GDV2 Übungsblatt 3

Abgabemodalitäten

Abgabetermin: 10.07.2006 - 9.50 Uhr

Abgabe des Programmierteils via E-Mail an uebung.gdvii@gris.informatik.tu-darmstadt.de. Die Mail sollte folgenden Inhalt haben:

- Gruppennummer und Namen der Mitglieder
- Nummern der bearbeiteten Teilaufgaben
- Eine kurze Erläuterung des Programms (drei Sätze)
- Verwendetes Betriebssystem und Entwicklungsumgebung
- Weitere Besonderheiten des Programms (zusätzliche Features, etc)
- Ein Zip-Archiv mit der ausführbaren .exe-Datei des Programms mit dem Namen *cg2_ex1_GRUPPENNR.exe* sowie dem fehlerfrei kompilierbaren Quellcode bzw. Arbeitsbereich

Zu jeder Übung werden einige zufällig gewählte Gruppen zum Testat eingeladen.

Die Theorieaufgaben bitte als Ausdruck oder handschriftlich in der Vorlesung am 22. Mai abgeben. Theorieaufgaben ohne Gruppennummern auf allen Blättern können leider nicht bewertet werden.

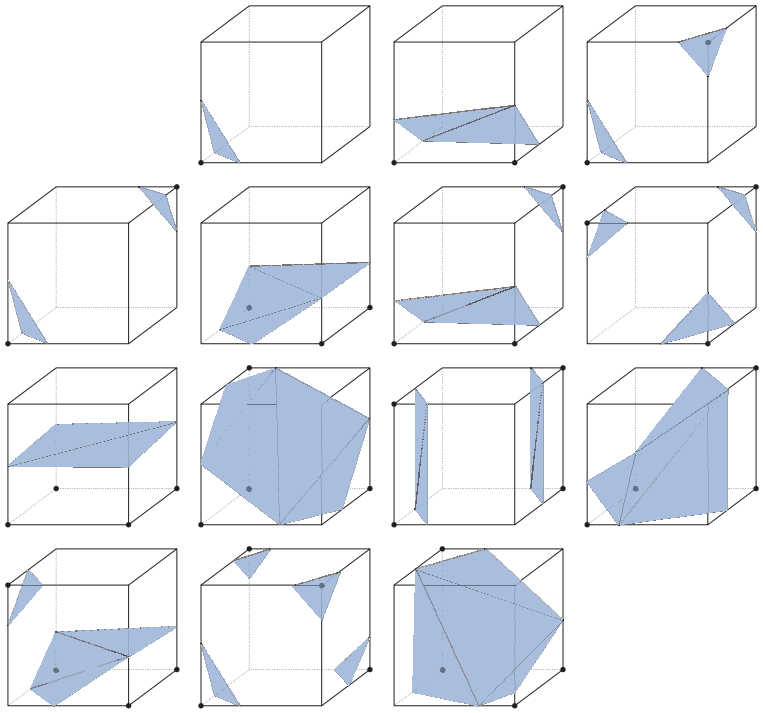
PD Dr. Frank Zeilfelder
Daniel Dönigus
Thomas Kalbe

Dritte Programmieraufgabe

Marching Cubes

In dieser Programmieraufgabe sollen mit Hilfe des in der Vorlesung behandelten „Marching Cubes“ Verfahrens Dreiecks-Netze aus vorhandenen Voxel-Daten gewonnen werden.
In medizintechnischen Anwendungen, zum Beispiel durch die Computertomographie, Voxel-Daten eines gescannten Objekts gewonnen. Hierbei liegen auf einem dreidimensionalen Gitter verschiedene Dichtewerte vor, die das gescannte Objekt repräsentieren.
Um das Voxel-Gitter in einer hohen Auflösung darzustellen werden viele Punkte benötigt, was in einem hohen Speicherbedarf resultiert. Die “Marching Cubes“ Methode ermöglicht es Iso-Oberflächen des Volumen-Modells durch ein Dreiecks-Netz zu approximieren und danach effizient zu visualisieren. Ein gewählter Iso-Wert bestimmt die Randfläche des zu repräsentierenden Objekts. Alle Voxel-Werte unter diesem Schwellwert liegen innerhalb des Objekts, während alle Voxel-Werte über diesem Wert ausserhalb des Objekts liegen.

