

Ground-Truth-Renderer für Partikelbasierte Daten

Josef Schulz

Technische Universität Dresden

July 14, 2015

Ziel der Arbeit:

- Entwicklung eines CPU-Renderers für Partikeldaten
- basierend auf dem Emissions- und Absorptionsmodell
- Unterstützung von beliebig vielen Punkt und Richtungslichtquellen
- Beschränkung auf Kugelglyphen
- Genauigkeit wird Geschwindigkeit übergeordnet
- liefert Ground-Truth-Bilder

Kugelglyphen werden mit Methoden der Volumendarstellung visualisiert:

- physikalische Plausibilität des Modells
- weitestgehend Analytische Lösung
- kompakte und geschlossene Gleichung
- Ground-Truth

Unterstützte Effekte:

- Transparenz
- globaler Schattenwurf

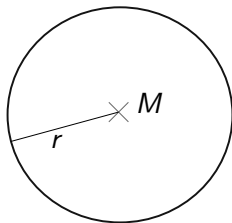
- Grundlagen
- Rendergleichung
 - EA-Modell
 - einfaches EA-Modell
 - erweitertes EA-Modell
- Resultate
- Fragen und Diskussion
- Quellen

Was ist Partikel

Ein Partikel ist ein:

- beliebiges geometrisches Objekt
- es wird durch eine Menge von Attributen beschrieben
- die Position ist ein obligatorisch Attribut

Parametrisierung eines kugelförmigen Partikels:



- M - Position
- r - Radius
- I_C - Farbe
- Θ_{MAX} - maximaler Opazitätswert

Visualisierung mit Methoden der direkten Volumendarstellung

Interpretation der Partikel als Gas gefüllte Kugeln

- Transparenzeffekte
- Kugelform wird erhalten
- globale Schatten aufgrund von Lichtabschwächung

- Optical Models for Direct Volume Rendering
~Nelson Max [12]
 - Definition des EA-Modells
 - Einfache Streuung
 - Schatten
 - Mehrfach Streuung
- Visualization of Particle-based Data with Transparency and Ambient Occlusion
~Joachim Staib, Sebastian Grottel und Stefan Gumhold [14]
 - Analytische Lösung der Rendergleichung
 - Ambiente Verdeckung

Emissions- und Absorptionsmodell von Nelson Max [12]:

$$I = I_A + I_E \quad (1)$$

$$I = I_B \cdot T'(0, D) + \int_0^D g(s) \cdot T'(s, D) ds \quad (2)$$

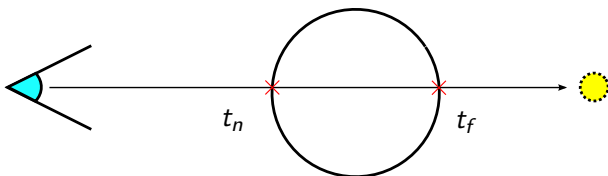
Abschwächung: $T'(t_n, t_f) = \exp(-\int_{t_n}^{t_f} \tau(t) dt)$;

τ wird als Transferfunktion bezeichnet

I_B Hintergrundbeleuchtung

$g(s)$ Quellterm

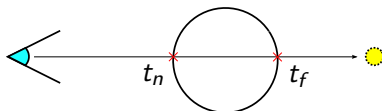
Emissions- und Absorptionsmodell nach [14]:



$$I = I_B \cdot T'(t_n, t_f) + \int_{t_n}^{t_f} g(s) \cdot T'(s, t_f) ds \quad (3)$$

Der Quellterm wird auf $g(s) = \lambda \kappa \cdot I_C$ gesetzt und die Transferfunktion als $\tau(t) = \sigma(\nu(t)) = \lambda \kappa$

$$I = I_B \cdot T'(t_n, t_f) + \int_{t_n}^{t_f} g(s) \cdot T'(s, t_f) ds \quad (4)$$

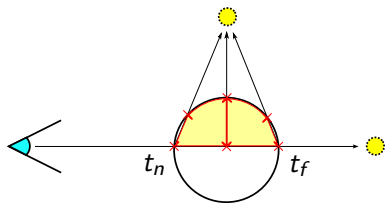


$$T'(t_n, t_f) = \exp\left(-\int_{t_n}^{t_f} \tau(t) dt\right) = \exp(-\lambda \kappa \cdot (t_f - t_n)) \quad (5)$$

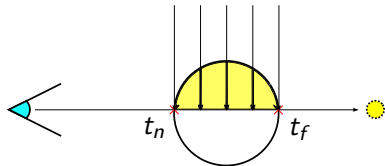
$$\Theta(t_n, t_f) = 1 - T'(t_n, t_f) \quad (6)$$

$$I = I_B \cdot T'(t_n, t_f) + I_C \cdot \Theta(t_n, t_f) \quad (7)$$

Punktlichtquelle

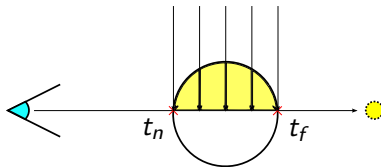


Richtungslichtquelle



Voraussetzung ist wieder die Gleichung 3 und es wird eine Richtungslichtquelle angenommen:

$$I = I_B \cdot T'(t_n, t_f) + \int_{t_n}^{t_f} g(s) \cdot T'(s, t_f) ds \quad (8)$$



