



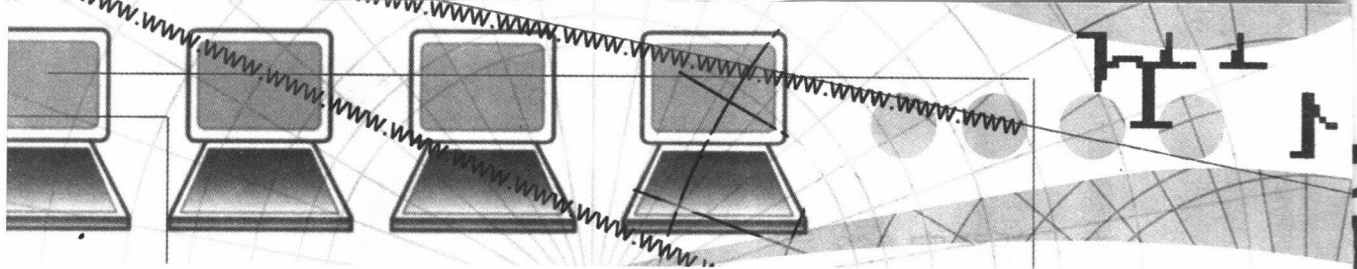
- 本书系统地介绍了虚拟现实建模语言 (VRML) 的基础知识和各节点详细的使用方法。
- 书中给出大量的实例, 供读者参考, 使读者的VRML编程开发水平在实践中得到不断提高。
- 本书适用于VRML的初学者, 也可作为运用VRML技术进行系统仿真、虚拟现实程序设计的研究人员和程序开发人员的参考书籍。

黄文丽 卢碧红 杨志刚 景宁 编著

VRML 语言 入门与应用

- VRML (Virtual Reality Modeling Language, 虚拟现实建模语言) 是Internet上基于WWW的具有交互性的虚拟现实建模语言, 是HTML的三维模拟。
- VRML改变了原来WWW上单调、交互性差的弱点, 将人的行动作为浏览的主体, 为用户创建了在其中自由翱翔的虚拟空间。

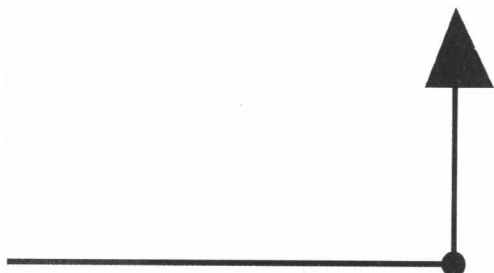
中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



VRML 语言入门与应用

黄文丽 卢碧红

杨志刚 景宁 编著



中国铁道出版社

2003·北京

· (京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书系统地介绍了虚拟现实建模语言 (VRML) 的基础知识和各节点详细的使用方法, 并给出大量的实例, 供读者参考。全书分为两大部分: 第一部分为 VRML 的基本理论和各节点语法, 以及如何通过 VRML 来创作和开发虚拟空间的方法和技巧; 第二部分结合编者开发的数控车床的 VRML 三维造型的实例进行详尽论述, 希望能使读者的 VRML 编程开发水平在实践中得到不断提高。

本书适用于梦想自己制作虚拟空间的 VRML 初学者, 也可作为运用 VRML 技术进行系统仿真、虚拟现实程序设计的研究人员和程序开发人员的参考书籍。

图书在版编目 (CIP) 数据

VRML 语言入门与应用/黄文丽等编著. —北京: 中国铁道出版社, 2003. 9

ISBN 7-113-05511-7

I. V… II. 黄… III. VRML 语言-程序设计 IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 086831 号

书 名: VRML 语言入门与应用

作 者: 黄文丽 卢碧红 杨志刚 景 宁

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

策划编辑: 严晓舟 郭毅鹏

责任编辑: 苏 茜 黄园园 刘文龙

封面设计: 孙天昭

印 刷: 北京市彩桥印刷厂

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.25 字数: 437 千

版 本: 2003 年 11 月第 1 版 2003 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000 册

书 号: ISBN 7-113-05511-7/TP·1039

定 价: 29.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社计算机图书批销部调。

前 言

我们身处在 21 世纪，是一个信息爆炸的时代，WWW 的出现产生了 HTML（HyperText Markup Language，超文本标识语言），同时 CGI（Common Gateway Interface，公共网关接口）能使 Web 有更强的交互功能。随着 WWW 的普及和人们对 Web 日益增长的需求，WWW 需要不断地注入新的活力。

于是，VRML（Virtual Reality Modeling Language，虚拟现实建模语言）就应运而生了。它改变了原来 WWW 上单调、交互性差的弱点，将人的运动行为作为浏览的主体，提供给用户虚拟空间，在其中任意翱翔。VRML 的出现填补了 HTML 只能显示二维信息的缺憾，业已成为未来 Internet 上三维虚拟世界的主要标准。目前大多数图形软件都开发了 VRML 文件格式（.wrl）输出接口。

