

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

FAKULTÄT INFORMATIK

INSTITUT FÜR SOFTWARE- UND MULTIMEDIATECHNIK

PROFESSUR FÜR COMPUTERGRAPHIK UND VISUALISIERUNG

PROF. DR. STEFAN GUMHOLD

Großer Beleg

Ground-Truth-Renderer für Partikelbasierte Daten

Josef Schulz

(Mat.-Nr.: 3658867)

Betreuer: Dipl-MedienInf. Joachim Staib

Dresden, 10. Februar 2015

Aufgabenstellung

Die Darstellung von Partikeldaten mittels Kugelglyphen ist in der wissenschaftlichen Visualisierung inzwischen etabliert. Gerade bei dichten Datensätzen stellen kompakte Anordnungen von sehr vielen Kugeln jedoch ein Problem für die Erkennbarkeit der zu visualisierenden Vorgänge dar. Eine Möglichkeit, diesem Problem zu begegnen ist es, über Blinn-Phong-Beleuchtung hinausgehende Effekte wie globale Schatten oder den Einsatz von Methoden aus dem Volume-Rendering zu integrieren. Durch deren Komplexität muss in Echtzeitvisualisierungen jedoch auf teilweise grobe Approximationen zurückgegriffen werden. Die Einschätzung der Approximationsqualität fällt häufig schwer, da keine Visualisierung des exakten Verfahrens verfügbar ist. Ziel dieser Belegarbeit ist die Umsetzung eines CPU-Renderers für Partikeldaten, der eine Reihe von erweiterten Visualisierungseffekten unterstützt. Er soll die Grundlage für Ground-Truth-Visualisierungen bieten. Zunächst soll eine geeignete Softwarearchitektur konzipiert und umgesetzt werden. Die Partikel sollen als mit lichtemittierendem und γ -absorbierendem Gas gefüllte Kugeln interpretiert werden. Es sollen anschließend Methoden entwickelt werden, um einen physikalisch plausiblen globalen Schattenwurf und Lichttransport für eine beliebige Anzahl an Punkt- und Richtungslichtquellen zu ermöglichen. Die dafür notwendigen Gleichungen für Kugeln mit konstanter Dichte und Emission, sowie linearer Absorption, sollen soweit wie möglich analytisch bestimmt und, sobald nicht mehr möglich, mittels möglichst exakter numerischer Integratoren ausgewertet werden.

Die Teilaufgaben umfassen:

- Umfassende Literaturrecherche zur globalen Beleuchtungsrechnung in der Volumen Visualisierung
- Schrittweise Konzeption und Umsetzung einer erweiterbaren Architektur zum Erzeugen von Ground-Truth-Bildern:
 1. Zunächst als Raytracer für opake Kugeln, der globale Schatteneffekte von frei positionierbaren Punkt- und Richtungslichtquellen unterstützt
 2. Umsetzung eines Renderers, der Kugeln als Volumen nach dem Emissions-Absorptions-Modell rendert, dabei analytische Bestimmung des Volume-Rendering-Integrals, einschließlich Integration direkter Beleuchtung unverdeckter Lichtquellen
 3. Erweiterung zu verdeckten Lichtquellen und Bestimmung der Lichtstärke- und Farbe für Lichtstrahlen durch verdeckende Kugeln
- Unterstützung für ein Standardformat wie VRML
- Evaluation in Bezug auf Korrektheit, Bildartefakte und (numerische) Grenzfälle

Optional:

- Unterstützung für Refraktionseffekte
- Unterstützung komplexerer Materialtypen

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die von mir am heutigen Tag dem Prüfungsausschuss der Fakultät Informatik eingereichte Arbeit zum Thema:

Ground-Truth-Renderer für Partikelbasierte Daten

vollkommen selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie Zitate kenntlich gemacht habe.

Dresden, den 10. Februar 2015

Josef Schulz

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
1.1	Vorvorwort	2
1.2	Vorwort	2
1.3	Vorbetrachtungen	3
1.3.1	Raycasting	3
1.3.2	Raytracing	3
1.3.3	Bidirectional Pathtracing	3
2	Ray-Caster	4
2.0.4	Die Kamera	4
2.0.5	Der Strahl	4
2.0.6	Schnittpunktberechnung	4
2.0.7	Volumen-Integral	4
2.0.8	Lokale Bleuchtung	4
2.0.9	Globale Beleuchtung	4
2.0.10	Material und Konstanten	4
2.1	Das Programm	4
2.1.1	Verwendete Technologien	4
2.1.2	UML-Klassen	4
3	Evaluation	5
3.0.3	Analytisches Ende	5
3.0.4	Numerische Grenzfälle	5
4	Fazit	6

