

虚拟现实系统中农业装备模型转换方法^{*}

胡立教¹ 陈军¹ 朱忠祥² 毛恩荣² 宋正河² 杨炳南³

(1. 西北农林科技大学机械与工程学院, 陕西杨凌 712100; 2. 中国农业大学工学院, 北京 100083;

3. 中国农业机械化科学研究院土壤植物机器系统技术国家重点实验室, 北京 100083)

【摘要】 对几种典型的农业装备虚拟现实系统模型建立方法进行研究,比较分析了各自的优缺点。在 VC++ 6.0 环境下,通过 UG 和 Creator 双方二次开发相结合的方法,实现了从 UG(CAD)到 Creator(VR)的模型转换,通过直接转换建立了农业装备的虚拟现实模型。经过在虚拟现实系统中实验测试,该转换模型满足了农业装备虚拟现实的要求。

关键词: 农业装备 虚拟现实 建模 模型转换

中图分类号: S219; TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-1298(2010)04-0090-05

Model Transformation of Agricultural Equipment in Virtual Reality

Hu Lijiao¹ Chen Jun¹ Zhu Zhongxiang² Mao Enrong² Song Zhenghe² Yang Bingnan³

(1. College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

2. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

3. State Key Laboratory of Soil Plant Machinery System Technology, Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract

The methods for interface technology of agricultural equipment model on virtual reality were researched. Several typical methods of the modeling technology were compared and discussed. The model transformation was achieved from UG to Creator through the secondary development based on UG and Creator. Meanwhile, in the process of transformation, the model was simplified or refined through the various control parameters. Finally the agricultural equipment model on virtual reality was built.

Key words Agricultural equipment, Virtual reality, Modeling, Model transformation

引言

虚拟现实技术的出现改变了我国农业装备技术长期以来创新能力不强,主要停留在对生产、制造工艺和产品的革新改良方面的现状^[1-2]。农业装备的虚拟现实模型是农业装备虚拟现实技术的基础,但是目前农业装备虚拟现实模型无法直接建立,主要是因为虚拟现实软件区别于机械 CAD 等其他建模软件,主要考虑在满足实时性的前提下如何生成面

向仿真的、逼真性好的大面积场景。对于小面积场景的机械类部件,虚拟现实建模软件中无法完成精确建模。而机械 CAD 建模软件则擅长机械类部件的小场景建模,因此将 CAD 软件建立好的农业装备模型转换为虚拟现实系统模型就成为建立农业装备虚拟现实模型问题的关键。目前,现有的虚拟现实软件和 CAD 软件之间没有直接接口,虚拟现实模型的建立首先需要建立 CAD 模型,将 CAD 模型转换为虚拟现实模型。现有方法转换过程耗时长,转换

收稿日期: 2009-08-31 修回日期: 2009-11-09

^{*} “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A01)

作者简介: 胡立教, 硕士生, 主要从事机械设计及理论研究, E-mail: hu-lijiao@163.com

通讯作者: 宋正河, 副教授, 博士, 主要从事现代农业装备技术研究, E-mail: songzhenghe@cau.edu.cn

后的模型杂乱无序^[3]。

国内直接将 UG 模型转换为 Creator 模型的研究较少,主要采用间接转换的方法^[4]。国外 Bourdot 等也是利用中间文件间接转换方法,最后在虚拟现实系统中对模型进行动态的修改^[5],Zhong Yongmin 等则采用分级建模,其虚拟现实的模型比较粗糙^[6]。

本文以 Unigraphics NX 作为 CAD 建模软件,美国 Multigen Paradigm 公司推出的 Multigen Creator 作为虚拟现实建模软件,实现将 UG 建立的农业装备模型直接转换为 Multigen Creator 虚拟现实模型。

1 前期虚拟现实建模方法探究

1.1 第三方软件转换法

通过第三方转换软件把各种三维造型软件创建的模型格式转换成虚拟现实系统兼容的目标格式。第三方软件,如 PolyTrans, DeepExploration 等,转换过程简单但稳定性差,转换成功率低,需多次转换,易造成数据丢失。

