



Primitivas y estructuras de datos

Primitivas 0D y 1D

Primitivas 2D

Primitivas 3D

Estructuras de datos



Sección de
Informática
Gráfica | Computer
Graphics
Group
VALENCIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Primitvas 0D y 1D

Puntos, líneas y curvas

Puntos y líneas

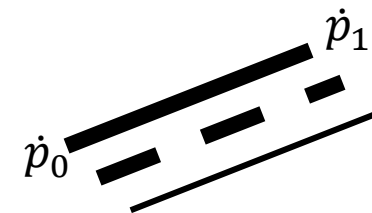
▶ Puntos

- ▶ OD
- ▶ Es la primitiva básica
- ▶ Características
 - ▶ coordenadas en un sistema de referencia
 - ▶ color
 - ▶ grosor
 - ▶ forma



▶ Líneas

- ▶ 1D
- ▶ Delimitada por dos puntos
- ▶ Características
 - ▶ Puntos inicial y final
 - ▶ color
 - ▶ grosor
 - ▶ estilo
 - ▶ forma terminal



$$\dot{p}(t) = \dot{p}_0 + (\dot{p}_1 - \dot{p}_0)t \quad 0 \leq t \leq 1$$

Curvas implícitas

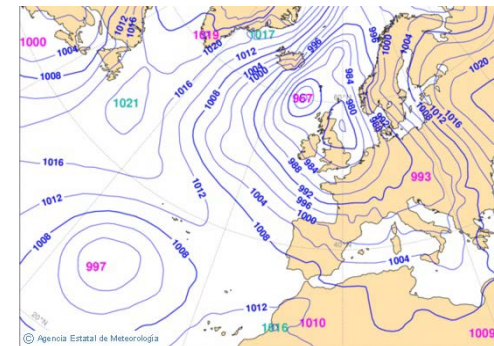
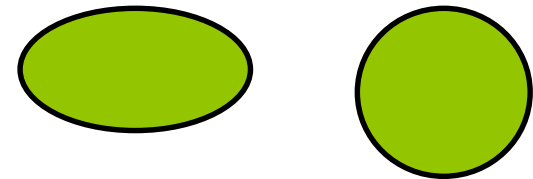
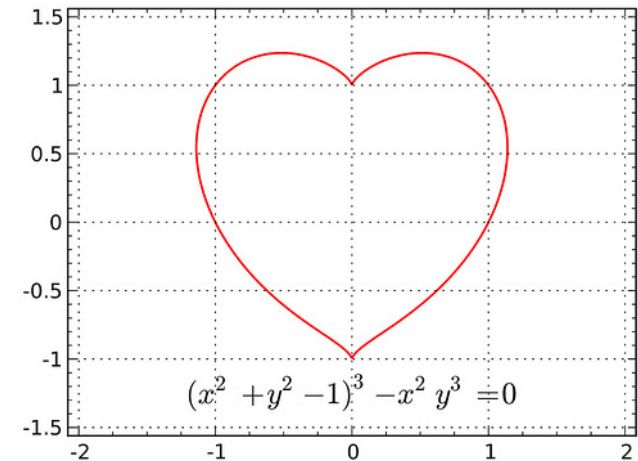
- ▶ Conjunto de puntos que en algún sistema de referencia cumplen
 p tal que $f(p_x, p_y) = 0$

- ▶ Cónicas: polinomios de grado 2

$$ap_x^2 + bp_y^2 + cp_x + dp_y + e = 0$$

- ▶ Isocontornos

$$p \text{ tal que } f(p_x, p_y) = cte$$



Curvas paramétricas

Conceptos generales



▶ Curva 3D paramétrica

- ▶ vector posición
- ▶ matriz de coeficientes
- ▶ vector tangente $Q'(u)$
- ▶ grado de la curva

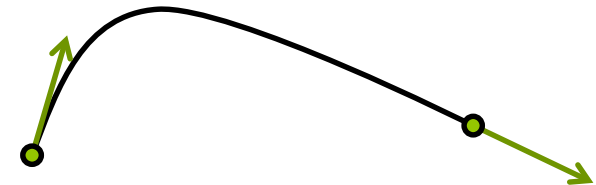
$$Q(u) = [x(u) \quad y(u) \quad z(u)] \quad 0 \leq u \leq 1$$

$$Q = U \cdot C$$

$$Q' = U' \cdot C$$

▶ Condiciones de contorno

- ▶ tantas como coeficientes
- ▶ matriz de geometría G
 - ▶ puntos de control
 - ▶ interpolación o aproximación
 - ▶ tangentes en extremos
- ▶ matriz característica M



