

Entornos Virtuales

2. Modelado geométrico

J.C. Torres

Lab. Realidad Virtual UGR,
Universidad de Granada

February 22, 2017

Tema 2. Modelado geométrico para entornos virtuales

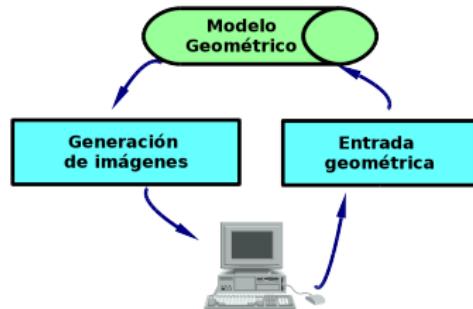
Tema 2: Modelado geométrico para entornos virtuales

- 2.1: Modelo geométrico
- 2.2: Grafos de escena
- 2.3: Métodos de representación
- 2.4: Mallas de polígonos
- 2.5: Curvas y superficies
- 2.6: Modelos Multiresolución. Simplificación.
- 2.7: Texturas
- 2.8: Digitalización.
- 2.9: Técnicas de aceleración de la visualización.

Modelado geométrico

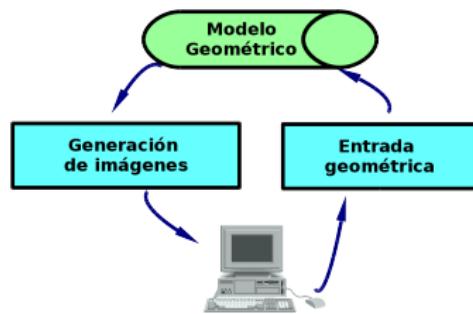
Representación de la escena

- Suele consistir en un conjunto de estructura de datos
- En una aplicación interactiva debe permitir
 - la edición de la escena
 - su visualización
 - generación de cálculos y simulaciones



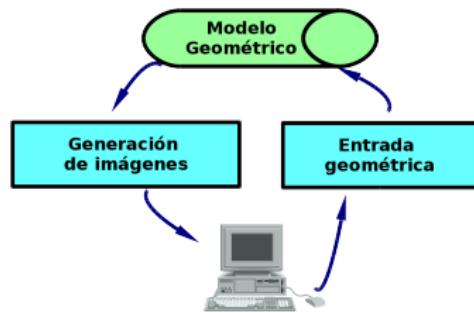
La edición del modelo requiere

- La identificación de elementos del modelo
- La entrada interactiva de posiciones



Para generar las imágenes es necesario

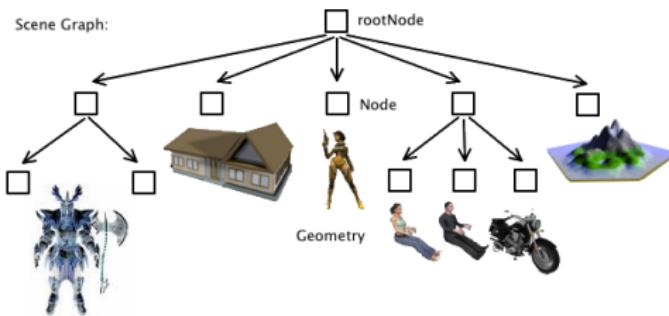
- Extraer del modelo los componentes visibles
- Transformarlos y transferirlos al procesador gráfico



Grafos de escena

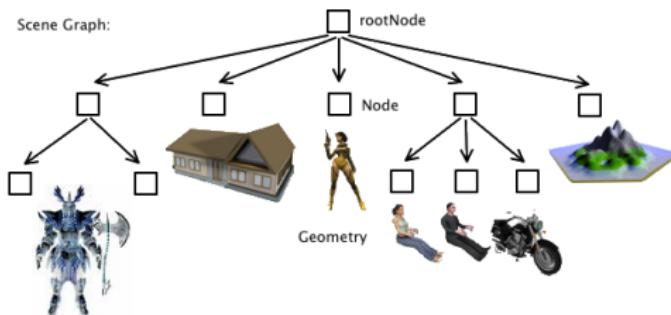
Un grafo de escena es un grafo (usualmente acíclico dirigido) que representa la estructura de una escena

- Los nodos del grafo representan entidades u objetos de la escena
- Los arcos del grafo representan relaciones de composición
- Las propiedades se heredan de padres a hijos



Los grafos de escena son útiles para:

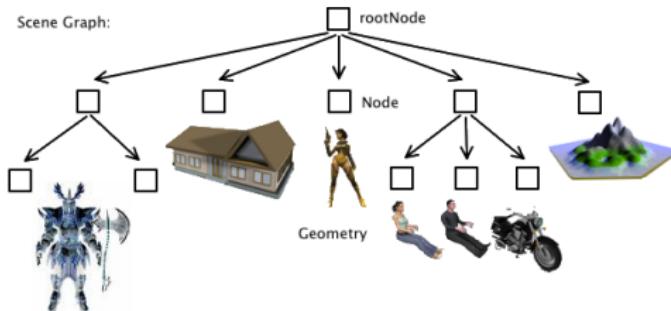
- Entender las dependencias entre objetos
- Diseñar el modelo geométrico
- Editar y animar el modelo
- Reutilizar geometría



http://wiki.jmonkeyengine.org/doku.php/jme3:the_scene_graph

Contenido de los nodos

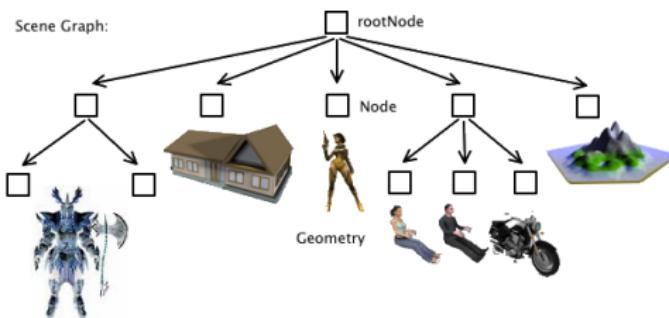
- Los nodos terminales contiene primitivas y objetos simples
- Los nodos internos contienen transformaciones y propiedades
- El nodo raíz representa la escena



