



X3D

三维立体网页设计 虚拟现实立体动画游戏 程序设计



张金钊 张金锐 张金镐 孙丹 孙颖 著

展现**五大**设计**十三**大技术

- 虚拟人运动设计
- 三维立体动画设计
- 游戏动画设计
- 影视媒体设计
- 智能感知节点设计
- 信息地理技术
- CAD组件技术
- 网络通信技术

X3D 三维立体网页设计

——虚拟现实立体动画游戏程序设计

张金钊 张金锐 张金镛

孙 丹 孙 颖 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书全面介绍了计算机前沿科技——X3D (Extensible 3D), 即虚拟现实三维立体网络程序设计语言, X3D 作为第二代三维立体网络程序设计语言, 是目前计算机虚拟现实领域最前沿的一种新型语言, 它是宽带网络、多媒体、游戏设计、人性化动画设计、信息地理及人工智能相融合的高科技产品, 是把握未来网络、多媒体、游戏设计及人工智能的关键技术。X3D 大有一统网络三维立体设计的趋势, 具有划时代意义。

本书集计算机网络、多媒体、游戏设计、人性化设计、信息地理及人工智能于一身, 全面系统地阐述了 X3D 基本概念、原理、方法及开发设计思想, 内容丰富, 叙述由浅入深, 思路清晰, 结构合理, 实用性强。本书配有大量的 X3D 源程序实例, 从而使读者更加容易掌握虚拟现实三维立体网络程序设计语言 (X3D)。

本书可作为高等院校计算机网络、多媒体、游戏设计、数字艺术设计、机械加工设计、美术装潢设计、建筑规划设计、虚拟信息地理、虚拟医疗等专业研究生、本科生、专科生的教材, 同时也可作为计算机软件开发人员和工程技术人员的实用工具书。

本书所配光盘提供案例和程序代码, 所配电子教案可以从中国水利水电出版社及万水书苑网站免费下载, 网址为: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>和 <http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目 (CIP) 数据

X3D 三维立体网页设计: 虚拟现实立体动画游戏程序设计 / 张金钊等著. —北京: 中国水利水电出版社, 2009

ISBN 978-7-5084-6555-5

I. X… II. 张… III. 三维—动画—设计 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 081868 号

策划编辑: 杨庆川 责任编辑: 张玉玲 加工编辑: 周益丹 封面设计: 李 佳

书 名	X3D 三维立体网页设计——虚拟现实立体动画游戏程序设计
作 者	张金钊 张金锐 张金镛 孙 丹 孙 颖 著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 24 印张 585 千字
版 次	2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	48.00 元 (赠 1CD)

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

21 世纪人类已经迈入数字化时代。虚拟现实语言作为计算机的核心技术已广泛应用于社会的各个领域。X3D 虚拟现实技术是目前计算机领域的最前沿科技,是 21 世纪初在国内、外刚刚兴起的一种新型语言,其发展前景十分广阔,潜力巨大。第二代三维立体网络程序设计语言(X3D)作为计算机的前沿科技,是宽带网络、多媒体、游戏设计、人性化动画设计、信息地理与人工智能相融合的高新技术,是把握未来网络、多媒体、游戏设计、人性化动画设计、信息地理及人工智能的关键技术。

X3D(Extensible 3D)是互联网 3D 图形国际通用软件标准,定义了如何在多媒体中整合基于网络传播的动态交互三维立体效果。在网络上创建逼真的三维立体场景,开发与设计三维立体网站和网页程序,可以通过运行 X3D 程序直接进入 Internet,还可以创建虚拟城市、网络超市、虚拟网络法庭、网络选房与展销等。从而改变目前网络与用户交互的二维平面局限性,使用户在网络三维立体场景中实现动态交互和感知交流,体验身临其境的感觉。

2004 年 8 月,X3D 已被国际标准化组织 ISO 正式批准成为国际通用标准。X3D 可以在不同的硬件设备中使用,并可用于不同的应用领域,如教育、娱乐、军事、医学等领域。我国利用虚拟现实技术已首次创建出虚拟人,为医学实习、治疗、手术,以及教学和科研作出了巨大贡献,其意义非常深远。

虚拟现实三维立体网络程序设计具有以下特征:

(1) 程序驱动功能,X3D 最突出的特点是利用程序支持各种本地和网络三维立体场景和造型。

(2) 强大的网络功能,在网络上创建三维立体的 X3D 场景和造型进行动态交互浏览、展示和操作。也可以通过运行 X3D 程序直接接入 Internet,创建三维立体网页和网站等。