Beim „Marching Cubes“ Verfahren wird der zu repräsentierende Raum in ein Gitter aus vielen kleinen Würfeln zerteilt. In den Eckpunkten der einzelnen Würfeln liegt jeweils durch die Voxel-Daten ein Dichtewert vor. Mit Hilfe des ISO-Wertes werden verschiedene Dreiecke in einem Würfel erzeugt, wenn benachbarte Eckpunkte eines Würfels sowohl ausserhalb, als auch innerhalb des Objektes liegen.



Lokale Tesselierung der Marching Cubes”

PD Dr. Frank Zeilfelder
Daniel Dönigus
Thomas Kalbe

Aufgaben

15. Lesen Sie die Rohdaten eines Voxeldatensatz von [5] oder [6] ein und visualisieren Sie die gegebenen Daten. In den Dateien stehen nur die Dichtewerte. Beachten Sie sowohl die gegebene Gittergröße als auch die Bits pro Voxelwert.
Sollten Sie Probleme haben Datensätze mit mehreren Bytes pro Voxelwert einzulesen, so beschränken Sie sich bitte auf das Einlesen von 8Bit-Daten.
Geben Sie dem Benutzer die Möglichkeit einen Iso-Wert einzustellen. Damit ist es möglich verschiedene Dichten innerhalb des Objektes anzeigen zu können.

    a) Stellen Sie jeden Voxelwert, der innerhalb des Objektes liegt, durch einen eingefügten Punkt dar. Die Dichte des Voxel-Werts bestimmt die Farbe des Punktes

    1 Punkte

    b) Eine einfache Möglichkeit der Visualisierung der Oberfläche besteht darin, die Punkte durch Kugeln zu repräsentieren. Die Größe der Kugeln wird durch die Abstände der einzelnen Voxel und den zugehörigen Dichte-Wert bestimmt.

    2 Punkte

16. Neben gegebenen Voxeldaten können Sie auch beliebige Funktionen an diskreten Punkten abtasten. Probieren Sie verschiedene Funktionen aus. Als Beispiele seien hier nur genannt:

    - Sphärische Funktion: $f(x,y,z) = x^2 + y^2 + z^2$
    - Eine Blob-Funktion: $g(x,y,z) = e^{(-5*((x-0.5)^2+y^2+z^2))} + e^{(-5*(x^2+(y-0.5)^2+z^2))}$
    - 3D-Sinc Funktion: $h(x,y,z) = sinc(x)sinc(y)sinc(z)$
    - Marschner Lobb Funktion: $\rho(x,y,z) = \frac{\left(1-sin(\pi z/2)+\alpha\left(1+\rho_r\left(\sqrt{x^2+y^2}\right)\right)\right)}{2(1+\alpha)}$,
      wobei $\rho_r(r) = cos\left(2\pi f_M cos\left(\frac{\pi r}{2}\right)\right)$, $f_M = 6$ und $\alpha = 0.25$

    2 Punkte

17. Erstellen Sie einen Octtree aufgrund der gegebenen Volumendaten. Die einzelnen Teilungsebenen müssen mit dem Gitter der Voxel-Werte übereinstimmen.

    Wenden Sie folgendes Unterteilungskriterium an:
    Jeder Unterwürfel wird weiter unterteilt, wenn innerhalb des Würfels (einschließlich dem Rand) Voxel-Werte sowohl oberhalb als auch unterhalb des Iso-Wertesliegen. Die Unterteilung darf erst beendet werden, wenn innerhalb eines Unterwürfels nur noch die Eckpunkte als Voxel-Werte übrig bleiben.