http://wiki.jmonkeyengine.org/doku.php/jme3:the_scene_graph

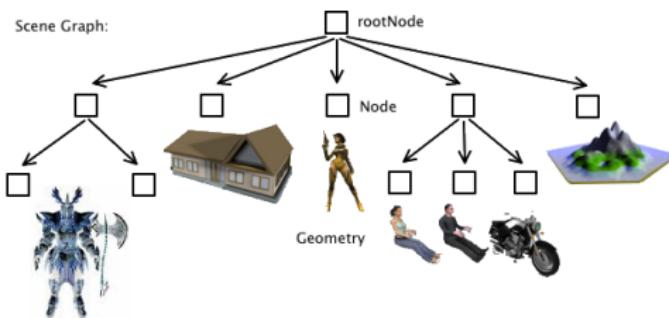
Visualización

- La cámara y las luces se pueden integrar en el grafo de escena
- Para visualizar la escena el sistema hace un recorrido del grafo de escena
- Las transformaciones y propiedades se apilan al bajar de nivel y se desapilan al subir



Procedimiento

- Descomponer la escena en componentes mas simples
- Descomponer los componentes hasta obtener primitivas u objetos simples
- Los componentes que comparten transformaciones deben estar agrupados en la misma rama del grafo



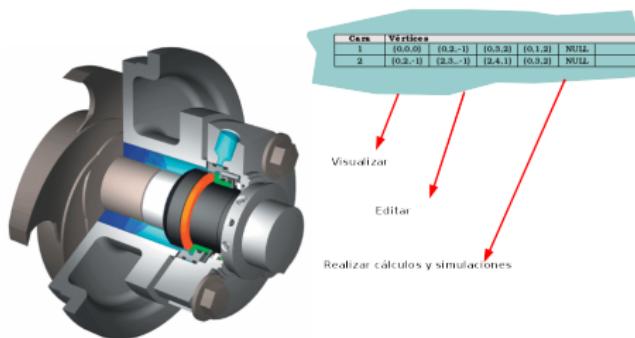
Ejemplo



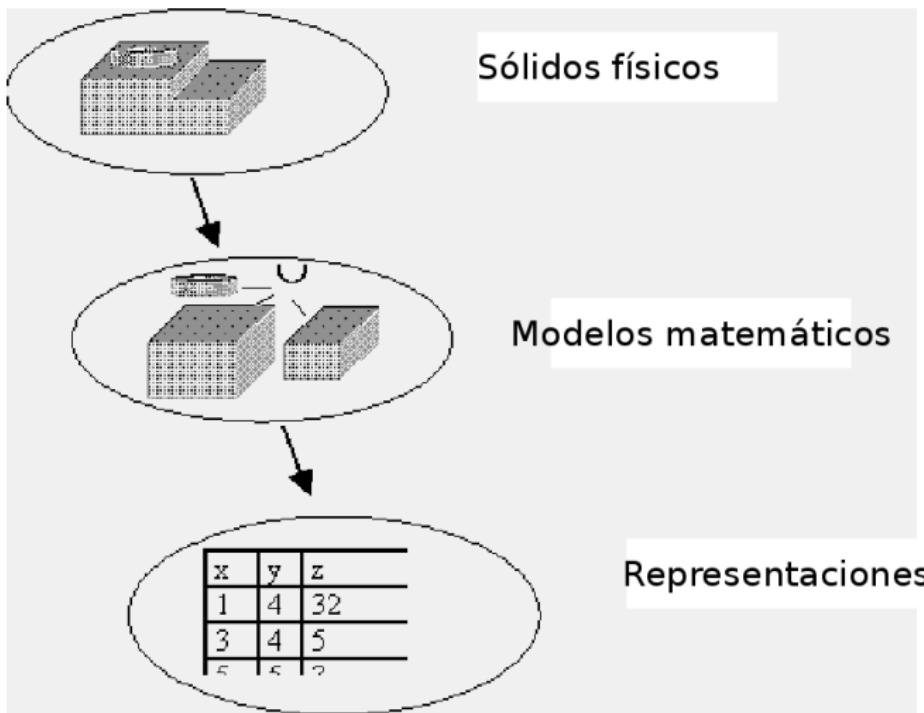
Métodos de representación

La representación de un objeto sólido utiliza para

- Visualizarlo
- Editarlo
- Realizar simulaciones y cálculos



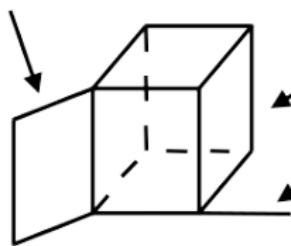
Métodos de representación



Subconjunto de E^3

- Cerrado y acotado
- Rígido. Dos sólidos que se diferencian tan solo en una transformación rígida son el mismo sólido
- Homogeneidad tridimensional

2D (cara que cuelga)



3D (sólido)

1D (arista que cuelga)

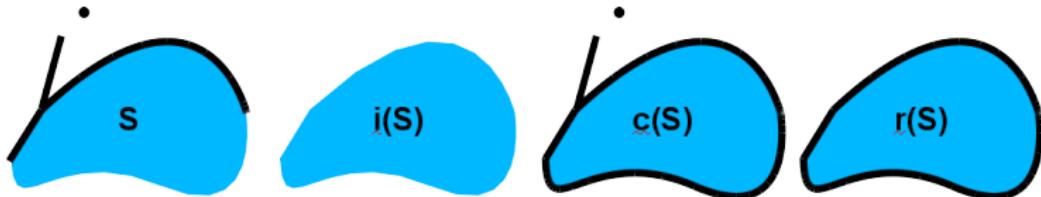
Modelo topológico: regularización

La **regularización** de un conjunto se define como la clausura de su interior:

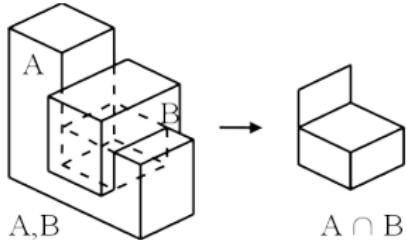
$$r(S) = c(i(S))$$

Un **conjunto es regular** si es igual a su regularización:

$$S = r(S)$$



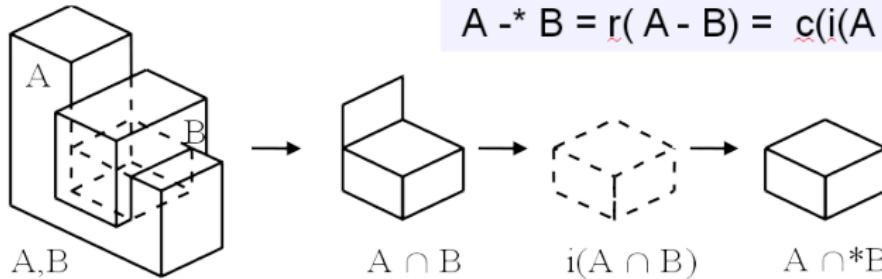
Modelo topológico: operaciones regularizadas



$$A \cap^* B = r(A \cap B) = c(i(A \cap B))$$

$$A \cup^* B = r(A \cup B) = c(i(A \cup B))$$

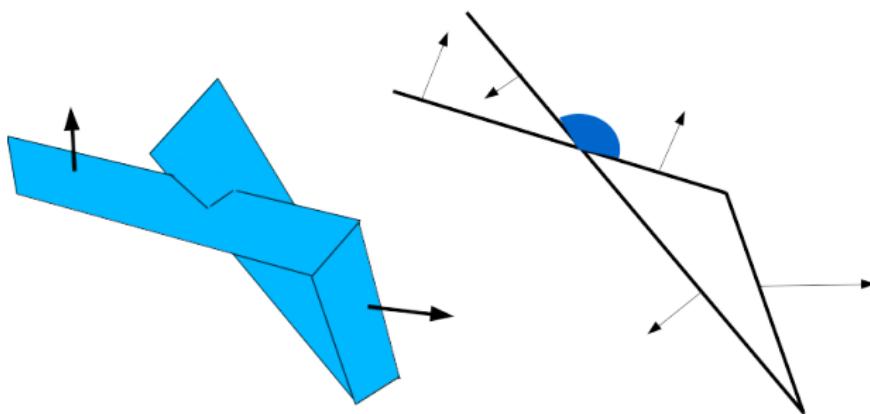
$$A -^* B = r(A - B) = c(i(A - B))$$



Modelos matemáticos: Modelo algebraico

Volumen encerrado por una superficie

- Cerrada
- Orientable



Se han propuesto un gran número de métodos de representación:

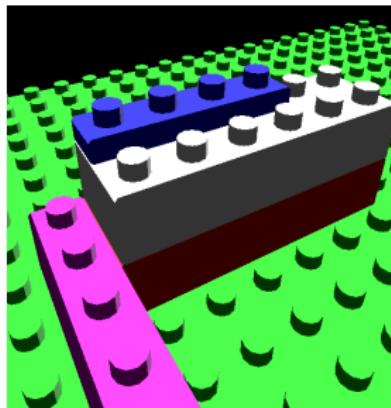
- Instanciación de primitivas
- Descomposición espacial
- Geometría constructiva de sólidos (CSG)
- Octrees
- Barrido
- Fronteras (Brep)

Cada método tiene diferentes características en cuanto a:

- Dominio de objetos representables
- Posibilidad de representar sólidos
- Posibilidad de calcular propiedades volumétricas
- Facilidad de visualización
- Comportamiento de la aplicación de representación (unicidad, ambigüedad y validez)
- Facilidad de edición

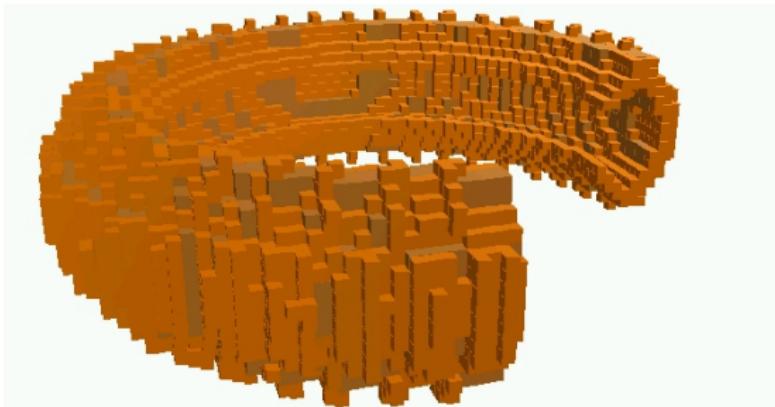
El objeto se representa como un conjunto de primitivas que se instancian en el escenario

- Las primitivas se pueden intersectar
- No se pueden calcular propiedades



El sólido se describe en base a una descomposición del espacio en una colección de celdas

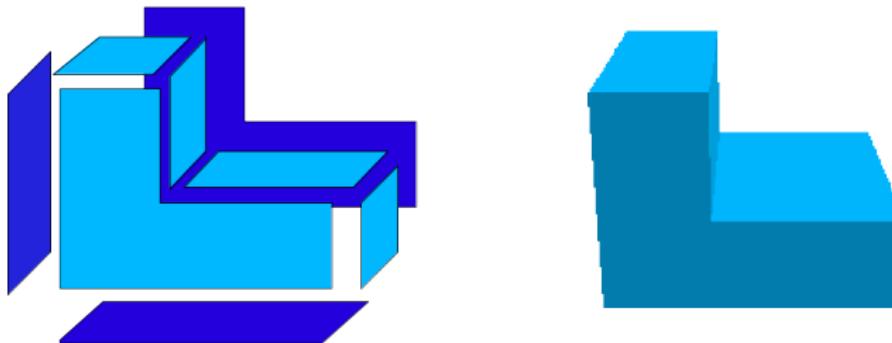
- Las celdas son elementos simples disjuntos
- El forma mas común de celda es la cúbica
- La representación de un sólido es la enumeración de las celdas que ocupa



