

基于 Creator/Vega 的公路虚拟仿真技术

王 晓^{1,2}

1. 长安大学公路学院, 西安 710064
2. 陕西省公路勘察设计院, 西安 710068

摘要 针对当前公路虚拟仿真系统在逼真度和实时性存在的不足, 以及缺少生成数字地面模型数据的情况, 采用施工图为数据源, 借助 AutoCAD 软件进行建模, 通过 polytrans 转化模块进行数据格式转化, 得到标准的数据格式; 然后将实体模型导入 Creator/Vega, 进行粘贴纹理和仿真系统场景合成, 在这一过程中, 可以人为定制和更改公路景观设计方案, 并可以借助二次开发平台开发数据分析模块进行扩展应用。搭建了基于 AutoCAD 和 Creator/Vega 的虚拟仿真系统总体框架, 分析了地形转换算法的适用范围, 提取传统的平面图、纵断面图和横断面图所含的信息应用于公路主体三维建模, 最终实现实时仿真, 仿真效果逼真, 并能实时的进行调整。

关键词 公路; 虚拟现实; 三维建模; Creator/Vega

中图分类号 U412.3

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.14.010

Research About Virtual Reality Technology for Highway Based on Creator/Vega

WANG Xiao^{1,2}

1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China
2. Shaanxi Province Highway Survey and Design Institute, Xi'an 710068, China

Abstract In view of the shortcomings of the current simulation systems in fidelity and real-time capability, and the lack of data for generating a digital terrain model, the construction drawing is used for a data source, with Auto CAD to be used for modeling. By a data conversion module of polytrans, the data in the standard format are obtained. Then, the solid model is imported into Creator/Vega to do the texture paste and scene synthesis for the simulation system. In the process, the landscape design scheme can be customized and changed, and a secondary development platform can be used to extend the applications of the data analysis module. The overall framework of the virtual simulation system based on AutoCAD and Creator/Vega is thus constructed. The application scopes of four terrain conversion algorithms are analyzed. The traditional information of design files, such as floor plan, longitudinal section and cross section, is extracted and used in the three-dimensional modeling of the main road. At last, the real-time simulation is achieved. Simulation results are realistic, and can be adjusted in real time.

Keywords highway; virtual reality; 3D modeling; Creator/Vega

0 引言

在以往的公路工程设计中, 设计者主要是从安全、经济、实用等角度加以考虑。然而, 随着公路景观设计等理念的提出以及较以往更加注重公路与周围环境的和谐, 迫切需要对公路及其周围环境进行虚拟仿真。但目前公路设计软件的主要功能为结构设计、计算、造价分析和施工图设计等方面, 对与周围景观是否协调, 是否达到整体和谐优美则显得无能为力。虚拟仿真技术(VR)为设计方案评估提供了新的方法,

人们可以自由地与虚拟环境中的场景对象交互, 产生一种身临其境的感觉, 从而为公路设计者与决策者提供可视化的决策工具。

虚拟仿真技术是计算机仿真技术的重要分支, 是计算机技术、图形图像处理与生成技术、多媒体技术、信息合成技术、显示技术等诸多高新技术的综合运用^[1]。在公路工程建设领域, 三维虚拟仿真把设计中的公路几何信息、属性信息与周围地形数据统一起来, 模拟公路建设完工后的实际三维效

收稿日期: 2010-08-24; 修回日期: 2011-03-28

作者简介: 王晓, 博士研究生, 研究方向为公路工程设计, 电子信箱: wangxiao_1978@126.com

果,以检验设计成果的质量与辅助施工管理。

在国内,虚拟仿真技术在航空、军事、自动控制等领域运用较早,公路虚拟仿真技术刚刚起步,主要应用于单纯的交通仿真方面,国内道路交通仿真技术大部分还停留在视景仿真阶段,研究的内容目前主要集中在2个方面^[2]:一是道路、环境的三维动画或视景仿真方面;二是对车辆动力学特性的仿真,即驾驶模拟器的研究方面。

本文主要通过将传统的公路设计软件与Creator/Vega软件相结合,利用已有的平、纵、横的数据,对公路主体进行三维建模,并进行实时仿真,以模拟公路景观设计方案的效果,并进行动态调整,优化设计。