$$G = M^{-1} \cdot C$$

$$Q = U \cdot M \cdot G$$

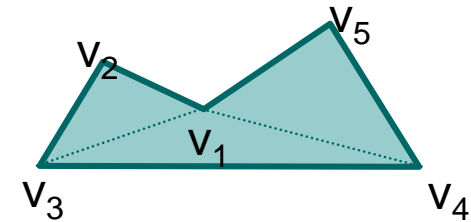


Primitivas 2D

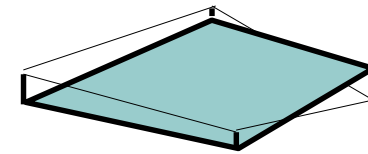
Superficies

Polígonos

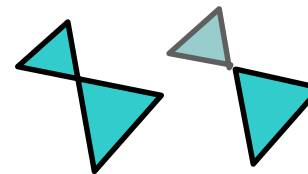
- ▶ Vértices y aristas
- ▶ Normales
- ▶ Ecuación implícita del plano:
polinomio de grado 1
- ▶ Criterio de ordenación
 - ▶ para qué se usa
 - ▶ cómo se sabe
- ▶ Polígonos cóncavos y convexos
 - ▶ criterio de convexidad
 - ▶ teselación
- ▶ Polígonos degenerados
 - ▶ frontera múltiple
 - ▶ no planos
 - ▶ aristas secantes



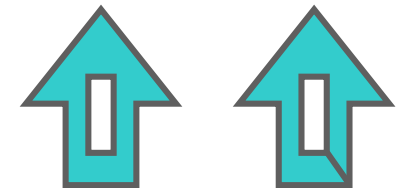
Teselación



Aplanamiento



División



Unificación de frontera

Triángulos

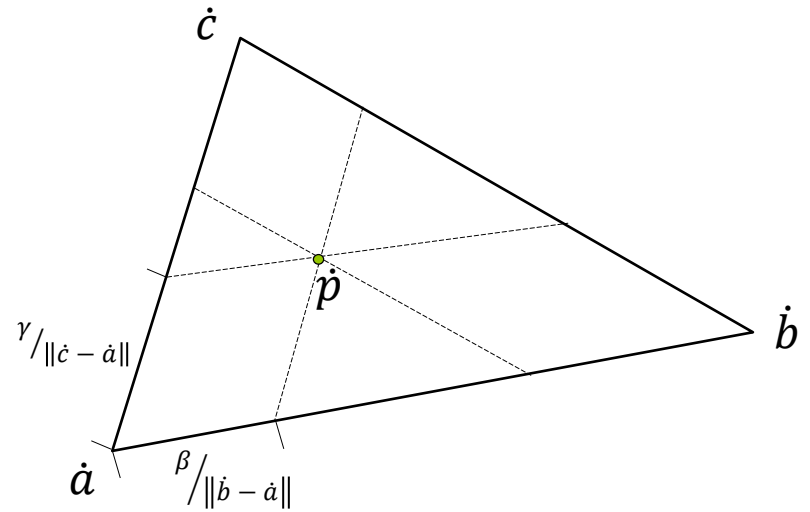
- ▶ Primitiva 2D básica en GPU
- ▶ Coordenadas baricéntricas α, β, γ
- ▶ Interpolación lineal de atributos
- ▶ Clasificación de puntos: interioridad

$$\dot{p} = \dot{a} + \beta(\dot{b} - \dot{a}) + \gamma(\dot{c} - \dot{a})$$

↓

$$\dot{p} = \alpha\dot{a} + \beta\dot{b} + \gamma\dot{c}$$

$$1 = \alpha + \beta + \gamma$$



Superficies cuádricas

- ▶ Ecuación implícita de una cuádrica: polinomio de grado 2
- ▶ Cálculo sencillo de intersección con recta

$$ap_x^2 + bp_y^2 + cp_z^2 + dp_xp_y + ep_xp_z + fp_y p_z + gp_x + hp_y + ip_z + j = 0$$

Cono y cilindro



Cilindro parabólico

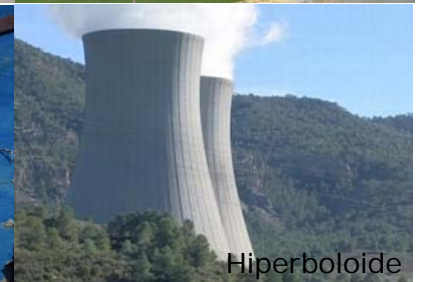
Paraboloide hiperbólico



Elipsoide



Esfera

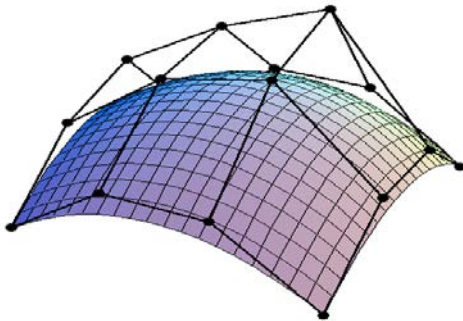


Hiperboloide

Superficies paramétricas

Conceptos generales

- ▶ Superficie paramétrica
 - ▶ vector posición
 - ▶ matriz de coeficientes
 - ▶ vectores tangentes
 - ▶ vector normal
 - ▶ grados de la superficie
- ▶ Condiciones de contorno
- ▶ Funciones base



