

CAD 模型转换到 VR 模型的实时可视性研究

孙立镬,李瑞芬

SUN Li-quan,LI Rui-fen

哈尔滨理工大学 计算机科学与技术学院,哈尔滨 150080

College of Computer Science & Technology, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China

E-mail: liruifen80@yahoo.com.cn

SUN Li-quan,LI Rui-fen.Real-time visualization research of transform from CAD model to VR model.Computer Engineering and Applications,2008,44(6):117-120.

Abstract: The real time 3D visualization is the key issue in the mechanical products design.In this paper the MEMPHIS middleware framework is presented for the integration of CAD geometries and assemblies with derived Virtual Reality (VR) models and its high visualization.The goal of this work is to connect real time VR applications,especially for the managing CAD models. At the same time,while materials can be switched directly on the VR model,the modification of part geometries must be made on the CAD model.The system will make a synchronized change.So that avoiding artificially joining the virtual reality special information that portrays the VR model visible characteristic information attribute such as illumination establishment,the material quality,the texture,behavior and so on just as the traditional transformation from the CAD model to the VR model when.Thus greatly enhances the mechanical product coordination design efficiency and visualization performance.

Key words: CAD;visualization;Virtual Reality(VR);geometry conversion

摘要:实时3D可视化是机械产品设计中的一个主要问题,针对CAD几何学和装配以及机械产品的高可视化提出了MEMPHIS中间件框架,目的是连接实时虚拟现实应用,特别是CAD模型的管理操作设计。同时还保证了当进行模型转换时,在CAD模型上必须作相应的几何改变,系统会同步变化,这样避免了传统的从CAD模型转换到VR模型转换时人工加入虚拟现实特殊信息,如光照设置、材质、纹理、行为这些刻画VR模型可视化特性的信息属性后才能实现这种转换。从而大大提高了机械产品协同设计的效率和可视性性能。

关键词:CAD;可视化;虚拟现实;几何转换

文章编号:1002-8331(2008)06-0117-04 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP391

1 引言

机械产品的一部分或产品的全部都是通过3D建模来实现的。通常PDM^[1](Product Data Management)系统不能处理与虚拟现实文件相关的元数据(例如光照设置、材质、纹理、行为)。在虚拟现实文件内部不能保持元数据与几何模型之间的连接。这样,在PDM或CAD系统与VR系统之间的数据交换集中到几何数据上。每次当CAD模型转成虚拟现实数据时,需要人工加入虚拟现实特殊信息后才能实现这种转换。

目前研究活动致力于CAD与VR系统之间几何信息的交换,忽略了产品的可视化性能,进而影响到产品的协同设计效率。

本文将引入MEMPHIS^[2](Middleware for Exchanging Machinery and Product Data in Highly Immersive Systems),它位于VR和CAD/PDM系统之间,结合Web服务技术和OMG PLM服务并通过VR模型数据来展示未来实时高质量产品的3D建模,运用原始CAD资源来初始化虚拟显示系统,这些资

源可以用来规划或构建产品并能改善机械产品可视化^[3]性能同时还能提高CAD/PDM跟VR系统的协同工作能力。

2 MEMPHS 框架构建

MEMPHS是一种允许通过PDM系统在多个CAD和VR系统进行集中通信的数据交换中间件。这个中间件由一个可以被客户端访问的服务器组成。其它系统如PDM和VR系统之间需要装有适配器。运用这样的系统,通信和数据交换会被统一。利用适配器的形式,可以提供依赖于PDM产品结构及数据传送器(PLM Services)的通用接口。

数据库表现了引入PLM服务^[4]后产品的结构,它是系统的一部分。这将允许通过存储保持这种信息来跟踪元数据和几何数据的关联。即使3D模型发生了改变,VR具体元数据将会自动被载入VR文件。这样,避免了为维护数据完整性的人工重复努力。

基金项目:国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60173055)。

作者简介:孙立镬(1944-),男,教授,博士生导师,主要研究方向:计算机图形学与CAD、协同设计、虚拟现实;李瑞芬(1980-),女,硕士研究生,主要研究方向:虚拟现实、产品协同设计。

收稿日期:2007-07-09

修回日期:2007-09-12

作为中间件核心技术, MEMPHIS 技术专用于与 CAD 数据相关联的连续管理和 VR 信息的可重用性。这样, 就可以实现 CAD 到 VR 格式的集中转换^[5], 语义产品结构和具有 VR 特殊信息的结构的扩展的管理和操作, 如图 1。当 MEMPHIS 系统追踪数据结构的更改时, 这些信息在随后的转化中可以重用。

