进行插值计算。因此,VRML 语言所描述的三维场景可以说是一个“节点”的集合。节点(node)是三维世界的基本元素,几何体、视点(即照相机)、灯光、接受输入的传感器(sensor)以及控制动画的插件(interpolator)都以节点的形式定义和使用。节点可以引用和嵌套。这样,所有的三维场景中的对象组成一个层次的、树型的结构。

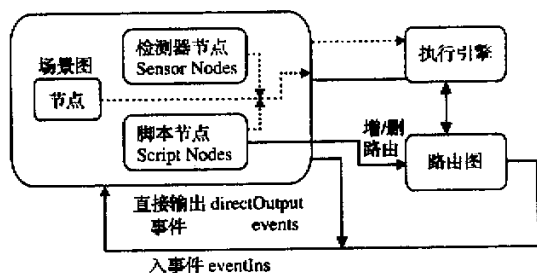


图 1 场景图事件体系中的事件流

### 3.1 3D 虚拟现实模型的建立

VRML 为虚拟环境的建立提供了规范,综合了现有三维软件的景象描述语言的优点。它有基本元素、顶点、线和面的定义,坐标变换有缩放、旋转和平移等。VRML 语言具有的几何原型有球体、锥体、柱体、立方体和文本等,这些几何原型为创建景象提供了方便,利用层次结构变换和几何原型可创建各种各样比较复杂的对象。

例如数字高程模型(DEM)作为 GIS 的重要组成部分,其建立也必须符合网络化和三维动态显示的要求,这在 VRML 中很容易实现。当用一定的算法生成 DEM 数据后,对于规则格网构成的地表模型,我们可以用 ElevationGrid 节点构建,该节点指定一个位于局部坐标系  $Y = 0$  平面上的高低起伏的规则矩形网格几何体。该几何体用高度值组成的标量阵列描述,阵列指定了表面每个格网点上的高度。ElevationGrid 节点控制三维地表曲面的五个域 xDimension、zDimension、xSpacing、zSpacing、height,分别指定基底坐标中格网的列数、行数、列间距、行间距、Y 方向上的海拔,基底上的每一个栅格点都与 height 矩阵中的一个海拔值相对应,此外 colorPerVertex 域指定 color 域中指定的颜色是用到 ElevationGrid 节点的每个顶点上,还是应用到每个四边形上。

而对于由不同的三角面构成的地表模型,则

需用万能几何节点 IndexedFaceSet ,它有两个域 coord 与 coordIndex ,与 IndexedLineSet 节点中的这两个域类似 ,前者用于指定一个 Coordinate 节点 ,定义 coordIndex 所用的点集 ;coordIndex 描述如何用这些点生成面。面的法线方向由点的顺序按右手规则决定 ,为了使生成的面不透明 ,必须保证所有面的法线方向都指向物体外侧 ,这就要求建立三角网的各个三角面按照法线方向向外的法则建立 coordIndex ,VRML 就是用这些小的三角面逼近真实的三维地形表面的 ,其精度取决于格网剖分的密度。

### 3.2 VRML 文件的优化和压缩

VRML 的语法虽然并不复杂 ,但对于学习者而言 ,其烦琐是不可避免的 ,如果我们需要描述一幢高层建筑 ,不仅需要设置各楼层的材质 ,还需要设置相应的位置 ,其代码量是相当可观的 ,因此在建模过程中 ,应注意使用优化程序 ,充分利用 VRML 提供的高级造型技术。可以采用的方法有以下几种 :

□使用内联节点( Inline )来减少文件的长度 ;内联节点提供了场景之间的链接能力 ,从而形成跨越因特网的三维多媒体。

□利用原型构造技术( PROTO 和 EXTERN PROTO )来创建扩展节点。原型( PROTO )是一种类型封装机制 ,利用它可以在已定义节点类型的基础上定义新的节点类型 ,通过外部原型还可以跨越因特网引用自定义的节点类型 ,一旦定义 ,原型节点类型就可以象内部节点类型一样在场景图中实例化。原型可以在当前文件中定义并使用 ,也可以在其它文件中定义 ,即外部原型 ,外部原型提供了一种使节点类型能够跨越网络的机制 ,这样可减少相同代码的重复编写 ,为快速建模提供了强大支持 ;