(3) 多媒体功能,能够实现各种多媒体制作。在三维立体空间播放影视节目、环场立体声等。

(4) 创建虚拟现实三维立体造型和场景,提供 3D、2D 场景和造型功能、变换层级、光影效果、材质、多通道/多进程纹理绘制,实现更好的三维立体交互界面。

(5) 虚拟人动画设计,实现虚拟人行走运动设计,如行走、坐立、运动、交谈、表情等。

(6) 游戏动画设计,利用虚拟现实语言开发设计游戏软件,如跑车游戏、虚拟飞行、虚拟围棋、弹球、网络游戏等。

(7) 信息地理设计,利用虚拟现实语言开发数字地球、数字城市、城市规划与设计及虚拟社区等。

(8) 用户动态交互功能,基于鼠标的选取和拖曳,体验键盘输入的交互感。利用脚本实现程序与脚本语言交互设计,可以动态地改变场景。

(9) 人工智能,主要体现在 X3D 的感知功能上。利用动态感知和传感器节点,实现用户与场景和造型之间的智能动态交互感知效果。

(10) 组件功能,基于虚拟人、地理信息、CAD 节点、事件工具组件,以及网络通信节

点设计等。

(11) 通用接口，有 Script（脚本）节点、Import（引入外部文件）节点、Export（输出）节点、Route（路由）节点等。

(12) 自定义新节点，根据软件项目开发的需要创建自己的新节点，利用这些新节点创建所需要的各种复杂的场景和造型。

虚拟现实三维立体网络程序设计使读者了解计算机在软件开发方面如何利用目前国际上最先进的开发工具和手段，以及运用软件工程的思想来开发和设计三维立体网络程序。从软件开发的角编写本书，思路清晰，结构合理。本书全面详细地阐述了 X3D 的语法结构、数据结构定义、概貌（profile）、组件（component）、等级（level）、节点（node）、域（field）等，突出语法定义中每个节点中域的域值描述，并结合具体的实例源程序深入浅出地进行讲解，激发读者的学习兴趣。为了使读者能够掌握虚拟现实三维立体网络程序设计语言，本书配有大量的编程实例源程序，而且都已在计算机上经过严格的调试并通过，可供读者参考。

“高度决定视野，角度改变观念，尺度把握人生”，只有不断学习、探索和开发未知领域，才能有所突破和创新，为人类的进步作出应有的贡献。“知识是有限的，而想象力是无限的”，想象力在发散思维的驱动下，在浩瀚的宇宙空间中驰骋翱翔，希望广大读者在 X3D 虚拟现实世界中充分发挥自己的想象力，实现您人生的所有梦想。

由于时间仓促，作者水平有限，书中缺点和不足之处在所难免，敬请广大读者把对本书的意见和建议告诉我们，电子邮箱：zhzjza@21cn.com。

作者

2009 年 2 月

目 录

前言

第 1 章 X3D 综述	1
1.1 X3D 概述	1
1.1.1 X3D 发展历程	2
1.1.2 X3D 特点	2
1.1.3 X3D 应用领域	3
1.2 X3D 基础知识	6
1.2.1 X3D 基本概念	6
1.2.2 X3D 文件结构	8
1.2.3 X3D 节点和域数据类型	13
1.2.4 X3D 文件中事件、路由和脚本	19
1.3 X3D 开发环境	19
1.3.1 记事本编辑器	20
1.3.2 X3D-Edit 专用编辑器	21
1.4 X3D 三维立体网页开发运行环境	26
1.4.1 Xj3D 2.0 浏览器安装使用	26
1.4.2 BS Contact VRML-X3D 7.0 浏览器安装使用	27
第 2 章 X3D 内核节点	28
2.1 X3D 节点	28
2.2 Head 节点	29
2.3 Component 节点	30
2.4 Meta 节点	30
2.4.1 MetadataInteger 节点	31
2.4.2 MetadataFloat 节点	32
2.4.3 MetadataDouble 节点	32
2.4.4 MetadataSet 节点	33
2.4.5 MetadataString 节点	34
2.5 Scene 节点	34
2.6 Field 节点	35
2.7 fieldValue 节点	35
2.8 X3D 内核节点源程序实例	36
第 3 章 X3D 几何 2D 节点设计	38
3.1 Arc2D 节点	38
3.2 Circle2D 节点	41

3.3	ArcClose2D 节点	44
3.4	Rectangle2D 节点	48
3.5	Disk2D 节点	50
3.6	FillProperties 节点	53
3.7	LineSet 节点	55
3.8	LineProperties 节点	56
3.9	Polypoint2D 节点	58
3.10	Polyline2D 节点	59
3.11	TriangleSet2D 节点	60
3.12	Contour2D 节点	63
3.13	ContourPolyline2D 节点	64
3.14	TriangleSet 节点	65
3.15	TriangleStripSet 节点	67
3.16	TriangleFanSet 节点	68
第 4 章	X3D 几何 3D 节点设计	71
4.1	Shape 节点	71
4.1.1	Appearance 节点	73
4.1.2	Material 节点	74
4.1.3	Geometry 节点	75
4.1.4	Shape 节点源程序实例	76
4.2	Box 节点	78
4.3	Sphere 节点	81
4.4	Cone 节点	84
4.5	Cylinder 节点	87
4.6	Text 节点	90
4.7	FontStyle 节点	94
第 5 章	X3D 复杂节点设计	99
5.1	Coordinate 节点	99
5.2	CoordinateDouble 节点	100
5.3	PointSet 节点	101
5.4	IndexedLineSet 节点	104
5.5	IndexedFaceSet 节点	108
5.6	IndexedTriangleFanSet 节点	112
5.7	IndexedTriangleSet 节点	115
5.8	IndexedTriangleStripSet 节点	118
5.9	IndexedQuadSet 节点	122
5.10	ElevationGrid 节点	123
5.11	Extrusion 节点	127
5.12	FloatVertexAttribute 节点	132

