

家具3D展示与定制分布式原型系统

Distributed Prototype System of 3D Displaying and Customization of Furniture

吴访升^{1,2} 潘志庚¹ 陈田¹

(浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室 杭州310027)¹

(常州技术师范学院计算机科学与技术系 常州213001)²

Abstract This paper discusses how to build the virtual environment of product displaying and customization with virtual reality technology based on Web, and presents object model, spatial relation model, communication model and some method and technology related in the virtual environment at detail, in the distributed system some technologies such as the data transmission speed over the network have been resolved.

Keywords Virtual reality, Distributed system, E-commerce, Product customization, Product displaying

1 引言

随着 Internet 的发展和普及,企业和商家纷纷建立网站,利用网络进行市场调查、产品开发、经营销售、反馈改进意见和售后服务等,是目前商务的最新发展动向,产生了很好的经济和社会效益。但纵观国内各商务和企业网站,却发现大多网站以文字、图片、flash 动画作为产品展示的主要方式,缺乏人机互动,没有切身真实实际购物体验;在网上可以订购产品,却不能定制等。这与现实中商家和企业竭尽所能展示产品的做法相去甚远,如在产品博览会上,厂家为了更好地展示产品,均不遗余力地将实物带到现场,商家则运用各种手段和方法营造相应氛围来促销特定商品,所有这些均为了弥补文字和图片缺乏丰富生动3D 效果的不足,更好地激发顾客的购物欲望。所以目前网站大多仅停留在产品的宣传介绍层面上,未能给顾客提供实际购物环境和购物过程的3D 真实环境以及人文关怀,无疑是制约电子商务发展的主要因素之一。运用图形图像和虚拟现实技术,在网络上可以构建具有真实感的3D 虚拟购物环境,并实现物品的三维真实展示,让顾客获得身临其境的感受,顾客可从不同角度审视物品,或对其操作测试,与传统购物习惯相符;并可改变产品外观,从而实现产品定制,更好地满足顾客个性化需求并激发购物欲望,更好地为企业和商家服务。

本文正是基于上述问题和思想,结合家装和家具,探讨了分布式网上产品3D 展示/定制系统的实现模型、方法和技术,设计并实现了家具定制的原型系统。

2 研究目的

本文主要是探讨在 WWW 上实现具有良好的交互性的3D 产品展示和定制分布式系统原型。允许

用户在 Internet 上由 VR 构建成的虚拟家具城中漫游选购,并在样板房中进行家具摆放、预览以及定制等交互,为用户提供具有真实感的虚拟效果。系统要求达到实时性——在设计和预览中均要达到实时效果;可扩展性——系统可方便地应用于家装、家电、家具、灯具、厨具等家什的展示和定制;安全性——数据传输、存取不破坏系统用户计算机以及系统本身数据的安全。

用户定义房间中的每一件物品的大小、位置,即与房间以及其它物品的空间关系,在定义过程系统作相应的约束检测。系统能够产生俯视状态下的 VRML 规格描述,并在客户机上绘制出来。用户可以选择性地变更和观看虚拟世界和保存以备将来参考。

商家可进行样板设计,即作房间结构设计、家什摆放布局等。

顾客在虚拟样板房场景中查看家具,摆放符合自己情趣的家具,或变更家具外观、位置,调整样板房的装修风格等,随时可预览其三维展示效果,对满意的家具下订单或保存在本地计算机中,以备以后参考。

厂家根据用户订单组织生产和发货等,并可以跟踪客户的购物记录。

3 系统的设计

3.1 功能结构

实现上述目标,则该系统应具有如图1所示的功能,其系统组成如图2所示。

3.2 系统的通讯结构模型

图3为本系统的三级分布式通讯结构模型,客户机独立于各类设计和数据库结构,其通讯通过一个在服务器上应用程序来实现。数据库服务器包含各种样板房、家具等信息,以及相应的 VRML 描述;应