VRML 规定了 3D 应用中大多数常见功能，也提供给用户足够的创造空间。

（1）建模能力，VRML 定义了类型丰富的几何、编组、定位等节点，建模能力较强。

（2）真实感及渲染能力，通过提供丰富的渲染相关节点，可以很精细地实现光照、着色、纹理贴图、三维立体声源。

（3）观察及交互手段，传感器类型丰富，可以感知用户交互。视点可以控制对三维世界的观察方式。

（4）动画控制，VRML 提供了方便的动画控制方式。

HTML 和 VRML 的差别与建筑物的蓝本和它的模型的差别是同一个道理。VRML 是 Internet 上基于 WWW 的虚拟现实建模语言，用来描述三维物体及其运动行为，构建虚拟世界。它的基本特征包括三维性、交互式、分布式集成性和逼真性等。随着国际互联网的普及，网络技术和硬件设施的飞速发展，虚拟现实技术将成为今后网络多媒体发展方向的主流。总之，VRML 将创造一种融多媒体、三维图形、网络通讯、虚拟现实为一体的新型媒体，兼具先进性和普及性。

全书分为两大部分：第一部分为 VRML 的基本理论和各节点语法，以及如何通过 VRML 来创作和开发虚拟空间的方法和技巧；第二部分是结合编者开发的数控车床的 VRML 三维造型的实例进行详尽论述，希望能使读者的 VRML 编程开发水平在实践中得到不断提高。

本书由大连铁道学院黄文丽、杨志刚以及大连理工大学景宁、李利编写，大连铁道学院卢碧红教授主审，参加编写工作的还有葛研军、施志辉、沙智华、马自勤、苏春燕、何敏等。中国铁道出版社的领导和编辑们为本书的顺利出版给予了热情帮助和指导，陈贤淑、陈晓娟、廖康良等参与了本书的编排工作，在此谨向他们表示由衷的谢意。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免会有错误和不足之处，恳请读者予以批评和指正。同时，我们也会在适当时间进行修订和补充，并发布在天勤网站：<http://www.tqbooks.net>，“图书修订”栏目中。

编 者
2003 年 9 月

目 录

第 1 章 VRML 简介.....	1
1-1 VRML 的发展历史.....	2
1-2 VRML 与虚拟现实.....	3
第 2 章 初识 VRML.....	5
2-1 VRML 原理.....	6
2-2 VRML97 简介.....	9
2-3 VRML 浏览器.....	10
2-4 VRML 创作工具.....	11
2-5 Java 简介.....	11
2-5-1 Java 语言的特点.....	11
2-5-2 Java 的开发运行.....	12
2-5-3 VRML 与 Java 结合.....	13
2-6 一个 VRML 例子.....	14
第 3 章 VRML 中的一些重要概念.....	15
3-1 VRML 文件的构成.....	16
3-1-1 节点名定义 DEF 及引用 USE.....	16
3-1-2 VRML 节点域/事件及其类型.....	16
3-1-3 PROTO 语句和 EXTERNPROTO 语句.....	17
3-1-4 节点的事件路由.....	17
3-2 VRML 文件的语法.....	17
3-2-1 VRML 文件头.....	17
3-2-2 VRML 文件 UTF-8 编码语法及文件关键字.....	17
3-2-3 语句语法.....	18
3-3 场景图的层次结构.....	23
3-4 VRML 的空间概念和变换层系.....	23
3-5 VRML 的时间概念.....	24
第 4 章 形体造型节点.....	25
4-1 空间描述造型.....	26
4-2 简单形体造型节点.....	26
4-2-1 Box (立方体).....	27
4-2-2 Sphere (球体).....	27
4-2-3 Cone (圆锥).....	28

4-2-4 Cylinder (圆柱)	29
4-3 高级造型节点	30
4-3-1 Coordinate (坐标)	31
4-3-2 PointSet (点集)	31
4-3-3 IndexedLineSet (索引线集)	33
4-3-4 IndexedFaceSet (索引面集)	35
4-3-5 Extrusion (挤出面)	39
4-3-6 ElevationGrid (高程格网)	43
第5章 文本造型节点	47
5-1 Text (文本)	48
5-2 FontStyle (字体)	50
第6章 造型外观	55
6-1 Shape (形态)	56
6-2 Appearance (外观)	57
6-3 Material (材质)	58
6-4 使用纹理	62
6-4-1 ImageTexture (贴图纹理)	65
6-4-2 MovieTexture (影像纹理)	68
6-4-3 PixeTexture (像素纹理)	71
6-4-4 TextureCoordinate (纹理坐标)	73
6-4-5 TextureTransform (纹理变换)	74
6-5 Color (颜色)	76
第7章 改善背景效果	79
7-1 Background (背景)	80
7-2 Fog (雾)	84
第8章 光照	89
8-1 Normal (法线)	92
8-2 PointLight (点光源)	93
8-3 DirectionalLight (平行光)	96
8-4 SpotLight (聚光灯)	97
第9章 动感造型	99
9-1 PositionInterpolator (位置插补器)	101
9-2 OrientationInterpolator (方向插补器)	103
9-3 ColorInterpolator (颜色插补器)	105
9-4 ScalarInterpolatorlator (标量插补器)	107
9-5 NormallInterpolator (法向插补器)	110
9-6 CoordinateInterpolator (坐标插补器)	113