1.2 中间文件结合 Creator 二次开发转换法

在 CAD 模型中将文件导出为中间格式 (STEP 或 VRML 等)^[7],然后根据中间文件格式特点编写自动转换为 Creator 模型 flt 格式文件的程序。此方法相对简单,但是转换后的模型无法控制 Creator 模型的多边形数量。

2 UG 到 Creator 直接转换法

UG 软件的实体建模是将基于约束的特征建模和传统的几何建模方法融于一体^[8],而 Creator 则是基于任意多边形的几何建模,因此此方法首先遍历 UG 模型,然后将模型多边形网格化,并在此过程中获取模型数据,最后通过 Creator 的二次开发重绘出 Creator 虚拟现实模型。UG/OPEN API 和 OpenFlight API 分别是 UG 和 Creator 二次开发的程序集,提供其二次开发所需的相关函数。UG 到 Creator 直接转换法采用 UG 和 Creator 二次开发相结合的方法。此方法采用外部开发模式,即程序运行不需要打开 UG 和 Creator 程序而直接转换,具体步骤如下:

(1) 遍历 UG 模型及多边形网格化模型

对于 UG 的模型遍历和读取数据,可以分为 UG 的零件模型遍历和 UG 的装配件模型遍历。遍历过程如图 1 所示。

对于装配文件的遍历方法采用对根节点所有实体进行遍历的方法,避免因为不同装配方法而造成的对于 UG 模型遍历失败。遍历的同时将 UG 模型

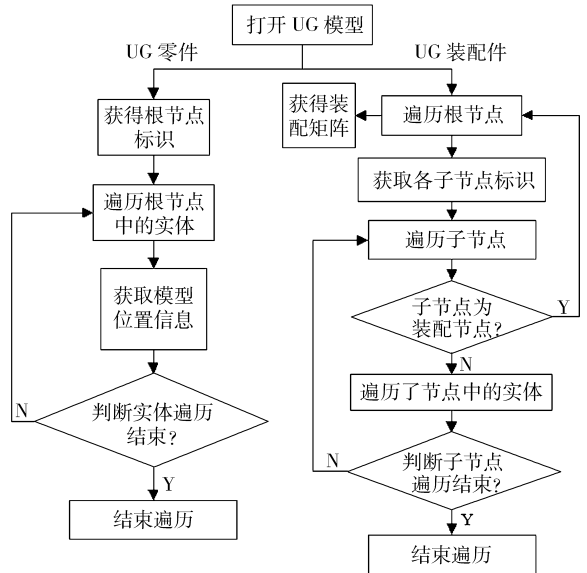


图 1 UG 模型遍历流程

Fig. 1 Traverse process of model on UG

多边形网格化,为重构 Creator 模型打下基础。UG 安装文件中 UF_facet.h 头文件对 UG 的多边形网格化函数做出声明,本文采用了其算法对 UG 模型进行多边形网格化。

(2) 重构 Creator 模型

重构采用多边形建模的方法,用小平面来模拟曲面,从而制作出各种形状的三维物体。小平面可以是三角形、四边形或五边形等,但实际中多是三角形或矩形^[9]。小平面的顶点数据,来自于 UG 模型的多边形网格化后的多边形顶点数据。如图 2 右边线框中所示,Creator 模型拓扑结构由 Database 节点、Group 节点、Objects 节点、Polygon 节点、Vertex 节点组成。从上到下建立 Creator 节点,而数据来源于网格化后的 UG 模型。虚拟对象的物理建模包括对象的品质、质量、表面纹理 (光滑或粗糙)、硬度、形状改变模式等,这些特性与几何建模和行为规则结合起来,形成更真实的虚拟物理模型^[10]。