    Der Benutzer soll die Möglichkeit haben zwischen folgenden Visualisierungen des Octtrees umzuschalten:

    - Alle Zellen, die innerhalb des Objekts liegen, sollen dargestellt werden.
    - Alle Zellen, die ein Stück der Iso-Oberfläche enthalten sollen visualisiert werden.

    2 Punkte

PD Dr. Frank Zeilfelder
Daniel Dönigus
Thomas Kalbe

18. Implementieren Sie nun den „Marching Cubes“-Algorithmus, um die Volumendaten durch ein Polygonmodell zu approximieren. Benutzen Sie hierbei den zuvor erstellten Octtree, um die Anzahl der Würfel zu minimieren, die bei der Polygonalisierung herangezogen werden.

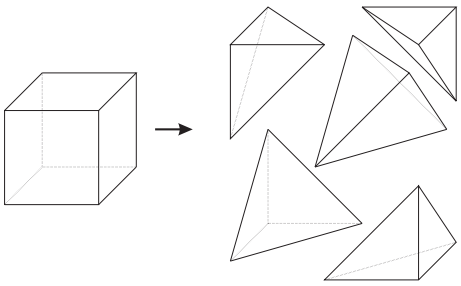
    Da bei der Triangulierung viele Möglichkeiten berücksichtigt werden müssen, dürfen Sie bestehende Lookup-Tabellen oder Code-Fragmente verwenden. Passen Sie ihren Quellcode entsprechend an.
    Das entstandene Polygonnetz soll sowohl mit Flat-Shading als auch mittels Gouraud-Shading angezeigt werden. Die Normalen in den Punkten können Sie wieder durch Mittelung der angrenzenden Dreiecksnormalen berechnen.
    Berechnen Sie die Normalen auch durch Verwendung der zentralen Differenzen an den Eckpunkten und entsprechende lineare Interpolation.
    Falls die Iso-Oberfläche durch eine Funktion berechnet wird, berechnen Sie die Normale auf der Funktion.

    2 Punkte

19. Es müssen nicht unbedingt Würfel zur Polygonalisierung herangezogen werden. Stellen Sie Lookup-Tabellen für Tetraeder auf und implementieren Sie ein „Moving Tets“ Verfahren.
    Die einzelnen Zellen sollen folgendermaßen in Tetraeder unterteilt werden:

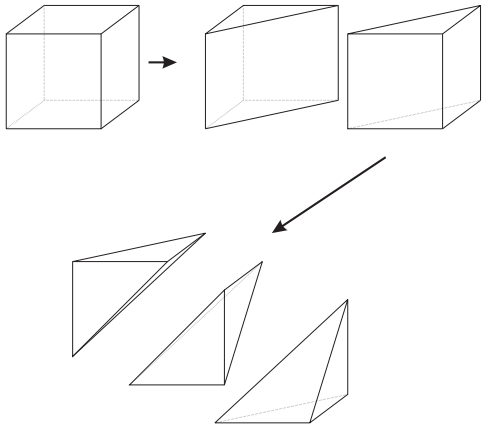
    3 Punkte

    a) Type-4-Partition:

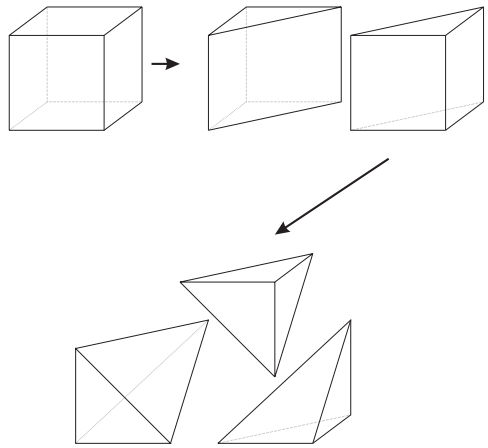
    1 Punkt

    b) Freudenthal-Partition:

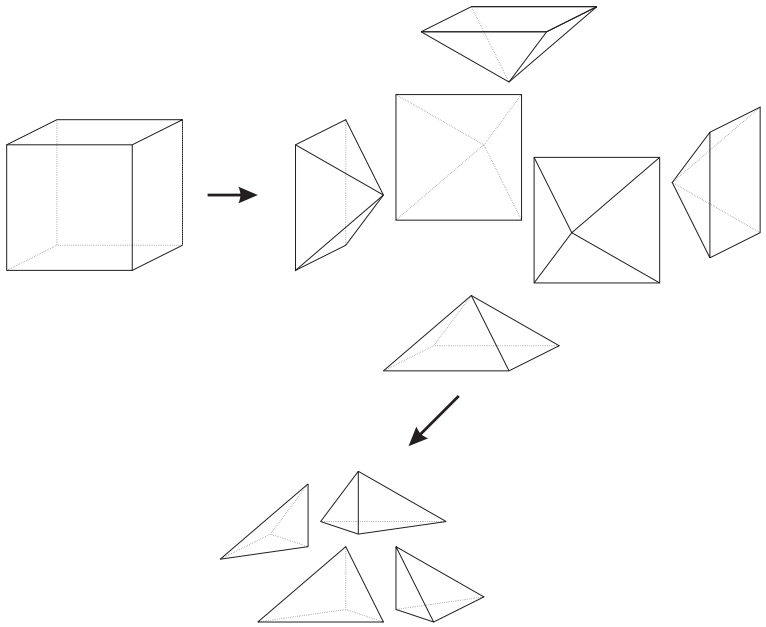
    1 Punkt

c) Type-3-Partition:



1 Punkt

d) Type-6-Partition:
Da bei dieser Partition auch Dichtewerte innerhalb des Würfels benötigt werden, sollten Sie hier eine Schrittweite von 2 wählen. Der hier abgebildete Würfel besteht also aus acht Würfeln Ihres Voxel-Gitters.



2 Punkte

PD Dr. Frank Zeilfelder
Daniel Dönigus
Thomas Kalbe

20. Um die Anzahl der Dreiecke zu reduzieren und um lange, dünne Dreiecke zu vermeiden gibt es die Möglichkeit des Grid-Snappings. Hierbei werden neu entstandene Punkte des Polygonnetze auf das Raster der Voxel-Werte gezogen, falls die neuen Punkte sehr nahe an diesem Raster liegen.
    Beachten Sie bitte, dass dadurch degenerierte Dreiecke entstehen, die sie nicht in das Polygonnetz aufnehmen dürfen.

    2 Punkte

21. Es sollte weiterhin möglich sein, mehrere Iso-Oberflächen gleichzeitig anzuzeigen. Die einzelnen Flächen sollten dann farblich voneinander unterschieden werden können.
    Wählen Sie gegebenenfalls eine größere Auflösung, falls die Berechnungen zu viel Zeit in anspruch nehmen.

    2 Punkte

*22. Versuchen Sie so weit wie möglich das Extended Marching Cubes Verfahren zu implementieren. Diese Aufgabe bezieht sich nur auf Aufgabe 17.

    4 Punkte

PD Dr. Frank Zeilfelder
Daniel Dönigus
Thomas Kalbe

Literatur

[1] P. Burke. *Polygonizing a scalar field* http://astronomy.swin.edu.au/~pbourke/modelling/polygonise/

[2] W. E. Lorensen, H.E. Cline. *Marching Cubes* http://www.cs.duke.edu/education/courses/fall01/cps124/resources/p163-lorensen.pdf

[3] L. P. Kobbelt, M. Botsch, U. Schwanecke, H-P. Seidel. *Extended Marching Cubes* http://www-i8.informatik.rwth-aachen.de/publications/downloads/feature.pdf

[4] Encanarcao, Strasser, Klein. *GDV II S.364-374*

[5] S. Roettger. *The Volume Library (Daten müssen konvertiert werden!)* http://www9.cs.fau.de/Persons/Roettger/library/

[6] Uni Tübingen. *Datasets and Viewers* http://www.volvis.org/