Die Lösung des einfachen EA-Modells 7 wird als Quellterm eingesetzt:

$$g(s) = I_L \cdot T'(0, l(s)) + I_C \cdot \Theta(0, l(s)) \quad (9)$$

$l(s)$ entspricht der Länge der Sekundärstrahlen im Medium

Bestimmung von $I(s)$ mit Hilfe der quadratischen Lösungsformel führt zu:

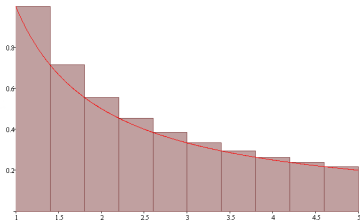
$$F(x) = \int I \cdot \exp(ax + b + \sqrt{cx^2 + dx + e}) dx \quad (10)$$

Gleichung 10 lässt sich nicht elementar integrieren!

Approximation durch Riemann-Summen:

$$\int_0^D f(x) dx \approx \sum_{i=1}^n f(x_i) \Delta x$$

$$\text{mit } \Delta x = \frac{D}{n}$$



führt zur Endgültigen Rendergleichung:

$$I = I_B \cdot T'(t_n, t_f) + \sum_{t_n}^{t_f} g(s) \cdot T'(s, t_f) \Delta s \quad (11)$$

$$g(s) = \frac{1}{m} \left(\sum_{i=1}^m I_{L_i} \cdot T'(0, I(s)) + I_C \cdot \Theta(0, I(s)) \right) \quad (12)$$



Marco Ament, Filip Sadlo, and Daniel Weiskopf.

Ambient volume scattering.

IEEE Trans. Vis. Comput. Graph., 19(12):2936–2945, 2013.



James F. Blinn.

Models of light reflection for computer synthesized pictures.

SIGGRAPH Comput. Graph., 11(2):192–198, July 1977.



James F. Blinn.

Light reflection functions for simulation of clouds and dusty surfaces.

SIGGRAPH Comput. Graph., 16(3):21–29, July 1982.



S. Grottel, M. Krone, C. Muller, G. Reina, and T. Ertl.

Megamol—a prototyping framework for particle-based visualization.

Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, 21(2):201–214, Feb 2015.



Martin Huber.

Warum ist denn $\exp(x^2)$ nicht elementar integrierbar?

Technical report, Universität Zürich, 1996.



Daniel Jönsson, Joel Kronander, Timo Ropinski, and Anders Ynnerman.

Historygrams: Enabling Interactive Global Illumination in Direct Volume Rendering using Photon Mapping.

IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (TVCG), 18(12):2364–2371, 2012.



Daniel Jönsson, Erik Sundén, Anders Ynnerman, and Timo Ropinski.

A Survey of Volumetric Illumination Techniques for Interactive Volume Rendering.

Computer Graphics Forum, 33(1):27–51, 2014.



Moon-Ryul Jung, Hyunwoo Park, and Doowon Paik.

An analytical ray casting of volume data.

In *Pacific Conference on Computer Graphics and Applications*, pages 79–86. IEEE Computer Society, 1998.



James T. Kajiya.

The rendering equation.

SIGGRAPH Comput. Graph., 20(4):143–150, August 1986.



Joe Kniss, Simon Premoze, Charles D. Hansen, Peter Shirley, and Allen McPherson.

A model for volume lighting and modeling.

IEEE Trans. Vis. Comput. Graph., 9(2):150–162, 2003.



Thomas Kroes, Frits H. Post, and Charl P. Botha.

Exposure render: an interactive photo-realistic volume rendering framework.

PLoS ONE, 7(7), 07 2012.

10.1371/journal.pone.0038586.



Nelson Max.

Optical models for direct volume rendering.

IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 1(2):99–108, June 1995.



Mathias Schott, Vincent Pegoraro, Charles Hansen, Kévin Boulanger, and Kadi Bouatouch.

A Directional Occlusion Shading Model for Interactive Direct Volume Rendering.

Computer Graphics Forum, 2009.



Joachim Staib, Sebastian Grottel, and Stefan Gumhold.
Visualization of Particle-based Data with Transparency and Ambient Occlusion.

Computer Graphics Forum, 34(3):151–160, 2015.



Zhou Wang, Alan C. Bovik, Hamid R. Sheikh, and Eero P. Simoncelli.

Image quality assessment: From error visibility to structural similarity.

IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING,
13(4):600–612, 2004.