目 录

第 10 章 传感器节点	117
10-1 TouchSensor (接触传感器)	119
10-2 PlaneSensor (平面传感器)	122
10-3 SphereSensor (球面传感器)	124
10-4 CylinderSensor (圆柱传感器)	126
10-5 ProximitySensor (邻近传感器)	129
10-6 VisibilitySensor (可见性传感器)	130
10-7 Collision (碰撞)	132
10-8 TimeSensor (时间传感器)	135
第 11 章 节点编组	139
11-1 Transform (变换)	140
11-2 Group (组节点)	145
11-3 Billboard (布告牌)	146
11-4 Switch (开关转换)	148
第 12 章 视点控制与细节层次	151
12-1 Viewpoint (视点)	152
12-2 NavigationInfo (航行信息)	156
12-3 LOD (细节层次)	160
第 13 章 声音效果	163
13-1 Sound (声音)	164
13-2 AudioClip (音响剪辑)	166
第 14 章 脚本节点与脚本编程	169
14-1 Script (脚本)	170
14-2 VRML 的 JavaScript 编程	174
14-2-1 数据类型映射	174
14-2-2 对象处理	175
14-2-3 事件响应与例程	177
14-2-4 JavaScript 与 VRML 通讯的另一种方式	179
14-3 VRML 的 Java 编程	180
14-3-1 Field 类	182
14-3-2 BaseNode 类	183
14-3-3 Browser 类	184
14-3-4 异常类	185
14-3-5 Java 与 VRML 通讯的另一种方式	187
第 15 章 VRML 的网上资源利用	189
15-1 Inline (内联)	190

15-2	Anchor (锚)	191
15-3	WorldInfo (境界信息)	193
第 16 章	自定义节点	195
16-1	PROTO (原型定义)	196
16-2	EXTERNPROTO (原型输出)	200
16-3	IS	202
第 17 章	综合实例	203
17-1	实例 1——模拟的城市	204
17-2	实例 2——闹钟	213
17-3	实例 3——虚拟车床	220
17-3-1	总体设计	220
17-3-2	主要方法	221
17-3-3	车床总体建模的实现	224
17-3-4	数控车床操作、加工仿真	276

1

VRML 简介

VRML (Virtual Reality Modeling Language) 是 Internet 上基于 WWW (World Wide Web) 的具有交互性的虚拟现实建模语言, 是 HTML 的三维模拟, 它使用 VRML 浏览器能读懂的 ASCII 文本格式来描述世界和链接。

VRML 的出现使得虚拟现实像多媒体和因特网一样逐渐走进我们的生活, 简单地说, 以 VRML 为基础的第二代万维网=多媒体+虚拟现实+因特网。第一代万维网是一种访问文档的媒体, 能够提供阅读的感受, 使那些对 Windows 风格的 PC 环境熟悉的人们容易使用因特网, 而以 VRML 为核心的第二代万维网将使用户如身处真实世界, 在一个三维环境里随意探索因特网上无比丰富的信息资源。每个人都可以从不同的路线进入虚拟世界, 和虚拟物体交互, 这样控制感受的就不再是计算机, 而是用户自己, 人们可以以习惯的自然方式访问各种场所, 在虚拟社区中“直接”交谈和交往。事实上, 目前采用 VRML 技术取得成功的案例已经很多, 例如“火星探路者”到达火星后的信息就是利用 VRML 在因特网上即时发布的, 网络用户可以以三维方式随“火星探路者”探索火星。还有, 可以把将要开发建筑成的住宅小区作成 VRML 模型, 供顾客们在虚拟空间中遨游来决定自己最终需要的房间等。

1-1 VRML 的发展历史

VRML 的设计与发展是由人们尝试给 WWW 加上三维功能和在 Web 上欣赏实时的 3D 图像开始的。VRML 浏览器,既是插件,又是帮助应用程序,还是独立运行的应用程序,它是传统的虚拟现实中也使用的实时 3D 着色引擎。这使得 VRML 应用从三维建模和动画应用中分离出来,在三维建模和动画应用中可以预先对前方场景进行着色,但没有选择方向的自由。VRML 提供了 6+1 度的自由,您可以沿着三个方向移动,也可以沿着三个方位旋转,同时还可以建立与其他 3D 空间的超链接。因此 VRML 是超空间的。

