Rendering of Spherical Light Fields

Insung Ihm, Sanghoon Park, Rae Kyoung Lee
Department of Computer Science
Sogang University, Korea

Präsentiert von:
Philipp Gehr

Betreuer:
Reto Lütolf

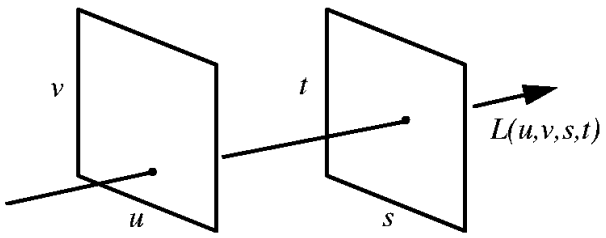
Übersicht

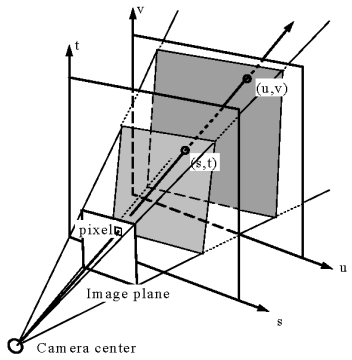
- **Einleitung und Motivation**
- **Spherical Light Field Rendering**
- **Wavelet-Kompression**
- **Experimentelle Resultate**
- **Abschliessende Bemerkungen, Persönliche Meinung**

Einleitung und Motivation

- **Ziel der graphischen Datenverarbeitung: realistische Bilder + Real-Time**
- **Geometry-based Rendering vs. Image-based Rendering**
- **Plenoptic Function: *Lichtfluss = P(x,y,z,θ,ϕ)***
- **Durch geeignete Parametrisierung: Reduktion auf 4 Dimensionen**

- **Light Fields:**
  - Parameter (u,v,s,t)
  - Light Slab





- **Lumigraph**

- **Spherical Light Fields: Parametrisierung mit Hilfe von sphärischen Koordinaten**
- **Image-space vs. Object-space**
- **Vorteil von Object-space Algorithmen: Einfache Einbettung in bestehende polygonale Rendering-Systeme**

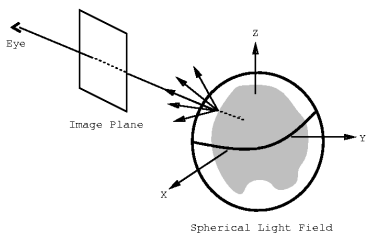
  → Hardware-Beschleunigung

- **Hybride Rendering-Methoden**

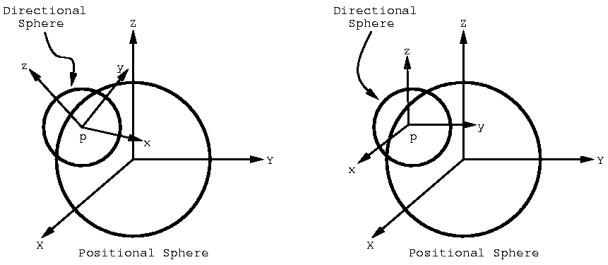
- **Image-based Rendering Systems:**
  - **Menge von Bildern**
  - **keine Tiefeninformationen**
  - **kein geometrisches Modell**
  - **keine Materialeigenschaften**
  - **keine Beleuchtungsmodelle**
- **Vorteil: konstante Rendering-Kosten**
- **Nachteile:**
  - **riesige Datenmengen**
  - **eingeschränkte Flexibilität**

Spherical Light Field Rendering

- **Darstellung / Parametrisierung:**
  - **Punkt auf der Sphäre (θ_p,ϕ_p)**
  - **Lichtstrahl mit Richtung (θ_d,ϕ_d)**
- **Resultat: C = (R,G,B) = Ray(θ_p,ϕ_p,θ_d,ϕ_d)**



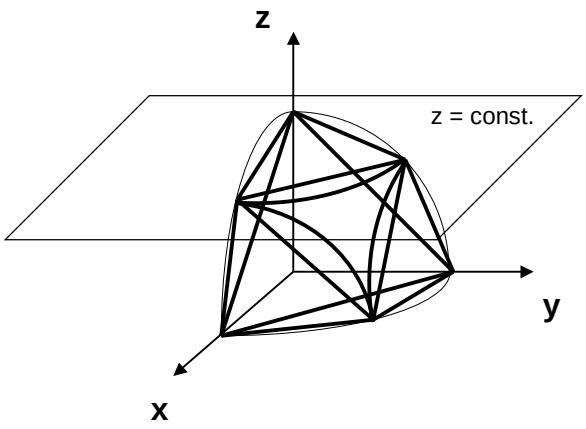
- **Positions-Sphäre und Richtungs-Sphären:**
  Domains: θ: $0 \leq \theta \leq 2\pi$
  ϕ: $-\pi/2 \leq \phi \leq \pi/2$



