

# 虚拟现实场景中虚拟场景的建模与协同控制

赵正德 石秀丽 王飞 王晓华

(上海大学计算机科学与工程学院, 上海 200072)

**摘要** 虚拟现实技术中场景的建模和控制是人们关注的焦点, 协同技术可以大大提高群体协同工作的效能; 为探讨在虚拟现实中的对虚拟场景进行建模和控制, 应用协同技术思想, 设计了一个虚拟协同交互系统, 并在其基础上通过利用 VRML 和 Java 技术实现了一个融合了协同机制的虚拟就业市场系统。

**关键词** 虚拟现实 虚拟场景建模 协同控制 虚拟现实模型

**中图分类号**: TP391.9 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2005)11-1427-05

## Model Construction and Cooperative Control in VR

ZHAO Zheng-de, SHI Xiu-li, WANG Fei, WANG Xiao-hua

(School of Computer Engineering and Science, Shanghai University, Shanghai 200072)

**Abstract** Model construction and control are focus in virtual reality (VR), cooperative controls help objects in VR work together efficiently; based on research in these areas a virtual human-resource-market (VHRM) has been implemented in VRML and Java, at the same time cooperative controls have been applied in it.

**Keywords** virtual reality (VR), model construction in VR, cooperative control, virtual reality model language (VRML).

## 1 引言

虚拟现实技术 (virtual reality, VR) 是利用计算机图形技术来人工合成、按照用户的输入而变化的模拟仿真环境, 其可通过各种传感器来获得虚拟环境给予的各种体验。而协同技术则把计算机技术和网络有机结合起来, 使个体通过 Internet 和计算机技术同群体内的其他个体协同地完成工作或项目以克服传统协同方式的时空障碍, 这就大大提高群体协同工作的效能。

如今在虚拟现实中, 协作交互技术已得到越来越多地应用和关注, 当前将 VR、协同技术结合起来的研究多处于探索阶段, 且还仅基于特定平台与网络协议。本文在虚拟现实和协同技术结合方面做了深入的探索, 设计了一个虚拟协同交互系统, 从而实现了虚拟网上就业市场系统 (virtual human-resource-

market, VHRM), 并在关键技术虚拟场景的建模和协同机制方面作了深入的研究。

## 2 相关技术背景

### 2.1 虚拟现实

虚拟现实 (Virtual Reality) 就是用计算机技术来生成一个逼真的 3 维视觉、听觉、触觉或嗅觉等感觉世界, 并让用户从自己的视点出发, 利用自然的技能和某些设备来对生成的虚拟世界客体进行浏览和交互考察<sup>[1]</sup>。虚拟现实的特点是: 逼真感觉、自然交互、个人视点及迅速响应。

虚拟现实常用的实现方法有 QuickTime VR, virtual reality model language (VRML), Live Picture 等; QuickTime VR 是通过在场况中 360° 全方位图像进行摄取、程序无缝拼接以及视角变形、热点设定, 给浏览者展现一个 3 维空间; VRML 是一种虚拟漫

收稿日期: 2005-08-19; 改回日期: 2005-09-10

第一作者简介: 赵正德 (1956 ~ ), 男, 1995 年获上海科技大学计算机技术专业工学硕士学位, 现为上海大学副教授。主要研究方向为计算机支持的协同工作 (CSCW)、网络信息传输技术与分布式计算。E-mail: zhdzhao@163.com

游的方式,它可通过语言来描述场景中各种元素,以构建一个真正的 3 维空间,用来模拟现实中各种事件,是 ISO 国际标准的网上虚拟现实语言。

### 2.2 计算机支持的协同工作

计算机支持的协同工作 (computer supported cooperative work, CSCW) 指地域上分散的一个群体借助计算机及其网络技术,通过共同协调与协作来完成一项任务;通过建立协同工作环境来改善人们信息交流方式,以提高群体工作质量和效率;应用包括电子邮件和多媒体会议系统提供的人与人之间的通信支持功能,实现 workflow 和决策支持系统的组织管理功能等<sup>[2,3]</sup>。