5.13	Matrix3VertexAttribute 节点	133
5.14	Matrix4VertexAttribute 节点	134
5.15	XvIShell 节点	135
第 6 章	X3D 渲染效果节点设计	138
6.1	Normal 节点	138
6.2	Color 节点	139
6.3	ColorRGBA 节点	140
6.4	Background 节点	141
6.5	X3D 空间大气效果节点	145
6.5.1	Fog 节点	145
6.5.2	LocalFog 节点	149
6.5.3	FogCoordinate 节点	151
6.6	X3D 视点效果节点	152
6.6.1	ViewPoint 节点	152
6.6.2	NavigationInfo 节点	155
6.7	X3D 光照效果节点	159
6.7.1	PointLight 节点	160
6.7.2	DirectionalLight 节点	163
6.7.3	SpotLight 节点	166
6.8	X3D 虚拟现实阴影节点设计	169
6.8.1	ShaderPart 节点设计	170
6.8.2	ShaderProgram 节点设计	171
6.8.3	ComposedShader 节点设计	172
6.8.4	ProgramShader 节点设计	173
6.8.5	PackagedShader 节点设计	174
6.8.6	X3D 阴影节点源程序实例	175
6.9	WorldInfo 节点	178
第 7 章	X3D 纹理绘制节点设计	180
7.1	TextureBackground 节点	180
7.2	ImageTexture 节点	182
7.3	Image3DTexture 节点	185
7.4	ImageCubeMapTexture 节点	187
7.5	PixelTexture 节点	188
7.6	Pixel3DTexture 节点	191
7.7	TextureCoordinate 节点	192
7.8	TextureCoordinate3D 节点	195
7.9	TextureCoordinate4D 节点	196
7.10	TextureCoordinateGenerator 节点	197
7.11	TextureMatrixTransform 节点	198

7.12	TextureTransform 节点	199
7.13	TextureTransform3D 节点	203
7.14	MultiTexture 节点	204
7.15	MultiTextureCoordinate 节点	206
7.16	MultiTextureTransform 节点	207
7.17	Composed3DTexture 节点	208
7.18	ComposedCubeMapTexture 节点	209
7.19	GeneratedCubeMapTexture 节点	210
第 8 章	X3D 组节点设计	212
8.1	Group 节点	212
8.2	StaticGroup 节点	215
8.3	Transform 节点	216
8.4	Inline 节点	220
8.5	Switch 节点	223
8.6	Billboard 节点	227
8.7	Anchor 节点	230
8.8	LOD 节点	235
第 9 章	X3D 曲面节点设计	238
9.1	NurbsCurve 节点设计	238
9.2	NurbsCurve2D 节点设计	241
9.3	NurbsOrientationInterpolator 节点设计	242
9.4	NurbsPatchSurface 节点设计	243
9.5	NurbsPositionInterpolator 节点设计	245
9.6	NurbsSet 节点设计	246
9.7	NurbsSurfaceInterpolator 节点设计	247
9.8	NurbsSweptSurface 节点设计	249
9.9	NurbsSwungSurface 节点设计	250
9.10	NurbsTextureCoordinate 节点设计	251
9.11	NurbsTrimmedSurface 节点设计	252
9.12	曲面节点源程序实例	254
第 10 章	X3D 影视媒体节点设计	257
10.1	音响效果节点	257
10.1.1	AudioClip 节点	257
10.1.2	Sound 节点	259
10.2	X3D 影视媒体节点	261
第 11 章	X3D 虚拟人、地理信息组件节点设计	266
11.1	X3D 虚拟人节点设计	266
11.1.1	HAnimDisplacer 节点设计	266
11.1.2	HAnimHumanoid 节点设计	268

