

Review of Computer Graphics

概述

定义

CG中国定义：研究用计算机表示、生成、处理和显示图形的原理、算法、方法和技术的一门学科。

IEEE：the art or science of producing graphical images with the aid of computer

ISO：一门研究通过计算机将数据转化成图形，并在专门显示设备显示的原理方法和技术的学科。它是建立在传统图学理论、应用数学及计算机科学基础上的一门边缘学科。

主要研究内容

60年代

Sutherland 交互图形学

贝塞尔 贝塞尔曲线、曲面理论

Coons 超限插值，4个曲线插值成一个曲面 Coons Award

70年代

光栅显示器诞生：第一个兴盛期

光栅图形学算法迅速发展

图形软件标准化 ISO发布

1. CGI 计算机图形接口
2. CGM 源文件标准
3. GKS 计算机图形核心系统
4. PHIGS 面向程序员的层次交互图形标准

真实感图形学、实体造型技术：简单光照模型

80年代

光线跟踪算法

热辐射度模拟漫反射

超大规模集成电路：硬件基础

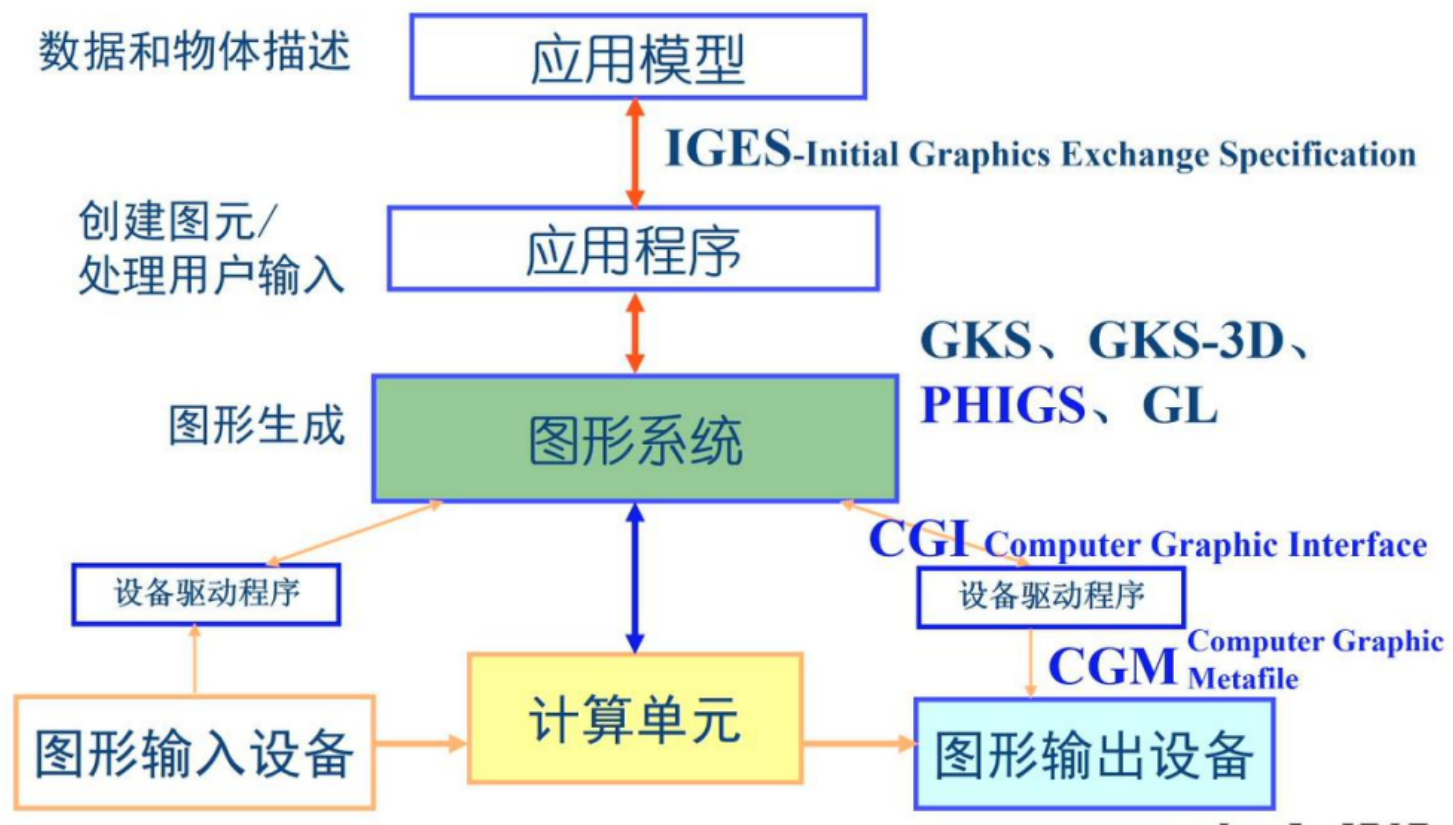
70年代汉字之难 80年代解决汉字字形的计算机表示

90年代

GPU
全局光照模型
三维造型技术

交互式图形系统的概念框架

与设备无关、与应用无关
CGI规定硬件接口（图形信息的描述与通信），CGM（图形文件格式），PHIGS（图形系统标准，应用程序和图形输入输出的中介，功能接口）



- 图形数据按层次结构组织；
- 动态修改和绘制图形数据；
- 在三维世界坐标系中操作。

三个著名图形系统

OpenGL
DirectX
Postscript

典型三维模型

犹他壶
西洋跳板棋
山魈
骨骼模型
炸面圈
大众
斯坦福兔

三维物体的形体几何模型与表示

内涵：三维物体计算机表示的数据结构和存储结构；三维物体几何形状数据的获取（怎么得到，怎么存储）

多边形网络模型与表示

足够多的多边形平面可无限逼近三维物体表面几何形体。

多边形网格=(点集, 边集, 属性)

属性指定材质

点，边，面表示

