

Neuaufteilung polygonaler Oberflächen

Beke Junge

15.01.2013

Inhaltsverzeichnis

Motivation

Neuaufteilung mit gemeinsamer Kachelung

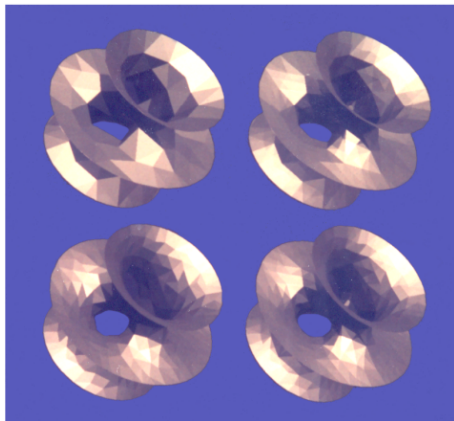
Erweiterungen

Oberflächenkrümmung

Interpolation zwischen den Modellen

Ziel

Automatische Erzeugung verschiedener Detaillevel einer Polygondarstellung



Motivation

- ▶ schnelleres Rendering von Szenen
- ▶ manuelle Detaillevelerstellung sehr zeitintensiv
- ▶ Featuretracking
- ▶ Samplingprobleme werden vermieden

Neuaufteilung mit gemeinsamer Kachelung

Input: Polygonale Oberfläche

Output: Triangulierte Oberfläche mit n Knoten

- ▶ n durch den Nutzer spezifiziert

Einschränkungen:

- ▶ Polygone müssen konkav/konvex sein
- ▶ Löcher sind erlaubt
- ▶ Kante darf höchstens von zwei Polygonen geteilt werden

⇒ vereinfachtes Modell folgt der gleichen Topologie und Geometrie

- ▶ keine Blasen
- ▶ keine falschen Verbindungen

ABER: kein Algorithmus für alle Arten von Objekten

⇒ Algorithmus funktioniert für gekrümmte Oberflächen:

- ▶ Iso-Oberflächen aus medizinischen Daten/ molekulare Grafiken
- ▶ glatte Mannigfaltigkeiten
- ▶ organische Formen: Tiere, Menschen

Knotenverteilung über Punktrückstoß

Ziel: Gleichverteilung von n Knoten über die Oberfläche

- ▶ Verteilung von n Knoten auf der Polygonoberfläche
 - ▶ Knoten sollen in den Ebenen der Polygone liegen
 - ▶ Annahme:
 - ▶ Polygonoberfläche liefert gute Indizien über die „echte“ Oberfläche
 - ▶ ABER: Knoten nicht gut gewählt
 - ▶ Ziel: Neue Knoten sollen trianguliert möglichst gleichmäßige Dreiecke bilden
- ⇒ Punktrückstoßmethode

Punktrückstoßmethode

- ▶ zufällige, gleichmäßige, flächengewichtete Verteilung von n Knoten auf die Polygone
- ▶ für jeden neuen Knoten P :
 - ▶ projiziere die Nachbarknoten von P auf die Tangentialebene von P
 - ▶ betrachte das System als physikalisches System
 - ▶ berechne die Rückstoßkräfte der Nachbarknoten von P zu P
 - ▶ Rückstoßkraft ist eine linear abfallende Funktion in Bezug auf Distanz
 - ▶ bewege die Nachbarknoten von P weg

gemeinsame Kachelung

Ziel: Triangulierung die Oberfläche mit allen alten und neuen Knoten

- ▶ jedes Polygon wird mit alten und neuen Knoten mit Greedy trianguliert
- ▶ Triangulierung wird in der Ebene des Polygons ausgeführt
- ▶ die Kanten des alten Polygons müssen erhalten bleiben



Abbildung: gemeinsame Kachelung mit Greedy

$\Rightarrow n$ Knoten im Quadrat $\rightarrow 2n + 2$ Dreiecke

- ▶ Zwischenschritt, der die Topologie und Geometrie exakt erhält

Entfernung alter Knoten

Ziel: Entferne alle alten Knoten, trianguliere die Oberfläche neu

- ▶ Garantie: keine Verletzung der Geometrie/Topologie der Originaloberfläche
- ▶ Triangulierung wiederum mit Greedy

Entfernung alter Knoten

Entferne alten Knoten R

- ▶ $V = \{\text{Menge aller Nachbarknoten von } R\}$
- ▶ $T = \{\text{Menge aller Dreiecke, die } R \text{ enthalten}\}$
- ▶ $E = \{T \setminus \text{Kanten} \in T, \text{ die } R \text{ enthalten}\}$
- ▶ projiziere alle Knoten in V auf Tangentialebene an R
- ▶ Konsistenztest

Konsistenztest

Kann R wirklich entfernt werden, ohne die Topologie und Geometrie des Objekts zu verletzen?

