

# Open Inventor 在空天目标仿真中的应用研究

宋 杨<sup>1,2</sup>, 张龙慧<sup>1</sup>, 梁 栋<sup>1</sup>

(1. 安徽大学 计算智能与信号处理教育部重点实验室, 安徽 合肥 230039;

2. 安徽建筑工业学院 电子与信息工程学院, 安徽 合肥 230601)

**摘要:**研究了基于 Open Inventor 的空天目标的三维可视化仿真方法, 采用模块化建模思想, 有效地降低了建模的复杂性, 同时充分运用节点共享实例方式将一个形体子节点由多个父节点共享使用, 有效地节约了程序所需的时间和内存资源。详细说明了可视化仿真中的 Open Inventor 运用技术, 在 Visual Studio .NET 平台实现了对空间目标的三维建模和可视化仿真。

**关键词:**可视化仿真; 三维; Open Inventor; 建模; 空间目标

**中图分类号:** TP391

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2009)05-0184-004

## Research on Application of Visual Simulation of Space - Objects Based on Open Inventor

SONG Yang<sup>1,2</sup>, ZHANG Long-hui<sup>1</sup>, LIANG Dong<sup>1</sup>

(1. Ministry of Education Key Lab. of IC & SP, Anhui University, Hefei 230039, China;

2. School of Electronics & Information Engineering, Anhui University of Architecture, Hefei 230601, China)

**Abstract:** An Open Inventor - based three - dimensional dynamic visual simulation method was studied for space - objects, in which graphical modeling was used. So the complexity of modeling was effectively reduced. Meanwhile, one node was shared by father - nodes based on shared instancing, which effectively conserved the time and memory resources that were required for the procedure. The use of visual simulation technology about Open Inventor was described in detail. The drawing of three - dimensional objects and the dynamic simulation of the space - objects and Open Inventor - based visualization were realized on the Visual Studio .NET 2003.

**Key words:** visual simulation; three - dimension; Open Inventor; modeling; space - objects

## 0 引言

可视化仿真(Visual Simulation)是当今计算机应用的一个重要领域,它结合了计算机图形学和虚拟现实技术,通过三维图形、图像仿真的过程和结果来实时互动地模拟、展示真实世界,为不同领域的相互沟通和交流提供了一个科技平台。在高科技、高投入、高风险的航天领域,可视化的运用日益广泛,科学而可靠的仿真、可视化系统为展示和分析航天数据提供了新的视野,有助于发现隐藏在其中的信息,为决策支持、宏观管理提供更加有力的依据,能够使得航天工程更加经济、安全和实效<sup>[1]</sup>。

制约三维可视化发展水平的主要因素在于计算机的硬件和软件两个方面。由于三维可视化需要进行大量的消隐和着色运算,需要专用三维图形加速卡的支持,而随着计算机技术的高速发展,如今的 PC 机的运算处理能力和三维图形显示能力都得到巨大提高。对于软件系统而言,OpenGL 和 C++ 程序设计语言是推动图形学发展的重要动力,而 OpenGL 不是可视化编程方式,在可视化仿真中的建模时需要花费大量的精力<sup>[2]</sup>。文中使用基于 OpenGL、C++ 的 Open Inventor 三维图形软件开发工具对空天目标进行三维可视化建模,极大地提高了建模的效率,并最终实现了空天系统的三维可视化。

收稿日期:2008-08-24

基金项目:安徽省自然科学基金项目(070412065);安徽大学 211 工程学术创新团队资助项目

作者简介:宋 杨(1980-),男,安徽淮南人,硕士研究生,研究方向为三维可视化仿真、图像信息处理;梁 栋,教授,博士,博士生导师,研究方向为计算机视觉、图像处理、模式识别。