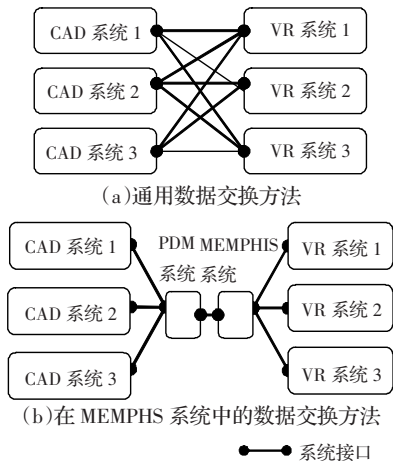


图 1 元数据服务器上的数据管理

MEMPHIS 系统由几个子部件组成。每个部件与其它的系统或部件都有联系, 例如 PDM 系统、VR 系统、数据库、CAD-VR 转换器或安全部件。图 2 是 MEMPHIS 的主要架构。MEMPHIS 服务器由文件服务器和元数据服务器组成。

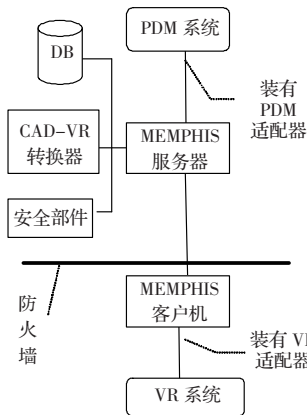


图 2 MEMPHIS 系统的整个架构

在原件之间或其它系统之间的连接通过适配器或内置连接器实现。适配器用来连接外部系统诸如 PDM 系统或 VR 系统。用两种方法可以实现。第一种方法是运用批调用子程序来执行相关功能。第二种方法是运用公共库函数, 这个函数可以被集成到源代码级的系统中。内置连接器被嵌入到基于组件的源件中, 一些功能集成后作为类库。这篇论文集集中于适配器, 因为相关的过程与内置连接器的功能没有关系, 适配器对于 PDM 跟 VR 系统之间的数据交换起关键作用。

用在 MEMPHIS 系统的主要部件以及功能在表 1 中列出并在以下章节中描述细节。

2.1 元数据服务器

元数据服务器处理产品的元数据, 例如材质清单, 产品模型数据的细节层次以及其它 VR 相关属性数据。这种服务器与其它工程数据管理服务器诸如 PDM 系统或绘图管理系统相比时, 在数据管理方面有所不同, 它能够并行管理 CAD 与 VR 数据。一般来说, 绝大多数系统把 CAD 数据作为最重要的信息。

表 1 MEMPHIS 主要部件及功能

部件	功能
元数据服务器	管理存储的产品元数据
文件服务器	管理 CAD 和 VR 文件数据
MEMPHIS 客户机	连接或断开与服务器的通信
PDM 适配器	用于 MEMPHIS 系统和 PDM 系统之间
VR 适配器	用于 MEMPHIS 系统和 VR 系统之间
CAD-VR 转换器	从 CAD 到 VR 之间的数据转换元件
安全部件	管理访问权限

尽管它们能够存储 VR 文件, 但是这些系统不能处理各种 VR 的特殊信息, 比如细节层次、纹理、消隐等。因此这些系统不能充分地跟 VR 环境相结合, 对于 VR 文件格式的可用性必须进行手动转换。在每次转换之后 VR 特殊信息必须得重新加载, 不能重用。

与其它工程管理系统相比, 元数据服务器可以更好地处理 CAD 和 VR 数据。基于 PLM 服务规范所有数据可以存放在数据管理容器 DMC(Data Management Containers)中并且可以被处理, 如图 3(a)。一个数据管理容器被分成 6 个数据管理层: 用户、组织结构、工程、项目、文档和属性。在内部所有数据层以树形结构连接并且每个数据层与其它相关数据层都是一对多的关系, 如图 3(b)。在这些容器里一个产品的完整结构及其联系都会被刻画出来, 其中包括具有几何信息属性的任意元数据。