□对于比较复杂的场景 ,采用 LOD 节点来控制一些复杂模型的重现程度 ,它可以减少重现时多边形的数目 ;

□对结构相同或相似的模型 ,用 DEF/USE 来重用场景以避免进行重复的设计工作 ;

而且 ,目前有许多创建 VRML 文件的模型软件 ,并且有许多软件可以把其他三维格式的文件转换成 VRML2.0 文件 ,如 3DS MAX、RAW 等。如我们可以采用 3DMAX2.5 建立 VRML 模型 ,因为它已经支持 VRML97 标准。

VRML 的源文件是 ASCII 类型的 ,其中有许多不必要的回车符、空格符和 TAB 符 ,将这些字符去掉能使文件大小减少近 1/3 ,而且完全不影响执

行。例如在最终的 VRML 场景编辑完成后 ,可使用 GUNZIP 对 VRML 文件进行压缩 ,VRML 浏览器会自动识别和解压 gzip 格式的压缩文件。

### 3.3 3D 交互动态虚拟场景的实现

上节我们介绍了用几何原型建立虚拟境界以及为几何体赋予色彩和材质的方法 ,这样建立的虚拟境界可能还是静态的。为使创建的对象具有动态虚拟场景的效果 ,我们还必须作进一步深入的研究。下面我们介绍使一个对象能够根据用户动作作出反应 ,即创建交互能力和动画效果。

VRML 1.0 没有包括高级交互和动画性能 ,因此它展现的仍然是一个静态的世界 ,而 VRML 2.0 在这方面获得了重大突破 ,它把目前为止的各项多媒体技术融合进去 ,使构造出的三维虚拟世界具有声音、动画、人机交互等功能 ,从而使计算机生动逼真地模拟了真实的世界。VRML 2.0 提供了多种构造动态虚拟现实场景的方法 ,常用的有 :

#### 1)使用关键帧动画

关键帧动画是实现动态行为的常用手段 ,例如物体的移动、旋转、变形和色彩渐变等等。它们也是虚拟境界中十分常见的动态行为 ,因而 VRML 专门定了 6 个插值器节点 ,完成关键帧动画所需的线形内插功能。

插值器( Interpolator )节点定义了  $n$  个  $t$  值 ,称为 key( 关键点 )和  $n$  个对应的 keyValue( 关键值 ) ,它们决定了一个分段线形函数  $f(t)$  ,其中关键点是单调不减的。插值器节点的公共接口是类似的 :

```
AnyInterpolator{
    eventIn          SFFloat          set_fraction
    exposedField     MFFloat          key[ ]
    exposedField     MF < type >     keyValue[ ]
    eventOut [ SIM ]F < type > value_changed }
```

给定任一  $t$  值( set\_fraction ) ,插值器计算出对应的函数值( value\_changed )。不同类型插值器的区别在于关键值类型 < type > 的不同( 如表 1 所示 ) ,这里单值型 value\_changed( 即 SF < type > )意味着关键值是单个值 ,多值型 value\_changed( 即 MF < type > )表示每个值都是  $m$  个值组成的  $m$  元组 ,其中  $m$  等于 keyValue 中值的个数除以 key 的个数。表 1 详细比较了各插值器关键值及插值方式。

插值器的输入事件 set\_fraction 一般来自时间检测器 TimeSensor。从而产生随时间推移而不断变化的一系列插值 ,例如不断变化的位置、旋转角度、颜色、法线方向等 ,下面的插值器可产生从红色到绿色再到蓝色的色彩渐变效果 :

DEF ActiveColor ColorInterpolator{

key[ 0.0 0.5 1.0 ]

keyValue[ 1 0 0 0 1 0 0 0 1 ]}

简单地讲,使用插值器改变对象形成动画,用户只需给出一系列运动轨迹的中间态势,由 VRML 解释器自动平滑对象在这些中间态势间的过渡,从而得到使对象按所给路线变化的动态效果。