用服务器负责与数据库的通讯和操作,以及为客户机的请求提供响应服务;客户端的 Java applet 提供

高度交互接口以及与应用服务器的通讯,为用户提供基于 VRML 飞行状态的3D 房间可视化等。

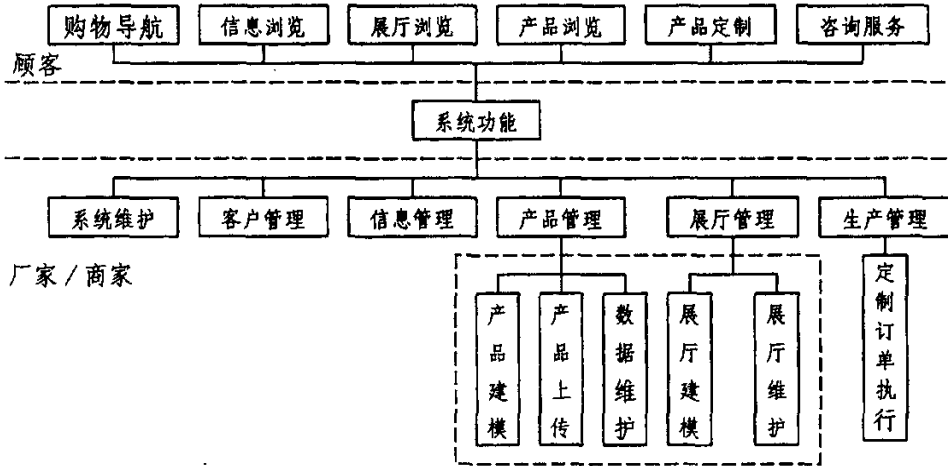


图1 系统功能结构

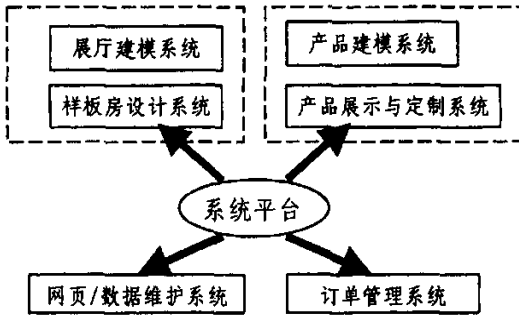


图2 系统组成结构

3.3 空间数据模型

为了方便系统的设计和实现,产生真实感的虚拟世界,实现产品的展示和定制。在该虚拟世界中需表达的数据有:①在虚拟世界中的各类实体;②相互之间的空间关系;③实体间必须满足的真实世界存在的空间约束条件。为此本文以时空数据类型方法^[1]建立相应的数据模型实现物体的建模和查询。

1. 属性数据

一个物体具有特定的属性为图形类型、大小和外观,这只是完全描述对象本身,而没有考虑其在空间的位置,一个局部坐标系 LCS 被定义到每个物体

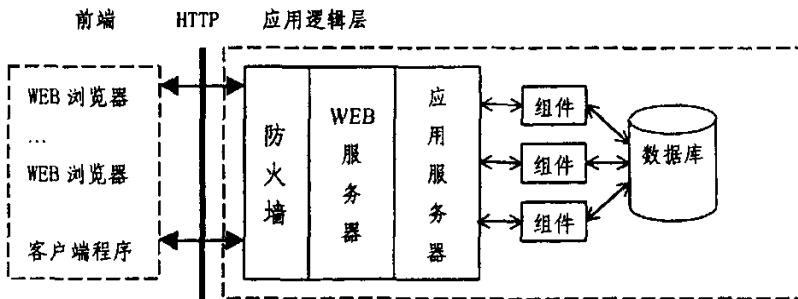


图3 系统通讯结构

的中心上,且该 LCS 中物体具有位移和旋转不变性。设 A 为图形 G 的一个对象,定义为 $D^A = (d_1, d_2, \dots, d_n) \in D^G \subseteq R_+^n$ 。其中, D^A 为 n 维矢量,其值为正; D^G 为图形 G 的多维空间。例如用三个边长表示的箱体为 $D^{box} = R_+^3$ 。一个物体是一个被 N 维矢量定义的特定图形类型 $G(x, y, z, d_1, d_2, \dots, d_n)$, 需指出的是此处的图形类型不是简单的球、多面体等,而是广义实体,可以用一组表示手脚等属性的多维矢量

来描述的人。

原型系统主要包含如表1所示的4类物体,每类均引用相应图形类型。只要对给定相应特定矢量对类进行实例化,就可按照附加的摆放数据安放在房间中。

2. 位置数据

空间组成是不同的空间实体在3D 图形空间的

表1 各类标识及其属性

序号	类型	标识	大小属性	形状属性	外观属性
1	房间	Room	长 L、宽 W、高 H	—	各墙、顶和地面的纹理图片
2	门	Door	宽 W、高 H	—	门的式样纹理图片
3	窗	Window	长 L、宽 W、高 H	—	窗的式样纹理图片
4	家具	Furniture	长 L、宽 W、高 H	因形状而定	各部件的纹理图片