1. Wird die Umgebung um R gefaltet, wenn R entfernt wird?

- ▶ die projizierten Kanten aus E, dürfen sich auf der Tangentialebene nicht schneiden (außer in den projizierten Knoten)
- ▶ teste weitere Orientierungen auf Schnitffreiheit (hier 13)

⇒ wird eine schnitffreie Ebene gefunden, kann R weiterhin entfernt werden

2. Werden Teile verbunden, die nicht zusammengehören?

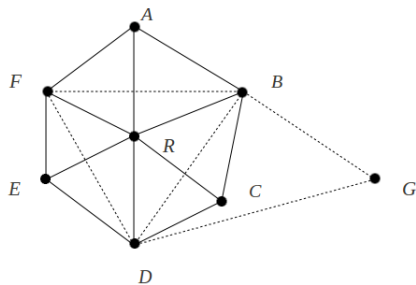


Abbildung: Situation, die vermieden werden muss

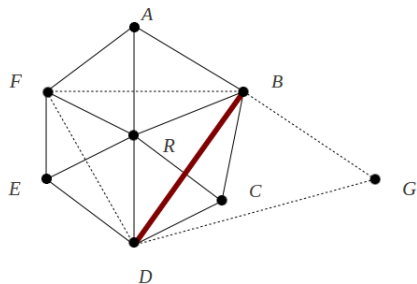


Abbildung: Situation, die vermieden werden muss

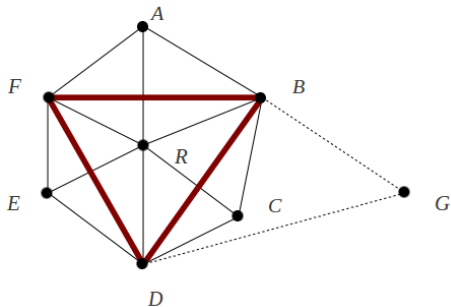


Abbildung: Situation, die vermieden werden muss

Diese Situation verletzen die Voraussetzungen.

- ▶ werden beide Tests bestanden, wird R entfernt und auf der Ebene neutrianguliert

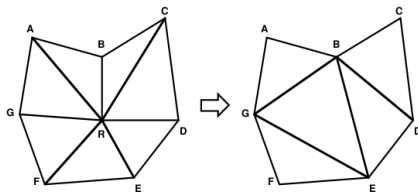


Abbildung: Entfernung des Knoten R

Dreiecksform

Optional: Verbesserung der Dreiecksform

- ▶ betrachte jeden Knoten und re-trianguliere in seiner Nachbarschaft
- ▶ um Fehler zu vermeiden: Konsistenztest
- ▶ 1-2 Re-Triangulierungsvorgänge sind sinnvoll, um die Dreiecksform zu verbessern

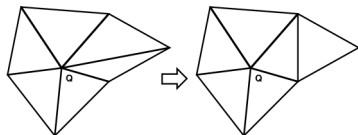


Abbildung: lokale Re-Triangulierung

Optional: Erweiterung des bestehenden Algorithmus, um Randpolygone zu behandeln

- ▶ für Randpolygone muss jeder Algorithmusschritt gesondert behandelt werden.
- ▶ für Randknoten R gelten folgende Regeln:
 - ▶ R wird behalten, wenn R zwei Randkanten eines Polygons verbindet.
 - ▶ R wird behalten, wenn R mehr als zwei Randkanten verbindet.
 - ▶ R wird entfernt, wenn R zwei Randkanten verschiedener Polygone verbindet.

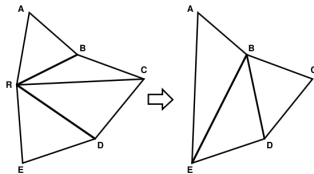


Abbildung: Entfernung von Randknoten

Robustheit der Neukachelung

- ▶ große Stärke: Reduktion eines 3D-Problems auf ein 2D-Problems
- ▶ Vermeidung von Mehrdeutigkeiten: Polygonzugehörigkeit von Punkte, Schnitte von Kanten
- ▶ jedes Teilproblem muss die Menge E unberührt lassen → Ränder bleiben identisch
- ▶ Greedy verwendet für die 2D-Triangulierung ein 3D-Maß