多边形网格表示三维物体表面几何形体（三维表面模型）

$$V = (V_1, V_2, \dots, V_n)$$

$$= ((x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots, (x_n, y_n, z_n))$$

$$E = (E_1, E_2, \dots, E_m)$$

$$F = (F_1, F_2, \dots, F_l)$$

$$E_1 = (V_1, V_2, P_1, \lambda)$$

$$E_2 = (V_2, V_3, P_2, \lambda)$$

$$E_3 = (V_3, V_4, P_2, \lambda)$$

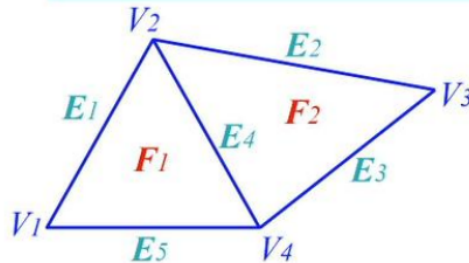
$$E_4 = (V_4, V_2, P_1, P_2)$$

$$E_5 = (V_4, V_1, P_1, \lambda)$$

$$F_1 = (E_1, E_4, E_5)$$

$$F_2 = (E_2, E_3, E_4)$$

三维物体多边形网格表示的概念层次分解



示例：由两个多边形平面按照 SPHIGS 定义的一个多边形网格的存储数据结构：vertex list、edge list

点：三维坐标

边：顶点和相邻的面，最外边的面记作 λ

面：由哪些边围成

一致性约束：

1. 所有多边形闭合
2. 一个顶点至少有两边共享
3. 一条边至少是一个多边形的一部分
4. 每个多边形至少有一条公共边
5. 多边形网格是全连通图
6. 相邻顶点的二元关系可以用一个平面图表示（拓扑平面）

属性

	属性实例
多边形属性	三角形或不是；平面法向；平面面积
	光洁度；平面方程系数；是否凸多边形；是否有洞
边属性	长度；边的位置（多边形或表面之间）
	该边每一侧的多边形
顶点属性	顶点法向（多边形明暗处理）；顶点关联多边形
	纹理坐标（表面纹理映射）

多边形网格表示的特点：

1. 构造简单，可表示任意三维物体表面几何形体
2. 已形成完善有效的明暗处理方式、硬件可实现
3. 表示精度与多边形网格数量成正比
4. 表示精度可伸缩是多边形网格模型的追求（增加和减少网格）
5. 可编辑是多边形网格表示的挑战