特定位置和方向的排列。图形空间是一个3D欧氏空间,使用的是常规右手坐标系,利用 (x, y, z) 定义虚拟空间中的每个点。为了在虚拟空间中正确摆放物体,必须定义所有物体在UCS中的位置,而物体的属性数据在LCS中已定义,故只需建立LCS与UCS之间的关系,而两者的基本关系为平移、比例和旋转。若 $X = (x \ y \ z)^T$ 为UCS中的点, $X' = (x' \ y' \ z')^T$ 为LCS中的点,则它们的关系为 $X' = RSX + T$,其中R、S、T为LCS对UCS的旋转变换矩阵、比例变换矩阵、平移变换矩阵。因此在3D空间中两物体的空间关系可由简单空间关系模型(Simple Spatial Relationship, SSR)来表示,即由不同(R, S, T)来定义。但SSR没有利用物体的固有图形特性,只考虑其LCS;使用困难,需要定义系列RST中的参数;没有采用日常生活中习惯的高级空间关系表达方式,为此,建立了高阶空间关系(High-order Spatial Relationship, HSR),即采用日常生活中的表示具体意义的语义来定义物体之间的关系,如“在…上(下)方”、“在…上”等,代替SSR中RST参数的繁琐定义,且保留了SSR模型原有的功能和完整性,具有使用简单、根据应用域可调整、更有效和易于理解等优点。在本系统具体实现中以房间位置作为UCS坐标系,其它各类物体的相对位置属性定义见表2。

表2 各类物体的相对位置属性

序号	类别	标识	属性
1	房间	Room	—
2	门	Door	安放墙名称、邻墙名称、与邻墙距离
3	窗	Window	安放墙名称、邻墙名称、与邻墙距离、与地面高度
4	家具	Furniture	基准墙1名称及距离、基准墙2名称及距离、方位角、高度选项、参考物体名称以及高度值 [根据选项不同为可选]

3. 约束条件

在虚拟商城中使用HSR模型声明空间关系起

到了简洁、简化、高效等作用,但难以避免产生与现实矛盾的问题产生,所以还必须考虑相关的空间约束,这些约束来源于物体的图形的配置及其附加语义。由上述模型可知,除所有的尺寸和距离值均为正的约束条件外,另有①所有物体大小必须小于等于房间大小;②不允许物体的部分或全部超出房间;③任何物体的不可重叠,不得相互侵入,至多为一个表面、一条线、一个点;④每个物体与其它物体或房间至少有一个公共面,不得有任何物体悬挂在空中;⑤当一个物体移走时,在该物体相关的物体下移或上移到有依托的位置;⑥垂直方向上不允许直接和间接地循环摆放,如物体A在物体B上,B在A上;A在B上,B在C上,C在A上等不合理空间摆放关系……。

4 系统实现的相关技术

4.1 VRML的映射技术

VRML用于定义不同实体的3D图形表示,以层次结构形式将实体组织成为各个VRML场景,这些实体可以表示场景中各类物体,其属性称作节点,VRML场景中的节点也可以是由URL引用的描述相应场景另行保存的VRML文件。

本系统的核心是建立适合于网络发布的VRML世界,为此必须将现实模型映射成VRML虚拟世界。在映射过程中,特别要注意的是网络的数据传输量。由于图形数据存在数据量大等特点,为了减少VRML源代码规模,必须避免相似节点重复生成。笔者借鉴了面向对象的方法,设计通用基本类,不同物体只需根据特定大小、纹理、位置等对通用类实例化即可生成。为此我们根据VRML2.0的PROTO node和EXTERN PROTO特性^[2]建立原型节点的机制,即利用该特性结合已有节点,用一系列新的节点扩展VRML2.0的内置节点,定义描述通用对象的PROTO节点并保存为VRML文件,再对原型的VRML节点进行参数化被实例化成不同的VRML文件,然后复制这些具有不同参数的节点。这样既可重复产生大量结构相似、大小不一的基于参数化数据结构的相同类型的对象,又可减少大量VRML代码,充分体现对象的模块化设计思想和代码的复用技术。利用PROTO节点实现物体的VRML映射机理:首先对物体根据形状进行分类,为每类产生一个VRML文件;使用PROTO定义描述抽象物体的结构;在VRML文件中使用关键词PROTO定义一个原型;引用PROTO文件时声明新节点类型名称、参数及自身定义等。