Representación de fronteras B-rep

El objeto se representa mediante un conjunto de caras que describen su frontera

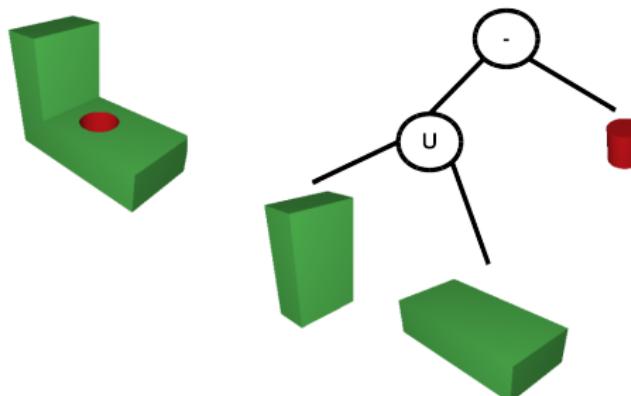
- Cuando se representa un sólido la frontera debe ser cerrada y orientable
- La mayor parte de los sistemas utilizan representaciones de fronteras, con caras poligonales



Geometría Constructiva de Sólidos (CSG)

El sólido se representa como una expresión booleana que indica como construirlo a partir de primitivas simples

- La representación es la propia expresión
- El forma mas común de celda es la cúbica
- La representación de un sólido es la enumeración de las celdas que ocupa



Mallas de polígonos

Una malla es una terna (V, E, F) donde

$$V = \{p_i \in \mathbb{R}^3 \mid 1 \leq i \leq n\}$$

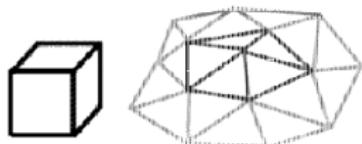
$$E = \{(i, j) \in V \times V\}$$

$$F = \{(i_1, i_2, \dots, i_n) \mid i_k \in V\}$$

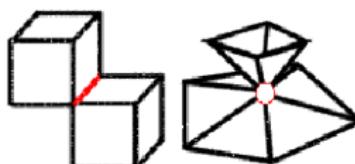
que cumple

- Cada arista E pertenece al menos a una cara F .
- Cada vértice V pertenece al menos a una arista E .

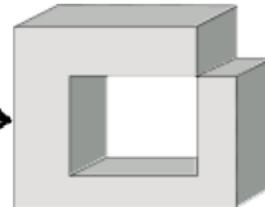
- Una arista es frontera si pertenece a una sola cara.
- Una malla es variedad (manifold) si:
 - Cada arista pertenece a lo sumo a dos caras
 - Para cada vértice sus polígonos adyacentes forman un disco



Manifold



Non-manifold

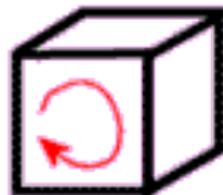
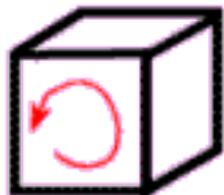


Una malla es un poliedro si:

- Es una variedad
- Es cerrado
- No hay intersecciones entre caras (salvo en aristas y vértices compartidos)

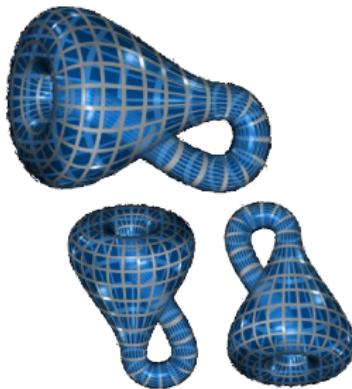
A cada cara se le puede asignar una orientación

- La orientación se determina por el recorrido de sus vértices
- Puede ser horario (CW) o antihorario (CCW)
- El lado exterior (o frontal) de la cara se determina por convenio (suele ser CCW)



Una malla es orientable si todas sus caras se pueden orientar de forma consistente

- Todas con orientación CW o CCW
- Cada arista se recorre en sentido contrario en sus dos aristas



Una malla cerrada orientable representa un sólido.

Relaciones de vecindad entre componentes de la malla

1. vertex	all neighboring vertices
2. vertex	all neighboring edges
3. vertex	all neighboring faces
4. edge	all neighboring vertices
5. edge	all neighboring edges
6. edge	all neighboring faces
7. face	all neighboring vertices
8. face	all neighboring edges
9. face	all neighboring faces

VV



VV



VE



VF



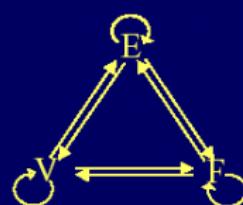
VF



EV



EF



VF

EV

EE

EF

FV

FE

FF

Caras-aristas-vértices

Sólido = lista de caras

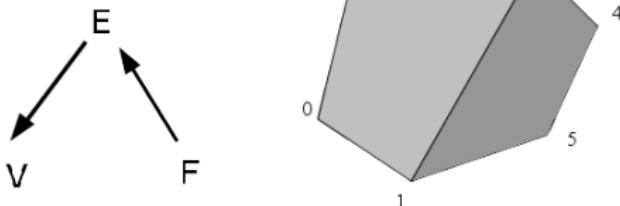
Cara = lista de aristas

Arista = par de vértices

Aristas	V _i	V _f	C _{izq}	C _{der}
0	0	1	1	3
1	1	2	1	2
2	2	3	1	4
3	3	0	1	5
4	1	5	2	3
5	5	4	2	6
6	4	2	2	4