曲面片模型与表示

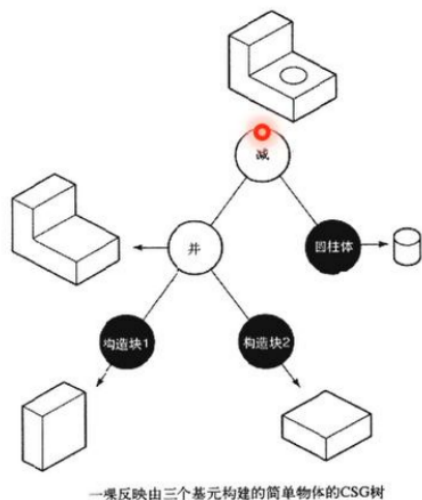
基元是曲边四边形的曲面片

1. 边是三次曲线
2. 精确参数表示，曲面由数学方程定义，面上的每个点都有定义
3. 三维形状编辑潜力，CAD交互式设计基础
4. 可能是一种更经济的物体几何形状表示方法

构造实体几何模型（CSG: Constructive Solid Geometry）

三维基本构造块组合构建的三维物体形体层次表示（搭积木）

CSG是一种分解表示的有序二叉树，叶子结点是体素或形体变换参数，分支结点是正则集合运算（交并差等）或几何变换操作



- CSG是一种分解表示的有序二叉树：
- 叶子节点是体素或形体变换参数；
 - 分支节点是正则集合运算或几何变换操作；
 - CSG树无二义性：定义域由所用体素、允许的几何变换和正则集合运算算子决定。
 - 体素不唯一：立方体、圆柱、基本构件等组成一个体素正则集合。

特点

1. 正则集合运算和几何变换描述三维物体组成过程
2. 隐含表示形体几何边界元素
3. 需特殊绘制或多边形网格转换
4. 支持实现交互式实体建模

个人理解：比较偏高层，靠简单实体的搭建来表示复杂几何体。几何边界等元素隐含在搭建过程中，需要实现底层的绘制和网格等才能真正显示几何图形。对用户友好，适合交互式建模。

空间细分表示

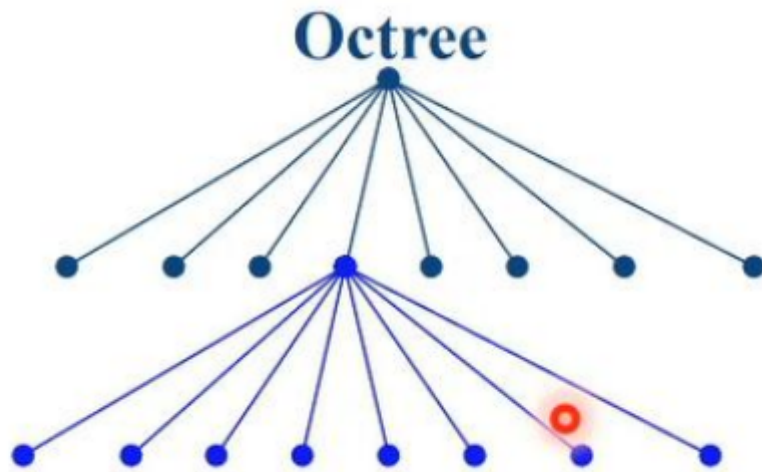
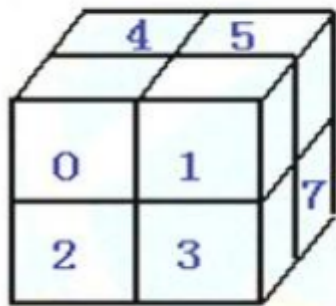
把三维物体所在的整个世界空间细分为更小的立方体基元，按是否在物体中标记每一个体素（空间微元）

数据存储结构是八叉树，可表示三维实体内部分层树形结构。八叉树可转成二叉空间分区树（BSP）

光流跟踪具有明显优势

医学图像是主要用途之一

八叉树：



按照上图将一个大体素不断划分为8个小体素

1. 几何形体表示，数据结构简单（非解析表达）
2. 简化了形体集合运算
3. 简化了隐藏线、面消除算法（保持体素空间信息）
4. 占用存储多、形体边界计算不易、形体近似表示

小结



本章小结

多边形网格

多边形小平面，表示物体的精确度；
明暗处理很好解决了绘制问题；
复杂物体和动画仍然很棘手；

双三次参数曲面片

曲面片，参数化定义；
很强的交互能力；昂贵的可视化；

构造实体几何

基元构件“构造”刚性实体；
是一种体表示方法；

空间细分技术

被物体占据的三维空间表示；
体素既定义三维物体表面也定义内部组织；

隐函数表示

由解析表达式定义物体表面形状；
可用于形态变化动画；
表示现实物体用途有限；

考虑技术成熟度和计算资源，多边形网格是交互图形引擎最普及支持的三维物体表面几何形体表示模型。

三角网格的几何计算