## 1 Open Inventor

功能强大的三维图形标准 OpenGL 的编程是一个有限状态机的思想。OpenGL 提供了优秀的渲染机制,在产生图像的过程中具有很高的可塑性,但是

OpenGL 提供的功能过于基本和底层,由于不是可视化编程方式,在构造复杂的模型对象时,程序员需要通过精确地计算、建模,然后利用 OpenGL 一步一步详细指定所有操作指令及顺序,并且在编译运行后才能获得未必是期望的模型效果。显然,直接利用 OpenGL 进行场景编程,程序员需要花费大量的精力在建模上,这部分的代码量远比实现其它如窗口、光照、控制、漫游等功能的代码量大,且需要花费更多的时间才能达到良好的建模效果<sup>[3]</sup>。

为了克服 OpenGL 在应用上的不便,SGI 公司(Silicon Graphics Inc.)在 OpenGL 库的基础上开发出面向对象的三维图形软件开发工具包——Open Inventor。它是一种相对独立的窗口系统,便于程序员快速、简洁地开发各种类型的交互式三维图形程序,它的编制基于场景结构、对象描述概念和手段。该软件包最初是基于 Unix 操作系统的,后来由 TGS(Template Graphics Software)公司将其移植到 Windows 操作系统下。由于 Open Inventor 是基于 OpenGL 的 API 函数库,主控程序由 C++ 或者 Java 承担,因此在符合大规模项目开发惯例的同时,有着非常好的兼容性<sup>[4]</sup>。事实上,经过多年的发展,Open Inventor 已经成为在 Windows、Unix、Linux 交叉平台上用 C++ 和 Java 语言开发面向对象的三维图形的标准,并且广泛地应用于机械工程设计及仿真、医学和科学图像、地理科学、石油钻探、虚拟现实、科学数据可视化等领域<sup>[5]</sup>。

## 2 空天目标形体建模

建模是三维可视化仿真的核心之一。空天目标中最为重要的是人造卫星和地球形体。以下运用 Open Inventor 对卫星和地球进行了较好的建模实现,并显示了 Open Inventor 在三维可视化技术应用中所具有的巨大优势。

### 2.1 卫星形体建模

文中仿真中,卫星三维模型的构建采用了 Open Inventor 系统提供的形体(SoShape)节点结合线面组合来实现。卫星形体主要分为主体载荷和太阳能电池帆板两部分,主体载荷由 Open Inventor 的基本形体:圆锥体(SoCone)、立方体(SoCube)、圆柱体(SoCylinder)、球体(SoSphere),按照构造实体几何法 CSG(Constructive Solide Geometry)使得多种形体相交构造<sup>[3,6]</sup>。两个太阳能电池帆板运用基本形体节点结合线面构建,

并且充分运用共享节点实例方式将一个形体子节点由多个父节点共享使用。术语共享实例(Shared Instancing)就是那种一个单一节点有多个父节点的情况。共享节点实例方式使人们可以将任意一个节点增加到多个组节点中<sup>[7]</sup>。仿真中的卫星模型可以使用同一个太阳能电池帆板组节点(BoardSep)来代表左右两个太阳能电池帆板,只需要修改这两个帆板的位置即可。

如图 1 所示,卫星的左右太阳能电池帆板模型共享使用了太阳能电池帆板组节点。对于太阳能电池帆板组内的任何修改都将影响到它的所有实例。例如,将太阳能电池节点的形体(立方体)高度放大两倍的话,那么左右太阳能电池帆板的高度都将被放大两倍。共享实例对于数据库和程序而言是非常经济实惠的,因为对象数据是重用的而非是复制了一份,重用节点(和组)可以很好地节约程序所需的时间和内存资源。文中仿真中三维卫星模型示意如图 2 所示,卫星模型可自由转换视角、多尺度缩放观察。