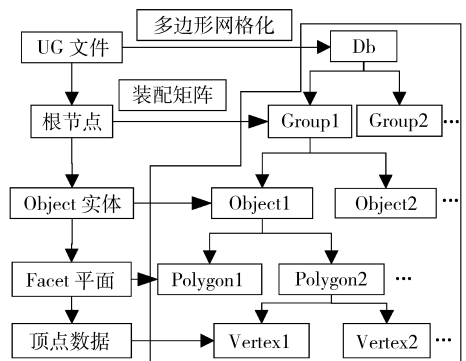


图 2 Creator 模型重构原理及流程

Fig. 2 Principle and process of the reconstruction on Creator model

3 程序实现

在 VC++ 开发环境下,采用 UG 二次开发(UG Open API)和 Creator 的二次开发(OpenFlight)相结合的接口技术进行程序设计。主要包括程序运行前的开发环境设置和程序运行中控制模型转换参数的设置。

3.1 开发环境设置

VC++ 6.0 开发环境设置包括 UG 二次开发的环境设置和 Creator 二次开发的环境设置。

3.1.1 UG 二次开发的环境设置

为了合法化的调用 UG 二次开发的函数库,首先添加 UG 安装文件中的静态库 libufun.lib、libugopenint.lib 和 UG 安装文件夹的子文件夹 UGII、UGOPEN 以及 UGOPENPP 下的链接库。其次是包含 UGOPEN 和 UGOPENPP 中对二次开发函数进行声明的头文件。最后还要拷贝 UGII 文件夹下的所有 dll 文件到程序工程 Debug 目录下。

3.1.2 Creator 二次开发的环境设置

为了合法化调用 Creator 的二次开发函数,首先添加 mgdd.lib、mgapilib.lib 等静态库。其次是包含 OPENFLIGHTAPI 二次开发函数声明的全部头文件。最后需要将预处理器改为 _DEBUG、WIN32、_CONSOLE、API_LEV2、AFXDLL。

3.2 控制模型转化的参数设置

UG Open API 采用的版本是 UG NX 6.0, OpenFlight API 采用的版本是 OpenFlight API V3.0, 可以打开 OpenFlight Version16.0 及其以前的版本。

3.2.1 控制公差参数

采用的公差控制参数及其含义如表 1 所示。

3.2.2 控制物理属性参数

程序对于 UG 模型的颜色等物理属性可以通过

表 1 公差参数及其含义

Tab.1 The meanings of tolerance parameters

名称	含义
max_facet_edges	网格化后的多边形的最大边数
max_facet_size	网格化后的多边形的最大宽度
curve_max_length	网格化后的多边形的边长的最大值
surface_dist_tolerance	曲面到网格化后的多边形平面之间的最大距离公差
surface_angular_tolerance	曲面的法向量与网格化后的多边形平面的法向量的角度差值的最大值
curve_dist_tolerance	曲线网格化后的直线段到原曲线的最大距离
curve_angular_tolerance	曲线网格化后的直线的方向与原曲线切线方向的角度差的最大值

接口继承到 Creator 模型中。而对于材质可以通过程序选择烤漆金属(metallic lacquer)、玻璃(glass)、橡胶(rubber),基本满足了拖拉机、联合收获机等农业装备模型的需求。

4 转换结果比较分析

4.1 3 种转换方法的结果比较

图 3 和图 4 分别是两种方法转换后的拖拉机挡泥板部件模型。如图中标记的部分,从多边形的疏密程度可以看出,UG 到 Creator 直接转换法的模型多边形密度更高,而多边形小平面的数量越多说明模型的精度越高。第三方软件法和中间文件结合 OpenFlight 方法的多边形面数是 866,并且无法控制转换后模型的多边形小平面数量。而采用 UG 到 Creator 直接转换法,通过公差参数精确控制转换后模型的多边形小平面数量,在虚拟现实系统中显示时,图 4 中模型相比于图 3 中的模型表面更加光滑,在虚拟现实系统中动画显示时没有平面凸凹感。UG 到 Creator 直接转换法使转换后模型的曲面曲率更加逼近于转换前的模型。