VRML 使用场景图数据结构来建立 3D 实境,这种数据结构是以 SGI (Silicon Graphics Incorporated) 开发的 Open Inventor 3D 工具包为基础的一种数据格式。VRML 的场景图是一种代表所有 3D 世界静态特征的节点等级:几何关系、材质、纹理、几何转换、光线、视点以及嵌套结构。几乎所有的生产三维产品的厂商,无论是 CAD、建模、动画、虚拟现实,还是 VRML,它们的结构核心都是场景图。

美国《线路通》杂志的 Pesce 和 Brian Behlendorf,在一个月之内,收集到一份有意参与开发 VRML 人员的电子邮箱通讯录,那只不过是开始一周内登录的志愿人员,已超过千人,真可谓是一场有广泛群众参与的大战役。其中有一位 Gavin Bell,他是 SGI (Silicon Graphics Inc, 硅图公司)工作组的工程师。Open Inventor 是 SGI 推出的一个工具软件,便于程序员快速、简洁地开发各种类型的交互式 3D 图形程序。最初发布时名称为 Inventor。

该工作组每周举行一次例行的午餐会,尽管外人对其中奥妙一无所知,但很多工作组的内部事务,往往在这种不拘形式的随意交谈中得以完成。Gavin Bell 正是利用了一次这种场合,告诉他的主管经理 Rill Carey 关于 VRML 的事情,说明急需建立一种可在 Web 网上运行、描述 3D 场景的语言。到聚餐结束时,Carey 已决心从事这场新的开拓(后来两人合办了 Wasabisoft)。VRML1.0 标准是许多人合作的结果。1993 年 9 月, Tong Parisi 和 Mark Pesce 开发了第一个 VRML 浏览器,称为 Labyrinth (迷宫),它是 WWW 上三维浏览器的原型。

1994 年春,在日内瓦第一界 WWW 大会上,由 Tim Berners-Lee 和 Dave Raggett 所组织的一个名为 Bird_of_a_Feather (BOF) 的小组提出了 VRML 这个名字,当时所代表的含义是 Virtual Reality Makeup Language,但是后来为了反映三维世界的建立而改成了 Virtual Reality Modeling Language,缩写仍为 VRML。在这次大会后,一个 www-vrml mail list 的组织成立了, Silicon Graphics, Inc (SGI) 的 Gavin Ball 通过选择 Open Inventor 文件格式中的基本元素,增加必要的 WWW 特征,制定的方案经修订,在 1994 年第二次 WWW 大会上公布为 VRML1.0 的初稿。

当时, VRML 在设计上考虑了以下因素:

- (1) 操作平台无关性。
- (2) 可扩展性。
- (3) 在低带宽上具有良好的运行能力。

VRML1.0 允许单个用户使用非交互功能,没有声音和动画,只允许建立一个可以探索的环境,除此之外,没有其他特别的。虽然 VRML1.0 的功能是十分有限的,但它已经形成了一组开发者可以应用的工作核心程序,为以后的发展奠定了基础。

第 1 章 VRML 简介

另一位 SGI 的原 Open Inventor 设计师 Paul Strauss 开始作一个 VRML 公共域 (Publicdomain) 的词解程序 (Parser), 当时流行于业界的名字叫 QvLib。这个程序的作用是把 VRML 的可读文件格式转换成浏览器可理解的格式。这个词解程序于 1995 年 1 月公开发布。它可以安装到各式各样的平台上, 从此, 各种浏览器似雨后春笋般兴盛起来。

1996 年初, VRML 委员会审阅并讨论了若干个 VRML2.0 版本的建议方案, 其中有 SGI 的动态境界 (Moving Worlds) 提案、太阳微系统 (Sun Microsystem) 的全息网 (Holl Web)、微软公司 (Microsoft) 的能动 VRML (Aictive VRML)、苹果公司 (Apple) 的超世境界 (Out of the world), 以及其他多种提案。委员会的很多成员参与修改和完善这些方案, 特别是 Moving Worlds。经过多方努力, 最终在 2 月底以投票裁定。结果, Moving Worlds 赢得了 70% 的选票。

1996 年 8 月在 SGI 的 Moving Worlds 提案基础上形成 VRML2.0。VRML2.0 在 VRML1.0 的基础上进行了很大的补充和完善。无论是从远到近的观察浏览博物馆, 还是走近繁忙工厂时逐渐变响的隆隆声; 无论是用开关将灯打开, 还是在令人心动的少年宫内漫游玩耍。都可以用 VRML2.0 中的 5 个简单结构完成: 节点事件域 (Node event field)、路由 (Routes)、传感器 (Sensors)、插补器 (Interpolators) 和脚本描述节点 (Script node)。前 4 个结构用于连接和控制动作、反应和动画, 脚本描述节点包括 JavaScript 或指向一个外部 Java Applet 的关联, 允许创作者扩充 VRML 的行为和动态。此外, 还可以定义用户自己的节点类型以扩充 VRML。