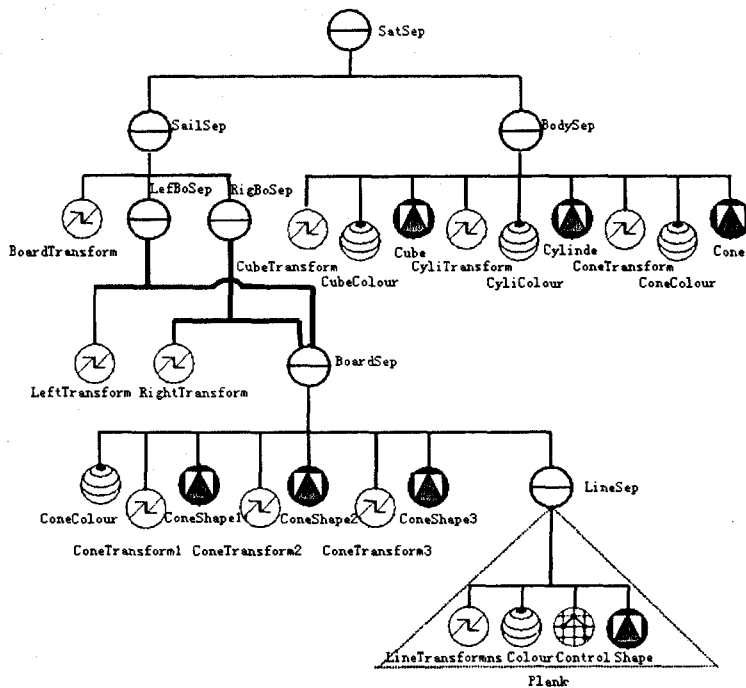


图 1 卫星建模共享实例场景示意图

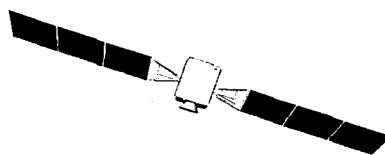


图 2 OIV 三维卫星模型示意图

卫星的仿真需要实现构建三维卫星模型、动态显示卫星,因此在构建卫星模型时需要考虑卫星动态显示时是否需要对卫星姿态、太阳能电池帆板等进行控制和操作,文中仿真中的左右太阳能电池帆板组节

点中都包含有一个额外的 SoTransform 节点,这个节点将整个太阳能电池帆板定位到卫星的正确位置上。仿真中可以十分方便地通过每个 SoTransform 节点来控制卫星自身的姿态以及太阳能电池帆板的展开、收起,甚至星上载荷的方向调整,如图 3 所示。



图 3 太阳能电池帆板的展开控制示意图

相比外部导入模型数据的方式而言,这里构建的模型可以很好地与仿真系统本身结合,这正是运用 Open Inventor 进行卫星建模具有的巨大优势。如卫星节点的动态显示利用时间传感器 (SoTimerSensor) 调用回调函数,在回调函数中,利用轨道参数计算算法提供的当前时刻卫星的空间位置,通过移位 (SoTransform) 节点将卫星模型移动到卫星当前空间位置,即实现了仿真中卫星的动态显示。

仿真中对另一些卫星模型只是简单调用而不需要如前所述对其进行内部的帆板姿态等控制,因此构建了这样复杂的一个图形场景后,就可以使用 Inventor 文件格式来定义场景,然后从文件或内存字符串中读取场景。将此卫星场景图以 ASCII 文本格式或二进制形式输出到给定文件名的文件中的代码示例如下:

```
SoWriteAction SAction;
SAction.getOutput() -> OpenFile("Satellite.iv");
SAction.getOutput() -> setBinary(FALSE);
SAction.apply(root);
SAction.getOutput() -> closeFile();
```

或者也可以利用 Open Inventor 系统自带的 SceneViewer 工具将复杂的图形场景转存为 iv 文件<sup>[8]</sup>。而拥有这个 iv 文件后,在需要时又可方便地使用程序将该三维模型载入场景节点中,代码示例如下:

```
SoInput input;
if (! input.OpenFile("Satellite.iv")) return;
SoSeparator * SatelliteShape = SoDB::readAll(&input);
input.closeFile();
SatelliteSep -> addChild(SatelliteShape);
```

