

硕 士 研 究 生 读 书 报 告



题目 布局三维仿真系统的研究与开发

作者姓名 张明政

作者学号 21651020

指导教师 李启雷

学科专业 移动互联网与游戏开发技术

所在学院 软件学院

提交日期 2017年 1月

Research and development of 3D layout simulation system

A Dissertation Submitted to

Zhejiang University

in partial fulfillment of the requirements for

the degree of

Master of Engineering

Major Subject: Software Engineering

Advisor: Li Qilei

By

Zhang Mingzheng

Zhejiang University, P.R. China

2017

摘要

布局问题是一个NP问题，采用纯[数学](http://www.lunwentianxia.com/class_free/117_1.shtml)方法难以求解。本文在一般优化方法的基础上，采用计算机图形学技术和C++Builer6.0开发工具，开发了一个布局三维仿真系统，为人机交互的布局设计提供了有效途径。

**关键词**：布局 三维仿真 虚拟现实 OpenGL

Abstract

The layout problem is a NP problem, which is difficult to be solved by pure mathematical methods. In this paper, based on the general optimization method, a 3D simulation system is developed by using computer graphics technology and C++Builer6.0 development tools.

**Keywords：**layout, 3D simulation, virtual reality,OpenGL

1引言

布局就是如何在一个有限的空间内按一定要求摆放多个具有一定几何形状的物体。布局问题在很多方面都存在应用，如生活小区内建筑物的布局、城市里供排水管管道的布局、港口设备建筑的布局、航天器仓的布局、工厂厂房和车间内机器设备的布局等。  
 在工业生产领域，布局问题显得尤为突出。在制造企业中，多台生产单元就构成了一个生产制造系统，如何确定制造单元的相互关系和摆放位置，即车间布局问题是一个首先要解决的问题。一个好的车间布局不仅可以提高物流效率、降低物料搬运成本，而且可以通过改善人机环境而大幅提高生产效率。试验表明，在一个多生产单元的生产制造系统中，过优化的车间布局与物料搬运设计则可降低企业总生产成本的10%～30%。  
 本文基于敏捷制造和虚拟制造的理念，研究用于柔性生产的布局三维仿真系统，通过一定的算法和虚拟仿真，使布局者能参与布局过程并将布局结果逼真地呈现在管理和技术人员面前，为车间布局提供参考。

2 布局三维仿真的研究

系统仿真是近30年在系统科学、控制理论、计算技术等多种技术基础上发展起来的一门综合性很强的新兴技术。计算机系统仿真就是以计算机为工具，以相似原理、仿真技术、系统技术及其应用领域有关的专业技术为基础，利用系统模型对实际或设想的系统进行试验研究的一门综合性技术。  
 由于车间布局问题属于NP问题，且布局过程中的许多要求是一种主观的判断和模糊的要求，如布局美观、安全等，直接采用计算机算法求解布局方案具有很大难度，因此采用虚拟现实的仿真系统来实现布局者的亲身参与布局过程，以达到人机接合的目的。  
1.OpenGL技术  
 对计算机可视化及仿真技术的研究已经历了一个很长的历程，而且形成了许多可视化工具；其中SGI公司推出的OpenGL三维图形库表现突出，易于使用而且功能强大。利用OpenGL开发出来的三维应用软件颇受许多专业技术人员的喜爱，这些三维应用软件已涉及建筑、[医学](http://www.lunwentianxia.com/class_free/121_1.shtml)、产品设计、地球科学等领域。OpenGL被认为是高性能图形和交互式视景处理的标准，目前包括ATT公司UNIX软件实验室、IBM等大公司都采用了OpenGL图形标准。  
 OpenGL提供直观的三维图形开发环境，实际上是一种图形与硬件的接口，包括120个图形函数。开发者可以用这些函数来建立三维模型和进行三维实时交互。OpenGL强有力的图形函数不要求开发者把三维物体模型数据写成固定数据格式，这样开发者可以利用其他不同格式的数据源并获得许多软件的支持。这样就极大地提高了三维图形软件开发的效率。  
2．三维建模技术  
 OpenGL提供了120个图形函数用于绘制各种点、直线和多边形等基本图元。如果直接利用OpenGL的绘图指令建立三维实体模型是非常繁杂的一个过程，在本文研究中采用3DS Max软件来建立机床的模型；通过3DS Max软件强大的画基本几何体，三维方向的分段调整，三维实体的布尔运算，NURBS曲线调整及壳变换等功能，可以方便的建立出较为逼真的三维机床模型；导出为.3ds格式的文件。然后使用Deep Exploration这个软件，可以直接将.3ds格式的文件转换为OpenGL显示列表格式的文件；这种建模转换方式的效率很高。  
3．各种优化技术  
 OpenGL中的优化技术包括双缓冲技术、反走样技术、背面消隐、多重纹理影射等。双缓冲技术是指OpenGL支持显示缓冲和非显示缓冲，缺省的情况是所有的OpenGL绘制命令在非显示缓冲中绘制，绘制完成后再将其内容拷贝到显示缓冲区中；双缓冲使图象转换更平滑，屏幕无闪烁。反走样技术就是OpenGL中利用混合技术，消除由于以离散点生成图形和曲线所带来的锯齿现象，提高了画面质量。