1 Einleitung

1.1 Vorwort

Die Tiefenwahrnehmung, des Menschen in 2Dimensionalen Bildern basiert auf einem erlernten Physikalischen Verständnis für den Raum, für Licht und Schatten. Wird eine Menge von Kugeln auf eine Bildebene projiziert ist die Verdeckung ein wesentlicher Indikator für die Tiefe. Bei großen Mengen von Kugeln ist die Erkennung für die Lage dieser ohne Beleuchtungseffekte nur schwer einzuschätzen. Besser wird es, wenn die Wahrnehmung, nicht nur durch Lokale einfache Lichtberechnung, sondern durch eine Globale Gleichung erzeugt wird, die nach Physikalisch korrekten Prinzipien die Szene ausleuchtet. Da die resultierenden Bilder sich mit unserem Verständnis für die Verteilung im Licht decken.

In dieser Arbeit, soll es darum gehen einen Raytracer herzuleiten, der Kugeln mit einer Konstanten Dichte mittels Volumen-Integral beleuchtet. Da Numerische Methoden zu fehlern neigen und nur schlechte Laufzeiten erreichen, ist es ein Ziel dieser Arbeit das Emission-Absorptionsmodell weites gehend Analytisch zu bestimmen.

Im folgenden möchte ich auf bereits Publierte Arbeiten eingehen und diese im Verhältnis dazu einordnen.

1.2 Vorwort

Die Entwicklung des ersten Funktionsfähigen Ray-Tracers wird auf Arthur Appel, Robert Goldstein und Roger Nagel zurückgeführt. Diese erzeugten im Jahr 1963 an der University of Maryland, auf einem oszilloskopartigen Bildschirm das erste mit Ray-Tracing berechnete Bild. Viele der Verwendeten Algorithmen worden jedoch schon Jahre zuvor entwickelt. Nach Jahren der Weiterentwicklung von Computern, stehen heute Leistungsfähige Rechenmaschinen zur Verfügung die den Einsatz von Ray-Tracern praktikabel machen.

Ein Ray-Tracer ist ein Programm, welches die Wege und die Ausbreitung des Lichtes simuliert. Hierbei kann der Weg des Lichtes, entweder ausgehend von der Lichtquelle, oder ausgehend von der Kamera,

der Bildebene nachvollzogen werden. Betrachtet man den zweiten Fall, wird das Bild in Pixel unterteilt. Von jedem Pixel werden Strahlen in die Szene geschossen. An den Stellen, wo diese auf Objekte in der Szene treffen, wird eine Beleuchtungsrechnung durchgeführt. Die ermittelten Lichtintensitäten werden akkumuliert und in Farben übersetzt. Auf diese Weise lassen sich für jeden Pixel des Bildes die Farbwerte bestimmen.

Mit einem Ray-Tracer, lassen sich Szenen nach realen physikalischen Modellen beleuchten. Aus diesem Grund ist es ein Verfahren, mit dessen Hilfe sich Ground-Truth Daten erzeugen lassen. Ground-Truth bezeichnet in diesem Falle eine Optimale Lösung, die als Vergleichswert zur Evaluation anderer Verfahren geeignet ist.

Im Rahmen dieser Arbeit, wird der Aufbau eines Ray-Tracers beschrieben. Benötigt wird dieser zur realistischen Beleuchtung von Kugelglyphen. Dabei wird aus Partikeldaten eine Dichtefunktion geschätzt, welche die Materialeigenschaften der Kugel an jedem Punkt im Volumen definiert. Der Ray-Tracer, wird hierzu nach und nach erweitert. Zu Beginn wird die Beleuchtungsrechnung ausschließlich auf der Oberfläche durchgeführt. Diese wird später auf Volumen erweitert. Ziel dieser Arbeit ist es die Renderinggleichung, möglichst Analytisch zu lösen.

1.3 Vorbetrachtungen

1.4 Raycasting

1.5 Raytracing

1.6 Bidirectional Pathtracing

2 Ray-Caster

2.1 Die Kamera

2.2 Der Strahl

2.3 Schnittpunktberechnung

2.4 Volumen-Integral

2.5 Lokale Beleuchtung

2.6 Globale Beleuchtung

2.7 Material und Konstanten

3 Das Programm

3.1 Verwendete Technologien

3.2 UML-Klassen

4 Evaluation

4.0.1 Analytisches Ende

4.0.2 Numerische Grenzfälle

5 Fazit

Danksagung

Die Danksagung...

Erklärungen zum Urheberrecht

Hier soll jeder Autor die von ihm eingeholten Zustimmungen der Copyright-Besitzer angeben bzw. die in Web Press Rooms angegebenen generellen Konditionen seiner Text- und Bildübernahmen zitieren.