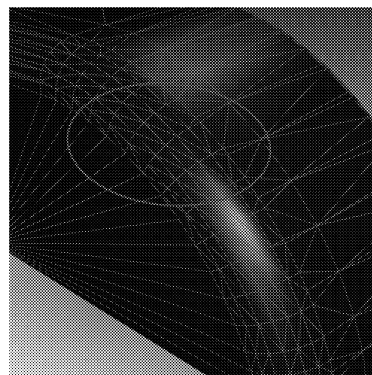


图 3 第三方软件法和中间文件结合 OpenFlight 法
Faces:866

Fig.3 Third-party software method and Combination method of intermediate file

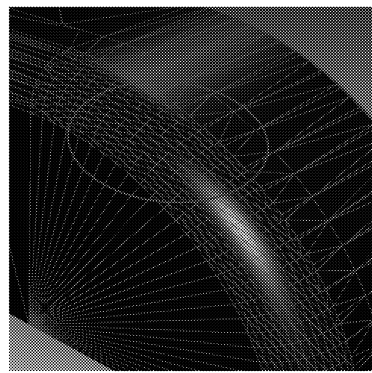


图 4 采用 UG 到 Creator 直接转换法 Faces:2180

Fig.4 UG to Creator method

4.2 控制参数对 UG 到 Creator 直接转换结果影响比较

经过对几种不同的模型转换过程分析,如表 2 所示。得出以下结论:在转换时间几乎相同的情况下,多边形最大边数选择 4 时能有效降低转换后的

flt 文件大小。而曲线曲面距离公差、角度公差对于曲率变化的曲面的影响大于对于平面的影响,所以在多曲面的模型转换时这 4 个参数非常重要。参数 max_facet_size 和 curve_max_length 是对于上面 4 个参数的一个补充,使模型更加精细。

表 2 比较公差控制参数对于转换后模型的影响

Tab.2 Compare the influence of the tolerance control parameters on the transformed model

参数名称	flt 文件大小/kB							
	76	95	95	167	117	458	75	78
max_facet_edges	3	3	3	3	3	3	4	5
max_facet_size	1 000	500	500	500	500	500	500	500
curve_max_length	1 000	1 000	500	100	500	500	500	500
surface_dist_tolerance、	0	0	0	0	0	0.3	0	0
surface_angular_tolerance	0	0	0	0	0.5	0	0	0
curve_dist_tolerance	0	0	0	0	0	0.3	0	0
curve_angular_tolerance	0	0	0	0	0.5	0	0	0
多边形小平面数量	450	574	574	1 052	736	3220	373	347

注:其中 0 代表不作要求

如图 5 和图 6 所示,采用拖拉机驾驶室模型作为转换对象,在基于 Vega Prime 的三通道柱幕虚拟现实系统中经过人机工程学实验测试,满足了农业装备虚拟现实的要求。图 7 展示了转换后的拖拉机

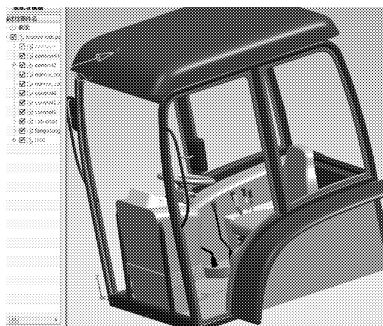


图 5 拖拉机驾驶室 UG 模型

Fig.5 Cab model of tractor on UG

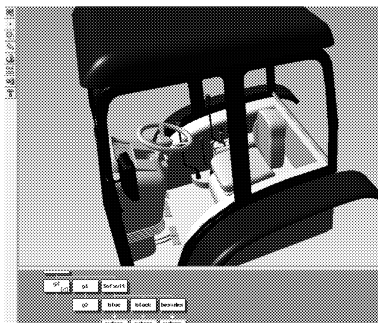


图 6 转换后的 Creator 虚拟现实模型

Fig.6 Cab model of tractor on Creator



图 7 虚拟现实场景中的拖拉机模型

Fig.7 Model of the tractor on Vega Prime

模型在虚拟现实系统中成功运行的场景。

5 结束语

通过研究,使得经过 UG 所建立的农业装备部件直接转换为 Creator 虚拟现实模型,此转换通过相关参数能够有效控制转换后模型的精度。很好地解决了农业装备部件虚拟现实模型的建立问题,从而为农业装备的虚拟现实提供了前提条件。能够将转换后的模型应用在 Vega Prime 的三通道柱幕虚拟现实系统中,真实驾驶员通过位置跟踪器、数据手套、头盔、三维鼠标等工具进行仿真驾驶,可以对农业装备模型的功能和性能进行有效测试和虚拟实验。从而在设计早期就对农业装备进行调整优化,节省了资金,而且可重复性强。