11.1.3	HAnimJoint 节点设计	269
11.1.4	HAnimSegment 节点设计	271
11.1.5	HAnimSite 节点设计	272
11.2	X3D 地理信息节点设计	274
11.2.1	GeoCoordinate 节点设计	275
11.2.2	GeoElevationGrid 节点	276
11.2.3	GeoLocation 节点	278
11.2.4	GeoLOD 节点	279
11.2.5	GeoMetadata 节点	281
11.2.6	GeoOrigin 节点	282
11.2.7	GeoPositionInterpolator 节点	283
11.2.8	GeoTouchSensor 节点	285
11.2.9	GeoViewpoint 节点	286
第 12 章	X3D 动画智能感知节点设计	289
12.1	TimeSensor 节点	289
12.2	按键传感器节点	291
12.2.1	KeySensor 节点	291
12.2.2	StringSensor 节点	293
12.3	X3D 动画节点设计	294
12.3.1	PositionInterpolator 节点	295
12.3.2	PositionInterpolator2D 节点	297
12.3.3	OrientationInterpolator 节点	299
12.3.4	ScalarInterpolator 节点	301
12.3.5	ColorInterpolator 节点	303
12.3.6	CoordinateInterpolator 节点	306
12.3.7	CoordinateInterpolator2D 节点	307
12.3.8	NormalInterpolator 节点	308
12.4	X3D 触摸检测器节点	309
12.4.1	TouchSensor 节点	310
12.4.2	PlaneSensor 节点	311
12.4.3	CylinderSensor 节点	314
12.4.4	SphereSensor 节点	317
12.5	X3D 智能感知检测器节点	320
12.5.1	VisibilitySensor 节点	320
12.5.2	ProximitySensor 节点	322
12.5.3	Collision 节点	323
12.5.4	LoadSensor 节点	325
第 13 章	X3D 组件节点设计	327
13.1	X3D 三维立体网页 CAD 组件节点设计	327

13.1.1	CADAssembly 节点	327
13.1.2	CADFace 节点	328
13.1.3	CADLayer 节点	329
13.1.4	CADPart 节点	330
13.2	X3D 事件工具组件节点设计	332
13.2.1	BooleanFilter 节点设计	332
13.2.2	BooleanSequencer 节点设计	333
13.2.3	BooleanToggle 节点设计	335
13.2.4	BooleanTrigger 节点设计	336
13.2.5	IntegerSequencer 节点设计	337
13.2.6	IntegerTrigger 节点设计	338
13.2.7	TimeTrigger 节点设计	339
13.3	X3D 网络通信节点设计	340
13.3.1	EspduTransform 节点	340
13.3.2	ReceiverPdu 节点	345
13.3.3	SignalPdu 节点	348
13.3.4	TransmitterPdu 节点	351
第 14 章	X3D 脚本节点设计	355
14.1	Script 节点	355
14.2	Import 节点	356
14.3	Export 节点	357
14.4	Route 节点	357
14.5	Script 节点源程序实例	358
第 15 章	X3D 自定义节点设计	361
15.1	ProtoBody 节点	361
15.2	ProtoDeclare 节点	361
15.3	ProtoInstance 节点	362
15.4	ProtoInterface 节点	363
15.5	Connect 节点	363
15.6	ExternProtoDeclare 节点	363
15.7	IS 节点	364
15.8	X3D 自定义节点源程序实例	364
附录 A	X3D 节点图标	368
附录 B	参考网站	370
参考文献		371

第 1 章 X3D 综述

20 世纪 80 年代是个人计算机时代, 90 年代是计算机网络和多媒体时代, 而 21 世纪将是虚拟现实技术时代。虚拟现实技术是指利用计算机系统和虚拟现实硬件、软件所构成的虚拟现实环境, 并通过多种虚拟现实交互设备使参与者置身于该虚拟现实环境中。在该环境中直接与虚拟现实场景中的事物进行交互, 产生身临其境的感觉。使人在虚拟空间得到与现实世界相同的感受, 真实感受视觉、听觉、触觉及智能感知直观而又自然的效果。

X3D 以传统计算机为依托, 以虚拟现实软件为基础, 构造出大众化的虚拟现实三维立体场景、动画和游戏等。利用传统的计算机、网络和虚拟现实软件环境实现的虚拟现实三维立体网页设计, 以虚拟现实硬件零投资和较少的软件投入获得最大效益, 适合于个人(工程技术人员)及开发团队使用, 属于经济实用型虚拟现实网络开发模式。

1.1 X3D 概述

21 世纪初, 虚拟现实技术迅猛发展, 并呈现多元化的发展趋势, 一方面虚拟现实技术借助于计算机技术、网络技术、多媒体技术等迅速发展, 如分布式虚拟现实系统(DIS)、CAD Wall、VR Center、CAVE、Idesk 等新技术。另一方面, 虚拟现实技术与专业技术相融合又产生了数字地球、虚拟城市规划与设计、虚拟信息地理、虚拟旅游、虚拟机械装配、科学研究与可视化、航空航天、军事模拟、工程应用、企业和电子商务、医学领域应用、农业与气象、教育领域及娱乐游戏等, 使虚拟现实技术成为 21 世纪计算机的最前沿技术和手段并得到了广泛应用。

虚拟现实技术发展前景十分广阔, 潜力巨大。计算机硬件技术、网络技术及多媒体技术的融合与高速发展, 使虚拟现实技术在 Internet 上得以实现和发展。采用第二代三维立体网络程序设计语言(X3D)在网站上的设计出虚拟现实三维立体网页场景和立体事物。利用虚拟现实技术制造出一个逼真虚拟人, 为医学实习、治疗、手术及科研作出贡献, 也可应用于军事领域, 如设计一个模拟战场, 进行大规模高科技军事演习, 既可以节省大量费用, 又使部队人员得到了锻炼。在航空航天发射中, 也可以制造一个模拟航天器, 模拟航天器的生产、发射、运行和回收的全过程。应用前景非常广阔, 虚拟现实 X3D 语言是 21 世纪初虚拟现实技术的突出体现, 是以计算机网络、多媒体及人工智能为一体的最为优秀的软件项目开发工具和手段。