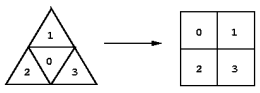
- **Diskretisierung:**

$Ray(\theta_p,\phi_p,\theta_d,\phi_d) = f_d(\theta_d, \phi_d) = (f_p(\theta_p, \phi_p))(\theta_d, \phi_d)$
$f_p: V \rightarrow (V \rightarrow C)$
$f_d: V \rightarrow C$

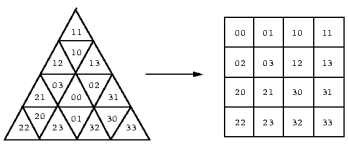
$V = \{(\theta,\phi) \mid 0 \leq \theta \leq 2\pi, -\pi/2 \leq \phi \leq \pi/2\}$
$C = (R,G,B)$



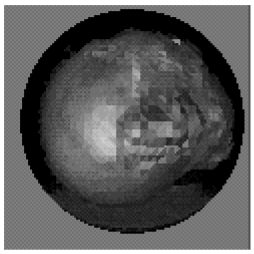
- **Diskretisierung der Positions-Sphäre: Funktion f_p auf den Knoten des Polyeders, der die Positions-Sphäre approximiert, definiert**
- **Diskretisierung der Richtungs-Sphären:**
  - **Funktion f_d liefert Farbwerte der Dreiecke der Richtungs-Sphären**
  - **Daten in 2D-Array**
  - **Quadtree**



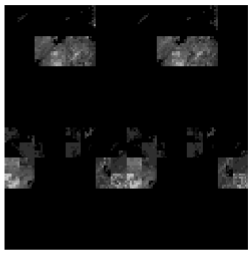
(a) Labeling order



(b) Level two subdivision



(a) A Flat-Shaded Directional Sphere



(b) Two Reordered Spheres

- **Polygonales Rendering of Spherical Light Fields:**

  - früher: Ray Tracing
  → image-space Algorithmus
  - Ziel: object-space Algorithmus
  - Grund: - Integration in polygonales Rendering-System
  - Hardware-Beschleunigung

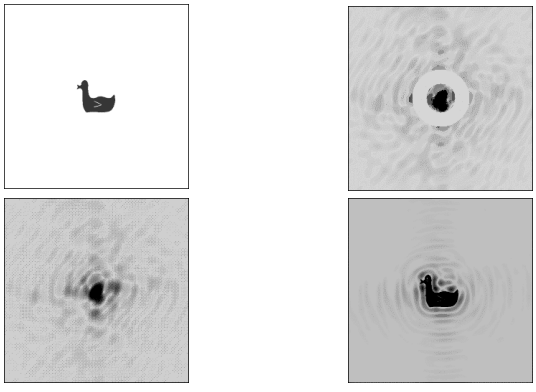
- **Algorithmus:**
  - **versteckte Dreiecke aussortieren**
  - **jedem Knoten der Positions-Sphäre wird eine Farbe zugewiesen:**
    Projektionsrichtung beim Knoten (θ_p,ϕ_p) bestimmen
    $\rightarrow$ Punkt (θ_d,ϕ_d) auf Richtungs-Sphäre
    Funktion Ray(θ_p,ϕ_p,θ_d,ϕ_d) auswerten
    $\rightarrow$ Farbwert (R,G,B)
  - **Projektion der Dreiecke auf Bildebene**
  - **Bilineare Interpolation**

- **Beispiel für polygonales Rendering-System: OpenGL**
- **Voraussetzungen für Hardware-Beschleunigung:**
  - **Viewing**
  - **Culling**
  - **Smooth-Shading**
- **Berechnungen in Software:**
  - **Farbe eines Knotens (θ_p,ϕ_p) auf der Positions-Sphäre**
  - **diskrete Richtungs-Sphäre $\rightarrow$ Resampling: Nearest-neighbour Resampling**