当模型无需更多的控制时,这种方法简单,且比使用编程方式更能减少发生错误的可能。

## 2.2 地球形体的三维建模

地球是空天仿真中不可缺少的一个重要目标,地球的建模需要根据空天仿真对精度的要求而选择具体的建模方式。运用 OpenGL 等建立地球三维模型时,往往需要进行三维实体造型、曲面造型、三维到二维的投影变化、可见面识别(消隐)、光照等复杂的处理过程<sup>[9]</sup>。而运用 Open Inventor 系统,系统能够自动处

理这些问题,使地球的建模得到简化。

在三维场景中,球体模型可采用面片集逼近,面片面积越小,数目越多,模拟的精度也就越高。考虑到系统仿真的精度要求,文中仿真中采用了基于经纬度剖分的方法,即将经纬度、地球半径、高程数据转化为三维直角坐标并进行空间三角形网格面的构造,构造一个球体网格然后选择合适的地球表面纹理映射到网格上<sup>[10]</sup>。

文中仿真中以 Open Inventor 提供的基本形体——圆球 (SoSphere) 模拟地球,球心为坐标原点,参数 (球体的半径) 取地球的平均半径  $R = 6371.3\text{km}$ ,球面在纬度方向上分别取  $M$  个点,经度方向上分别取  $N$  个点,则对应经纬线的交点共有  $2 \times M \times N$  个,这些交点将球面分割成了  $2 \times M \times N$  个三角面片,由球坐标系计算出全部  $2 \times M \times N$  个顶点的空间坐标。由于每个三角面片均为三个顶点,而每个顶点坐标需要利用三次,所以共有  $6 \times M \times N$  个顶点坐标,三角面片的顶点按照逆时针顺序取用,将其赋给 VertexProperty 节点的 vertex(Vertex coordinates) 域。选取了分辨率较高的矩形地球表面纹理贴图,将作为贴图的图片横向分割成  $M$  份,纵向分割成  $N$  份,计算出纹理映射坐标,按照和三角面片顶点坐标相同的组合三个一组,逆时针顺序赋给 VertexProperty 节点的 texCoord(2D texture coordinates) 域。

最后将 VertexProperty 节点赋给面片集 (FaceSet) 的 vertexProperty 域,合理选取 numVertices 域的设置值,利用 Open Inventor 面片集即绘制出带纹理贴图的三维地球模型。最后调用对应地形或界线的数据,以 Open Inventor 线集绘制出相应的三维图形。

考虑到文中空天仿真中有专门的地形地貌分析模块,因此在地球建模时不再考虑地球地形地貌的实际高程数值,同时为了仿真中地球的整体视觉效果更好,纹理贴图时根据每处纹理图像的亮度改变该处纹理贴在球面的高度值,采用该方法可以在占用较少的系统资源的情况下获得较好的视觉效果,使得地球模型有良好的地形凹凸起伏感。

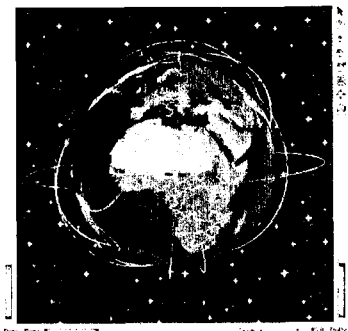


图 4 人造卫星围绕地球运行的空天仿真

### 3 可视化仿真结果与视图

图4显示的是文中三维可视化仿真中实现的模拟多颗卫星围绕地球运行的三维空天全景视场,红色轨道卫星为当前选取的关注卫星。

图5显示的是文中三维可视化仿真中实现的空天观测视场拉近后的卫星视场。

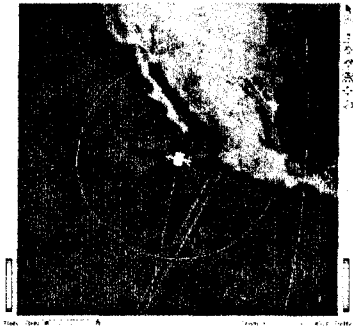


图5 三维可视化视场拉近后的卫星视场

### 4 结束语

文中空天三维可视化仿真中笔者采用了CPU为P43.0GHz的台式个人计算机,软件平台为Visual Studio.NET 2003,通过Open Inventor三维工具开发包实现了空天目标的模型构建,取得了优于OpenGL的建模效率。文中三维模型运用于实际空天三维可视化仿真与数据处理项目中,取得了良好的效果,在卫星轨