X3D(Extensible 3D, 可扩展 3D)是由 Web3D 联盟于 1998 年底提出的。Web3D 联盟是致力于研究和开发 Internet 上的虚拟现实技术的国际性非赢利组织, 主要任务是制定互联网 3D 图形的标准与规范, 其前身是 VRML 联盟, VRML 联盟先后提出了 VRML1.0、VRML2.0 和 VRML97 规范。Web3D 联盟已经完成可扩展的三维图形规范(Extensible 3D Specification), 称为 X3D 规范。X3D 规范使用可扩展标记语言 XML(Extensible Markup Language)体现了对 VRML 几何造型和实体行为的描述能力, 缩写成 X3D 就是为了突出新规范中 VRML 与 XML 的集成。

1.1.1 X3D 发展历程

X3D 是下一代具有扩充性的三维图形规范,并且延伸了 VRML97 的功能。从 VRML97 到 X3D 是三维图形规范的一次重大变革,而最大的改变之处就是,X3D 是 XML 和 VRML97 结合的产物。X3D 将 XML 的标记式语法定为三维图形的标准语法,并且已经完成了 X3D 的文件格式定义(Document Type Definition, DTD)。目前世界上最新的网络三维图形标准——X3D 已成为在网络上制作三维立体场景和造型的新宠。

Web3D 联盟发布的新一代国际标准 X3D 有望统一互联网 3D 图形软件规范、技术和产品,X3D 具有的高度可扩展性,可以使开发人员根据自己的需求来扩展其功能,同时整合了 Java3D、流媒体、XML 等先进技术,使其具备了先进的技术优势,X3D 必将为互联网 3D 图形的发展提供一个广阔的发展前景。

1998 年 VRML 联盟改名为 Web3D 联盟,年底提出新的标准——X3D (Extensible 3D),又称为 VRML200x 规范。2000 年春,Web3D 联盟完成了从 VRML 到 X3D 的转换。X3D 整合了正在发展的可扩展标记语言(Extensible Markup Language, XML)、Java、流媒体等先进技术,包括了更强大、更高效的 3D 计算能力、渲染质量和传输速度。

2002 年 3 月 X3D 第一版发布以来,已经有基于 Java 的源码开放的网络 3D 软件问世。Web3D 联盟在制定标准时成立了 Java 语言翻译工作小组,以便 Java 程序能够与新的 3D 标准程序相协调。这也最终结束了 Java 与 Sun 的网络 3D 技术(Java3D technology)之间的冲突。

Web3D 联盟已于 2003 年 10 月向国际标准化组织提出申请。2004 年 8 月,X3D 已被国际标准化组织(ISO)批准通过为国际标准 ISO/IEC 19775,X3D 正式成为国际通用标准。Web3D Consortium 不是一个商业公司,而是三维图形界中的一个正式组织。X3D 标准是 XML 标准与 3D 标准的有机结合,X3D 被定义为可交互操作、可扩展、跨平台的网络 3D 内容标准。X3D 的关键技术有:可扩展标记语言(XML)编码、构件模型及面向对象程序设计。

1.1.2 X3D 特点

X3D (Extensible 3D) 是互联网 3D 图形国际通用软件标准,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 将可以在不同的硬件设备中使用,并可用于不同的应用领域中,如教育、娱乐、军事、医学等领域。X3D 也致力于建立 3D 图形与多媒体的统一的交换格式。X3D 是 VRML 的继承。VRML 是原来的网络 3D 图形的 ISO 标准(ISO/IEC 14772)。相对于 VRML 来说,X3D 有很大的改进,提供了新特性:更先进的应用程序界面,新添的数据编码格式,严格的一致性,面向对象设计、组件化结构用来允许模块化的支持标准的各部分。

X3D 提供了以下的新特点:

(1) 强大的网络功能。利用 X3D 提供的网络节点实现各种网络功能,如网上浏览、下载、共享 X3D 场景等,也可以通过超链接对象连接到其他场景或网络资源。

(2) 程序驱动。利用 X3D 创建三维立体造型和场景,实现三维立体动画和游戏设计。

(3) 虚拟现实图形绘制。在 3D 图形中,使用多边形化几何体、参数化几何体、变换层级、光照、材质、多通道及多进程纹理绘制。在 2D 图形中,使用 3D 变换层级显示各种文本、二维平面图形、二维矢量等。