VRML2.0 还改善了 VRML 的视觉效果。它提供了带轮廓的地形 (Contoured Terrains)、挤出 (Extrusions)、雾化效果 (Fog)、碰撞检验 (Collision Detection) 以及常见的文本 (Text)。它还提供了梯度和纹理映射背景、与地点有关的声音以及可将 MPEG II 视频映射到任意对象上的 MovieTexture 节点。

VRML 的 DIS (Draft of International Standard, 国际标准草案) 就是以 VRML2.0 为基础制订的, 于 1997 年 4 月提交国际标准化组织 ISO JYCI/SC24 委员会审议, 依照惯例命名为 VRML97。

1998 年 12 月在原 VRML 组织的基础上成立了 Web3D 联盟, 致力于 VRML NG (VRML Next Generation, 下一代 VRML) 标准的制定, 并致力于制定 X3D 网络三维标准。在 X3D 的旗帜下, VRML 将结合 Java3D 和 XML 等技术, 成为 Internet 上三维虚拟世界的主要标准。

近年来, Internet 的迅猛发展, 给计算机世界带来了更广阔的发展空间, VRML 一定会在其中起到更加重要的作用。

1-2 VRML 与虚拟现实

虚拟现实的英文称为 Virtual Reality, 简称 VR, 即利用计算机的高科技手段构造出一个虚拟的世界, 使参与者获得与现实一样的感觉。虚拟现实是一个在当今国际上倍受关注的课题。如果真正实现了虚拟现实, 那么对整个人类的生活与发展都将会发生很大的变革。我们可以设想这样一幅情景: 当你戴上特制的头盔与手套后, 你就发现你已置身于一家博物馆中, 当你向前行走或者转头时, 你所看见的景象也会随之改变, 你可穿过大厅, 推开前面的大门;

而当你看见一件精美的展品时，你甚至可以上上下下、里里外外仔细地观摩……这就是虚拟现实技术给您带来的近乎完美的真实感觉。

当计算机技术尚未出现的时期，仿真只能在实物上进行，这一阶段的仿真称为模拟仿真。其特点是：由于仿真是在实物上进行，因而实时性强且精度较高，但是实施的难度和费用都较大。在计算机技术问世且被引入仿真领域的初期，仿真技术步入了半模拟半数字的阶段。这时系统中的一些部分由计算机代替，另一部分则由实物充当，所以，在一定程度上仍然保留着实时性仿真的特点。

80年代后期，仿真在诸多方面都发生了重大的转变，仿真研究的对象已由连续系统转向离散事件系统。仿真已由重视实验转向重视建模与结果分析。计算机已成为一种重要的仿真工具。计算机仿真（Computer Simulation）是一门利用计算机模拟真实系统进行科学实验的技术。

由于从强调并重视与人工智能结合转向强调与图形技术和对象技术结合，仿真系统的交互性大大增强。就应用领域方面而言，仿真已从研究制造对象（产品）的动力学、运动学特性及加工、装配过程，扩大到研究制造系统的设计和运行，并进一步扩大到后勤供应、库存管理、产品开发过程的组织、产品测试等，涉及到企业制造活动的各个方面。这些转变明显地说明，计算机仿真已经进入一个崭新的发展阶段，它的重要性与特殊功能已越来越突出。虚拟现实促进了仿真技术的发展。虚拟现实是采用计算机仿真技术生成的一个逼真的、具有视、听、触、嗅、味等多种感知的虚拟环境，置身于该环境中的人们可以通过各种传感交互设备与这一虚构的现实进行相互作用，达到彼此融为一体的程度。近年来随着信息技术的发展，特别是高性能海量并行处理技术、可视化技术、分布处理技术、多媒体技术和虚拟现实技术的发展，使得建立人机一体化的、分布的、多维信息交互的仿真模型和仿真环境成为可能，仿真因此形成一些新的发展方向，如可视化仿真、多媒体仿真和虚拟现实仿真等。

虚拟现实技术已不再是仅仅在科学幻想小说中才能找到的梦想，将虚拟现实与 Internet 结合在一起，已变成十分普通的事了，你将看到在很多方面的令人激动的变化，如：通信、事务处理、娱乐和艺术媒体等。没有多少 Internet 用户会仅仅满足于文本信息和静态画面，Internet 通信的下一代将是三维的，它将由虚拟现实提供一条通向未来的道路。

