

Programmierübung 6: Kurven und Flächen, Herbst 2012

Abgabedatum: Donnerstag 20. Dezember, 12 Uhr

In diesem Projekt implementieren Sie Funktionalität um Rotationskörper mit Bézier Kurven zu erzeugen. Sie werden diese Funktionalität dann verwenden, um eine Szene mit mehreren Objekten zu modellieren. Die Abgabe des Projekts erfolgt wie üblich per Ilias bis am Donnerstag 20. Dezember um 12 Uhr, sowie direkt an die Assistenten gemäss Einschreibeliste.

Zusätzlich enthält dieses Projekt eine Bonusaufgabe. Sie können sich mit der Lösung dieser Aufgabe einen Bonus für die Prüfung von bis zu 0.5 Notenpunkten erarbeiten.

1 Rotationskörper mit Bézier Kurven (6 Punkte)

Implementieren Sie eine Funktion oder Klasse, die mit Bézier Kurven einen Rotationskörper erzeugt. Rotationskörper werden konstruiert, indem zuerst eine 2D Kurve in einer Ebene definiert wird. Diese Kurve wird dann um eine Achse in dieser Ebene gedreht, so dass eine Oberfläche erzeugt wird. Die Idee dieser Übung ist, stückweise Bézier Kurven zur Definition von Rotationskörpern zu verwenden. Weitere Details und Erklärungen zu Rotationskörpern finden Sie zum Beispiel auch auf [Mathworld](#) oder [Wikipedia](#).

Um ein Dreiecksgitter zu erzeugen, soll die Kurve zuerst an einer Sequenz von Punkten in der Ebene evaluiert werden. Diese Punkte können dann um die Rotationsachse gedreht und zu einem Dreiecksgitter verbunden werden.

Sie sollen weiter für jeden Eckpunkt Oberflächennormalen und Texturkoordinaten erzeugen. Normalen können folgendermassen berechnet werden: Angenommen Ihre 2D Kurve ist von der Form $(x(t), y(t), 0)$. Sie können zuerst die Tangente $(x'(t), y'(t), 0)$ zur Kurve berechnen. Die entsprechende Normale ist $(-y'(t), x'(t))$. Die Normale wird dann mit den erzeugten Punkten um die Rotationsachse gedreht. Um uv -Texturkoordinaten zu berechnen können Sie den Parameter der Kurve als u -Parameter verwenden, und der v -Parameter kann vom Rotationswinkel abgeleitet werden.

Ihre Funktion zur Erzeugung von Rotationsflächen soll folgende Ein- und Ausgabewerte verwenden:

Eingabe:

- Anzahl n der Bézier Segmente.
- Array der Bézier Kontrollpunkte in der xy -Ebene, das heisst Punkte $(x_i, y_i, 0)$. Um n kubische Segmente zu erzeugen brauchen Sie $(n - 1) \times 3 + 4$ Kontrollpunkte.

- Anzahl Punkte die entlang der Kurve evaluiert werden sollen
- Anzahl Winkelschritte die bei der Rotation verwendet werden

Ausgabe:

- Array von Eckpunkten
- Array von Oberflächennormalen
- Array von Texturkoordinaten
- Index array für Dreieckseckpunkte

2 Surface Subdivision (2 Punkte)

Implementieren Sie den Loop Surface Subdivision Algorithmus der in der Vorlesung besprochen wurde. Die Subdivision soll auf einer Winged Edge Structure durchgeführt werden. Die Methode *createMesh(VertexData)*, die aus einer VertexData eine Winged Edge Structure erzeugen kann, wird Ihnen in der Klasse *MeshData.java* zur Verfügung gestellt. Diese Methode erzeugt aus einer gegebenen VertexData 3 Tabellen, eine VertexTable, eine FaceTable und eine EdgeTable. Hilfsmethoden zur Verwendung der Winged Edge Structure um Nachbars-Edges und -Vertices zu finden sind in der Klasse *MeshData.java* ebenfalls bereits vorgegeben. Für mehr Details über diese Methoden lesen Sie die Methoden-Dokumentationen im Code selber.

Am besten implementieren Sie eine Methode *Loop()* in *MeshData.java*, die aus einer alten Winged Edge Structure eine Liste mit allen Vertices des neuen subdivided Meshes erzeugt, sowie einen Integer-Array der angibt, wie die Vertices zu Dreiecken verbunden werden (gleich wie der Integer-Array bei der VertexData). Mithilfe der vorgegebenen Methode *createMesh(List<Vertex>,int[])* kann dann daraus direkt eine neue Winged Edge Structure und eine neue VertexData erstellt werden. Die neu erstellte Winged Edge Structure kann dann für weitere Iterationen der Subdivision direkt verwendet werden, während die neu erzeugte VertexData direkt verwendet werden kann um das Mesh zu rendern. Um mehrfache Iterationen der Subdivision durchzuführen reicht es dann *Loop()* mehrmals aufzurufen. Demonstrieren Sie uns diese Funktionalität indem sie per Knopfdruck ein Mesh weiter subdividen können.

Beachten Sie dass nur geschlossene Dreiecksmeshes in eine Winged Edge Structure umgewandelt werden können, und weiter, dass jede Kante im Mesh zu genau zwei Faces gehören muss, d.h. das Mesh darf keine Ränder haben. Zwei simple Beispiels-Meshes die dies erfüllen werden in *Meshes.txt* zur Verfügung gestellt.

3 Modellierung einer Szene (2 Punkte)

Modellieren Sie eine Szene, in der Sie verschiedene Rotationskörper und/oder subdivided Surfaces verwenden. Die Szene soll mindestens drei verschiedene Objekte enthalten. Sie

können zum Beispiel ein **Stilleben** entwerfen, das aus einem runden Tisch mit einigen Objekten darauf besteht. Sie könnten eine Weinflasche, eine Kerze, Schachfiguren oder eine Vase etc. modellieren. Verwenden Sie passende Texturen, Materialeigenschaften und Farben.

4 Bonusaufgabe

Das Lösen der Aufgabe wird mit einem Bonus bis zu 0.5 Notenpunkten für die Prüfung honoriert. Implementieren Sie einen oder mehrere der folgenden Algorithmen:

- Shadow mapping. Es sollte möglich sein, die Lichtposition interaktiv zu verschieben. Verwenden Sie auch Percentage Closer Filtering.
- Bump mapping. Es sollte möglich sein, die Lichtposition interaktiv zu verschieben. Testen Sie zuerst mit einer Ebene. Für beliebige Objekte ist es aufwändiger. Sie können zum Beispiel **xNormal** verwenden, um für ein Dreiecksgitter mit Texturkoordinaten die Tangentenvektoren zu berechnen.
- Reflexion und Refraktion mit Environment Maps. Verwenden Sie die Approximation von Schlick für die Fresnel Gleichungen.
- Irradiance Environment Maps. Verwenden Sie **HDRShop** um die Irradiance Environment Maps zu erzeugen.
- Ambient Occlusion. Verwenden Sie das **xNormal** Tool um Dreiecksgitter mit entsprechenden Daten aufzubereiten.
- Catmull-Clark Surface Subdivision.

Demonstrieren Sie Ihre Implementation anhand einer möglichst attraktiven Szene. Die Bewertung der Aufgabe berücksichtigt die technische Schwierigkeit Ihrer Implementation sowie den ästhetischen Eindruck und den Aufwand für die Konstruktion der Szene.