(4) 多媒体功能。在三维立体空间造型和场景中能够实现多媒体制作,将文字、语音、

图像、影片等融入三维立体场景,播放影视节目、环绕立体声音达到舞台、影视效果。

(5) 人工智能。在虚拟现实三维场景中,浏览者可以移动造型、进行碰撞检测、亲近度和可见度智能检测。

(6) 开发者可以自定义对象。通过创建用户自定义的数据类型,可以扩展 X3D 程序的功能。

(7) 强大的程序接口功能。利用脚本语言实现与各种语言的接口,可以动态地控制三维立体场景,使之更加生动和鲜活。

(8) 动态交互智能感知效果。利用虚拟现实硬件设备和鼠标在三维立体空间中对虚拟物体和造型进行选取和拖曳,产生身临其境的动态感知交互效果。

(9) 虚拟现实动画设计。利用计时器和插补器节点实现物体和造型的各种动画效果,如虚拟人的运动、汽车驾驶、轮船航行、宇宙飞船发射等。

(10) 虚拟人设计。X3D 虚拟人动画节点设计,即 X3D 虚拟人动画组件设计。在虚拟空间的设计逼真的三维立体虚拟人,进行动态交互、交流等。

(11) 地理信息系统。X3D 地理信息节点设计,实现数字地球、数字城市、数字家庭等,即地理信息学组件,包括如何在真实世界和 X3D 场景元素之间建立关联,以及详细说明协调地理应用的节点。

(12) 曲面设计。复杂曲面节点设计涵盖曲线与曲面设计,实现高级复杂曲面开发和设计。

(13) CAD 设计。利用 X3D/CAD 组件实现从 CAD 到 X3D 的转换,提高软件开发效率。

(14) 分布交互系统。利用分布式计算机系统提供的强大功能,又可以利用分布式本身特性,实现虚拟分布式系统带来的无穷魅力。

X3D 描述了基于时间的行为、交互 3D、多媒体信息的抽象功能。X3D 标准和规范不定义物理设备或任何依靠特定设备执行的概念,如屏幕分辨率和输入设备。只考虑广泛的设备和应用,在解释和执行上提供很大的自由度。每一个 X3D 应用都是一个包含图形、视觉和听觉对象的三维时空,并且可以用不同的机制动态地从网络存取或修改。每个 X3D 应用:为所有应用中包含的已经定义的对象建立一个隐含的境界坐标空间;由一系列 3D 和多媒体定义和组成;可以为其他文件和应用指定超链接;可以定义程序化或数据驱动的对象行为;可以通过程序或脚本语言连接到外部模块或应用程序。

1.1.3 X3D 应用领域

X3D 有着巨大的市场开发空间和应用前景,X3D 交互式三维图形技术解决了网络上大规模应用程序的开发问题。X3D 成为国际三维图形标准和规范,集成 VRML97 和扩展标记语言(XML),采用构件化的设计思想,具有很强的可扩充性,在电子商务、可视化仿真、数据库可视化、科研、教育及娱乐等领域都有很好的应用前景。由于 X3D 本身的平台无关性、易扩展性、实用性和灵活性,尤其是与 XML 的集成,非常适合于分布式虚拟环境系统的开发,对虚拟城市的网络化起到了极大的推动作用。X3D 的出现为分布式虚拟城市系统的开发和实现提供了一个良好的契机。

X3D 应用领域涵盖电子商务、科学可视化仿真、航空航天及军事领域、教育、娱乐游戏、城市规划设计、工业制造、医学及考古等。

1. 电子商务

虚拟现实三维立体的表现形式，能够全方位的展现一个商品，企业利用虚拟现实技术将他们的产品以三维的形式发布，能够展现出逼真的产品造型，通过交互体验身临其境的感觉，演示产品的功能和使用方法，充分利用互联网高速迅捷的传播优势来推广公司的产品。虚拟现实网上电子商务，将销售产品展示成在线三维立体的形式，顾客通过对三维立体产品的观察和操作互动，对产品有更加全面的了解和认识，使客户购买商品的机率大幅增加，为企业带来更加丰厚的利润。使用 Web3D 实现网络上的虚拟现实展示，构建一个三维场景，人以第一视角在虚拟空间漫游穿行。场景和控制者之间能产生交互，对于虚拟展厅、建筑房地产虚拟漫游展示，提供了有效的解决方案。

2. 科学研究与可视化

虚拟现实（VR）技术一个重要应用领域是大规模科学计算。大多数科学计算产生的数值是难以解释的，这些数据包括静态和动态的二维和三维数据集，它们来自于如图形图像学、遥感技术、考古学、医学、海洋学及计算流体力学等。一个典型科学计算模型是在三维或多维空间计算分布在网格点的值。如何更好地理解这些计算值，采用虚拟现实技术生成的动态三维环境及其用户接口提供的自然人机交互方式是一种很好的选择。如 IBM 公司设计的用于研究海底地形和海水涡流的海底地形数据可视化系统，哥伦比亚大学建立的股票交易可视化系统等。

