

# 虚拟温室的漫游及可控组件动画的实现

周春林 滕光辉

(中国农业大学 水利与土木工程学院,北京 100083)

**摘要** 借助于虚拟温室可控组件的动画及其围护结构的漫游,可再现真实温室微气候环境的特点和规律。首次在 VC++ 6.0 MFC 下,运用 3DS max,OpenGL 和全景技术绘制了温室的围护结构,实现了温室中可控组件的动画显示,同时设置了温室围护结构的漫游。实际应用结果表明,模拟得到的虚拟温室微气候环境与实际温室比较吻合,模拟效果好。

**关键词** 虚拟现实;虚拟温室;OpenGL;可控组件动画;漫游

**中图分类号** TP 317.4; S 625.51

**文章编号** 1007-4333(2003)04-0051-04

**文献标识码** A

## The rove and controlled component animation realization of virtual greenhouse

Zhou Chunlin, Teng Guanghui

(Water Conservancy and Civil Engineering College, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract** It is recurred to the specialty and rule of true greenhouse by controlled component animation move and rove of virtual greenhouse. The rove, controlled component animation and the construction of enclosurings of virtual greenhouse are realized by using 3DS max, OpenGL and Panorama Technology in VC++ 6.0 MFC. The simulation result showed that it is coincide with the truly greenhouse in microclimate environment.

**Key words** virtual reality; virtual greenhouse; OpenGL; controlled component animation; rove

目前虚拟环境技术已应用于生物环境的控制等研究领域。文献[1]中应用计算机软件编程技术开发了“虚拟”鸡舍环境控制的系统软件——PHECS,在分析不同环境系统的性能优劣,并最终给出优化控制方案方面做出了积极且有益的探索。

利用虚拟温室的漫游及可控组件的动画可为温室技术的研究提供一个平台,从而提高温室微气候环境的可视化研究,以及温室智能控制的水平;运用此研究平台,可缩短研究周期,加快研究进度,同时节省人力和资金,提高工作效率。因此对虚拟温室漫游和可控组件动画的研究具有重要的现实意义。

### 1 系统开发的软、硬件环境

**软件环境:**操作系统使用 Windows 2000 Serv-

er,开发编辑和编译环境采用 Microsoft VC++ 6.0,图形图像模型的建立采用 3DS max 及 OpenGL,数据库采用 SQL Server 2000。

**硬件设备:**1 台微机,其主要性能配置是 CPU Intel P4 1.6 GHz、内存(RAM) 512 MB、显卡 64 MB、硬盘 60 GB 和 43 cm(17 英寸)纯平显示器等。

### 2 实现虚拟漫游及动画的方法

从目前技术角度来看,虚拟漫游和动画的难点主要集中于建模和实时渲染上。

1) 建模工具。

要进行虚拟漫游,必须先建造好对象的视景模型。在互联网上,一般采用 VRML 建模,事实上,VRML 已经成为 ISO 国际标准网上 VR (Virtual

收稿日期:2003-06-07

基金项目:“十五”国家科技攻关项目“工厂化农业关键技术与示范”(2001BA503B01)

作者简介:周春林,硕士;滕光辉,博士,副教授,主要研究方向为“模拟”技术在温室环境模拟中的应用(数字温室的开发研究),及数字图像技术在工厂化农业领域的应用

Reality)建模和渲染的语言。对于比较大型的虚拟视景仿真系统,可以应用 OpenGL<sup>[2]</sup>建立模型库和开发专门的建模工具,例如 OpenInventor、OpenFlight 等。对于单机的一般模型可采用 OpenGL 直接建模,或者采用 3DS max 5.0<sup>[3]</sup>建模;对于较高级的要求,可采用 Maya 等来建立对象的视景模型,通过编程或借助于工具进行渲染。

360 全景技术也是一种视景建模新技术,目前得到了迅速发展且逐渐流行。该技术将数码相机等拍摄的图像用特定的软件工具联接成真实的场景,而且可以进行热点链接和人机交互处理。其特点是方便、经济和直观。常见的主要软件工具有,观景专家、360 Panorama Virtual Tour Studio、360 Panorama Photo 等。