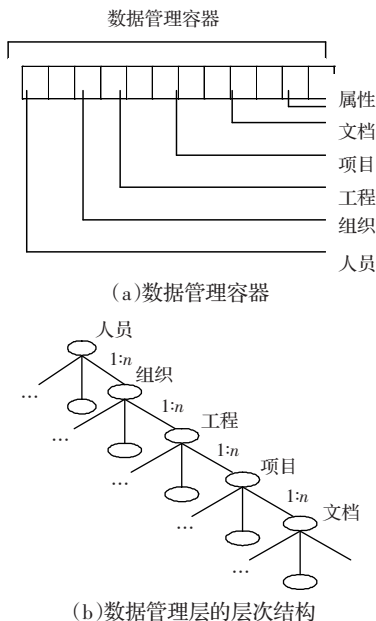


图 3 元数据服务器中的数据管理

在这种共享数据结构下几何 VR 数据与 VR 具体元数据能够建立连接。这些资源能被集成为一个输出文件当中。描绘数据结构的潜在数据库能够随数据的改变而发生改变。如果几何项目或是产品结构本身改变了, 相应的属性信息会连接到其所在逻辑位置。这样, 通过读出数据库的信息, 请求的 VR 数据就会导致包括所有预期的元数据的正确的文件格式。

2.2 文件服务器

文件服务器负责存储和提交实际物理文件, 它能够操作集成的 CAD-VR 转换器。CAD-VR 转换器用来将 CAD 文件转换成 VR 文件比如 VRML(Virtual Reality Modeling Language)和 X3D(eXtensible 3D)格式的文件。这样 MEMPHIS 客户机能

通过操作来自于客户端的文件服务器执行远程文件转换,如图4。这个服务器的好处在于即使没有提供的或是需要的数据结构也能集中处理 CAD、VR 文件。

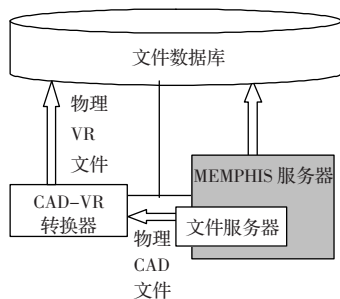


图4 MEMPHIS系统中的文件服务器

2.3 MEMPHIS 客户机和虚拟现实适配器

MEMPHIS 客户机的目的是为用户提供给系统功能一个定义好的接口。

MEMPHIS 客户机的主要特点是:(1)通过对内部数据结构的封装,安全地对外提供数据访问接口;(2)运用客户功能来简化数据结构管理和操作。包括:①管理实体结构;②向服务器装载数据以及写数据的功能;③创建新数据或编辑已有数据;④数据树形结构的处理;(3)遮蔽 MEMPHIS 数据库的复杂数据结构;(4)完整的权限检查包括登录,允许只有权限用户才可以对服务器提出请求。

客户的执行特点是当用户管理操作来自服务器的信息时,它可以提供给用户友好的图形接口界面。

用虚拟现实适配器代替单独客户机能够提供额外的可用性尤其是对于虚拟现实应用。特征数据结构允许任意属性集成到虚拟模型的语义结构当中。这就延伸到 CAD 属性的范围并能延伸到额外的属性例如 3D 阴影,事件,动画序列或行为。当这些信息被存储在服务器上后并跟踪其结构或几何属性的变化时,VR 适配器会导致额外 VR 数据的高度可重用性。

2.4 PDM 适配器

由许多不同商业 CAD 系统制作的 CAD 模型在 PDM 系统范围之内被存储管理并且必须被转移到 MEMPHIS 系统。为了做这些,所以必须在不同的 PDM 跟 MEMPHIS 系统之间建立一个综合者。于是出现了 PDM 适配器,它由 PDM 连接器跟 MEMPHIS 连接器组成,如图 5。

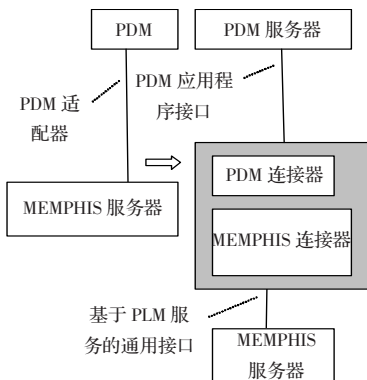


图5 在MEMPHIS系统中的适配器

为了连接商业 PDM 系统,要用到应用程序接口。实体和方法被映射成 XML 元素,这些元素是以前为了执行一个通用的 PDM 数据在 PLM 服务规格中被定义过的。在上下文中,普通接

