

Heuristics for ray tracing using space subdivision

Arne Sieverling

10.11.2009

1 Einführung

2 Grundlagen

- Ray tracing
- Bounding Volume
- Hierarchische Raumaufteilung
- Octree
- kd-Tree

3 Oberflächenheuristik

- Oberflächenmetrik
- Optimale Raumaufteilung
- Strategien im Vergleich
- Diskussion

Hauptarbeit:

Mac Donald, J.D. , Booth, K.S.: "Heuristics for ray tracing using space subdivision" (1990)

aus: The Visual Computer 6: S. 153-166

Einige Grafiken und Berechnungen aus:

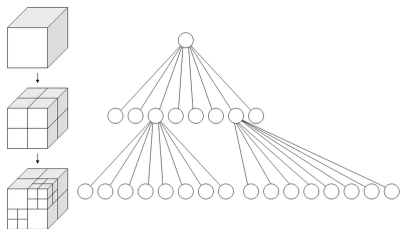
Havran, V.: "Heuristic Ray Shooting Algorithms" (2000)

Dissertation an der technischen Universität Prag

- Aussenden und Verfolgen von Lichtstrahlen in 3D-Szene
- Strahlen werden ausgesendet, die Schnittpunkte mit den Objekten in der Szene werden berechnet und an den Objekten reflektiert, gebrochen oder gestreut.
- Hauptaufwand: Berechnung der Strahl-Objekt Schnittpunkte
- Naiver Ansatz: Schnitttest des Strahls mit jedem Objekt in der Szene.

- Vereinfachung des Strahl-Objekt-Tests
- Einfaches Volumen wird um das Objekt gelegt.
- Strahl schneidet Volumen \Rightarrow berechne Schnitt mit Objekt im Inneren
- Strahl schneidet Volumen nicht \Rightarrow fahre fort.

- Object subdivision: Gruppiere Objekte
Bsp: Bounding Volume Hierarchy
- Space subdivision: Teile den Raum auf
Bsp: Octree, kd-Tree

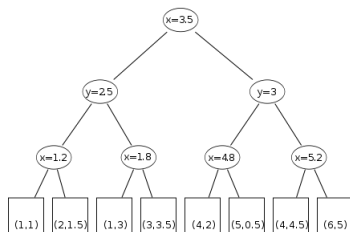
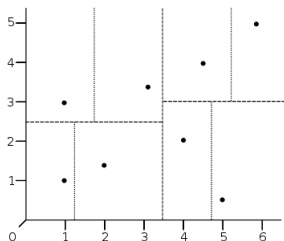


Teile in jedem Schritt in 8 kleinere
Volumen.

Figure: Wikipedia-User "Nü": "Schemazeichnung eines
de:Octrees, einer Datenstruktur der Informatik"

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Octree2.png>,
7.4.2006

kd-Tree



Teile in x, y oder z -Richtung auf beliebiger Höhe d .

Figure: Wikipedia user "3bit": "2-d-Tree Example, Computer Science",
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:2dbaum.svg>,
2.9.2006

Problem bei kd-Trees und Octrees: Objekte können bei Raumaufteilung geteilt werden.

Eine Lösung: Speichere Objekte in beiden Knoten.

Cache verwenden, um überflüssige Berechnungen zu sparen.

Einige einfache Strategien zur Erstellung von kd-Trees:

- Wähle räumlichen Median $d = d_{max}/2$ (uniform space division).
- Wähle Objekt Median, s.d. links und rechts von d gleich viele Objekte.
- Teile zyklisch x,y , und dann z -Achse
- Teile immer zuerst längste Achse

Annahme:

- Strahlen in Ursprung und Richtung gleichverteilt.
- Strahlquellen entfernt von Objekten
- Strahlen treffen kein Objekt im Modell.

⇒ Anzahl der Strahlen, die Knoten K schneiden $\sim SA(K)$

⇒ $P(\text{"Strahl schneidet Knoten " } K) = \frac{SA(K)}{SA(R)}$

- $SA(K)$: Oberfläche von K ,
- $SA(R)$: Oberfläche der Wurzel

- Anzahl getroffene Knoten: $n_K = \sum_{k=1}^{N_k} \frac{SA(k)}{SA(R)}$
- Anzahl getroffene Blätter: $n_B = \sum_{b=1}^{N_b} \frac{SA(b)}{SA(R)}$
- Anzahl Strahl-Objekt-Test: $n_t = \sum_{b=1}^{N_b} \frac{SA(b)N_{obj}(b)}{SA(R)}$

N_k Anzahl Knoten

N_b Anzahl Blätter

$N_{obj}(b)$ Anzahl der Objekte in Blatt b

Gesamtkosten für einen ausgesendeten Strahl:

$$C_{ges} = c_k n_k + c_b n_b + c_t n_t$$

c_k : Kosten für die Traversierung eines Knotens,

c_b : Kosten für die Traversierung eines Blattes,

c_t : Kosten für Strahl-Objekt-Test.