Cara	Aristas
1	0 1 2 3 NULL
2	4 5 6 1 NULL
3	

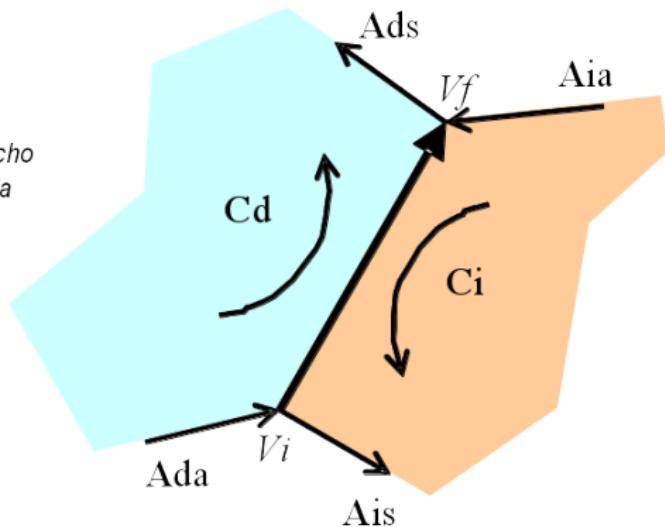
Vértice	X	Y	Z
0	0	0	0
1	0	2	-1
2	0	3	2
3	0	1	2
4	2	4	1
5	2	3	-1



Leyenda:

- Vi - Vértice inicial de la arista
- Vf - Vértice final de la arista
- Cd - Cara que recorre la arista al derecho
- Ci - Cara que recorre la arista invertida
- Ada - Arista anterior según Cd
- Ads - Arista siguiente según Cd
- Aia - Arista anterior según Ci
- Ais - Arista siguiente según Ci

Sólido = lista de aristas



2 vértices

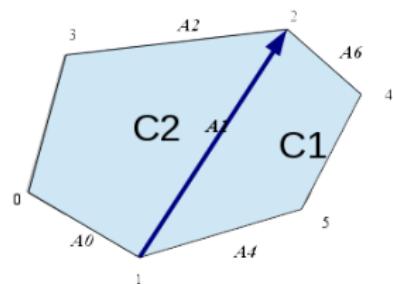
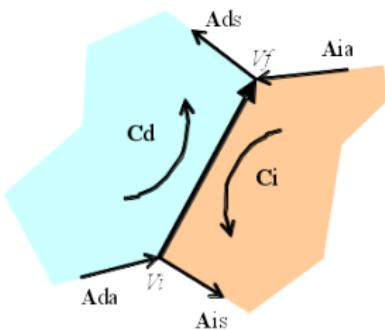
Arista = 2 caras (una que recorre la arista derecha y otra inversa)
arista anterior y siguiente al recorrer cada cara

Aristas aladas

Aristas	Vi	Vf	Cd	Ci	Ada	Ads	Aia	Ais
0	0	1	1		3	1		
1	1	2	2	1	0	2	6	4
2	2	3	1		1	3		
3	3	0	1		2	0		
4	5	1		2			1	5
5	4	5		2			4	6
6	2	4		2			5	1

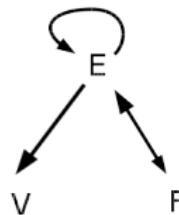
Cara	Arista	Normal
1	4	(1,0,0)
2	0	(0,1,0)
3		

Vértice	X	Y	Z
0	0	0	0
1	0	2	-1
2	0	3	2
3	0	1	2
4	2	4	1
5	2	3	-1



Propiedades

- El elemento central son las aristas
- Mallas manifold
- Añadiendo enlaces V-E se puede mover por todo el diagrama



Criterios

- Tamaño de las mallas (vértices/caras)
- Velocidad y memoria del ordenador
- Tipos de mallas (triángulos/quads/polígonos)
- Funcionalidad necesaria
- Nicel de redundancia

Aumentar la redundacia

- Acelera las consultas
- Hace mas complejas y lentas las actualizaciones

Modificación directa

- Mover elementos (vértices, caras, aristas)
- Subdividir
- Cortar aristas

Selección

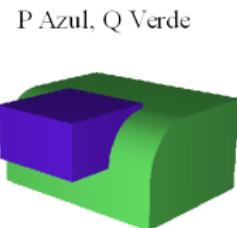
- Un elemento: vértice, cara, arista
- Varios elementos: anillos, zonas interiores

Barrido

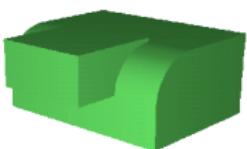
- Barrido lineal
- Revolución
- Barrido generalizado



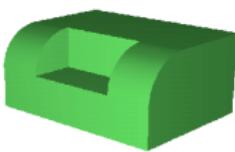
Operaciones booleanas



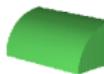
P Azul, Q Verde



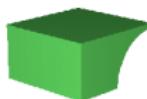
Unión: $P \cup Q$



Diferencia: $Q - P$



Intersección: $P \cap Q$



Diferencia: $P - Q$

Curvas y superficies

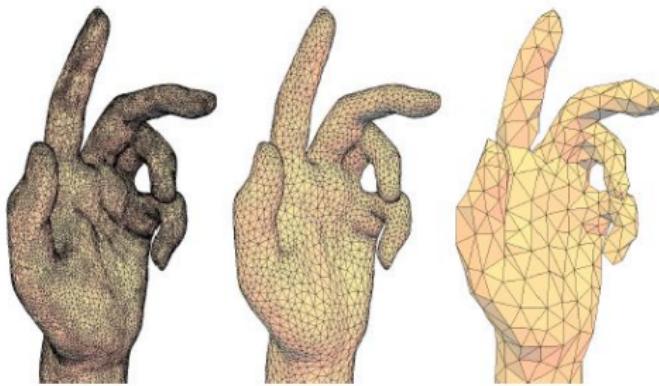
Curvas y superficies

Archivo: Tema2_5_Curvas_Superficies

Modelos multiresolución. Simplificación

Simplificación

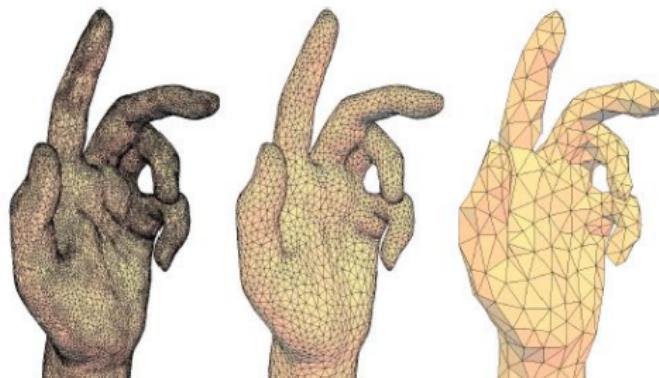
- Métodos de reducción de la complejidad del modelo
- El modelo resultante tiene menos elementos geométricos y mantiene la forma
- el objetivo puede ser reducir el tamaño o el tiempo de procesamiento



(a) 25,000 vertices. (b) 5,000 vertices. (c) 500 vertices.