现在，VRML 工程师们正在将虚拟现实环境与 WWW 集成在一起，这使您可以围绕 Web 站点散步或飞行，打开门，并超链接到 Web 的其他部分。使用了 VRML，Web 站点不再是一个平淡的文档资料，你可以看到三维的图形对象和建筑物，并可以改变它的透视图，走出你散步的城镇或穿过城镇。VRML 提出了一个非专用的标准，即虚拟现实开发的独立平台，这意味着，使用遵循 VRML 标准的 Web 浏览器的任何人，都可以在电脑空间上漫游，而不管计算机使用的是哪种操作系统，也不管使用的是哪种特殊软件。如同 HTML 标准创建了可在 Internet 上交互的数据一样，VRML 是三维的标准，它已经经过了几年的发展，并在继续发展。

2

初识 VRML

本章介绍了 VRML 的基本原理，VRML 规定了 3D 应用中大多数的常见功能。VRML 具有建模能力、渲染能力以及观察和交互手段，并为动画提供了方便的动画控制方式等。还介绍了 VRML97 的整体概况。VRML 的创作是一件有趣的事情，本章给出了建议的 VRML 创作工具和获得方式，并通过一个实例来认识 VRML。

2-1 VRML 原理

电脑的使用界面一直是其能否普及化的主要问题, 由于 Windows 等视窗图形界面的出现, 才将电脑使用的普及向前推进了一步。多媒体虽然增加了影音效果, 但感觉上却仅能与电视相同, 只是多了互动的功能罢了, 最后的一大变革将体现在 VR (Virtual Reality) 界面上, 因为它可以把实际生活中的体验与生理感觉数字化后, 重建在虚拟空间界面中, 如此可将目前的键盘、鼠标或是屏幕等输入输出设备化为无形, 取而代之的是我们可以拿着魔棒在虚拟空间中书写, 或是随手打开任意门, 接着进入任何其他空间, 而且直接对空间进行修改、复制与连接, 这样的界面运用于 Internet 上, 就形成了 VRML 虚拟场景世界。

与 HTML 一样, VRML 也是一种 ASCII 的描述语言, 其来源为 Open Inventor, 是 SGI 公司为其本身需求而开发出的 3D 图形描述语言, 只是 HTML 用于平面的排版与创作, VRML 则可用于雕塑, 甚至是装置艺术, 可以用其产生物体、材质、灯光与摄影视觉角度等。

在语法上, HTML 以标记 (Tag) 指定文字样式、排版格式、多媒体档案插入或是超链接等功能, 而 VRML 则以节点 (Node) 作为基本单位。一个节点可以是单一的 3D 造型, 例如立方体 (Box), 或是造型的性质, 再如表面材质 (Material) 等, 以下即为一个最基本的 VRML 语言程序范例, 您可以直接用记事本等基本文字处理软件输入, 存成 .WRL 文件后, 再由一般支持 VRML 的浏览器观赏浏览, 就可看到一个简单的白色方块 (Box), {} 中为方块的长、宽、高相关属性的设置。

```
#VRML V2.0 utf8                                #VRML V2.0 的开头形式
Shape {
  appearance Appearance{
    material material {
      diffrrsecolor 1.0 0.0 0.0    #定义颜色为红色
    }
  }
  geometry Box { height 2 }    #定义一个长方形
}
```

除第一个“#”以外, 以后的“#”实际上是注释符号, 其注释内容直到该行行尾。基本节点定义完成后, 将一些特定节点组合在一起, 即形成一个节点群, 例如表现一个 3D 对象, 至少要加上形状节点与材质节点, 才能组成一个仿真的场景, 而节点在程序中出现的先后顺序则牵涉到彼此间的继承关系, 例如写程序时, 必须先将一种特定材质赋予到某个 3D 对象节点之前, 如此形成特定的层级结构, 才能为对象加入所预想的外表。每个节点群之间以 Shape 节点隔离, 这是最简单的 VRML 结构原则, 虽然目前已经有许多软件提供直接转换成 VRML 文件的功能, 但是您最好能了解一些基本的原则, 如此就有机会可以自行在程序上进行改动。

VRML 的出现弥补了 HTML 只能显示二维信息的不足, 有望成为未来 Internet 上三维虚拟世界的主要标准。目前大多数图形软件都开发了 VRML 文件格式 (.wrl) 输出接口。

VRML 的结构类似于 OpenGL 的显示列表, VRML 用树状的场景图来描述三维世界。应用面向对象技术, 不仅使场景图对三维世界的描述变得清晰, 还通过封装属性和建立场景图内部消息通道很方便地实现虚拟实体的交互和动画等功能。场景图的基本元素为节点 (Node), 节点是 VRML 为多媒体和交互对象定义的一个对象集, 节点的类型很丰富, 节点