3DS max 是 Autodesk 公司开发的专门的三维制作软件,具有丰富的材质和贴图,能够方便的进行动画制作和渲染。

在本研究中,创建“虚拟温室”的三维围护结构时,采用 3DS max 5.0 和 OpenGL 建立模型,对于有些场景(天窗任意角度开启)采用全景技术来处理。

## 2) 实时绘制的方法。

实时绘制方法有 2 种:

一种是光照跟踪法,通过光线跟踪整体光照模型,随着视点的不断变化和转移,要求实时计算出此状态下模型各点的光照(材质)、纹理等信息,并进行实时绘制。由于光照跟踪技术是建立在空间点采样基础之上的,采样光线的数目常常受到很大的限制,而且实时计算各点的光照(材质)、纹理等信息,对机器硬件的要求很高,一般须配置 OpenGL 图形图像加速卡,或专用的高级图形显示卡,同时须有快速或优化的光照跟踪处理算法。

另一种方法是辐射度方法,将组成视景的曲面作为一个封闭系统,首先假设封闭系统中的曲面均为漫反射面,然后根据能量平衡原理计算出每一个曲面的能量,从而求出被观察点的光照度,进而确定曲面的光照(材质)、纹理等信息,最终迅速的显示该视景中不同观察角度的真实感视图。这种方法比较适合硬件条件一般,又想实现较为逼真的视景漫游的情形。

本研究中采用辐射度方法,将物体的辐射信息分为颜色 RGB、材质 RGB 和纹理 UVW。

## 3) 渲染工具。

单纯从渲染的角度来说,3DS max 等建模工具

都可以进行渲染和动画制作,演示效果相当好,但是不易对研究对象按照实际要求进行操纵和控制,在这一方面,OpenGL 和 Direct X 可以满足对研究对象的控制要求;虽然 Direct X 是微软针对 3D 游戏而开发的,但是可以利用其提供的 SDK 的工具直接将 \*.3DS 文件导入,然后进行渲染,但它在很多功能上都比不上 OpenGL。

OpenGL 是由 SGI 公司在其 GL (Graphic Library) 基础上开发的开放的三维图形库,已成为国际上通用的开放式三维图形标准。它是与硬件、窗口系统和操作系统相独立的一系列 API 的集合,可以被集成到 Unix、Windows 95、Windows NT 和 X Window 等窗口系统中,同时也可以应用于更多的开发平台之上,如 Delphi、VB、VC++ 等。它提供了直观的编程环境、用户应用程序和操作系统的接口以及图形变换函数、外部设备访问函数和三维图形单元,同时也提供了一些三维物体的绘制方式,如场景、景深、光滑、反走样、透明、消隐、纹理等。

本研究中采用 OpenGL 实现虚拟温室维护结构的特效处理、动画和漫游。

## 3 虚拟温室三维围护结构的漫游和动画的实现

运用 VC++ 6.0 的 MFC<sup>[4,5]</sup>,与 OpenGL 通过 opengl32.lib、glu32.lib 和 glaux.lib (OpenGL 的 2 个动态链接库 opengl32.dll 和 glu32.dll,已集于 WINNET 之中)接口,进行虚拟温室三维围护结构的编程实现。流程图见图 1。

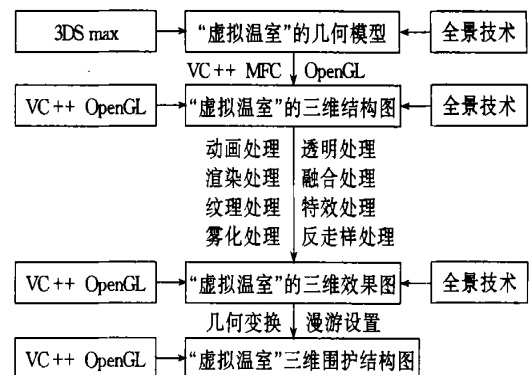


图 1 实现流程图

Fig. 1 Realization of flow chart

### 1) OpenGL 框架的建立。

在 VC++ MFC 下,建立 OpenGL 的框架,主要步骤如下。

⑧ 打开 File/ New ,建立虚拟温室应用软件的项目文件,文档类型选单文档(SDI),视图 View 类选 BaseView 类。

⑨ 打开 Project/ setting 菜单项,在 Link 选项组的 Lib 列表框中添加 opengl32.lib 和 glu32.lib;如需要 OpenGL 的辅助库函数,则须添加 glaux.lib。