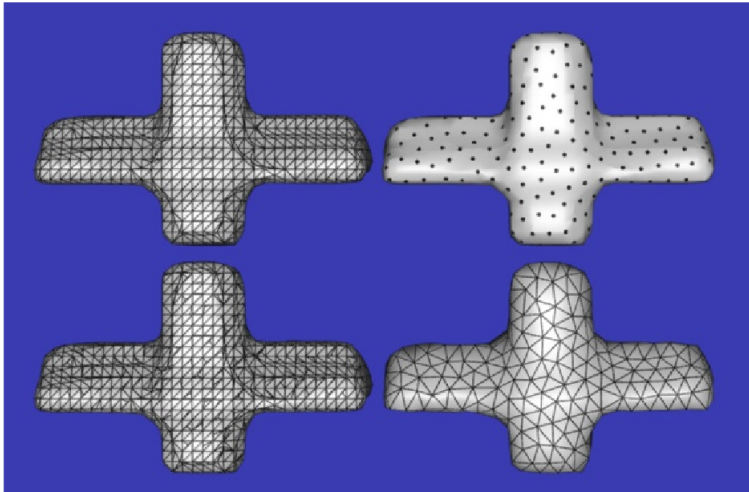


Abbildung: Neukachelung einer Oberfläche

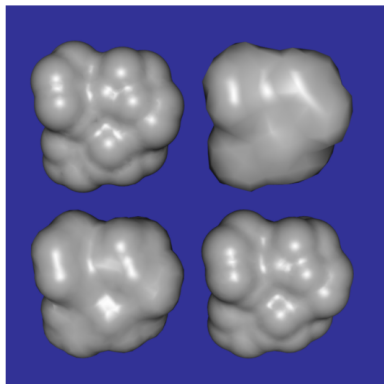
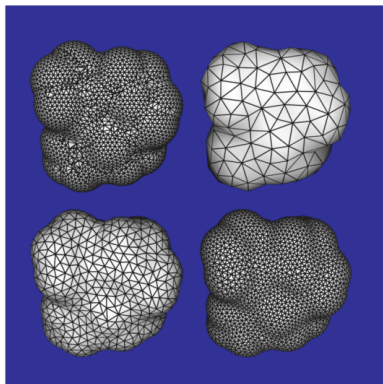


Abbildung: Neukachelung eines Kohlenhydrats, Original (3675 Knoten),
201, 801, 3676

Oberflächenkrümmung

Punktrückstoß verteilt Punkte gleichmäßig über die Oberfläche.

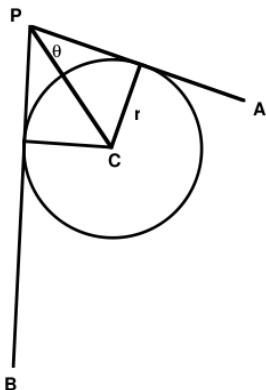
ABER: Bei gekrümmten Oberflächen bessere Verteilung möglich

⇒ Maß für die Krümmung eines Objektes

- ▶ oft ist diese Information nicht verfügbar
- ▶ Approximation der Oberflächenkrümmung nur über Polygone
⇒ maximale Hauptkrümmung



Approximation der Oberflächenkrümmung

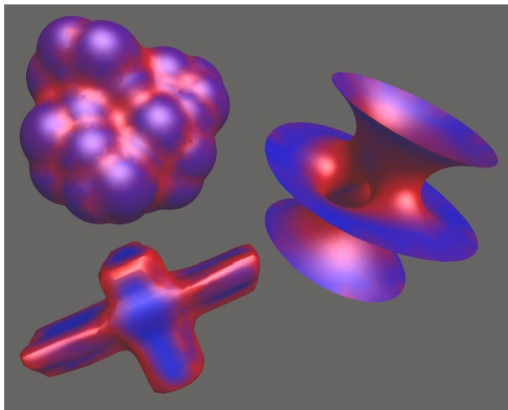


- ▶ Kreis tangential zu PA , PB
- ▶ $r = \tan(\Theta)|P - A|/2$
- ▶ $r = \text{Ma\ss}$ f#r die Kr#mmung

3D- Approximation

- ▶ ersetze PC durch Normale N der Oberfläche an Punkt P
- ▶ betrachte jeden Knoten Q_i , der mit P verbunden ist.
- ▶ berechne für jedes i :
 - ▶ Einheitsvektor $V = \frac{Q_i - P}{\|Q_i - P\|}$
 - ▶ $\Theta_i \approx \arccos\langle N, v \rangle$
 - ▶ Radiusapproximation für PQ_i $r_i \approx \tan(\Theta_i)|P - Q_i|/2$
- ▶ finale Approximation des Radius: $r = \min_i(r_i)$

⇒ r Mittelwert der Radien der Nachbarknoten
Für jeden Knoten wird dieser Wert gespeichert.