3 虚拟现实技术及相关技术简介

随着[计算机](http://www.lunwentianxia.com/class_free/19_1.shtml)技术的迅速发展，虚拟现实与人们的日常生活13益密切，已成为当今计算机界广泛关注的一个热点。虚拟现实技术是一项涉及计算机图形学 、人机交互、人工智能等学科的综合技术，它的目的是用计算机来生成一个逼真的三维感觉世界，给观众以如同真实世界的体验。利用这一技术，我们可以足不出户游览风景胜地，可以漫游虚拟博物馆欣赏文物，可以游览虚拟校园欣赏校园景致等。

　　Delphi是全新的可视化编程[环境](http://www.lunwentianxia.com/class_free/153_1.shtml)，采用了弹性可重复利用的完整的面向对象程序[语言](http://www.lunwentianxia.com/class_free/135_1.shtml)(Object—Oriented Language)，是当今世界上最快的编辑器和最为领先的数据库技术。Delphi不但为OpenGL渲染函数的调用提供了一个高性能的继承化开发环境IDE(Integrated Development Environment)．而且通过 ADO方式连接 SQL Server 2000数据库作为后台数据库进行数据调用。

　　Microsoft SQL Server是一个关系数据库[管理](http://www.lunwentianxia.com/class_free/6_1.shtml)系统(RDBMS)，可应用于各种专业组织及专业数据库和政府用开发环境巾。SQL Server 2000在本软件中是作为后台数据库存放货物仓库的各种规格参数 以备调用 ，Delphi是 通过 ADO (ActiveX DataObjects)方式与数据库进行连接的，这种连接方式易于使用、高速度、低内存支出和占用磁盘空间较少。

　　OpenGL是 Open Graphics Library的缩写，它是 SG1公司开发的一套高性能的图形处理系统，是图形硬件的软件接口，意为开放的图形库。OpenGL不是编程语言，它是在 Delphi平台上的一组绘图命令的 AP1集合。基于 OpenGL的三维可视化具有建模方便、实时的三维可视化和高度真实感显示的优越性。

4 将模型转入OpenGL程序的两种方法

**1.编写OpenGL程序，将模型转入**   
　　将模型转入OpenGL的程序中总共用到3种主要的数据结构:顶点集(Vertices)、多边形列表(PolyList)、和相关三角形列表(CommonTriangleList)。顶点集是顶点及其法向量的列表，多边形中的顶点将用在下标表示，OpenGL将这个数组视为一个顶点数组。这里存储的法向量是每一个顶点的法向量，而不是多边形的法向量。多边形列表包括一些列的材质，一个材质由这样一组属性组成:漫反射颜色、光照度、和纹理映射等。与每一种材质相对应的是一组三角形，每一个三角形由一组三元整数组表示，它们分别是三角形每个顶点在顶点集中的下标。