$$S(u, v) = [x(u, v) \quad y(u, v) \quad z(u, v)] \quad u, v \in [0, 1]$$

$$S = U \cdot C \cdot V^T$$

$$\frac{\partial S(u, v)}{\partial u}, \frac{\partial S(u, v)}{\partial v} \quad \text{tangentes}$$

$$N(u, v) = \frac{\partial S(u, v)}{\partial u} \times \frac{\partial S(u, v)}{\partial v} \quad \text{normal}$$

$$S(u, v) = U \cdot C \cdot V^T = U \cdot M \cdot G \cdot M^T \cdot V^T$$

$$S(u, v) = (U \cdot M) \cdot G \cdot (M^T \cdot V^T) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m B_i(u) B_j(v) g_{ij}$$



Primitivas 3D

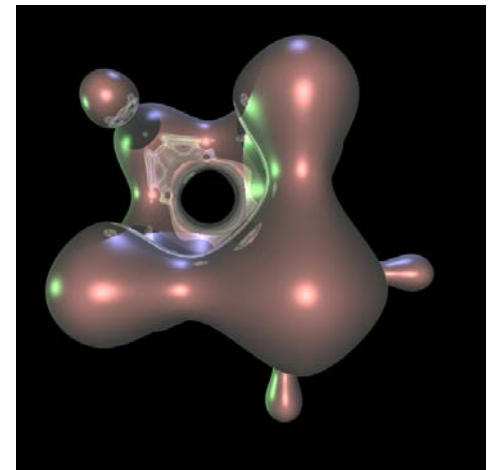
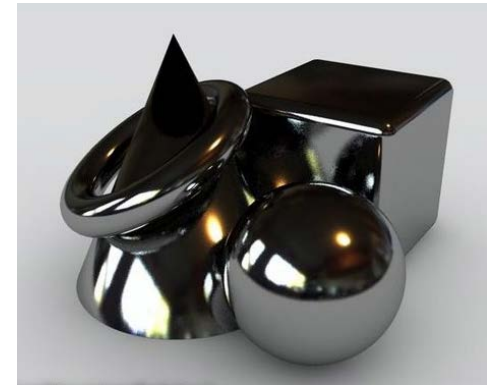
Sólidos y volúmenes

- ▶ Un modelo geométrico representa a un objeto sólido cuando es posible distinguir en él un *único* conjunto abierto conexo de \mathbb{R}^3 al que llamamos *interior* del sólido
- ▶ Propiedades deseables del modelo de un sólido
 - ▶ Precisión: aproximación a la descripción exacta del sólido
 - ▶ Dominio extenso: posibilidad de construcción de un conjunto amplio de sólidos
 - ▶ Unicidad: dos sólidos son iguales si y sólo si tienen la misma representación
 - ▶ Validez: es imposible obtener un objeto no válido mediante operaciones con el modelo
 - ▶ Compacidad: simplicidad y ahorro de memoria
 - ▶ Eficiencia: recorrido, interrogación y operación
- ▶ Formas de representar un sólido
 - ▶ Describiendo su frontera con el exterior mediante superficies (B-rep)
 - ▶ poliedros
 - ▶ superficies paramétricas
 - ▶ Describiendo su interior

Volúmenes implícitos

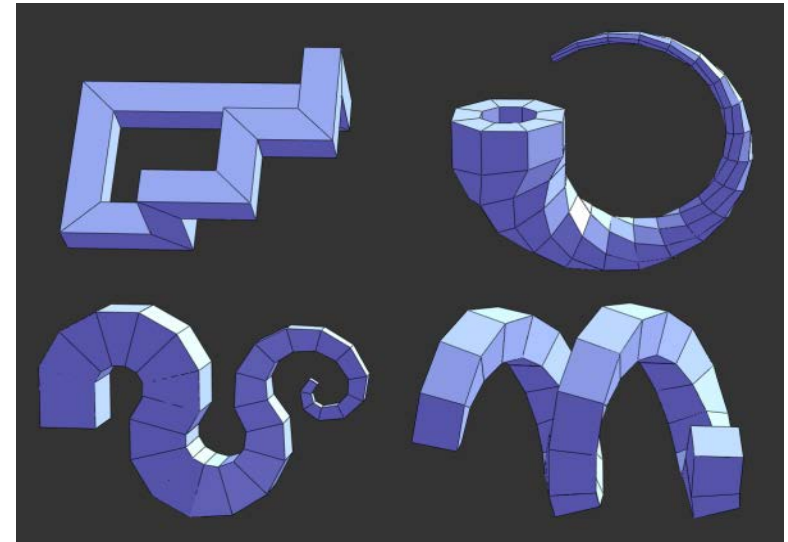
- ▶ Definidos por superficies implícitas cerradas o infinitas
 - ▶ Cuádricas
 - ▶ Plano
 - ▶ Isosuperficies de campos escalares
- ▶ Combinación de superficies para cerrar un volumen finito
 - ▶ Poliedros convexos, cilindro, cono, etc