⑩ 在 BaseView 类的头文件中添加类成员函数说明:

```
# include <gl.h>
# include <glu.h>
# include <glaux.h>
```

⑪ 因 OpenGL 只对 WS\_CLIPCHILDREN| WS\_CLIPSIBLINGS 类型窗口有效,故在 BaseView 的 \*.cpp 中,将以下代码添加到 PreCreateWindow() 的函数中。代码如下:

```
cs.style = WS_CLIPCHILDREN| WS_CLIPSIBLINGS
```

⑫ 在图形图像中一般建立的是设备描述表(Device Context),而在 OpenGL 中需建立其绘画描述表(Rendering Context)。

⑬ 在设置窗口像素存储格式使用 OpenGL 时,必须先设定窗口的像素格式(Pixel Format),然后才能充分的发挥其功能,即设置 OnCreate() 函数。

⑭ 设置视口的特性,视口的大小和投影方式等,即设置 OnSize() 函数。

⑮ 释放绘画描述表内存,即设置 OnDestroy() 函数。

## 2) 三维围护结构模型的建立。

运用 3DS max 5.0 建立虚拟温室三维围护结构模型,包括真实温室的各个组成部分,例如温室骨架、风机、湿帘、遮阳网、侧窗、水泵、天窗、室外气象站等。将此模型导出(Export)成 \*.ASE(ASCII Scenes Export)的文本格式。在 \*.ASE 的文本格式中,导出的信息比较多,主要有以下几项:物体类型方面有,几何体、线形体、相机和灯光等;物体特性方面有,面、材质、转换、动画面、移动相机或灯光等;面的特性方面有,面的法向量、材质映射和顶点坐标,等等。对下一步工作比较有用的是材质坐标( $r, g, b$ ),纹理坐标( $u, v, w$ ),顶点坐标( $x, y, z$ )。本文中采用 UltraEdit 将这些有用的信息进行处理并生成易读的文本文件。

## 3) 数据结构的建立。

根据已存好的文本文件建立其相应的数据结

构,以便在 OpenGL 下将该模型读进来。由于温室有的组成部分需要做特效处理,如覆盖材料是透明的,风机、天窗、侧窗、遮阳等需要运动,故采用 CArray 来定义和引入其相应的数据结构,便于存储和调用模型数据。具体如下:

```
CArray< struct POINT3D, struct POINT3D >
m_p3d; /* point3d array */
CArray< struct TRIANGLE, struct TRIANGLE >
m_tri; /* triangle array */
CArray< struct OBJECT, struct OBJECT >
m_obj; /* object array */
CArray< struct TEXTURE, struct TEXTURE >
m_tex; /* texture array */
```

## 4) 文本文件的读取。

将文本文件存储的数据用 fscanff(或 fread)读进 OpenGL,因此时无须进行普通的光照计算,故须关闭光照。根据每个物体具有的表面数(列),以及每个表面对应的材质 ID、顶点数、三角形数和四边形数等可知,每一个顶点均由 8 位浮点数构成,依次为材质坐标( $r, g, b$ )、纹理坐标( $u, v, w$ )和顶点坐标( $x, y, z$ ),每个图形(无论三角形还是四边形)均按逆时针依次绘制,精度为小数点后 6 位,将这些信息编制成的标准 3DS 格式,用 OpenGL 将此标准数据格式读入,然后进行绘制和显示(图 2)。