4.2 分布式VRML的动态生成技术

本文主要任务是建立VRML的各类文件、管理相应数据库、生成场景文件以及维护。为了减少数据

传输量,采用了 VRML 动态生成技术。

1. 产品建模时的 VRML 动态生成 厂家商家的系统维护人员在建立产品的原型、实体模型以及样板场景时,允许许多客户端远程连接到数据库,可以提取和更新产品的各种表示信息。在客户端的用户可以通过服务器应用程序调用以及维护数据库服务器中的 VRML 原型节点库和形体基本库,经过形

体大小、纹理等的定义后,将产品的描述映射成 VRML 文件后,将其文件名和路径名保存在服务器上的 VRML 产品数据库中,每个产品的 VRML 文件只包含对原型文件的引用,因此具有相同类型的物体只有一个 PROTO 复制以及相应的存放在服务器上的原型引用,使得服务器上的数据最小化。具体流程关系见图4。

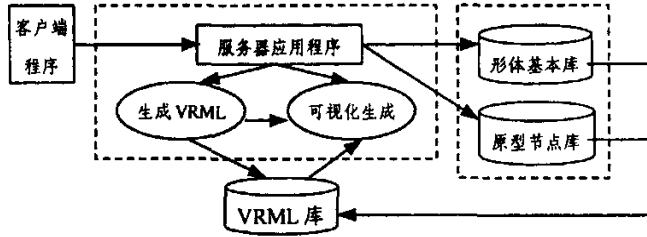


图4 产品建模时的 VRML 文件动态生成流程示意图

2. 产品展示/定制时的 VRML 动态生成 对于基于 Web 的应用,需严格限制其数据传输量 and 安全性。常规 HTML 难以满足本系统客户端的图形绘制及可视化、交互等要求,而与运行在 Windows 客户机上 VC++ 等编写的 ActiveX 组件相比,Java Applet 具有与平台无关的优势,且 Java 还可提供访问 VRML 浏览器的接口,两者之间的通讯可由 Java 类实现;通过 Java applet 可以实现飞行状态下的房间3D 预览,而其规划结果可以通过 VRML 浏览器插件显示,完全满足了房间的布局设计、展示和定制功能的实现。

为了完全利用 Java 的优势,用户浏览器有 applet,服务器上运行 Java 应用程序,数据库服务器只能由应用程序访问。该 applet 和应用程序之间发送和接收的数据通讯为 TCP 协议的 socket 方式,应用程序与数据库之间的连接采用 JDBC-ODBC 驱动方式。在服务器和客户机之间只传输产生 VRML 代码的参数,而不是整个 VRML 文件,由客户机上的 applet 提出逻辑请求并接收场景中各物体的参数来生成完整虚拟世界实现预览。因此客户机和服务器之间的处理被共享,且网络之间数据传输得到最大程度的减少。

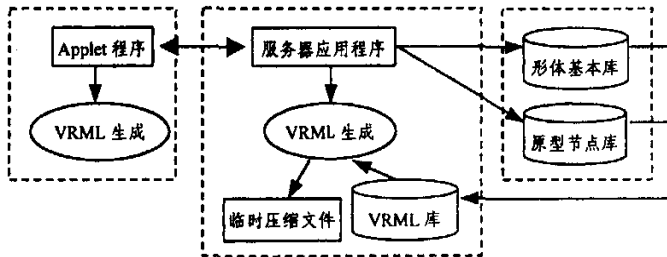


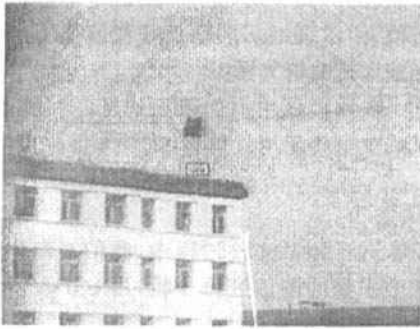
图5 VRML 动态生成流程图

具体的 VRML 动态生成过程为:Java applet 处理用户输入,完成房间设计,物品定位及修改参数等。在设计过程中,applet 向服务器应用程序请求并接收物体列表,并呈现给用户,这些物品均存放在相应的服务器数据库中。无论何时请求 3D 预览,applet 提取所有与房间尺寸和物体定位相关的数据并生成 VRML 文件,该文件中包含房间的描述以及表达房间中的物体的 VRML 文件的绝对 URL,VRML 代码由 applet 产生并传到 VRML 浏览器中。为了在不损害 Web 上不允许 Java applet 写任何东西到客户机的硬盘上的安全机制,实现在本机