\dot{p} tal que $f(\dot{p}) \leq 0$



Volúmenes por barrido

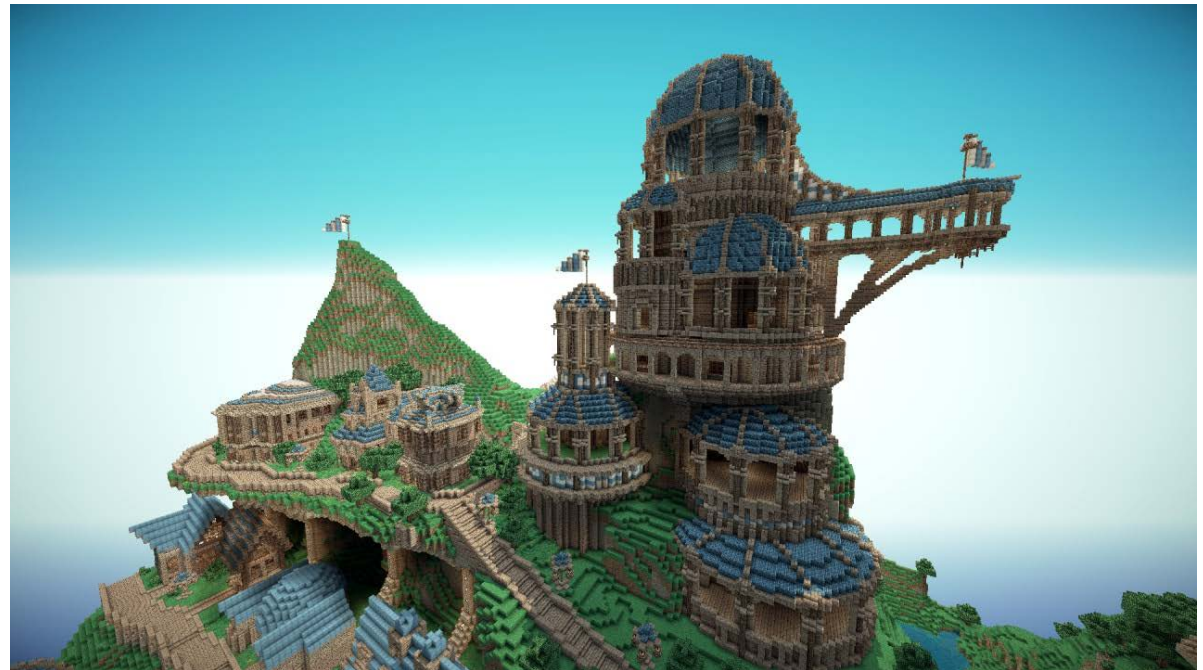
- ▶ Definición geométrica
 - ▶ sección (región 2D)
 - ▶ trayectoria de barrido
- ▶ Variantes
 - ▶ Traslacional
 - ▶ Rotacional
 - ▶ Cilindro generalizado
 - ▶ Sección variante
 - ▶ en tamaño
 - ▶ en ángulo



fuelle: nendowingsmirai.yuku.com

Vóxel

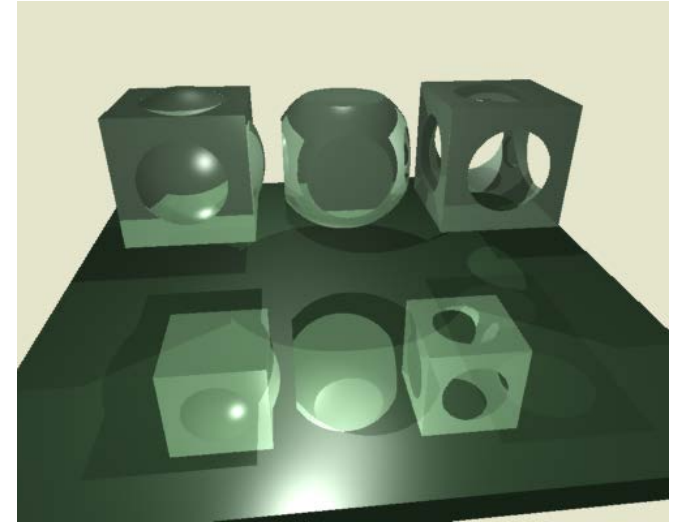
- ▶ Elemento de volumen, usualmente cúbico
- ▶ Características
 - ▶ Posición
 - ▶ Tamaño
 - ▶ Atributos