(上接第4页)

度并不是越高越好,因为过高的维度(例如1024维)会引入大量冗余词,降低正负样本间的区分度,反而降低聚类算法的性能,如图4,图5所示。

(4)由于财经类相对教育类拥有更多能够精确描述类别的特征词汇,故财经类的聚类效果优于教育类。

由此可见,正样本包含类别特征词汇越多,聚类效果越好。

### 5 结束语

鉴于互联网媒体发布信息信息量大、时效性强的特点,文中将基于密度的聚类思想引入CFK-Means算法,提出了全新的DCFK聚类算法,克服了单纯采用CFK-Means算法依赖初始聚类数和初始聚类中心点的缺陷,同时回避基于密度聚类算法速度慢的缺点。与此同时,文中基于DCFK算法构造大规模中文信息聚类模型,并且通过系列实验验证本聚类模型在互联网媒体信息主动热点发现领域的有效性和实用性。

当然基于DCFK算法的大规模中文信息聚类模型还可融入更进一步的自然语言理解技术,对中文词汇

道、地形数据的驱动下模拟出了观测卫星三维运行的空天场景,画面连续,可切换观测视野,可多视场观察。

#### 参考文献:

- [1] 刘维,韩潮.基于Open Inventor的航天可视化系统[J].计算机仿真,2006,23(11):23-26.
- [2] 孙家广.计算机图形学[M].北京:清华大学出版社,1994.
- [3] 阎锋欣,侯增选,张定华,等.Open Inventor程序设计从入门到精通[M].北京:清华大学出版社,2007.
- [4] Hao Robin. Open Inventor简介[EB/OL]. 2007. <http://blog.csdn.net/robinhao/>.
- [5] 郑国芹.三维水下虚拟仿真系统的设计与研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2006.
- [6] Wernecke J. Open Inventor Architecture Group, Open Inventor Mentor[M]. [s.l.]: Addison - Wesley Professional, 1994.
- [7] 郝伟. The Inventor Mentor - 第三章节点与组[EB/OL]. 2007. <http://blog.csdn.net/robinhao/>.
- [8] Wernecke J. The Inventor Toolmaker - Extending Open Inventor, Release 2[M]. [s.l.]: Addison - Wesley Professional, 1994.
- [9] 李亚臣,蒋红柳,熊海林,等.视景仿真中三维地球的建模[J].计算机工程,2007,33(12):225-227.
- [10] 孙洪军,杜道生,李争航.关于地球形状的三维可视化研究[J].武汉测绘科技大学学报,2000,25(2):158-162.

的词性、词义进行分析,例如给动词和名词赋予高权重,淘汰无用的连词、助词,加入词的相关性分析等。这样可以提高向量空间的信息量,进一步改善聚类准确率。

#### 参考文献:

- [1] Jain A K, Farrokhnia F. Unsupervised texture segmentation using Gabor filters[J]. Pattern Recognition, 1991, 24(13): 1167-1186.
- [2] 曾依灵,许洪波.网络热点信息发现研究[J].通信学报,2007,28(12):141-146.
- [3] Han Jiawei, Kamber M. Data Mining Concepts and Techniques[M]. 范明,孟小峰,等译.北京:机械工业出版社,2006.
- [4] 唐春生,金以慧.一种大规模的递增聚类算法及其在文档聚类中的应用[J].计算机工程与应用,2002,38(11):187-195.
- [5] 唐春生,金以慧.基于聚类特性的大规模文本聚类算法研究[J].计算机科学,2002,29(9):13-15.
- [6] Jain A K, Murty M N, Flynn P J. Data Clustering: A Review[J]. ACM Computing Surveys, 1999, 31(3): 264-323.