参 考 文 献

- 1 方宪法,陈志,苏文凤. 我国农业装备制造业自主创新战略研究[J]. 农业机械学报,2007,38(5):69~73.
Fang Xianfa, Chen Zhi, Su Wenfeng. Research on indigenous innovation strategy of Chinese agricultural equipment industry [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(5): 69~73. (in Chinese)
- 2 王树凤,余群,柴山,等. 基于虚拟技术的车辆操纵稳定性评价系统[J]. 农业机械学报,2007,38(7):32~34.
Wang Shufeng, Yu Qun, Chai Shan, et al. Vehicle handling stability evaluation system based on virtual technology [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(7): 32~34. (in Chinese)
- 3 周伟光. 利用CAD数据的虚拟现实视景高效建模技术研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2007.
Zhou Weiguang. Research on the effective modeling of virtual reality based on CAD data [D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2007. (in Chinese)
- 4 Whyte J, Bouchlaghem N, Thorpe A, et al. From CAD to virtual reality: modeling approaches, data exchange and interactive 3D building design tools [J]. Automation in Construction, 2000, 10(1): 43~55.
- 5 Bourdot P, Convard T, Picon F, et al. VR-CAD integration: multimodal immersive interaction and advanced haptic paradigms for implicit edition of CAD models [J]. Computer-Aided Design, In Press, Corrected Proof, Available Online 16, December, 2008.
- 6 Zhong Yongmin, Ma Weiyin, Bijan Shirinzadeh. A methodology for solid modeling in a virtual reality environment [J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2005, 21(6):528~549.
- 7 古成中,吴新跃. 3D数据转换技巧[J]. 机械设计与制造,2007,45(5):62~64.
Gu Chengzhong, Wu Xinyue. Skill of 3D data exchange [J]. Machinery Design & Manufacture, 2007, 45(5): 62~64. (in Chinese)
- 8 高卫民,王宏雁. UG软件在白车身CAD建模中的应用[J]. 汽车研究与开发,2001,21(1):13~17.
- 9 李先桂. 虚拟现实中的三维建模 [J]. 上海职业技术学院学报,2004,5(3):94~96.
Li Xiangui. Build 3D model in virtual reality [J]. Journal of Shanghai Business Polytechnic, 2004, 5(3): 94~96. (in Chinese)
- 10 卢仁甫. 基于VEGA平台的虚拟现实技术的研究[D]. 武汉:华中师范大学,2006.
Lu Renfu. Research of virtual reality technology based on VEGA [D]. Wuhan: Huazhong Normal University, 2006. (in Chinese)
- 11 苑严伟,张小超,毛文华,等. 超低空无人飞行器虚拟现实技术实现与仿真[J]. 农业机械学报,2009,40(6):147~152.
Yuan Yanwei, Zhang Xiaochao, Mao Wenhua, et al. Virtual reality technology of ultra-low altitude UAV [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(6): 147~152. (in Chinese)

~~~~~

(上接第59页)

- 7 Wilson J N. Guidance of agricultural vehicles—a historical perspective [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2000, 25(1~2): 3~9.
- 8 Van Der Weide R Y, Bleeker P O, Achten V T J M, et al. Innovation in mechanical weed control in crop rows [J]. Weed Research, 2008, 48(3): 215~224.
- 9 Kristoffersen P, Rask A M, Larsen S U. Non-chemical weed control on traffic islands: a comparison of the efficacy of five weed control techniques [J]. Weed Research, 2008, 48(2): 124~130.
- 10 Griepentrog H W, Nørremark M, Nielsen J. Autonomous intra-row rotor weeding based on GPS [C] // Proceedings of the 16th CIGR World Congress, Bonn, Germany, 2006.