3. 航空航天及军事领域

虚拟现实技术在军事上有着广泛的应用和特殊的价值，如虚拟战场环境模拟、武器系统试验仿真、作战指挥模拟等。美国空军开发了超级驾驶舱项目，超级座舱项目使用高分辨率显示头盔帮助飞行员进入虚拟世界。如果天气晴朗，飞行员通过使用雷达可以“看到”地平线，能使用声音命令完成许多任务。美国加州海军研究院（NPS）应国防部的应用需求，对大规模的虚拟环境（Large-Scaled Virtual Environment, LSVE）进行了开发与应用研究。该系统功能包括建筑穿行、带活动关节的人、互操作性、联网能力、地形数据库集成等。从某种角度来说，美国国防部是先进技术的实验场，美国政府充分认识到研究虚拟现实技术对于美国保持军事技术全球领先的重要意义。它的一些重要的虚拟现实研究项目还包括虚拟毒刺导弹训练系统、反潜艇作战训练系统等。

4. 教育领域

现今的教学方式，不再是单纯的依靠书本、教师授课的形式。计算机虚拟教学的开发，弥补了传统教学不足，使学生在轻松的氛围中学习和提高。利用虚拟三维立体空间展示所学的知识，如原子、分子的结构，分子动态的结合过程，机械的动态装配加工过程等，利用虚拟现实三维技术的展现形式必然使学习过程更加生动、鲜活，使学生更容易接受、理解和掌握。在虚拟环境中进行教育培训不仅可以减少费用，而且对于高冒险训练、高难度训练，用虚拟环境代替真实环境，减少在高风险环境下对人类的伤害。如虚拟驾驶飞行、虚拟高山滑雪、虚拟探险及虚拟手术等。

5. 娱乐游戏

娱乐游戏业是一个永远不衰的市场，是虚拟现实应用中一个不可忽视的应用领域。现今，互联网已不是单一静止的世界，动态 HTML、Flash 动画、流式音视频以及虚拟娱乐游戏层出不穷，使整个互联网勃勃生机。动态三维立体交互页面较之静态页面能吸引更多的浏览者。智能动态三维立体场景的引入，必将造成新一轮的视觉冲击，使网页的访问量急剧提升。

虚拟娱乐站点,可以在页面上创建三维虚拟主持人来吸引浏览者进行虚拟访问互动。美国芝加哥伊利诺伊大学是目前最大的虚拟现实系统的安装基地,系统的名称是战役教程(Battle Teach)。虚拟现实系统包括 32 座 Battle Teach 座舱,每个游戏者通过周围一个巨大的前视屏或一个小的卫星观察屏幕来操作。在 Battle Teach 中可以驾驶自动坦克在虚拟环境中进行战斗。

6. 虚拟城市规划与设计

美国的虚拟现实技术专家和城市管理专家对洛杉矶与拉斯维加斯两个城市进行虚拟城市规划、设计与改造,将城市的街道、建筑物及高层建筑物,根据城市的功能和城市美学的原理,进行了多种方案的对比分析,同时还对街道树种的选择进行比较,选择一种合理的城市规划、设计和改造方案。虚拟城市建设以美国洛杉矶和我国深圳中心区为代表。世界上最为著名的虚拟现实城市“虚拟洛杉矶”,至今已成功完成十多个城市虚拟仿真项目。中国深圳特区利用虚拟现实技术对深圳中心区进行三维立体建模,深圳中心区虚拟现实三维立体空间场景设计。随着社会的发展,旅游业已成为全球经济中发展势头最强劲和规模最大的产业之一,旅游业是信息密集型和信息依托型产业,是中国经济发展的支柱性产业。旅游业在城市经济发展中的产业地位、经济作用逐步增强,旅游业对城市经济的拉动性,社会就业的带动力,以及对文化与环境的促进作用日益显现。虚拟旅游技术是利用计算机系统、虚拟现实硬件及软件所构成的虚拟现实环境,并通过多种虚拟现实交互设备使参与者投身于该虚拟现实环境中。在该环境中直接与虚拟现实旅游场景中事物交互,产生身临其境的感受。使旅游者足不出户,领略世界各地秀丽风光和美丽景色。使浏览者产生与现实旅游相同的感受。可实现用户与虚拟现实环境直接进行交互。

7. 工业制造领域

在虚拟工程空间的应用中,可生产、组装、检测各种模拟物体或零件。包括生产、加工、装配、制造以及工业概念设计等。发达国家的工业均着力于虚拟制造的研究与应用。在美国,NIST(National Institute of Standards and Technology)正在建立虚拟制造环境,称之为国家先进制造测试床(National Advanced Manufacturing Testbed, NAMT),波音公司与麦道公司联手建立了MDA(Mechanical Design Automation)。在德国,Darmstadt 技术大学 Fraunhofer 计算机图形研究所,加拿大的 Waterloo 大学,比利时的虚拟现实协会等均先后成立了研究机构,开展虚拟制造技术的研究。他们研究所取得的成果是有目共睹的,如波音 777 的整机设计、部件测试、整机装配及各种环境下的试飞均是在计算机上完成的,使其开发周期从过去 8 年缩短到 5 年。在工程设计中,目前国外已提出两种基于虚拟现实的工程设计方法。一种是增强可视化,它利用现有的 CAD 系统产生模型,然后将模型输入到 VR 环境中,用户充分利用各种增强效果设备如头盔显示器等产生身临其境的感觉。另一种是 VR-CAD 系统,设计者直接在虚拟环境中参与设计。