1 建模方法选取

从系统结构和开发途径来看,目前的三维建模软件可归纳为独立自主型和二次开发型。独立自主型以美国MultiGen-Paradigm公司的Creator/Vega系列软件为代表,它依靠逼真的纹理贴图、严格的层次结构、有效的图形数据管理来完成大场景地理环境的生成,但其不足之处在于不能满

足场景中复杂建筑物的建模要求^[3]。二次开发型以AutoCAD为平台来完成路、桥、隧、涵等的建模及开发^[4],建模具有很强的针对性,但不具备良好的纹理贴图、光照及实时漫游等功能。对于高速公路这种大尺度的线形工程而言,其分析对象既包括大范围的地理环境,也包括局部的细节特征,因此单纯使用AutoCAD或者Creator/Vega软件均不能反映高速公路的仿真特征。本文选用的方法是通过AutoCAD软件建模,然后转入Creator/Vega进行优化处理,并利用其交互平台进行模拟分析。

2 虚拟仿真系统架构

2.1 系统总体架构

图1为本文设计的虚拟仿真系统总体架构,划分了系统各要素的构成及联系。由图1可知,该系统通过AutoCAD软件建立模型框架,通过数据格式的转化后转入Creator/Vega平台进行动态设计,最后在可视化分析子系统中对模型进行输出和分析,利用所获取的结果为方案设计和决策提供指导依据。

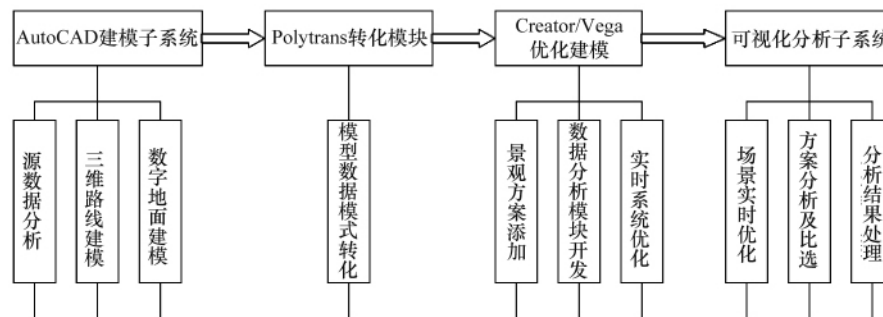


图1 虚拟仿真系统总体架构

Fig. 1 Overall system architecture diagram of virtual simulation

2.2 地形地貌建模

采用Creator/Vega软件建立公路仿真系统的一般工作包括:地形地貌建模、公路三维建模和仿真系统场景合成^[5]。

描述地形的原始数据包括数字高程数据、文化特征数据和地表的数字正射影像数据^[6]。高程数据可以是USGS的DEM数据,也可以是NIMA的DTED格式或第三方资源,但是,必须对这些高程数据进行预处理,转换成Creator的专用数据DED标准格式^[7]。Creator提供了多个转换工具,如readusgs等。文化特征数据是指地面上建筑、公路、湖泊等地物的数据,包括点、线、面特征,也需转化为Creator支持的数字高程模型数据(DED)或者DFDA标准格式^[8]。Creator提供了基于C语言DED/API函数。数字正射影像数据在建模时用于地表纹理覆盖。

打开Terrain/New Project菜单,输入转化好的DED文件,设置地形生成的各项参数。将数字高程原始数据转换为DED

后,Creator采用标杆重新构建地形,通常标杆间隔是原始数据格网的间隔。为了控制场景复杂度和加快图形绘制速度,Creator提供了不同层次的细节模型(Level of Detail,LOD)。LOD的原理是利用人的视觉特性,对场景中的不同物体或物体的不同部分,采用不同的细节描述方法。在绘制时,如果物体离视点比较远,或者物体比较小,就可以利用较粗的LOD模型绘制;反之,如果物体离视点比较近,或者物体比较大,就必须用较细的LOD模型来绘制^[9]。