口意味着在 PDM 系统和 MEMPHIS 之间不确定文件的共享。在通用接口被建立之后,MEMPHIS 连接器可以通过符号最优汇编程序(SOAP)信息来进行数据转换和将数据传送到 MEMPHIS 服务器。对于一个新的集成的 PDM 系统必须要连接到应用程序接口的连接器。所有的连接系统都用到了 MEMPHIS 连接器。

就这点来说,数据流的描述包括从 PDM 系统到 MEMPHIS 系统的方向。PDM 适配器能进一步用来从相反的方向传送数据。

2.5 CAD-VR 转换器

对于 CAD 文件格式转换成虚拟现实兼容文件时,CAD-VR[®]元件是集成的。在 MEMPHIS 服务器要求下,CAD-VR 转换器负责处理 CAD 数据转换和自动进行几何和拓扑结构纠正。为了得到正确的视觉结果纠错是必要的。关于几何和拓扑结构纠正,当前版本包括曲线曲面的非均匀有理 B 样条,层次细节,正态顶点计算的棋盘形布置⁷或三角形分割功能。

对于 CAD 数据转成虚拟现实数据,运用了来自空间集的 ACIS CAD 核心。ACIS CAD 核心是一种面向三维图形建模引擎,它用通用的、统一的数据结构为线框建模,平面建模,立体建模提供一种开放式的建筑框。在纠错之后被转化成基于 OpenSG 的场景图表示法。

根据 OpenSG 实体结合更多复杂的数字模型转化为 CAD 文件实体。通常一个 CAD 文件是一个许多实体的列表,可以通过 ID、名字、层、颜色、注释和其它标签对这些实体进行管理。在 OpenSG 模型中所关心的是面、线、体和部件。在第三步,OpenSG 场景图译码成 X3D 或 VRML 文件,即最终的 VR 文件。CAD-VR 转换器执行过程如图 6。

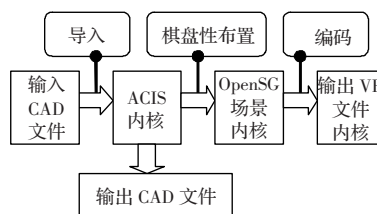


图6 从CAD到VR文件的转换过程中几何更正和数据翻译过程

3 相关技术在飞碟模型中的应用

3.1 开发平台

在飞碟模型的实现中用到的开发平台是 VmlPad2.1+BS Contact VRML-X3D。

3.2 执行流程

PDM 系统可以处理各种 CAD 数据。用户通过 MEMPHIS 获取 CAD 数据而不是直接连接到 PDM 系统来获取数据的。下面描述了 MEMPHIS 系统中工作步骤和数据流程。

步骤 1 来自于 PDM 系统的 CAD 数据获取:通过 PDM 适配器利用专用 PDM 系统的 PDM 连接器来获取物理 CAD 文件和 CAD 具体元数据。

步骤 2 数据存储:已获取的数据存储到可以存储 CAD 文件的文件服务器数据库和可以存储语义产品结构并且整合一些元数据,比如像将 BOM 信息加入到这个结构中的元数据服务器数据库。

步骤 3 CAD 数据转 VR 数据:通过 CAD-VR 转换器将被存储的 CAD 文件如图 7 所示转换成 VR 文件,在原来的 CAD

文件中加入层次细节设置的代码如下:

```

Transform {
  translation 0.0 0.0 0.0
  scale 2.4 1.5 2.4
  children [
    Shape {
      appearance Appearance {
        material Material {
          diffuseColor 0.0 0.0 1.0
          ambientIntensity 0.4
          specularColor 0.7 0.7 0.6
          shininess 0.20}}
      geometry Sphere {
        radius 1.0}}]}
    Transform {
      translation 0.0 0.0 0.0
      scale 4.2 0.9 4.2
      children [
        Shape {
          appearance Appearance {
            material Material {
              diffuseColor 0.0 1.0 0.5
              ambientIntensity 0.4
              specularColor 0.7 0.7 0.6
              shininess 0.20}}
            geometry Sphere {
              radius 1.0}}]}]}