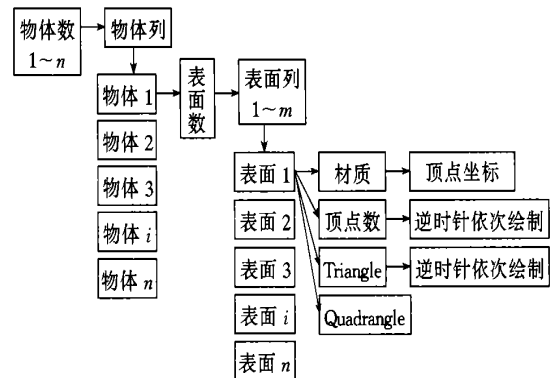


图 2 标准数据读取格式

Fig. 2 Normal data read format

## 5) 三维围护结构的绘制。

数据读入后,将虚拟温室中需进行特效处理的组件分别定义为不同的子函数,通过调用这些函数就可以将组件分别绘制出来,在以后的动画处理中可以直接调用这些函数。

## 6) 动画实现。

将虚拟温室中的可动组件,如风机、天窗、遮阳

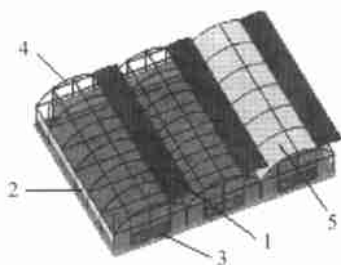
网等,根据各自运动的特点,选用不同的库函数实现。如风机和天窗是旋转运动,可用  $glRotatef(\text{angle}, 0.0, 0.0, 1.0)$ ,而遮阳和侧窗是平移运动,可用  $glTranslatef(\text{length}, 1.0, 0.0, 0.0)$ 。

#### 7) 漫游的实现。

运用  $LookAt()$  函数在 OpenGL 下,通过设置视点和观察方向来实现漫游。 $LookAt()$  函数的参数主要包括仰角、近平面、视点三维坐标和焦点三维坐标。漫游的具体操作是,按下鼠标左键,向上表示前进,向下表示后退;按下右键,向左、向右移动分别表示逆时针或顺时针旋转。

## 4 应用实例

以中国农业大学农业部重点实验室研究开发的华北型连栋温室(重点实验室实验基地内)为对象进行模拟。该连栋温室的主要几何特征为:温室脊向为南北向,3跨,跨度8m;6个开间,开间宽度为3m;天沟高3m,脊高4.9m;美国 Davis 室外气象站系统。图3和图4分别示出该温室围护结构的基本组成及降温过程中水泵湿帘和风机运行的模拟结果。可见,模拟效果好,与实际温室比较吻合。



可控组件:天窗1、侧窗2、风机3等;  
固定组成:骨架4、覆盖材料5等。

图3 虚拟温室围护结构基本组成

Fig. 3 Basic components of VG construction of enclosurings controlled components



图4 降温过程中水泵湿帘和风机运行的模拟结果

Fig. 4 Run simulation result of pump-pad and fan in de-temperature process

## 5 结束语

在该系统的实现过程中,由于用 3DS max 建模,拱形曲面的面片数比较多,数据量比较大,读取和绘画变得比较缓慢和困难,这将需要一些高级的算法,如采用视角优化算法,在视角范围内,离观察者较近的全部重画,较远的可以重画其轮廓,甚至不画,这样可以大大减少实时绘画的计算量;另外还需提升硬件性能,采用 OpenGL 图形图像加速卡,或专用图形图像显示卡(野猫),RAM 512 MB 或更高,甚至 1 GB 以上。

本研究中使用了现在比较流行的视景技术——全景技术,对于实现温室中某些组件的动画和漫游十分方便、快捷,但是动作的连贯性和随意性不是十分理想,这些都需要进行深入探讨和研究。

## 参 考 文 献

- [1] 滕光辉,崔引安. 封闭式鸡舍环境的“虚拟系统”[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(2): 59~62
- [2] 乔林,费广正,林杜,等. 程序设计 OpenGL [M]. 北京:清华大学出版社, 2000. 1~300
- [3] 潇湘工作室. 3DS max 4 综合应用 [M]. 北京:人民邮电出版社, 2001. 1~220
- [4] 李于剑. Visual C++ 实践与提高——图像图形编程篇 [M]. 北京:中国铁道出版社, 2001. 305~345
- [5] David J K, Scot W, George S. Visual C++ 6.0 技术内幕(第5版) [M]. 北京:希望电子出版社(译), 1999. 1~547