创建地形的核心在于地形转换算法的选择^[10]。地形绘制时,Creator提供了Polymesh,Delaunay,CAT和TCT 4种算法。选择算法要根据用户数据库运行的硬件类型来决定,要考虑的因素包括处理速度、所支持的边界匹配类型、三角条带的能力、多边形数量的限制以及是否兼容二叉分类BSP。如果希望生成使用BSP的图形引擎,那么采用Polymesh算法生成统一的直线网格三角形地形数据库是一种理想的算法。

Delaunay 算法特别适合于使用 Z-buffer 的硬件,因为它允许用户控制多边形的数量,通过在崎岖的地形区域生成较多多边形和在平缓区域生成较少多边形的方法,实现最大的地形精度,特别适合于少数量的多边形的地形效果。要生成连续自适应的地形,最好选择 CAT 算法,它允许地形从一个 LOD 平滑地变形过渡到另外一个 LOD,但只能在 SGI IRIX 操作系统以上的图形系统运行,因为该算法很占用 CPU 资源。如果要处理地形特征数据(公路、河流等),采用 TCT 算法较好。图 2 为采用 TCT 算法生成的数字地面模型效果图,图中蓝色部分为河流。

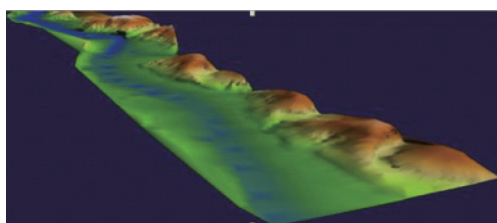


图 2 数字地面模型效果图
Fig. 2 Rendering of digital terrain model

2.3 公路三维建模

现有的很多建模软件均采用数字高程模型数据(DED)为源数据来构建公路及场景地形,对建模和交互的平台要求较高,而当前的实际情况是大多数公路建设部门无法提供公路沿线航拍图,所以在对公路建模时只能选择设计施工图为源数据,并根据计算机图形学和可视化技术建立公路三维模型^[11]。事实上,公路建设中所采用的平面图、纵断面图和横断面图所含的信息已完全满足三维建模的要求。基于上述图纸,从平面图上读出中线上点的 x 、 y 坐标和该点的法线方向,再从横断面图上的读出设计高程,然后将横断面经过坐标变化及旋转,将平面表达的横断面图实际放样到三维模型形成公路骨架,并按线形内插建立了两个相邻断面间的部分,最终完成公路三维模型的建立。

将本次建模中应用到的几种 AutoCAD 对象模型进行划分,总结如下:

(1) 点。在 AutoCAD 中点的数据结构为 1 个含有 3 个元素的双精度型一维数组,下标为 0—2,分别表示其 x 、 y 、 z 坐标。

(2) 直线。AutoCAD 对象名 AcadLine,常用的属性有 StartPoint 和 Endpoint,数据格式同点的数据格式,Color,整型数,与 AutoCAD 中的颜色号对应,也可以使用 AutoCAD 预定义的枚举类型。

(3) 二维多义线。AutoCAD 对象名 AcadPolyline,本文中用到的属性为 Parameter,双精度型数据,指示曲线上点到上一个节点的长度与本段曲线长度的比值加上上一个节点的序号,如曲线上第二段的中点的 Parameter 为 1.5,用与确定曲线上点的位置。

(4) 三维多义线。AutoCAD 对象名 Acad3DPolyline,常用的属性 Coordinates,记录多义线各节点三维坐标的双精度型的一维数组,下标从 0 开始,数组元素个数维节点数乘以 3,每 3 个为 1 组,记录一个点的三维坐标。

(5) 三维面。AutoCAD 对象名 Acad3Dface,一般情况下有 4 个顶点,若有 2 个顶点重合则生成三角形面。顶点的顺序为从左下角点开始依逆时针方向移动。三维面是有正反面的,如果顺序弄错,将不能正常显示贴图。另外,第 3、4 角点不能弄反,否则三维面将是一个扭曲的面,从平面上看起来是 2 个对顶的三角形而不是四边形。