Operaciones con volúmenes

- ▶ Unión
- ▶ Intersección
- ▶ Diferencia
- ▶ Regularización de operaciones

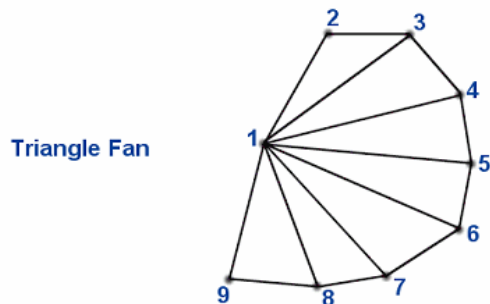
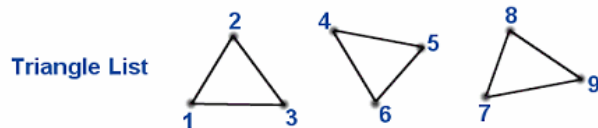
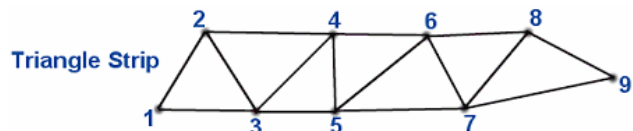
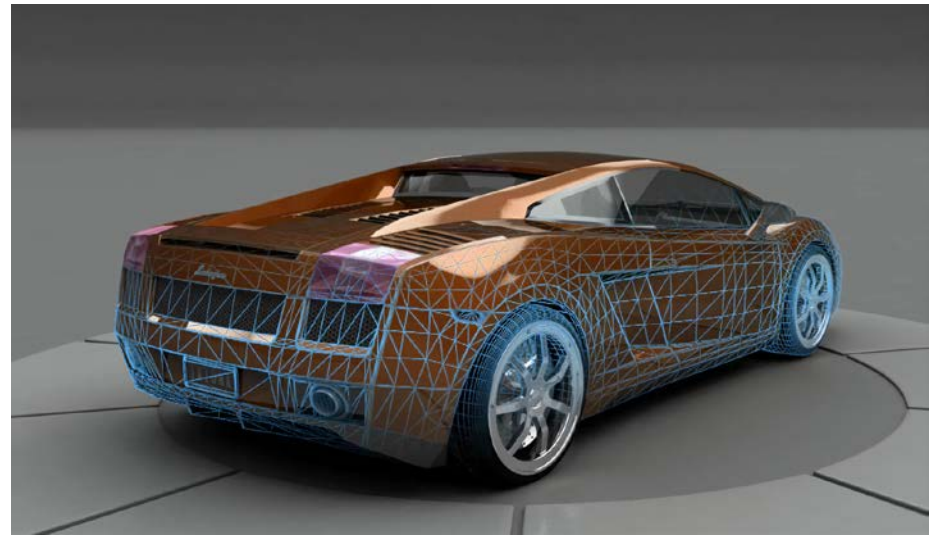




Estructuras de datos

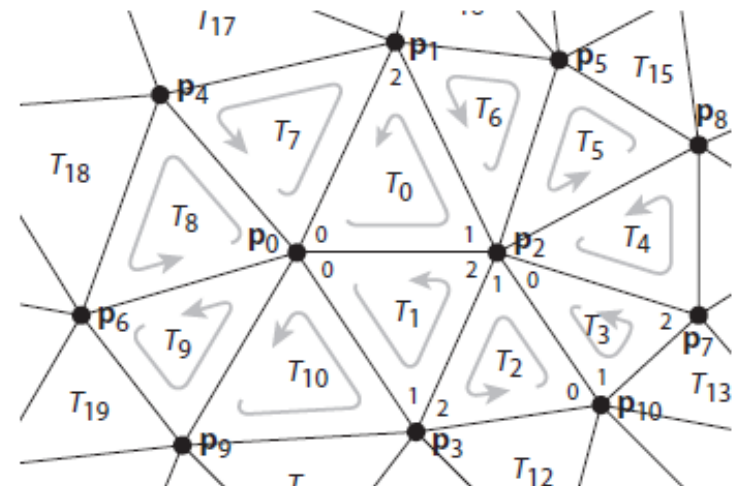
Mallas poligonales

- ▶ Listas
 - ▶ Explícitas
 - ▶ Indexadas
- ▶ Tiras
- ▶ Abanicos



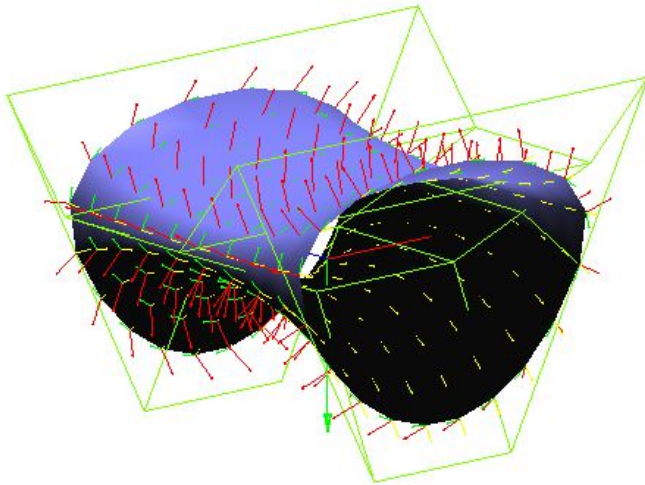
verts[0]	x_0, y_0, z_0
verts[1]	x_1, y_1, z_1
verts[2]	x_2, y_2, z_2
verts[3]	x_3, y_3, z_3
	\vdots