相关三角形列表与顶点集具有相同的大小，它是一个指向多边形列表每一个包括该顶点的三角形的链表。相关三角形列表被用来建立每个顶点的法向量。有了模型各种属性的信息，我们就可以在创立显示列表中根据这些指针变量中存入的相应数据来再现模型。在创建新的显示列表(g1NewList)中，使用glBegin(GL\_TRIANGLES)和glEnd ()函数来绘制模型，所有具体属性的绘制均在这两个函数之间实现。对于每一个面的绘制，都是先赋好材质，再定义法线和渲染纹理，这些工作都完成后，就可以通过绘制顶点来绘制面了。程序中判断是否具有纹理部分省略，其实现过程与其它属性类似。然后在需要绘制模型的时候使用函数调用即可。   
　　在OpenGL程序入3DS模型采用了根据3DS文件的数据格式来编写OpenGL程序来读取数据信息，在程序中生成模型的办法，这种方法在操作上实际是比较繁琐的，编程量很大。   
2.**运用软件将模型转化为cpp文件，然后转入OpenGL程序**   
　　有一些现成的软件可以专门用来转换三维模型。3D Exploration便是其中的一种。3D Exploration也是一种专业的图像技术软件，它可以读入许多建模软件所建的模型文件，并也具有渲染[环境](http://www.lunwentianxia.com/class_free/153_1.shtml)和制作动画的功能。   
　　我们使用3D Exploration软件读入模型的3DS文件，通过另存为将其转化成能为OpenGL所用的cpp文件。这样我们就较轻松的拥有了表示模型各种参数的代码，而不需要自己编写，从而大大减轻了编程的工作量。最终转化后的文件是由大量的浮点数组成，这些浮点数包含了模型面、材质、顶点、法线和纹理等的全部信息，并按照这些属性分类。然后我们在OpenGL程序中专门定义一个读取模型参数的类，在此类中实现读取相应的浮点数的函数的所有功能，再在主程序中调用。这段代码运行后，这些变量中就会存入对应表示相应属性的数据。最后再编程遍历所有的顶点，法线，纹理，从而生成模型。   
　　通过这种方法实现3DS格式模型的导入，编程简单，但是缺点也很明显，生成的.cpp文件体积较大，无论是存储或传输都很不方便。   
　　将三维模型转入OpenGL程序以实现人机交互控制在工程、游戏等领域有着广泛的应用，特别是随着虚拟现实技术的发展，更显现出它的重要意义和实用价值。本文结合目前的主流技术对三维模型转入OpenGL程序的方式进行了一定的研究和探索。

5 虚拟场景中的三维模型的制作

1 天空盒模型

我们使用3ds max 7等工具软件来制作虚拟三维场景中的3D模型等元素。首先从天空开始，打开 3ds max 7，创建一个立方体 ，调整其边长到一个比较大的值(比如 2000米)我们把这个立方体称为天空盒。接着制作天空盒的材质贴图，也就是大气环境的图片。打开 Vue5，选择“载人大气”选项 ，然后从弹出的对话框中选择一种你需要的大气环境(当然你也可以使用其编辑功能创建自己想要的大气效果)，然后点击文件菜单下的“导出天空”选项，将大气环境作为位图导出，再使用图片处理工具把整幅位图分解为与立方体六个面相对应的六幅位图；再次进入 3ds max 7，选中刚才的立方体，使用材质编辑器把刚才导出的天空图片赋予立方体，进行一些调整，天空盒的模型就完成了。最后一步就是把天空盒的模型导出为“3dS’’类型的文件，以便在程序中调用。

2 [建筑](http://www.lunwentianxia.com/class_free/149_1.shtml)物等各种实体的模型

根据需要，还应在场景中添加一些建筑物之类的三维模型，当然了，这些模型也是我们使用 3ds max 7制作的，具体的制作方法这里不再赘述。但是要注意，制作的 3D模型要在程序中实时绘制，因此，在制作模型时，不能一味追求精细，应该有意识地控制多边形的数量，以提高程序运行时的渲染速度。同样，把制作好的模型保存为“3ds”类型的文件。

3 树木等植物

一般采用 2D图片的方法来显示植物，这样 ，即使场景中有一大片树林，也不会影响渲染的速度。制作植物图片时 ，首先应选择合适 的植物图片(最好是正面平视的照片)对图片做一些简单的处理 ，使其满足以下几个要求：1)图片尺寸为 2的 N次方(32、64…)；2)图片的底色以及不需要显示的地方为纯黑色。以便在程序中将这些地方处理成透明状态。最后，将图片保存为“bmp”格式，虚拟三维场景 中的植物就做好了。

4 生成地形数据

地形的创建不再采用预先建模的方式，而采用在程序中实时绘制的方法，便于在场景中漫游时检测并计算出所处位置的地面高度。具体步骤如下：首先，建立一个三维浮点型数组来保存地形的顶点坐标值，三个分量分别为地形顶点的x、Y、z坐标；然后，我们再建两个数组，分别用来保存顶点的索引值(整型)和曲面贴图的平面坐标(浮点型)；接着 ，使用一段循环代码来随机生成地面的高度值，同时给三个数组赋值 ；最后，调用 OpenGL中的函数 glEnableClientState()和glVertexPointev()来载入地形顶点坐标数组，凋用 glEnableClientState()和glTexCoordPointer()函数来载人顶点索引数组。这样，地形的初始化工作就完成了，可以把这个过程写成一个函数，名字叫做 lniin()，便于在程序中调用。