Componentes

- Estrategia para reducir elementos
- Criterio para elegir elementos a eliminar
- Método de eliminación

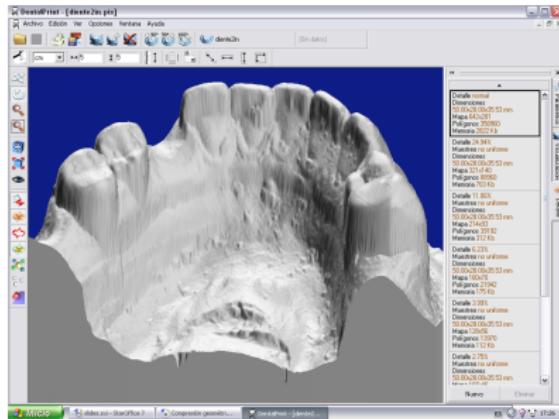


(a) 25,000 vertices. (b) 5,000 vertices. (c) 500 vertices.

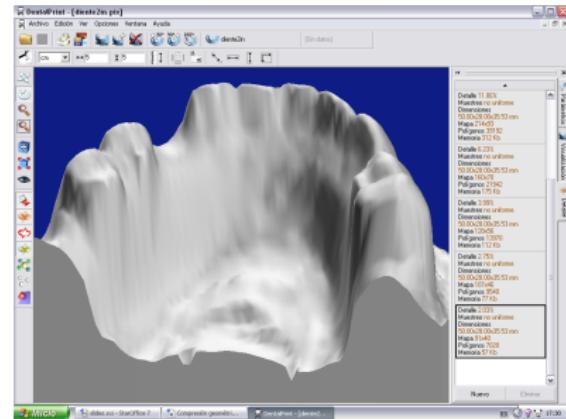
Ramsay Dyer, Hao Zhang, and Torsten Moeller, "Delaunay Mesh Construction," Proc. of Eurographics Symposium on Geometry Processing (SGP) 2007, pp. 273-282

Componentes

- Estrategia para reducir elementos
- Criterio de importancia
- Método de eliminación



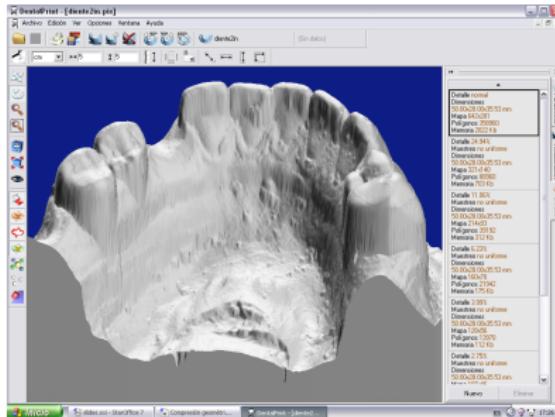
Dentalprint: 359K triángulos (2.8MB)



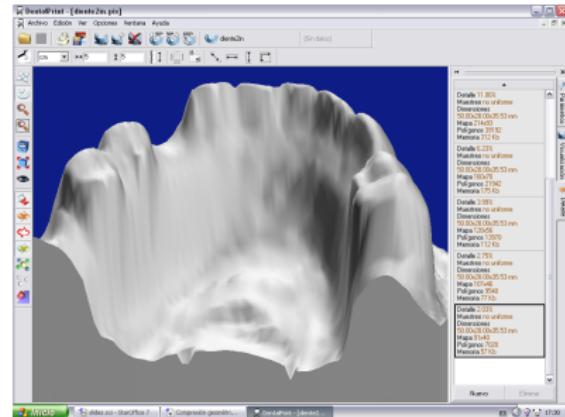
7k triángulos (57KB)

Métodos incrementales

- Realizan actualizaciones locales
- Cada actualización reduce el tamaño de la malla
- Los elementos se ordenan de acuerdo a un criterio de error



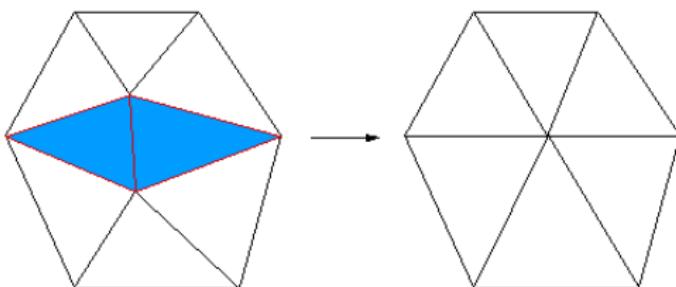
Dentalprint: 359K triángulos (2.8MB)



7k triángulos (57KB)

Elimina aristas de forma incremental

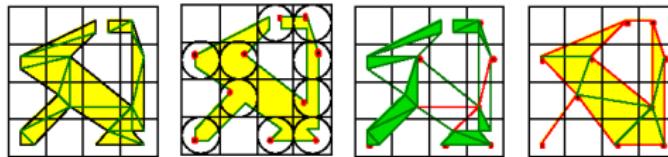
- Selecciona la arista mas corta
- Elimina los dos triángulos adyacentes
- Colapsa los dos vértices adyacentes



Paul Bourke: "Surface (polygonal) Simplification".
<http://paulbourke.net/geometry/polygonmesh/>

Discretiza el espacio en celdas cúbicas

- Fusiona los vértices que están en la misma celda
- Elimina los elementos degenerados
- Puede alterar la topología del modelo

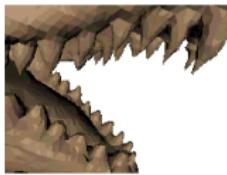


Jarek Rossignac: Simplification and Compression of 3D Scenes.
EUROGRAPHICS'97 Tutorials.