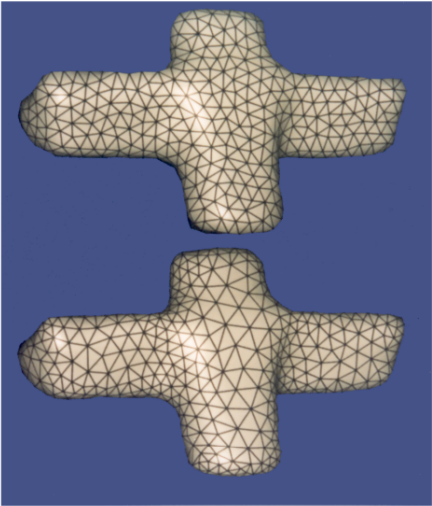
Erhöhung der Punktkonzentration in gekrümmten Objektregionen

Ziel: Mehr Punkte auf Polygonen, die in gekrümmten Regionen liegen.

- ▶ Erinnerung: Punktplatzierung ist flächengewichtet
- ▶ erhöhe das Gewicht für Polygone in gekrümmten Oberflächen
⇒ mehr Punkte auf diesen Polygonen
- ▶ in gekrümmten Oberflächen: weniger Punktrückstoß als in flachen Regionen
⇒ gemittelte Krümmungsabschätzung als Wert für den Radius des Punktrückstoß
⇒ mehr Punkte in gekrümmten Flächen

Neuaufteilung polygonaler Oberflächen

└ Oberflächenkrümmung



Interpolation zwischen den Modellen

- ▶ natürliche Schachtelung bei Polygonen in einem Rechtecksgitter
⇒ Detaillevel durch unterschiedliche Abtastraten
- ▶ jeder Knoten im reduzierten Gitter, ist auch im Originalgitter vorhanden

Ziel: Schachtelung verschiedener Detaillevel für beliebige Polygonmodelle

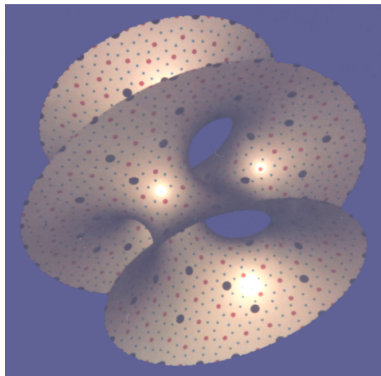
- ▶ alle Knoten in vereinfachten Modellen sollen in den detaillierteren Modellen vertreten sein

Erstellung verschieden detaillierter Modelle

Input: detailliertes Polygonmodelle

Output: vereinfachte Modell mit x, y, z Knoten

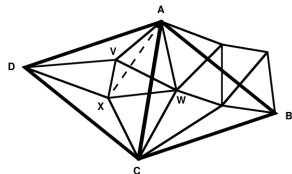
- ▶ verteile x Knoten mit Punktrückstoß auf der Oberfläche
- ▶ erstelle das Modell mit y Knoten:
 - ▶ halte x Knoten fest
 - ▶ füge $y-x$ Knoten mit Punktrückstoß hinzu
- ▶ analog für das Modell mit z Knoten



Glatte Interpolation zwischen den Modellen

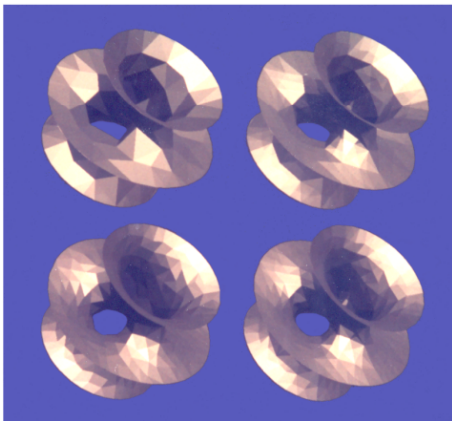
H= hochdetailliertes Modell L=niedrigdetailliertes Modell

- ▶ initialisiere jedes Dreieck in H mit einer Liste von Polygonfragmenten, enthält anfangs eine Kopie der originalen Dreiecksform
- ▶ zudem erhält jedes Dreieck in H eine Liste mit Punkten, die auf dieses Dreieck abgebildet werden, anfangs leer
- ▶ alle folgenden Schritte werden in einer Ebene ausgeführt



- ▶ entferne den Knoten $V \in H$
 - ▶ — — entsteht durch Neutriangulierung, 4 Dreiecke werden durch 2 ersetzt
 - ▶ — — teilt AVW und VWX in zwei Teile
 - ▶ der Liste von AWX werden AWV, VWX , 2 Polygonfragmente zugeteilt
 - ▶ analog für AXD
 - ▶ V wird auf AXD abgebildet
- ▶ Lineare Interpolation zwischen den Polygonfragmenten

Ziel: Interpolation zwischen verschiedenen Modellen über
Neuaufteilung



Literaturangaben

1. Re-Tiling Polygonal Surfaces, Greg Turk, University of North Carolina at Chapel Hill, 1992
2. Generating Textures on Arbitrary Surfaces Using Reaction-Diffusion, Greg Turk, University of North Carolina at Chapel Hill, 1991