### 2.3 虚拟协同交互系统

本文将协同技术和虚拟现实技术结合起来提出基于 Internet 虚拟现实交互的 CSCW 应用结构,并利用 VRML 来构建 Internet 上的虚拟工作空间,使用户产生身临其境的感觉,同时利用 VRML 的感应节点接受用户的输入信息以及相应的反馈,来增强虚拟场景的交互性<sup>[4]</sup>。首次在虚拟协同交互系统平台上初步实现了一个虚拟网上就业市场系统,并重点研究了虚拟场景的建模以及协同控制机制。

## 3 系统架构

### 3.1 虚拟协同交互系统的系统结构

系统采用 B/S 结构,服务器端为集中式服务器模式,其按功能分成过滤信息处理、运动信息处理、实体信息处理、文本聊天信息处理、注册服务 5 个部分。系统结构图如图 1 所示:

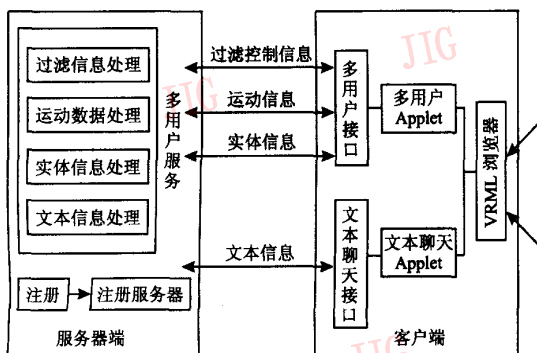


图 1 系统结构图

Fig.1 System architecture

服务器端的 CSCW 服务器用于维护虚拟环境

中各模型的状态,进而维持整个虚拟世界;管理数据库用于维护参与用户的状态;注册服务器是关于环境中所有实体数据库。

客户端由 VRML 浏览器、文本聊天 Applet、多用户 Applet 3 部分组成,其中 VRML 浏览器负责向用户展示 3 维虚拟世界;文本聊天 Applet 负责用户之间发送、接受文本信息;多用户 Applet 负责接受过滤信息、更新 VRML 场景和发送运动信息。另外客户端还提供独立于底层网络协议的多用户应用程序接口和文本聊天应用程序接口。

### 3.2 虚拟就业市场的系统结构

本文构建的虚拟就业市场是一个典型的虚拟协作交互系统,其具有较大规模的 3 维场景,通过网络展示就业市场,应聘者就可在其中了解招聘信息,并和用人单位进行交互,以了解彼此需要。本文根据虚拟协同交互系统结构,结合就业市场的特点,对虚拟就业市场进行了详细设计,系统的详细结构图如图 2 所示:

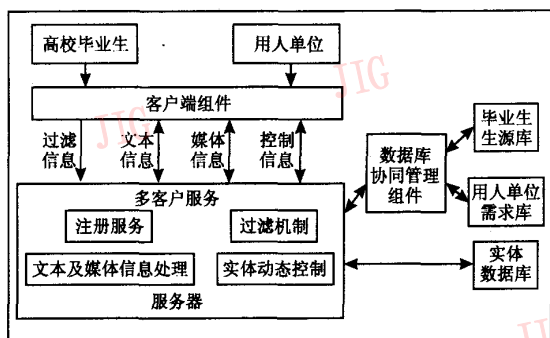


图 2 虚拟就业市场的详细结构图

Fig.2 VHRM architecture

## 4 虚拟场景中实体与虚拟人建模与控制

### 4.1 虚拟场景模型实体的建模与控制

虚拟协同交互系统 (以下简称系统) 由一个静态场景组成,其中对象是各静态和动态的实体,对象可通过空间相对位置关系组织在一起。在虚拟就业市场中,首先应建立就业市场大厅基本模型,并以其为参考来放置其他对象。