(6) 实体。AutoCAD 对象名 AcadEntity,可以是任意 AutoCAD 支持的图元对象,主要用于从选择集中读出各图元,常用的属性为 ObjectName(对象名称)。

(7) 选择集。AutoCAD 对象名 AcadSelectionSet,是一个集合对象,用于存放选中图元对象,常用属性为 Name,常用方法为 SelectOnScreen(从屏幕选择),Clear(清空选择集)。

(8) 组。AutoCAD 对象名 AcadGroup,类似于选择集,AutoCAD 可将相关的图元组成一个组,作为一个独立的整体,内部含有各图元。

图 3 为根据平、纵、横数据生成的公路主体三维模型。

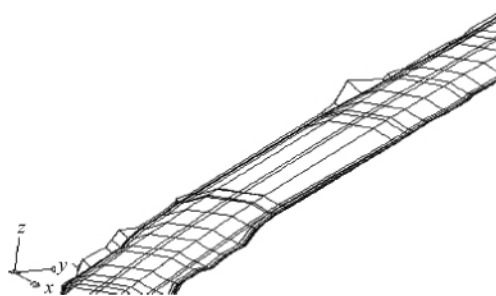


图 3 公路主体三维模型
Fig. 3 Three-dimensional model of road

2.4 仿真系统场景合成

公路虚拟仿真系统的场景合成是运用 Vega 完成的。作为高性能的虚拟现实开发平台,Vega 提供了 2 种系统设计模式。一是使用 Vega 的 lynx 图形界面配置系统,lynx 是一种基于 X/Motif 技术的点击式图形环境。使用 lynx 可以快速、容易、显著地改变应用性能、视频通道、多 CPU 分配、视点、观察者、特殊效果、一天中不同的时间、系统配置、模型、数据库及其他,不用编写源代码,但这种方法只适用于简单的、对交互性要求不高的系统^[12]。在 lynx 图形面板中创建公路工程仿真系统的步骤如下:

(1) 在下拉式菜单中新建一个 ADF 文件,将其命名为 vrroad.adf。

(2) 激活对象(Objects)面板,在 File 栏中读取 OpenFlight 文件,即在 Creator 中创建的地形模型。在 Objects 栏中将其命

名为 Terrain, 然后读入道路的三维模型文件, 将其定义为 Road。

(3) 切换到场景(Scenes)面板, 将在 Objects 下读入的文件, 即 Terrain 和 Road 加入到场景中, 场景的名称也命名为 Terrain。

(4) 设置窗口(Windows)面板参数, 定义窗口显示的大小, 可以在窗口面板中直接键入窗口的 4 个角点的值, 也可以单击 Place Window(放置窗口)设置。

(5) 定义通道, 在一般的桌面方式下, 只需定义单个通道, 通道的放置一般充满整个窗口。

(6) 定义其他相关的参数。所有参数设置完毕, 保存文件。

(7) 运行 vrroad.Adf, 在桌面方式下与公路虚拟环境进行交互。

二是运用 Vega 提供的 API 函数, 采用 C 语言进行二次开发。本文采用第二种系统设计模式进行设计, 开发框架如图 4 所示。

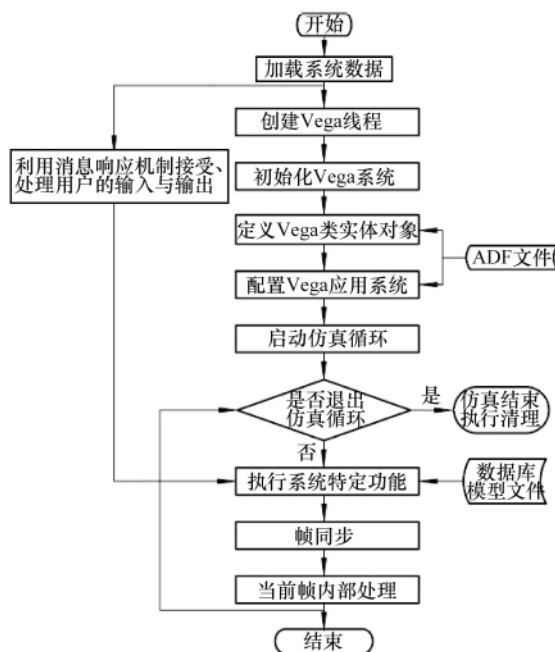


图 4 Vega 仿真程序开发框架

Fig. 4 Development framework of Vega simulation program

2.5 仿真效果

某高速公路在规划时, 拟穿越景观特色带之一的红叶谷风景区, 为了真实模拟公路建成后的效果, 以及对建设方案的比选, 借助 Creator/Vega 对公路及其周围环境进行了虚拟仿真, 仿真效果如图 5 所示。