第2章 初识 VRML

的属性包含在域（field）和事件（event）中。各节点间通过父子关系连接，形成的有向无环图即场景图。使用 VRML 可以将虚拟世界中对象的空间、逻辑、从属、属性等关系组织起来，用类似于自然语言的方式来描述虚拟世界。场景图的另一个优点是良好的重用性，对于相同的几何形状或属性描述，使用 VRML 的 DEF 语法一次定义就足够了，其他需要的地方可以通过 USE 来重用。面向对象的场景图结构也使 VRML 世界的内部通讯机制变得简单明了，VRML 定义了事件传递机制，节点定义了它可以产生和接受的事件类型，节点间通过传递事件进行通讯。事件的传递通路由 ROUTE 语句定义。

1. VRML 对三维虚拟世界的描述

VRML 规定了 3D 应用中大多数常见的功能。

（1）建模能力，VRML 定义了类型丰富的几何、编组、定位等节点，建模能力较强。

- 基本几何形体：Box、Sphere、Cone、Cylinder
- 构造几何形体：IndexLineSet、IndexFaceSet、Extrusion、PointSet、ElevationGrid
- 造型编组、造型定位、旋转及缩放：Group、Transform
- 特殊造型：Billbord、Background、Text

基本几何形体节点只能作十分有限的几种造型，用点、线、面索引节点及拉伸节点就可以构造任意复杂的实体形状。特殊造型节点可用于场景中的文字、背景颜色等设置。造型编组可以用来描述装配关系，其中 Transform 节点可以确定装配位置、方向。

（2）真实感及渲染能力，通过提供丰富的相关节点的渲染，可以很精细地实现光照、着色、纹理贴图、三维立体声源。

- 光照：HeadLight、SpotLight、PointLight、DirectionalLight
- 材质及着色：Material、Appearance、Color、ColorInterpolator
- 纹理：ImageTexture、MovieTexture、PixelTexture、TextureTransform
- 雾：Fog
- 明暗控制（法向量）说明：Normal、NormalInterpolator
- 三维声音：Sound

场景光照的设置直接影响观察者的视觉效果，这几种光照节点可以提供各种虚拟场景的光源。不同材质的物体色彩及反光效果不同，VRML 的材质及着色节点的使用可以仿造如同真实物体给出的视觉效果。纹理节点可以对实体表面粘贴图片或进行像素点的设置以使实体具有同实物一样的表面花纹。雾、明暗控制都对场景的光线反射有影响。声音节点可以在场景中模拟出实际空间可能产生的各种声响，如音乐、碰撞声等。

（3）观察及交互手段，传感器类型丰富，可以感知用户交互。视点可以控制对三维世界的观察方式。

- 传感器：CylinderSensor、PlaneSensor、VisibilitySensor、ProximitySensor、Spheresensor、TouchSensor
- 控制视点：ViewPoint、NavigationInfo

各种传感器节点可以感知用户鼠标的指针，比如 TouchSensor 节点在数控车床操作按钮功能的仿真中十分有用。视点控制可以预先提供给用户一些更好的观察角度。

（4）动画，VRML 提供了方便的动画控制方式。

- 关键帧时间传感器：TimeSensor
- 线性插值器及姿态调整：CoordinateInterpolator、OrientationInterpolator、ScalarInterpolator

这两组节点的配合使用可以产生场景中的动画效果，关键帧时间传感器节点驱动线性插值器节点按照时间顺序给出关键值插值，这些插值就是关键帧动画时控制实体位置、状态所需要的中间过渡值。

(5) 细节等级管理及碰撞（观察者与虚拟实体）检测：LOD、Collision

细节等级管理是对复杂实体的细节显示加以控制，使该实体可在视点外或远离视点时不显示或粗略显示。VRML 自身提供的碰撞检测是指观察者在虚拟场景中的替身与实体的碰撞。

(6) 超链接及嵌入：Anchor、Inline

这两个节点使 VRML 可以由一个虚拟场景直接链接到另一个场景，或者将另一个场景中的实体嵌入自己的场景中。

2. VRML 的执行模式

通过使用对 VRML 的 Script 节点编程、与 Java 间事件访问和建立场景图内部消息通道，能够很方便地实现虚拟实体的交互和动画功能。如图 2-1 所示为 VRML 执行模式示意图。由图可以看出 VRML 的交互与动画执行都是由事件驱动的。VRML 场景可以接受两种事件驱动：从路由语句传过来的入事件及由外部程序接口写入的直接事件。路由语句说明由场景传出的每一条事件消息的传递路径，也就是从某个节点的出事件域（EventOut）传出的事件传递到某个节点的入事件域（EventIn）。场景中传感器节点通常定义了触发事件，它通过路由发送到场景图中其他节点的入事件域。如传感器节点的触发事件直接传递到插补器节点产生关键值插值，也可以传递到 Script 节点进行运算处理产生关键值插值。Script 节点的处理过程就是用 JavaScript 语法编写的脚本程序。Script 节点还可以通过 URL 域引入 Java 程序（即.class 文件）进行事件处理。节点响应事件后处理的结果作为出事件的传递数据继续路由到其他需要的节点，比如传送给实体改变它的位置、形状。由外部程序接口写入的直接事件不需要路由图传递，但其他执行过程都是一样的。如果需要外部程序的响应，它应该能够有读取节点出事件域数据的接口。