Wavelet-Kompression

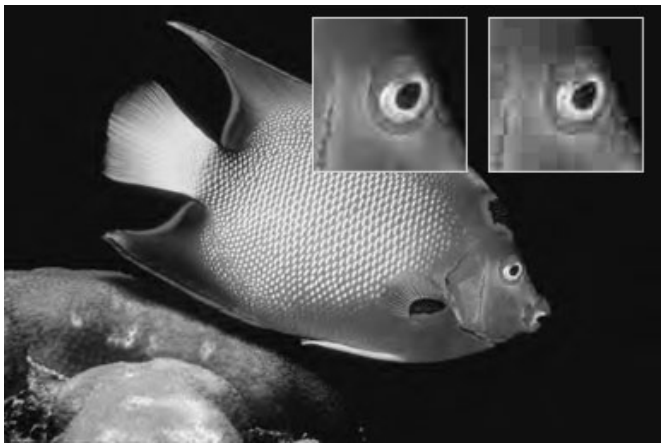
- riesige Datenmengen → Datenkompression
- Anforderungen an die Kompression:
  - Redundanz beseitigen
  - Kosten für Zugriff auf Daten minimal
- Wavelets: mathematisches Werkzeug zur hierarchischen Repräsentation von Funktionen

- JPEG (Joint Photographic Experts Group):
  - verlustbehaftete Kompression
  - Diskrete Cosinus-Transformation (DCT)
- Signale (Bilddaten) werden in Anteile unterschiedlicher Frequenzen zerlegt

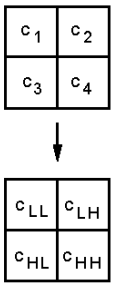


- **Quantisierung der Bildwerte**
- **Kodierung der quantisierten Koeffizienten + Entropie-Kodierung**
- **Rücktransformation: Überlagerung von Cosinus-Schwingungen**
- **Blocking-Artefakte**

- **Wavelet-Transformation: Verwendung von kompakten Schwingung (Wavelets)**
- **Signal wird durch transformierte Versionen des Mutter-Wavelets zusammengesetzt**
- **Glättungsfilter (= Tiefpassfilter) → Mittelung**
- **Differenzenfilter (= Hochpassfilter) → Details**



- **Wavelet-Kompression von Spherical Light Fields:**
  - **Haar-Wavelet-Zerlegung → effizient**
  - **konzeptioneller Quadtree**

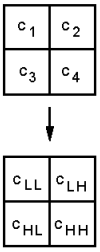


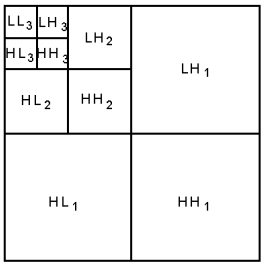
$$c_{LL} = \frac{c_1 + c_2 + c_3 + c_4}{4}$$

$$c_{LH} = \frac{c_1 + c_2 - c_3 - c_4}{4}$$

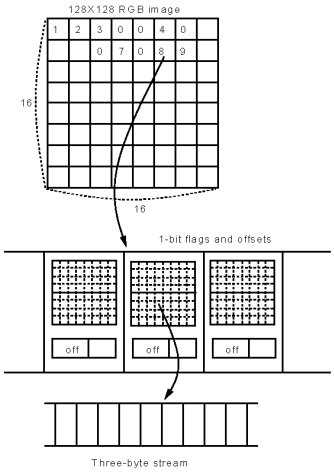
$$c_{HL} = \frac{c_1 - c_2 + c_3 - c_4}{4}$$

$$c_{HH} = \frac{c_1 - c_2 - c_3 + c_4}{4}$$





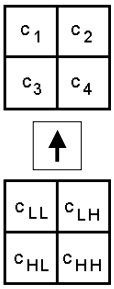
- **Wavelet-Zerlegung:**
  - **Ausgangslage: 128x128 Bild**
    3 Bytes/Pixel
  - **während Zerlegung: 4 Bytes/Kanal**
  - **Rundung auf 1 Byte/Kanal → 3 Bytes/Pixel**
  - **Koeffizient < τ → mit 0 ersetzen**



- **Unterteilung in Blöcke**
- **Scannen und Markieren:**
  1 Byte/Markierung
- **Significance Map:**
  8x8 1-Bit Flag Block
- **Offset Information:**
  2 Bytes

→ Koeffizienten-
Quantisierung

- **Farb-Extraktion aus der Richtungs-Sphäre = Farb-Rekonstruktion von wavelet-kodierten Bild = Inverse der Wavelet-Zerlegung:**