tInd[0]	0, 2, 1
tInd[1]	0, 3, 2
tInd[2]	10, 2, 3
tInd[3]	2, 10, 7
	\vdots



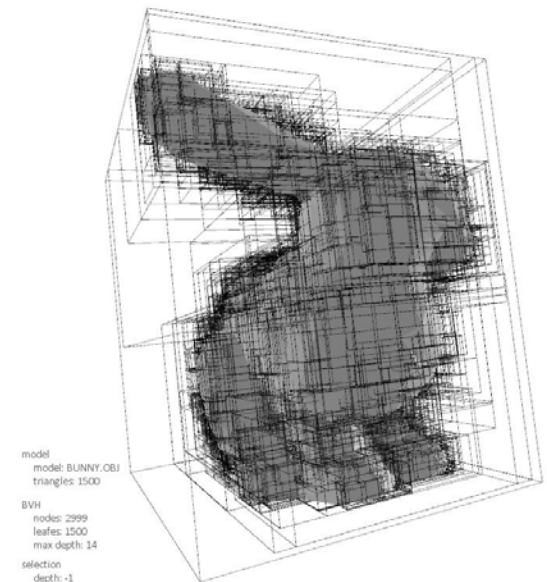
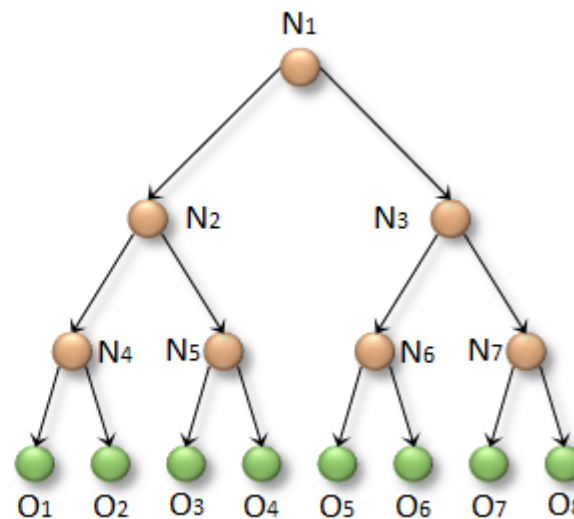
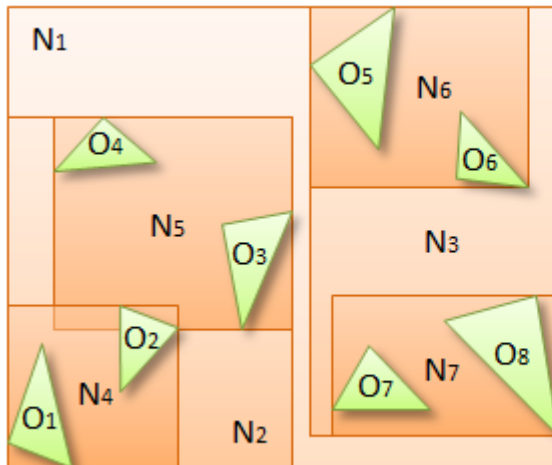
Mallas paramétricas

- ▶ Se forman con parches paramétricos
- ▶ Continuidad en las uniones
- ▶ Puntos de control
 - ▶ Muestreo de vértices a malla poligonal
 - ▶ Cálculo de normales y tangentes reales



Contenedores

- ▶ Agrupan geometría dentro de otra más simple: planos, cajas o esferas
- ▶ Aceleran el cálculo cuando el test da negativo para la intersección
 - ▶ Colisiones
 - ▶ Visibilidad
 - ▶ Área de iluminación
- ▶ Suelen organizarse de forma jerárquica (BVH)



model:
model: BUNNY.OBJ
triangles: 1500
BVH:
nodes: 2999
leaves: 1500
max depth: 14
selection
depth: -1
nodes 0