Modelo multi-resolución

Representación que permite extraer en tiempo real un modelo a diferentes niveles de resolución, dependiendo de la distancia al observador o la importancia del elemento.

- El cambio de nivel de detalle puede ser apreciable (elevaciones "popping").
- La transición suave de imagen se puede conseguir usando alpha "blending"



(a) Close inspection



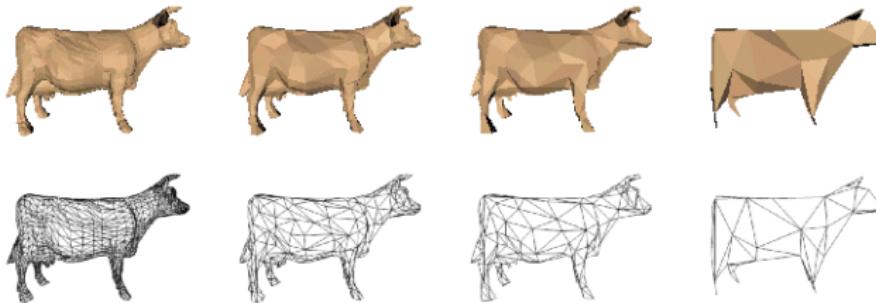
(b) Normal viewing

#

(c) Far in distance

Multi-resolución discreta

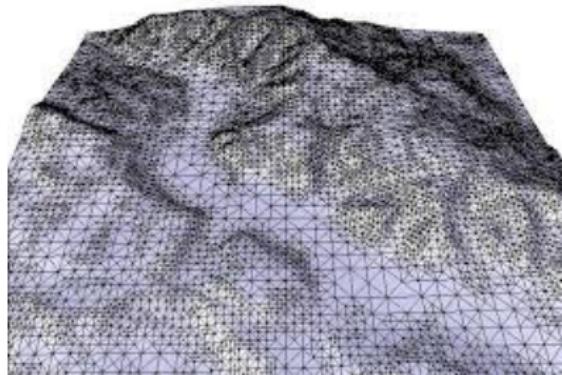
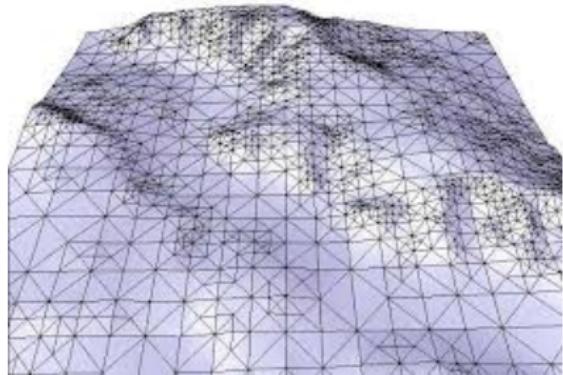
- Se almacena una colección de niveles de detalle precalculados
- En cada momento se selecciona el nivel con el que se trabaja
- Los niveles de detalle se generan por simplificación



Modelos multi-resolución continuos

Multi-resolución continua

- Se almacena un único modelo utilizando estructuras jerárquicas
- La representación permite obtener la geometría del modelo con diferentes niveles de detalle
- Se puede usar distinto nivel detalle en diferentes zonas

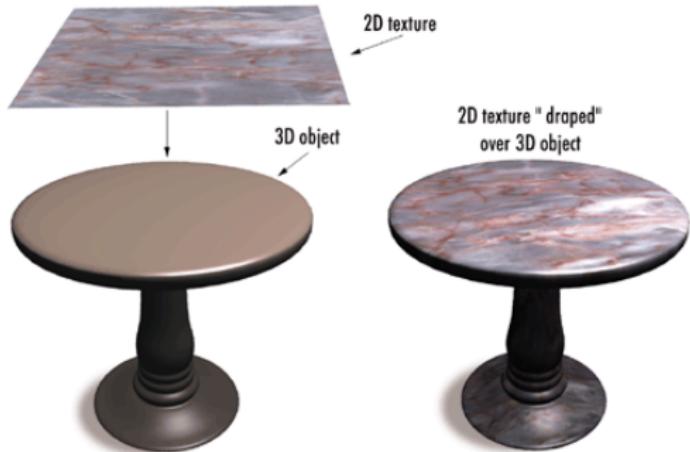


Texturas

Una textura es una imagen almacenada en la memoria de la GPU.

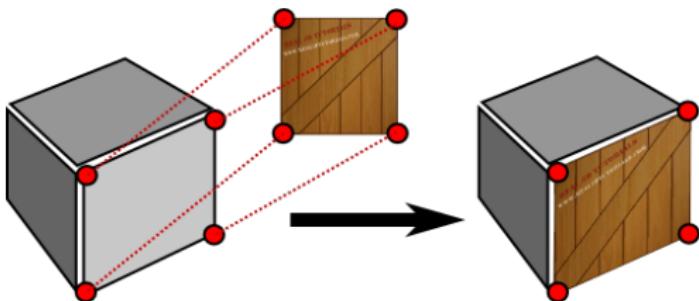
Texture mapping

- Aplicación de una imagen para dar color a cada punto de una superficie
- La textura suele ser una imagen 2D



Texture mapping

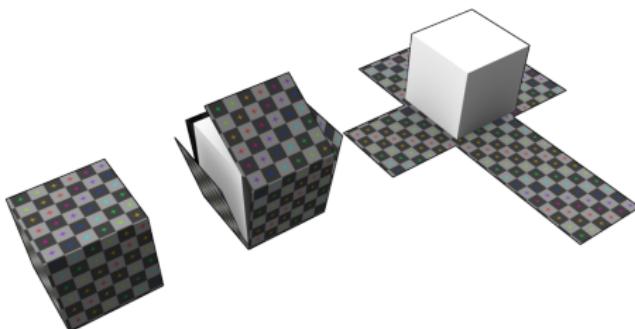
- Para aplicar la textura se hace corresponder cada vértice de la malla con un punto de la textura
- La correspondencia se establece asociando al vértice las coordenadas del punto de la textura (coordenadas de textura)
- Las coordenadas de textura se dan normalizadas