6系统开发

本研究开发的系统是一个布局三维仿真系统，开发过程中要考虑到车间布局的各种相关因素，对布局流程进行分析、构思、规划和设计，通过对车间设备的布局来满足优化目标，使得车间物流效率得到优化。  
 C++ Builder程序设计[语言](http://www.lunwentianxia.com/class_free/135_1.shtml)是一种可视化编程语言，它是集开发、编译、发布为一体的集成开发环境，基础语言为面向对象的C++语言，并提供了强大的RAD(Rapid Application Development，快速应用程序开发)功能，使得开发者可以节约大量设计界面和实现程序底层支持功能的时间，将精力主要用于程序核心[逻辑](http://www.lunwentianxia.com/class_free/163_1.shtml)的设计上。  
 本软件充分利用C++ Builder程序面向对象易于开发的优点，实现了车间设备布局的计算机辅助设计，对于提高车间设备布局设计的效率、缩短设计周期和提高布局设计质量均具有[社会](http://www.lunwentianxia.com/class_free/15_1.shtml)价值和[经济](http://www.lunwentianxia.com/class_free/3_1.shtml)价值。  
1．C＋＋Builer 下的OpenGL编程框架  
由于C++ Builder对Windows的消息机制进行了一定程度上的封装，在C++ Builder下进行OpenGL编程与其他C++环境下有较大区别；在C++ Builder中采用OpenGL编程的基本框架如下所述，用于本研究中车间布局仿真程序的开发。   
（1）在头文件中增加变量、函数声明和包含OpenGL头文件的语句；  
（2）在窗体OnCreate()事件过程中初始化OpenGL；  
（3）在窗体OnPaint()事件过程中绘制图形，调用自己编写的绘图函数；  
（4）在窗体OnSize()事件过程中控制图形的显示视口；  
（5）在窗体OnClose()事件中释放OpenGL设备句柄。

2．程序的实现

1 设计思想

虚拟仓库系统以 Delphi 7．0为程序设计平台，以 OpenGL函数库为工具进行图像渲染，通过 ADO方式连接 SQL Server 2000数据库作为后台数据库进行仓库规格参数的动态调用，在一个三维可视化的空问中进行货物仓库的立体模拟，用户可以通过操作键盘和鼠标以第一视角在这个场景中漫游，还可以查看每垛货物箱的各种规格参数。

2 体系结构

本系统在结构上可分为 3个模块 ：Delphi平台模块、数据库调用模块、OpenGL实现模块。其中OpenGL实现模块又可分为5个子模块：货物仓库库体渲染子模块，货物箱的渲染与纹理贴图子模块 ，灯管的渲染与光照、材质的处理子模块，货物箱规格参数的中文输出子模块，鼠标和键盘响应(漫游实现)子模块。虚拟仓库系统的工作流程见图 1。

3  ADO连接

系统是通过 ADO(ActiveX Data Objects)方式与 SQL Server2000数据库进行连接的，主要用到 Delphi的 ADO组件页的ADOConnection 组件和 ADOQuery 组件。 我们通过ADOConnection组件连接数据库，通过 ADOQuery组件进行 SQL编程来调用数据库巾的关于货物仓库的各种参数。

参考文献

[1] [Krzysztof Slusarczyk](http://dblp.uni-trier.de/pers/hd/s/Slusarczyk:Krzysztof)，[Marek Kaminski](http://dblp.uni-trier.de/pers/hd/k/Kaminski:Marek)，[Andrzej Napieralski](http://dblp.uni-trier.de/pers/hd/n/Napieralski:Andrzej). Layout Based 3D Thermal Simulations of Integrated Circuits Components[J].  [International Conference on Computational Science 2004](http://dblp.uni-trier.de/db/conf/iccS/iccS2004-4.html#SlusarczykKN04): 1029-1036

[2]徐运武,李艳. 浅谈OpenGL在机器人三维仿真的应用[J]. 机械研究与应用,2006,(06):103-104.

[3]孙振海,陈利,张庆明. Delphi中OpenGL三维仿真开发环境设计及应用[J]. 计算机仿真,2006,(03):172-176.

[4]王碧波,毋国庆. 基于OpenGL的三维仿真系统研究与应用[J]. 计算机工程与科学,2005,(12):69-71.

[5]孙振海,陈利,张庆明. Delphi中OpenGL三维仿真开发环境设计与应用[J]. 新余高专学报,2005,(02):65-68.

[6]杨东梅,朱胜缘,路伟成. OpenGL与3D Studio MAX结合实现三维仿真[J]. 应用科技,2004,(02):33-35.