表 1 插值器

插值器类型	关键值类型	关键值包含的数值	插值方式说明
ColorInterpolator	SFColor	单个 RGB 颜色	在 HSV 色彩空间线性插值
CoordinateInterpolator	MFVec3f	一组坐标	
NormalInterpolator	MFVec3f	一组法线	在单位球面上的最短弧线上插值
OrientationInterpolator	SFRotation	单个朝向(旋转值)	在单位球面上的最短路径上插值
PositionInterpolator	MFVec3f	单个坐标	
ScarInterpolator	SFFloat	单个浮点值	

## 2)使用检测器

在 VRML 中,检测器(Sensor)节点是交互能力的基础。检测器节点共有九种。在场景图中,检测器节点一般以其它节点的子节点的身份而存在的,它的父节点称为可触发节点,触发条件和时机由检测器节点类型确定。

接触检测器(TouchSensor)是最常用的检测器之一,最典型的应用例子是开关。而邻近检测器(ProximitySensor)能够检测用户是否进入或离开检测器所指定的空间区域,典型的用法是当用户走进房间时开启灯光,当用户离开时关闭灯光,从而建立功能丰富的“智能”空间。时间检测器(TimeSensor)随着时间推移不断产生事件,可用于驱动连续性的仿真和动画、控制周期性的活动(如每分钟一次)、初始化单独事件(如报警钟)等多种目的。

## 3)改变视点

最常见的变化是视点的改变。VRML 提供的 Viewpoint(视点)节点允许让用户指定所需的位置和方向,创作者可先把用户绑定到某个 Viewpoint 节点上,通过不断改变视点的位置和方向可以达到同不断改变对象位置和方向相似的动画效果。把 fraction\_changed 事件(产生的时间)值传递到旋转节点(OrientationInterpolator)和位置节点(Position-

Interpolator)以产生新的视点方向和位置,分别把新产生的视点方向位置传递到视点(Viewpoint)节点中以改变原先的值,从而产生动画效果。

## 4)使用纹理动画

用 ImageTexture 节点通过指定一个图像文件和把它影射到几何体上所需的一般参数来定义一个纹理影像,然后通过 TextureTransform 节点设置对纹理与对象之间的映射所进行的变换,移动或旋转纹理,以产生动画效果。例如在流水的纹理变换上,可以使纹理在横向坐标上按时间循环地移动,用户就可看到流水的动画了。

## 5)使用帧动画

利用 VRML 中的角色(1个平坦的始终面向用户的图像)和 Switch 节点便可在 VRML 中实现帧动画。具体做法为:首先创建一系列图像,用它们制作一些角色,使这些角色成为 Switch 的子节点;当在这些子节点之间快速切换时,便形成动画。这种切换完全由创作者控制,这就必须用 Script 节点对它进行编程来完成某一特定的任务。

其它还有:

- 使用背景(BackGround)节点改变背景颜色;
- 使用 Transform 节点改变对象位置等方法来产生动画效果;

通过鼠标的点击可实现动画的播放与控制。利用 VmlScript 和 JavaScript 语言创建 Script 节点以实现虚拟场景中节点之间的数据传送。

利用 VRML2.0 提供的 Anchor 节点与 HTML 通讯。该节点允许打开一个 HTML 文档,利用这个功能可针对被单击的物体进行进一步的描述。使用 URI(Uniform Resource Location)语法加入超文本链接,例如,利用 GIS 数据的图、文、声、像信息,把不同类型的文字信息、语言信息、图像信息和录像资料,通过相应功能,组成一个信息单元,实现对查询内容进行朗读、显示某一区域的图片资料、调看某一时间段的录像资料。等等。

不管采用何种方法,对象动画的开始和结束往往由节点 TimeSensor 决定,动画的触发使用“接触传感器”(TouchSensor),并使用 ROUTE/TO 语法将触发消息传给时间传感器,由其控制动画执行。上面介绍的用 VRML 生成动画的几种方法,由于它们的工作机理不同,因而应用环境也略有不同。改变视点的方法使周围世界景物的位置相对发生变化,故对动画中包含的立体景物较多时适用,帧动画是将一幅幅图像主次播放,当用于形成动画