3 结论

随着计算机软硬件技术的发展, VR 技术在国民经济的各方面将起着越来越重要的作用, 有着广泛的应用前景。本文



图 5 红叶谷路段虚拟仿真效果

Fig. 5 Virtual simulation results of Hongye valley

提出的基于 Creator/Vega 软件的公路虚拟仿真技术结合传统的公路设计软件, 利用已有的平、纵、横数据, 将传统的二维设计转化为三维仿真, 仿真效果逼真, 便于动态调整设计方案。

参考文献 (References)

- [1] 刘向阳, 刘建蓓, 郭腾峰. 公路虚拟仿真在 M3 项目上的应用[J]. 公路, 2008(9): 66-69.
Liu Xiangyang, Liu Jianbei, Guo Tengfeng. Highway, 2008(9): 66-69.
- [2] 周光伟, 杨晓光. 城市道路交通微观仿真模型结构 [J]. 中国公路学报, 2001, 14(S): 73-76.
Zhou Guangwei, Yang Xiaoguang. China Journal of Highway, 2001, 14 (S): 73-76.
- [3] Wang W C, Jiang X H, Han K Q. Optimizing real-time performance of 3D virtual mining environment with multigen creator[J]. Computer Aided Drafting, Design and Manufacturing, 2004, 14(1): 61-67.
- [4] Clayton M J, Warden R B, Parker M K, et al. Virtual construction of architecture using 3D CAD and simulation [J]. Automation in Construction, 2002, 11(2): 227-235.
- [5] 陈雨人, 张强. 基于 MUL TIGEN CREATOR 的高速公路三维建模方法[C]//中国公路学会计算机应用分会 2002 年年会学术论文, 北京: 人民交通出版社, 2002.
Cheng Yuren, Zhang Qiang. Three-dimensional modeling of highway based on multi-gen creator [C]//Annual meeting in 2002 of computer applications academic society in China Highway Society. Beijing: China Communications Press, 2002.
- [6] Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D. Geographical information systems: Principles and applications [M]. London: Longman Scientific and Technical Press, 1991.
- [7] 焦养泉, 朱培民, 雷新荣, 等. 地学空间信息可视化技术应用研究[J]. 地质科技情报, 2005, 24(1): 1-6.
Jiao Yangquan, Zhu Peimin, Lei Xinrong, et al. Geological Sciences and technology Information, 2005, 24(1): 1-6.
- [8] Marschallinger R. A method for three-dimensional reconstruction of macroscopic features in geological materials [J]. Computers & Geosciences, 1998, 24(9): 875-883.
- [9] 赵利民, 赵永军, 许亚权, 等. 基于组件技术开发三维地质建模软件的探讨[J]. 地质与勘探, 2008, 44(2): 92-96.
Zhao Limin, Zhao Yongjun, Xu Yaquan, et al. Geology and Prospecting, 2008, 44(2): 92-96.
- [10] Turner A K. Challenges and trends for geological modeling and visualization [J]. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 2006, 65(2): 109-127.
- [11] Kaufmann O, Martin T. 3D geological modeling from boreholes, cross-sections and geological maps, application over former natural gas storages in coal mines [J]. Computers & Geosciences, 2008, 34(3): 278-290.
- [12] 张玮, 崔立, 杜志鹏. 舰艇抗冲击试验仿真技术 [J]. 科技导报, 2009, 27(14): 38-41.
Zhang Wei, Cui Li, Du Zhipeng. Science & Technology Review, 2009, 27(14): 38-41.

(责任编辑 岳臣)