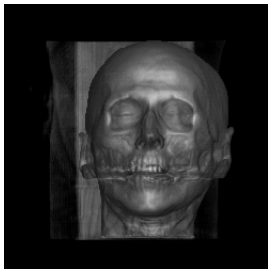


$$c_1 = c_{LL} + c_{HL} + c_{LH} + c_{HH}$$
$$c_2 = c_{LL} - c_{HL} + c_{LH} - c_{HH}$$
$$c_3 = c_{LL} + c_{HL} - c_{LH} - c_{HH}$$
$$c_4 = c_{LL} - c_{HL} - c_{LH} + c_{HH}$$

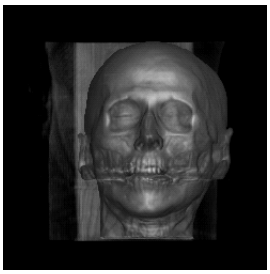
- **"gewöhnliche" Dekodierung:**
  Quadtree traversieren → Farbe eines Pixels
- **Inkrementelle Dekodierung:**
  - **effizientere Berechnung**
  - **Pfad 2er benachbarter Rekonstruktions-Prozesse sind oft ähnlich**
    → Kopie des gerade berechneten Pfades
  - **Man vergleicht nun lediglich den gespeicherten mit dem neuen Pfad und übernimmt die Farb-werte der gemeinsamen Knoten des Quadtrees**

Experimentelle Resultate

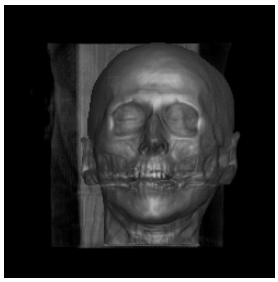
- **Implementation auf einer SGI Indigo 2 (200 MHz R4400 CPU, 256 MB Main Memory, Hight IMPACT Graphikkarte)**
- **Rohdaten: CT-Scan eines menschlichen Kopfes**
- **Volume Ray Casting Software, um die Spherical Light Fields zu erzeugen**

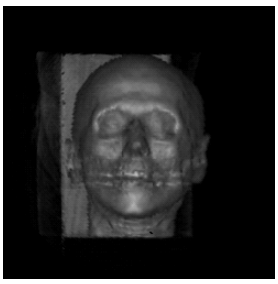


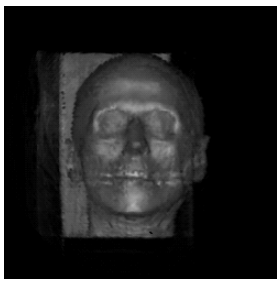
- **Spherical Light Fields: 380 MB bis 1.5 GB**
- **Speicherplatz proportional zu:**
  - **Anzahl Knoten der Positions-Sphäre**
  - **Anzahl Dreiecke der Richtungs-Sphären**



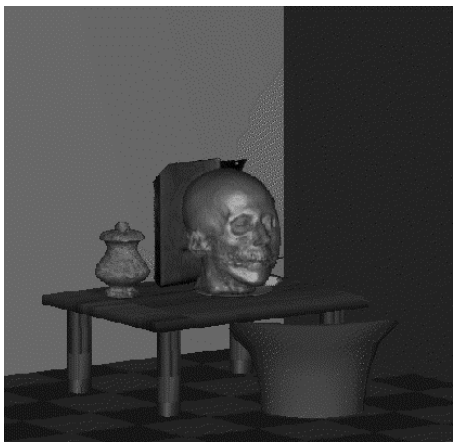
Experimentelle Resultate

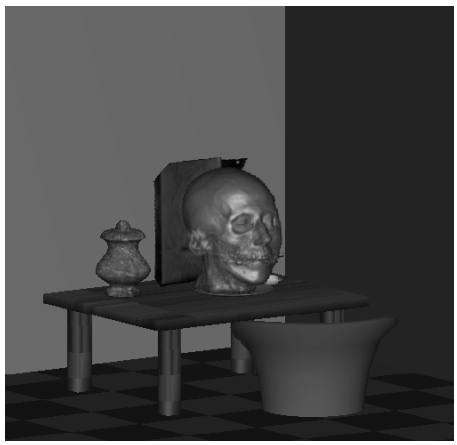






Experimentelle Resultate





Abschliessende Bemerkungen, persönliche Meinung

- **zukünftige Arbeiten:**
  Anzahl Knoten der Positions-Sphäre reduzieren, ohne jedoch die Qualität zu senken
  → flüssigere Animationen
  → weniger Speicherplatz
- **Vorteile:**
  - realistische Darstellung in Real-time
  - Hardware-Beschleunigung
  - hybrides Rendering
- **Nachteil:**
  - Real-time wird (noch) nicht wirklich erreicht