Validierung der Oberflächenmetrik

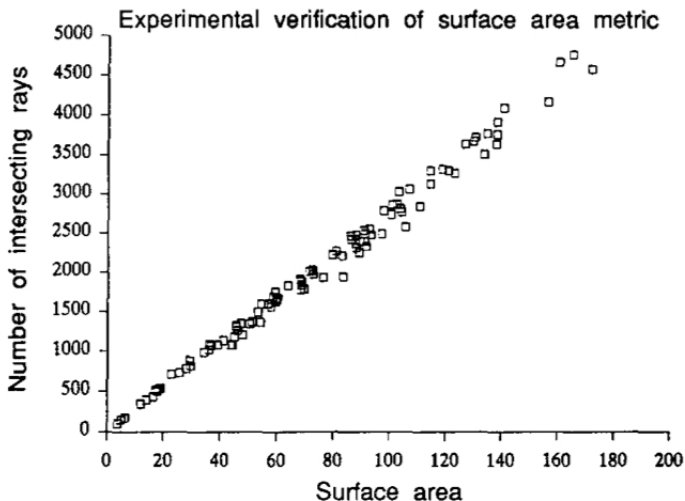


Figure: Mac Donald, J.D., Booth, K.S.: "Heuristics for ray tracing using space subdivision (1990), The Visual Computer 6: S. 158"

Suchen: Kosten eines kd-Trees bei Teilung an Koordinate b
 $b = 0$: kleinstmöglicher Wert, $b=1$ größtmöglicher.

Kosten eines Schnittes:

$$f(b) = LSA(b) \cdot L(b) + RSA(b) \cdot (n - L(b))$$

$LSA(b)$: Oberfläche des Knotens $\leq b$,

$RSA(b)$: Oberfläche des Knotens $\geq b$,

$L(b)$: Anzahl der Objekte $\leq b$,

n : Anzahl aller Objekte.

Optimale Raumaufteilung - Beispiel

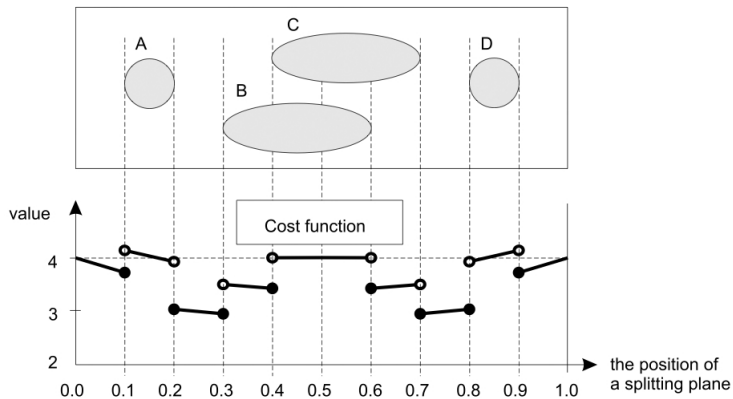


Figure: Havran, V.: "Heuristic Ray Shooting Algorithms" (2000) S.57

$$f(b_{rm}) = LSA(0.5) \cdot L(0.5) + RSA(0.5) \cdot (n - L(0.5)) = n \cdot LSA(0.5), \text{ da } LSA(0.5) = RSA(0.5)$$

$$f(b_{om}) = LSA(b) \cdot n/2 + RSA(b) \cdot n/2 = n \cdot LSA(0.5), \text{ da } LSA(b) + RSA(b) \text{ konstant. } \Rightarrow LSA(b) + RSA(b) = 2 \cdot LSA(0.5)$$

Optimalwert für b liegt zwischen den beiden Medianen.
Minimum nicht berechenbar, da f unstetig.

Verfahren:

- Berechne Objektmedian b_{om} in x,y und z -Richtung
- Sample Werte b_i mit $n/2 \leq b_i \leq b_{om}$
- Berechne $f(b_i)$
- Teile bei $\min f(b_i)$

- Teile Raum so lange, bis jeder Knoten genau ein Objekt enthält.
- Teile, bis zur vorher festgelegten Tiefe

Bessere Strategie mit SAH:

- Teile bis $f(b) \leq k$ Für alle b , mit Konstante k

Strategien im Vergleich

Strategie	avg	best	worst
3	0%	0%	0%
1	+1804%	+25%	+36604%
2	+354%	-7%	+1755%
4	-3%	-12%	+5%
5	+7%	-8%	+88%

- 3: Optimale Schnittebene in allen Richtungen berechnet mit Kostenfunktion (Referenzalgorithmus)
- 1: Räumlicher Median und zyklischer Achsendurchlauf (entspricht Octree)
- 2: Objekt Median und zyklischer Achsendurchlauf
- 4: Optimale Schnittebene, Suche zwischen den Medianen
- 5: Optimale Schnittebene und zyklischer Achsendurchlauf

Werte aus: Havran, V.: "Heuristic Ray Shooting Algorithms" S.81. Aufgetragen ist die durchschnittliche, die beste und die schlechteste Performance im Verhältnis zum Referenzalgorithmus 3, bei 30 verschiedenen Testszenen.

- Oberflächenheuristik liefert das schnellste Space Subdivision Verfahren.
- Kann aber durch fortgeschrittene Techniken noch verbessert werden.
- Schneller als Object Subdivision Verfahren für statische Szenen

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!