#### 4.1.1 简单物体的建模

虚拟场景中简单物体的建模可以通过规则的几

何体来描述,如桌子可以看作是由桌面(长方体)和 4 条桌腿(圆柱体)构建而成,将 5 样物体按空间顺序有序地放置就可以生成一个简单的桌子,以下是用 VRML 代码定义的桌子桌腿:

```

DEF Cylinder11 Transform {
  translation 2356 0.902 -13.17 # 位移量
  scale 0.4231 0.2673 0.2235 # 尺寸
  children[
    Transform {
      translation 0 23.46 0
    children[
      Shape { appearance Appearance {
        material Material {
          diffuseColor 0.6941 0.102 0.3451#色彩
        }
      }
      geometry Cylinder{radius 3.022 height 46.91} #几何形体为圆柱体
    ]}]
  }
}

```

#### 4.1.2 利用原型节点实现场景的建模

VRML 提供用于实现节点类型扩充的基本机制节点类型(原型)。新节点类型可根据已定义(内部的或原型的)节点的类型定义,原型节点类型可如同内部节点类型一样,在场景图中实例化。

原型定义分为接口声明与原型主体定义,由一个或多个根节点、嵌入的 PROTO 语句和 ROUTE 语句构成,其中第 1 个节点类型用于确定原型实例在 VRML 文件中的使用方法。

原型定义包含描述各个外观属性的域。一般可根据实际要求进行属性变化的节点来构造上一层的 VRML 结构,即用户可以进行组定义。如 4 张椅子与一张方桌的搭配可能是经常用到的组合,可用 PROTO 原型定义这个组:

```

PROTO Group1 [
  exposedField MFString ID [ "" ] #物体 ID
  exposedField MFString name [ "" ] #用户命名
  exposedField MFNode children [ ] #子节点
  eventIn MFNode addChildren
  eventIn MFNode removeChildren
  ...
]
{ Transform {
  Transform { #一张桌子 ...
  children USE Table }
  Transform { #一张椅子 ...
  children USE Chair }
  ...
}

```

} #根 Transform 结束、原型定义结束

利用原型节点来实现场景的建模,不仅提高了场景设计效率,同时也提高了场景实体可控性。

#### 4.1.3 虚拟场景模型实体的控制

VRML 中的节点是构成虚拟场景的基本单元。节点由域和事件组成,由于域的取值决定了节点的取值,从而也决定了虚拟场景的当前状态。事件包括 eventin(入事件)、eventout(出事件)以及 exposed Field(外露域)的隐含事件入口(set xxx)和事件出口(xxx changed),由于事件为节点提供了接受外界消息和向外界发送消息的能力,因此可通过事件来动态改变虚拟场景的状态。

原型定义中节点的域、入事件、出事件可以通过 VRML 中关键字 IS 定义的语句和接口声明中的域、入事件、出事件来建立关联。关联的基本规则是域和域、入事件和入事件、出事件和出事件的对应关联,但原型定义中的外露域可以和接口声明中的域、入事件、出事件或外露域关联。

VRML 的 EAI(external authoring interface)是与 VRML 插件相联系的 Java 包,它允许 Java Applet 访问 VRML 中场景:包括发送事件到节点事件入口、接收事件出口发出的最新值、响应节点事件出口发出的事件通知等。在 Java Applet 中使用 EAI 可实现 Java Applet 与 VRML 虚拟空间之间的通信。而且借助 EAI 可访问 VRML 虚拟场景,这就提供了用 Java 实现虚拟场景动态控制途径。图 3 是用户动态控制虚拟场景操作流程。