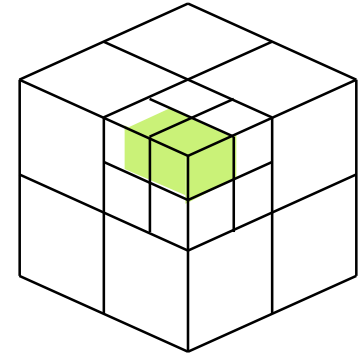
Thomas Dierwald

Partición espacial

Octrees

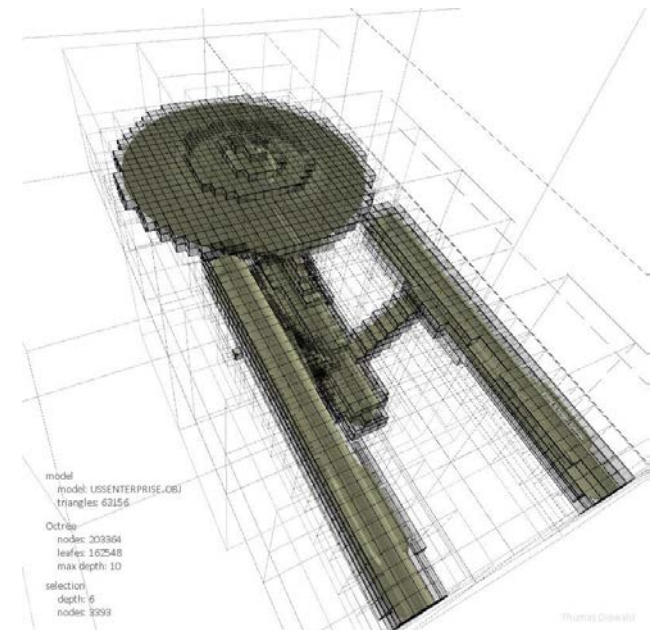
- ▶ Por simple enumeración
 - ▶ Estructura matricial de voxels ocupado/desocupado
 - ▶ Operaciones booleanas
 - ▶ Alto coste de almacenamiento
- ▶ Árboles octales
 - ▶ Subdivisión binaria dimensional en árbol octal
 - ▶ Nodos: Información de ocupación B,N,G
 - ▶ Ramas: intervalo y dimensión
 - ▶ Alivian el coste de almacenamiento: lineal con la frontera
 - ▶ Criterios de parada
 - ▶ Alcance de homogeneidad B,N
 - ▶ Nivel máximo de profundidad = dimensión mínima de voxel
 - ▶ Cálculo de propiedades físicas
 - ▶ Operaciones booleanas

unión	A OR B
intersección	A AND B
diferencia	A XOR (A AND B)



Algoritmo C:= A unión B
para cada par de nodos a,b análogos
si a=N ó b=N entonces c:=N sino
si a=B y b=B entonces c:=B sino
si a=B y b=G entonces c:=b (y viceversa)
sino, descender nivel

Algoritmo C:= A intersección B
para cada par de nodos a,b análogos
si a=N y b=N entonces c:=N sino
si a=B ó b=B entonces c:=B sino
si a=N y b=G entonces c:=b (y viceversa)
sino, descender nivel



Partición espacial

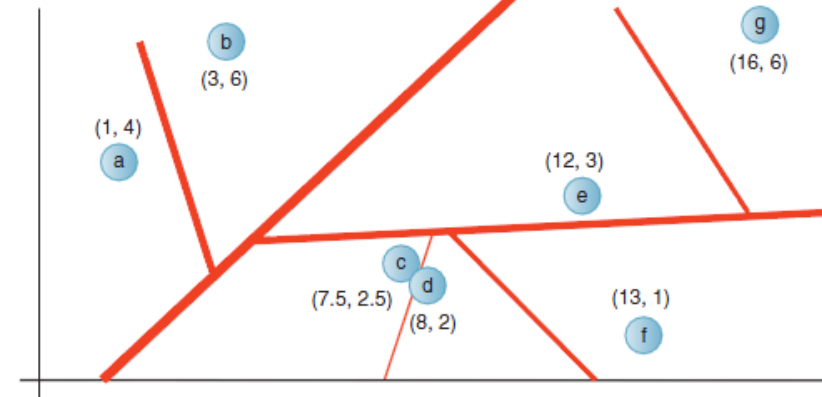
BSP



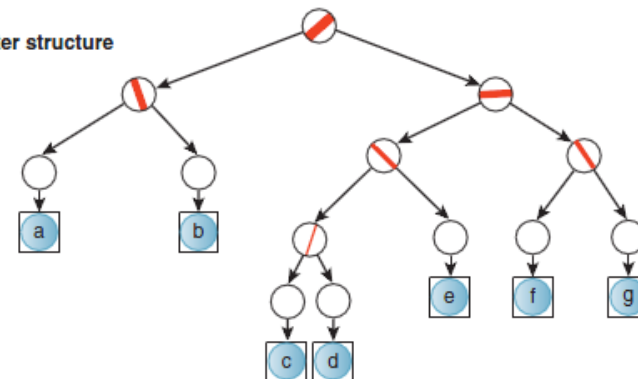
- ▶ Se usan en clasificación de visibilidad, clustering, selección, ...