8. 医学领域

虚拟现实技术对传统的医疗方式产生巨大的冲击,它为医学提供了许多新的治疗手段和方法。虚拟现实技术成为外科手术重要的辅助手段,虚拟现实技术为传统医疗提供了更加自然、便捷和有效的方式完成外科手术。加利福尼亚州的 Philip Green 教授开发了一个用电脑表现的外科手术系统,将内窥镜插入小型切口,得到特定或开放性的外科手术环境。德国人开发了三维内窥镜,目标是将其设计成允许在“人的大脑神经结构”内安全运动的高级观察仪器。两部小型摄影机在终端上提供三维图像,用户可用偏光或遮光玻璃从内窥镜视点进行立体观察。医

疗虚拟环境最有潜力的特性叫遥控诊断或临场感。遥控诊断允许大城市的医学专家或医院内科医生利用电脑设备和遥感装置,在经过培训的专业人士帮助下,遥控完成对病人的测试和诊断,其结果的可靠性比目前的专家系统更高,但遥控诊断项目的实施需要信息高速公路的支持。在虚拟环境下培训医学工作者可以降低费用,利用虚拟现实设备、虚拟人作为实习医生模拟训练对象,在不伤害病人或患者的前提下获得手术技能。在 VR 环境中模拟高难度手术,评估医生的技能和水平等。

VRML97 格式推出以后,很快成为一种国际通用标准的三维格式,被众多三维程序所支持。VRML97 格式中可以描述三维图元、三维面,后来又支持 NURBS 和信息地理几何体。但是 VRML97 没有提供二维几何体描述,为此 X3D 加入了新的二维节点,并且可以很方便地加入新的参数化图元,在 X3D 标准中还可以很方便地引入 NURBS 之类的新的对几何体的描述方式。在交互和程序整合方面,VRML97 也有一些固有缺陷,X3D 对此做了改进。为了适应软件项目的开发,建立了相应的工作组,如人性化工作组、信息地理工作组,CAD 工作组进行 X3D/CAD 标准交换格式的研究,MPEG4 工作组进行在二维和三维交互在 MPEG4 中应用的研究。此外各个 X3D/VRML 公司还开发了工具包以提供在其他程序中对 X3D/VRML 的应用支持。

X3D 的组件化、可扩展、可定制的特点将大大扩展 X3D 技术的应用。X3D 将不局限于桌面电脑平台上的应用。X3D 可以应用到包括手机、PDA、机顶盒、CAVE 设备、头盔显示器、数据手套、三维打印机、三维扫描仪等不同的高端与低端设备上。Web3D 为了加速 X3D 的发展,推出 Java、XML 通用平台下的开放源代码工具包。低开发成本、标准化和扩展功能将成为 X3D 的巨大优势。从 1994 年的 VRML 开始到 2004 年的 X3D,VRML/X3D 联盟一直致力于建立一种统一各种 Web3D 格式,容纳各种新技术的三维格式标准。

1.2 X3D 基础知识

X3D 基础知识包括 X3D 基本概念、X3D 文件语法结构、X3D 节点和域值、X3D 事件、路由和脚本及 X3D 保留字等。X3D 基本概念包含 X3D 三维立体空间坐标系、空间计量单位、三维立体空间着色、文件类型及场景语法图等。X3D 文件语法结构涵盖 X3D 文件结构、X3D 文件头、X3D 文件体及 X3D 文件注释等。X3D 节点和域值包含 X3D 节点和 X3D 域值数据类型。

1.2.1 X3D 基本概念

了解 X3D 的基本概念是 X3D 编程的基础,首先建立三维立体空间的概念,然后了解 X3D 空间计量单位,最后掌握 X3D 文件的基本类型。在此基础上进行 X3D 语法结构的学习,进一步掌握 X3D 每一个节点的语法和开发设计。

X3D 坐标系统采用三维立体的笛卡儿坐标系统。屏幕的正右方设置为 $+x$ 轴,屏幕的正上方设置为 $+y$ 轴,屏幕向外设置为 $+z$ 轴。在笛卡儿坐标系统中,用米作为场景坐标系统的测量单位,其他的坐标系统根据基准的场景坐标系统的变换确定坐标方位,如图 1-1 所示。

X3D 三维立体空间物体造型的定位,依靠 X3D 立体空间坐标系实现。其中 x 轴、 y 轴、 z 轴为每个空间物体的造型定义了一个坐标系。在三维立体空间中, x 轴、 y 轴和 z 轴相交的点构成了该坐标系的原点, x 轴的正方向指向右边, y 轴的正方向指向正上方, z 轴的正方向指