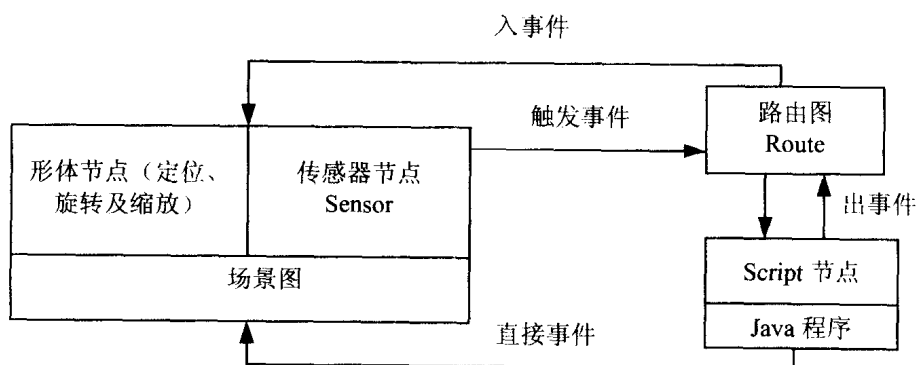


图 2-1 VRML 执行模式

2-2 VRML97 简介

VRML97 是在 1996 年 8 月制定出来的, 主要依据 SGI 公司所提出的 “The moving worlds VRML2.0” 草案, 一方面稳定 VRML1.0 的基础, 另一方面则将 VRML 的静态世界改变成动态世界, 增加了动画 (Animation)、行为 (Behavior)、脚本 (Script) 与多用户 (Multi-User) 的功能, 其理想在于建立一个用户可以彼此沟通的虚拟社区, 这也是必然的趋势, 您可以回想当在 VRML1.0 中浏览时, 常出现的状况是碰到墙后竟可以穿墙而出, 并且您也不能改变场景中的任何对象, 例如移动对象, 开关灯或是门窗等, 浏览者好像是游魂一般, 有形体而无实体。新增的重要节点有:

(1) 感应器的功能

一个行为的发生, 例如我们按下键盘按键, 在 VRML 程序中, 必须要有 Sensor{} 节点, 如同人体的感觉器官, 才能知道用户有行为发生, 进而依据 Script 节点中的设置, 产生预定的反应。

(2) 立体音效

在 Sound{} 节点中, 可以进行声音大小、位置、方向等空间性质的设置, 让声音的表现有远近不同的效果, 以增加真实感。

(3) Script 的功能

在 Script{} 节点中加入程序语言, 以进行对象行为的设置, 编写的语言倾向于使用 Java, 也可用其他的 CGI 程序, 例如 Perl, 另外 SGI 公司则开发了一种类似 Java 的 VRML Script 语言, 前途可观。

(4) 多用户 (Multi-User)

使虚拟环境成为数个用户根据意图彼此互动与沟通的空间, 比 E-Mail、IRC、甚至是未能普及的视频会议更上一级, 其中最受瞩目的为 Living Worlds (LW)。Living Worlds (<http://www.livingworlds.com/draft-1/index.htm>) 由 Black Sun、ParaGraph 与 Sony 公司共同提出, 并且得到三十几个大厂的支持, 所要达成的理想是建立一个用户共享的虚拟环境开发标准, 可以让进入的用户, 利用其替身 (Avatars) 在虚拟空间中彼此交谈或是沟通, 并体验到多媒体, 甚至是置身其中的生理感觉。事实上, 这样的构想在许多电影中早已经出现了, 但是现实中的共同标准却仍未制定, 因为在这样的共享虚拟环境中, 要的不仅是场景的建立, 还包含环境中各对象属性与行为的定义, 例如替身的表情等, 并且还需要 Iphone 等相关软件的支持, 目前也正在开发当中。

- 以灵活有效的方式, 将二维、三维图形和动画、影片、声响、音乐多种效果调和在一起, 形成一个综合性的单一媒体。
- 对内的树型场景结构和对外的分布式场景组织, 连通万维网 WWW。
- 场景内物体和对象的相互作用, 用户对场景内对象的交互作用。
- 计算机不能呆板地限定用户, 用户在场景中移动, 有相当大的自由度。
- 行为脚本给予用户足够空间, 可以发挥自己的想象力, 插补器 (类似一种内置脚本) 为这种想象提供方便。
- 提供可重用的节点和可重用的原型, 以及对于同一对象, 分层次表现细节的手段, 便于建模, 并能加快演示速度。
- 初步身临其境。