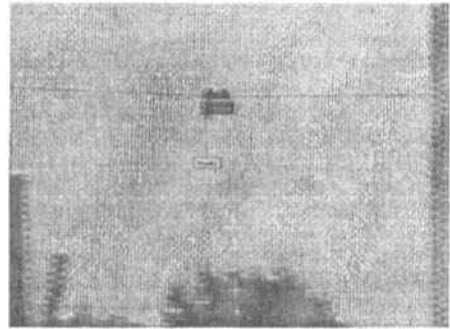
保存数据,笔者采用了网络下载,用户请求保存世界,由服务器应用程序生成临时 VRML 文件,将文件、所有必要的图像、PROTOS 压缩成临时的 ZIP 文件后再下载。如此处理使网络传输量大大减少。

结论 本文让顾客在购买前提供商品的 3D 预览以及定制,符合电子商务的发展趋势。为此设计并实现了在 WWW 房间家具的定义及摆放、变更、预览、保存等交互功能的虚拟展示/定制分布式系统,提出了较为简单、简洁、实用的 HSR 模型,系统能够产生飞行状态 VRML 规格场景,并在客户机上进行

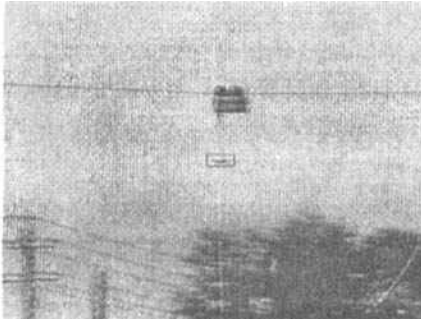
(下转第168页)



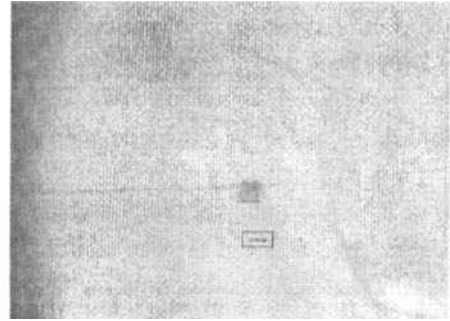
(a)



(b)



(c)



(d)

图3 匹配效果图

(上接第185页)

绘制;系统充分考虑分布式图形系统传输的数据量和安全性,采取了系列措施较好地解决图形数据传输量大的问题,并实现了不破坏 Java 安全机制的文件本地保存。尽管只是一个原型系统,但可以给家具厂、商家和房产开发商单独使用,具有一定的商业价值。当然,系统在产品模型建立、交互等方面还可以作进一步的深入研究,如利用照片进行产品建模,开发直接映射到系统的接口等;利用语音识别和合成技术,进行场景的规划和设计,甚至进行基于虚拟环境中网络虚拟交流等。系统的下一步目标是进一步拓展引入 ECA 规则(E 激发事件,C 时空条件,A 行为)的使用,在建立虚拟环境,可以多用户进行产品定制,更好地虚拟实现购物环境和购物过程,使电子商务平台的效能得到最大限度的发挥。

参考文献

- 1 Erwig M, Gueting R H, Schneider M, Vazirgiannis M. Spatio-Temporal Data Types: An Approach to Modeling and Querying Moving Objects in Databases. *GeoInformatica Journal*, Kluwer Publishers, 1999
- 2 The VRML Repository. <http://www.embl-heidelberg.de/vrml/> [2020] 20-20 Design. www.2020office.com
- 3 KCDw kitchen design web site. <http://www.KCDw.com/3d.htm>
- 4 Melster R, Diaz A, Groth B. SCORE - The virtual museum, development of a distributed, object-oriented system for 3D real-time visualisation. [Technical report 1998-15]. TU Berlin, Germany. Oct. 1998
- 5 My Virtual Model web site. <http://www.mvm.com>
- 6 Virtual Worlds, room planning and visualisation software. <http://www.luk.net/virtual>