Las coordenadas de textura se puede obtener desplegando las caras del objeto

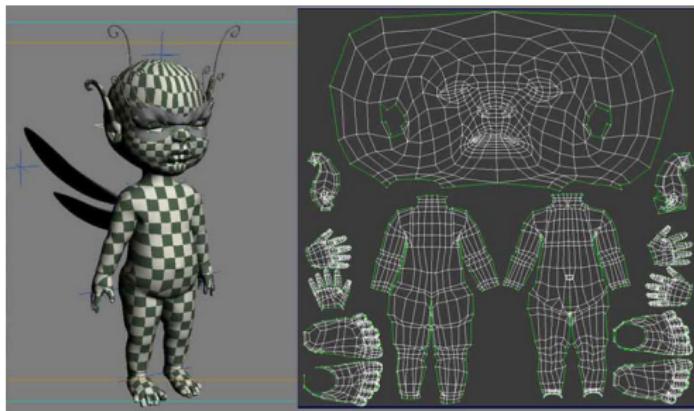
Al desplegar el modelo pueden aparecer:

- Islas
- Aristas "abiertas" formando costuras ("seams") en el modelo
- Zonas no utilizadas en la textura



Ejemplo de parametrización

- Para que no se aprecien las costuras es necesario que la imagen de la textura sea continua a través de ellas.
- Si la parametrización no es uniforme distintas zonas del modelo tendrán distinto nivel de detalle



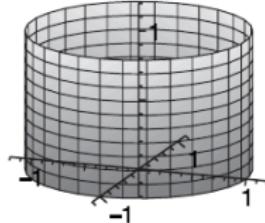
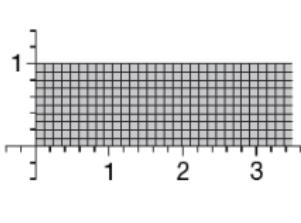
Se puede realizar la parametrización de forma automática o manual

Parametrización automática

- Envolver el objeto con una superficie paramétrica
- Asignar coordenadas de textura en a partir de puntos correspondientes en la superficie
- La parametrización es la inversa de la función paramétrica que define la superficie

$$\text{parameterization: } f(u, v) = (\cos u, \sin u, v)$$

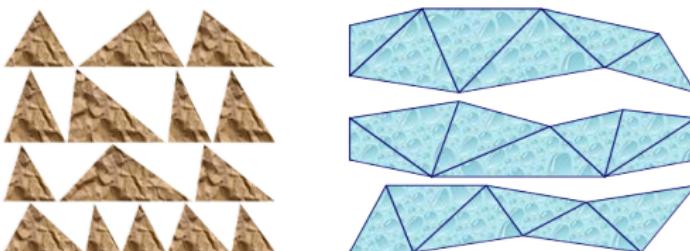
$$\text{inverse: } f^{-1}(x, y, z) = (\arccos x, z)$$



La proyección genera distorsiones y no es unívoca

Se puede obtener representando cada triángulo de forma independiente o desplegando cintas de triángulos

- Genera muchas costuras
- Genera muchos espacios perdidos
- Genera muchas islas

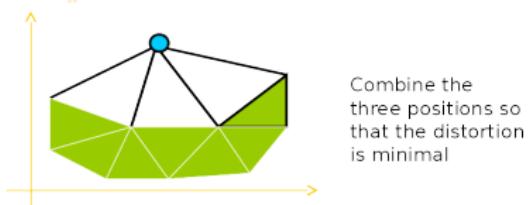
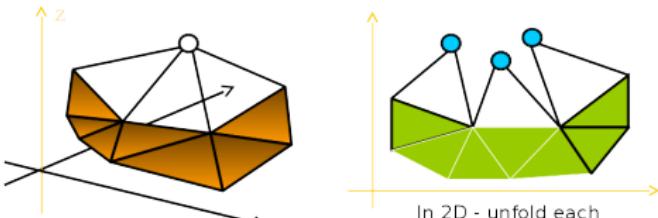


Olga Sorkine and Daniel Cohen-Or: Warped textures for UV mapping encoding.
SHORT PAPER EUROGRAPHICS 2001

Para hacer una parametrización sin distorsión y con menos costuras utilizando métodos más complejos

Warped textures for UV mapping encoding

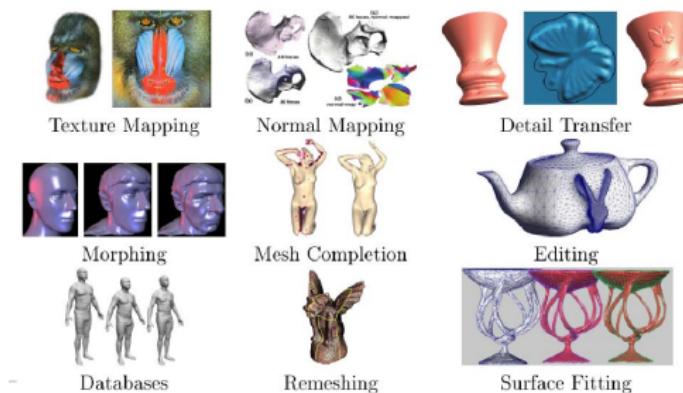
- Seleccionar un triángulo
- Desplegar vecinos mientras la distorsión este acotada
- Cuando no se pueda continuar comenzar una nueva isla



Aplicaciones de la parametrización

Se utiliza entre otras operaciones para:

- Editar
- Morphing
- Reparar mallas



Olga Sorkine and Daniel Cohen-Or: Warped textures for UV mapping encoding.
SHORT PAPER EUROGRAPHICS 2001

Un atlas de texturas es una imagen que contiene la textura de varios objetos de la escena.

Se utilizan para minimizar la carga de texturas en la GPU.



Digitalización

Archivo: Tema2_8_Digitalizacion

Técnicas de aceleración de la visualización

Archivo: Tema2_9_Indexacion