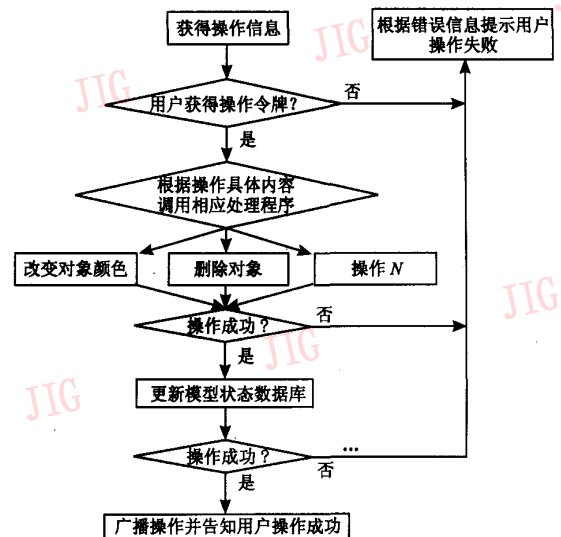


图 3 虚拟场景动态控制操作流程

Fig. 3 Flow chart of virtual model Control

### 4.2 虚拟场景中虚拟人的建模与控制

#### 4.2.1 虚拟场景模型中虚拟人的建模

虚拟环境中人体的建模是最复杂的,其体现在人是许多关节组合起来的,而这些关节还是由许多基本图形组合起来,人体的左前臂的建模描述如下:

```

DEF Bip01_L_Forearm_01 Transform { #定义左前臂
translation 1 0 0 #位移量
rotation 0 1 0 - 0.003982 #旋转值
children [
Shape {appearance Appearance {
material Material {
diffuseColor 0.5412 0.03137 0.4314
#定义漫射色}}
geometryDEFBip01_L_Forearm_01 - FACES IndexedFaceSet
#定义点集
... ..
DEF Bip01_L_Forearm_01 - COORD Coordinate {point [
0.9999 -0.07401 -0.09586,
0.9993 -0.06955 0.1036...]}
coordIndex [
0, 2, 3, -1, 0, 1, 2, -1,
7, 10, 5, -1, 7, 11,1.....]}#省去参数
}}

```

Coordinate 节点用于定义一个新的坐标系统; IndexedFaceSet 节点用于构造 3 维多面形体。另外,系统把人体模型简单分为 23 个部分,人体的其他部分也同样进行建模。

#### 4.2.2 虚拟场景模型中虚拟人的控制

系统要实现的运动是一种 3 维的计算机模型动画,为简化建模和运动控制,忽略了肌肉、皮肤的建模和控制,并对模型的建模采用了体模型,其运动模型采用了运动学模型,而在运动的指定上则采用了关键帧和插值的方法。

人动态运动控制的实现是通过确定关键帧、运动方程和施加触发来完成的。对于一个人体来说是其由不同的关节节点所构成,而本系统要实现的运动则主要是控制虚拟人的行走,主要可定义以下几个控制部分:

- lola 完整的实体
- head 头
- left - whole - arm - trans 可移动左臂
- left - whole - arm - rot 可转动左臂
- left - down - arm - hand - trans 可移动左臂和手
- .....

人体运动可以简单地分为移动和转动。若要实现控制人体的运动,则先要定义整个虚拟人为一个触发器;然后就可通过旋转插值器和位置插值器来分别控制手臂、腿部及整个身体在某一时刻的位置。下面以虚拟人的位置移动为例来说明如何使用 VRML 的位置插值技术来实现运动实体的控制:

```

DEF Bip01 Transform{.....#定义虚拟人
DEF T1 TouchSensor {} #定义接触检测器
DEF TS TimeSensor { #定义时间接触检测器
cycleInterval 0.1 #定义间隔
DEF pi PositionInterpolator {#定义位置插值器
key [0 0.5 1]
keyValue [2400 13.59 82.94 , 2348 14 0.27.]} #预设插值
ROUTE T1.touchTime TO TS.startTime
ROUTE TS.fraction_changed TO pi.set_fraction
ROUTE pi.value_changed TO Bip01.translation

```

用户点击虚拟人时,首先接触检测器 T1 响应,同时发出 touchTime 消息,并根据路由设置消息传递到时间检测器 TS,然后 TS 启动 startTime 事件,并每隔 0.1s 向位置插值器 Pi 发出 fraction\_changed 消息,当消息传递到位置插值器 Pi 时,位置插值器 Pi 根据预设插值发出插值信息 value\_changed,当消息传递到虚拟人 Bip01,则启动 translation 事件,并改变虚拟人的位置。图 4 是整个过程的消息传递示意图:

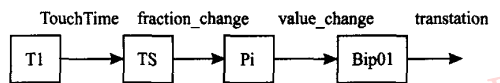


图 4 虚拟人位置移动消息传递示意图

Fig.4 Message transaction of virtual human model location

这样就实现了虚拟人的位置移动控制,而整个人体的运动控制是由各个关节的运动控制整合起来实现的。

## 5 虚拟场景模型协同交互及控制策略

### 5.1 协作交互机制的实现

虚拟环境用户主要通过文本方式进行交互,同时附加声音、图像、视频等媒体交互信息。系统中协同环境管理与控制是基于 Java 的 RMI (remote method invocation) 通讯机制。本文是利用 RMI 机制来实现系统的协作交互,同时通过确定并实现一组

远程函数来提供给客户 Applet 服务端接口。这些接口中包括登录、服务器请求刷新虚拟场景及成员名单、客户机请求刷新虚拟场景及成员名单、加入指定场景、退出场景、建立新场景、暂停/恢复交流等,并在保证功能的前提下通过尽量简洁,来提高带宽利用率。

## 5.2 过滤机制

多用户虚拟协作环境中,由于 3 维场景复杂,虚拟环境中数据流量大,因此客户端虚拟场景绘制也会造成很大负担,加上视点频繁变换,网络带宽和浏览器都会不堪重负,这就会降低系统适用性。因此必须采用一定的过滤机制屏蔽部分信息来减轻网络和用户负担以保证浏览的流畅。

系统根据网络等各种因素动态变化,采用基于距离和灵敏度、基于空间划分的过滤机制的设计思想,先利用重用和原型机制来简化代码及减轻浏览器负担;然后通过触发器技术和场景切换技术来改变场景结构和优化场景布局,以提高浏览器的渲染速度;最后运用浏览时的场景过滤方法来减少不必要的网络传输,以尽量减少利用可视化编程工具建模的数量来减轻网络负担。

为了方便 VRML 对算法描述,在基于空间划分的过滤机制中,本文主要采用包容盒法,限于篇幅此处不再详述。

## 6 结论和展望

本文利用 VRML 技术、多媒体技术和一些辅助

制作工具实现了可供浏览的虚拟就业市场,包括对静态场景的建模和控制、虚拟人的建模和控制、用户的协作交互,并实现了整个场景的网上交互,实践证明本系统具有真正意义的分布性、3 维性、交互性、多媒体集成性和境界逼真性。

系统还存在着需要进一步提高的地方如未实现协作者在虚拟场景中进行多媒体的交互;3 维场景及运动实体(虚拟人)建模的逼真度可进一步增强。虚拟协同现实系统将成为一种对多维信息处理的强大系统,并将成为人进行思维和创造的助手以及对人们已有的概念进行深化和获取新概念的有力工具。

## 参考文献 (References)

- 1 WANG Cheng-wei, GAO Wen, WANG Xin-reng. The theory, realization and application of virtual reality technology [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1996. [汪成为, 高文, 王行仁. 灵境(虚拟现实)技术的理论、实现及应用[M]. 北京:清华大学出版社, 1996.]
- 2 SHI Mei-ling, XIANG Yong, YANG Guang-xin. Computer supported cooperative work [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2000. [史美林, 向勇, 杨光信. 计算机支持的协同工作[M]. 北京:电子工业出版社, 2000.]
- 3 GU Jun-zhong. The theory of computer supported cooperative work [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002. [顾君忠. 计算机支持的协同工作导论[M]. 北京:清华大学出版社, 2002.]
- 4 Patrick Lyle Hartling Octopus: A study in collaborative virtual environment implementation [EB/OL]. www.137.org/patrick/thesis.pdf