形三维数据。其流程图如图 1。

### 3 结束语

根据上述思想,用 VisualC++ 6.0 在 Windows2000 下设计完成了一套地形三维数据快速采集系统。本系统在研制过程中对彩色地图图像分色和数据压缩进行了深入的研究,提出了前面所述的新的分色算法和数据压缩方法,该分色算法简便、快速,有很大的先进性,并取得了很好的结果。压缩方法也有快速、完整地提取等高线特征点的优点。本软件操作简单,能自动快速得到高精度的地形三维数据,为地图数据库的建立、数字高

程模型的生成以及地理信息系统的数据输入提供了良好的数据源,并且已经在许多任务中发挥了很好的作用,取得了很大的效益。

[参考文献]

- [1] 高俊,夏运钧,游雄,舒广,等.虚拟现实在地形环境仿真中的应用[M].北京:解放军出版社,1999.
- [2] 黄华文.地形图数字修测技术的研究与应用[D].郑州:信息工程大学测绘学院,1997.
- [3] 黄培之.彩色地图扫描数据自动分层与等高线分析[D].武汉:武汉测绘科技大学,1996.
- [4] 郝向阳.地图信息识别与提取技术的研究与实践[D].郑州:信息工程大学测绘学院,1996.

(上接第 11 页)

的对象方便创建成图像时,可以用此方法;只有当动画与纹理相关时,才能使用纹理坐标的动画。例如在漫游时使用视点移动来产生动态效果;在绘制波光粼粼的水面时用纹理坐标的移动来虚拟现实等。而由于对象动画的轨迹是由插值器来决定的,因此可以说,各种插值器为用户设计千姿百态的动画效果提供了基础,对插值器的灵活使用可以使构造出的虚拟世界充满生机和活力。

### 4 小结

VRML 作为最新的面向 Internet 的三维世界描述语言,具有可交互性、支持多媒体、节省网络带宽等特点,非常适合开发三维网上应用。而且越来越多的 Internet 站点含有与 VRML 有关的内容,为基于 VRML 的开发应用提供了大量的可用资源。VRML 可满足一般地学领域的需要:它既用来建立真实世界的模型,又可建立虚构的 2D、3D 世界,还可以模拟人们熟悉的东西来传达未知的东西。VRML 也使巨大的全球网形象化,形成所谓的 CyberSpace。它无疑将给数字地球以强有力的支持。

但它还有自己的缺点,如着色不如 OpenGL 快、没有底层控制、缺乏数据库支持等。

将来,VRML 有可能成为构建虚拟境界的基础框架,但它不涉及 VR 硬件和具体实现。其未来将是协作的、共享的、分布的和普遍的,加之其扩充

性,因而具有强大的生命力,VRML 有以下发展趋势:

□VRML 继续发展:增加新的节点与功能,如用于数字化地球的 GeoVRML,分布式计算的 DIS 与 VRTP 等。

□X3D:基于 XML 的 VRML—NG,已有提案与演示。

□MPEG4:用于数字化影视的新技术,基于 VRML。

□VRML2002:X3D 与 VRML 溶合的产物,并希望在 2002 年通过 ISO 认证。

不管未来怎样,将平面的 Internet 发展成为一个交互的、三维的虚拟生存空间总是人们始终追求的目标,当然这一过程要远比想象复杂得多。

[参考文献]

- [1] 黄铁军,柳健编译.VRML 国际标准与应用指南[M].北京:电子工业出版社,1999.
- [2] 王海燕,等译.21 天学通 VRML2.0[M].北京:人民邮电出版社,1998.
- [3] Edmund SIDES. Publishing 3D Data And Models On The World Wide Web Using VRML[J]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXX III, Part B5. Amsterdam 2000.
- [4] 林冬梅,等.用 VRML 实现网上动画的方法[J].微型机与应用,2000(5).
- [5] 张宁,等.用 VRML 构造动态虚拟现实模型[J].微型机与应用,2000(1).