Spatial partitioning



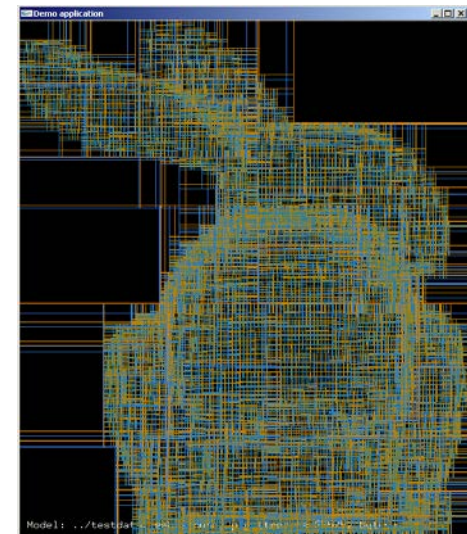
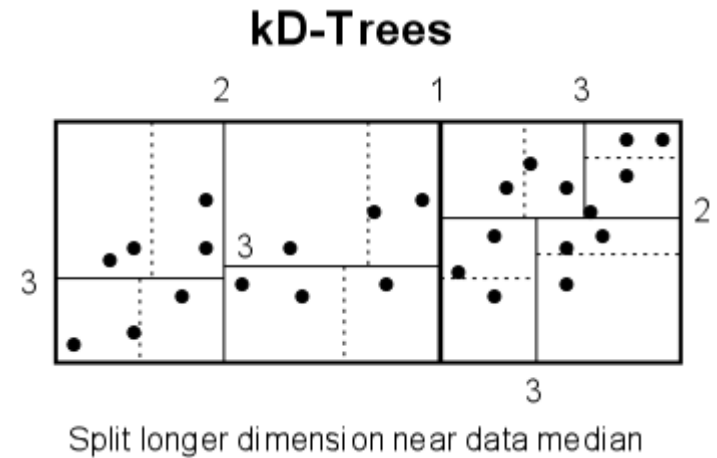
Pointer structure



Partición espacial

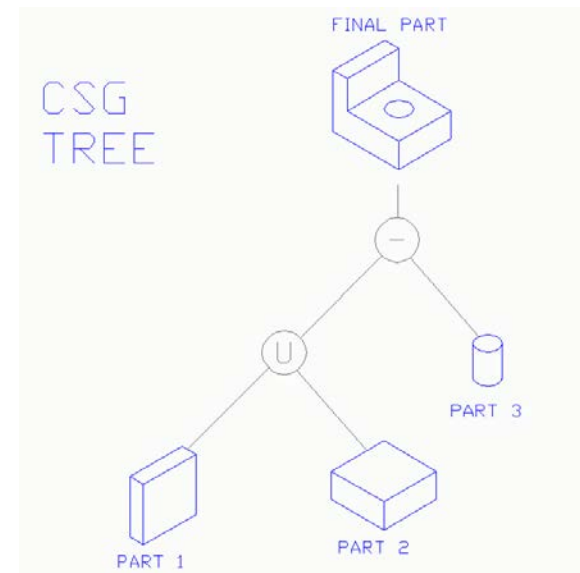
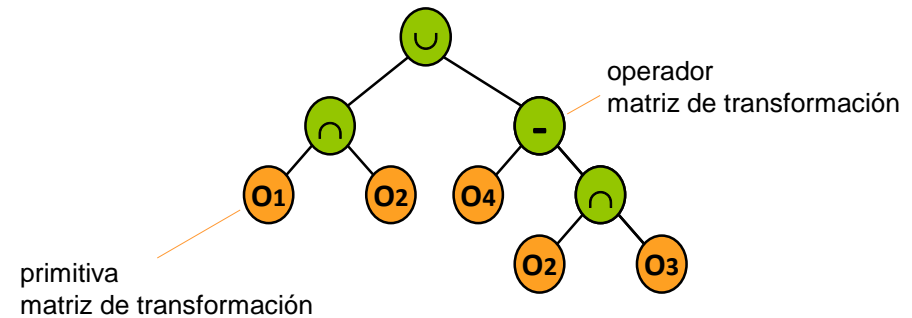
KdTrees

- ▶ Estructura: BSP de corte por planos en direcciones principales
- ▶ Construcción: Corte perpendicular a la dimensión mayor por la mediana
- ▶ Uso: *Clustering* rápido de vértices. Localización rápida de vecinos.



Geometría Sólido-Constructiva (CSG)

- ▶ Estructura de árbol binario ordenado
- ▶ Nodos internos
 - ▶ operadores booleanos
 - ▶ transformación
- ▶ Hojas: Instancias de primitivas
 - ▶ poliedros, cuádricas, semiespacios
 - ▶ transformación
- ▶ Posibilidad de clasificación de un punto respecto de una primitiva
- ▶ Modelo atractivo como método de construcción
- ▶ Almacenamiento compacto
- ▶ Cálculo de propiedades físicas mediante conversión a enumeración espacial



DAG

- ▶ Organización jerárquica de la escena
- ▶ Nodos internos
 - ▶ Agrupamiento
 - ▶ Transformación
- ▶ Nodos hoja
 - ▶ Elementos representables
 - ▶ Atributos
 - ▶ Geometría
 - ▶ Aspecto