```

被转换的 VR 文件,如图 8 所示,之后存储在文件服务器数据库。

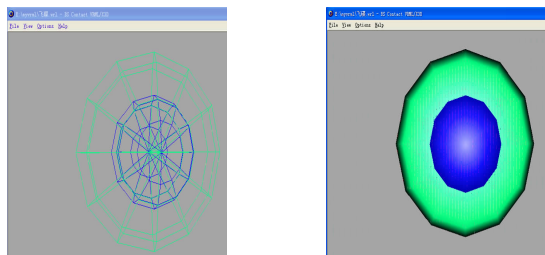


图 7 三维建模后的 CAD 飞碟模型 图 8 在 MEMPHIS 下加入纹理、材质等信息后的 VR 模型

步骤 4 在 MEMPHIS 服务器和 MEMPHIS 客户机之间的通信:通过以上 3 步可以获取的存储在服务器上的数据可以被客户端的终端用户提出请求之后进行操作。为了处理这些, MEMPHIS 服务器和 MEMPHIS 客户机通过 SOAP(简单对象访问协议)信息在分布式计算环境下通信。

步骤 5 在 VR 系统中的数据处理:在 MEMPHIS 体系结构

中,VR 系统被引进以便创建强化的 VR 数据并使数据达到好的可视化效果。在 VR 适配器的帮助下, MEMPHIS 客户机和系统建立连接的目的是为了获得在步骤 3 中从 CAD 文件转换过来的 VR 文件。与之相关的元数据包括层次细节信息。在客户端所作的改变包括对产品结构的新的或更改过的属性。通过更新服务器和元数据库的这些改变,这些改变最后被集中到产品结构中。

4 结论和未来的工作

本文提出了数据交换中间件,介绍了该中间件的框架及其构件,详述了 CAD-VR 转换器执行过程及其 X3D、OpenSG 和 ACIS CAD 核心。最后简要介绍了该中间件在飞碟模型中的初步应用。

这种中间件可以提高 CAD 模型转换到 VR 模型实时可视性的需求,同时可以改善 CAD/PDM 跟 VR 系统的协同工作能力。

就当前发展状况看,现在该中间件只在简单的三维建模上进行了实施,对于复杂的三维建模以及 CAD 到 VR 的转换效率能否达到预期的要求还没有进行实践和证明。另外对于该中间件的推广价值还依赖于 CAD-VR 转换器的软硬件的发展。这两个方面都是未来的研究方向。

参考文献:

- [1] Feltes M, Habel P, Lämmer L, et al. Product lifecycle management service revised submission. OMG document number mantis[EB/OL]. [2004-04-01]. <http://www.prostep.org/file/13580.plm-serv10>.
- [2] Schilling A, Kim S, Weissmann D, et al. CAD-VR geometry and meta data synchronization for design review applications[J]. Journal of Zhejiang University Science A, 2006, 7(9): 1482-1491.
- [3] Corseuil E T L, Raposo A B, da Silva R J M, et al. ENVIRON—Visualization of CAD models in a virtual reality environment[C]// Proceedings Eurographics Symposium on Virtual Environments, 2004: 79-82.
- [4] von Lukas U, Nowacki S. High level integration based on the PLM services standard[C]// ProSTEP iViP Science Days 2005: Cross-Domain Engineering, 2005: 50-61.
- [5] Gomes de Sá A, Zachmann G. Virtual reality as a tool for verification of assembly and maintenance processes[J]. Computers & Graphics, 1999, 23(3): 389-403.
- [6] Graf H, Brunetti G, Stork A. CAD-VR or how to efficiently integrate VR into the product development process[C]// CAD 2002 Proceedings, 2002: 249-258.
- [7] Knöpfle C. Working together a VR based approach for cooperative digital design review[C]// Proceedings of ACM SIGCHI Conference on Advanced Visual Interface. New York: ACM Press, 2002: 361-362.
- [8] Gaudart L, Crebassa J, Petrakian J. Wavelet transform in human visual channels[J]. Applied Optics, 1993, 32(22): 4119-4126.
- [9] Voloshynovskiy S, Pereira S, Iquise V, et al. Attack modelling: towards a second generation watermarking benchmark[J]. Signal Processing, 2001, 81: 1177-1214.
- [10] Jayewardena A, Lenders P. Embedding multi resolution binary images into multi resolution watermark channels in wavelet domain[C]// Proceedings of the IEEE ICASSP'00, 2000: 1983-1986.
- [11] Hien T D, Nakao Z, Chen Y W. Robust multi-logo watermarking by RDWT and ICA[J]. Signal Processing, 2006, 86: 2981-2993.

(上接 112 页)