

Distributiefunctie van de geometrische normalen gebruiken voor het bouwen van BSP acceleratiedatastructuren

Jesse Hoobergs

Thesis voorgedragen tot het behalen
van de graad van Master of Science
in de ingenieurswetenschappen:
computerwetenschappen, hoofdoptie
Mens-machine communicatie

Promotor:

Prof. dr. ir. Philip Dutré

Assessoren:

Ir. W. Eetveel
W. Eetrest

Begeleiders:

Ir. M. Moulin
Ir. P. Bartels

© Copyright KU Leuven

Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van zowel de promotor als de auteur is overnemen, kopiëren, gebruiken of realiseren van deze uitgave of gedeelten ervan verboden. Voor aanvragen tot of informatie i.v.m. het overnemen en/of gebruik en/of realisatie van gedeelten uit deze publicatie, wend u tot het Departement Computerwetenschappen, Celestijnenlaan 200A bus 2402, B-3001 Heverlee, +32-16-327700 of via e-mail info@cs.kuleuven.be.

Voorafgaande schriftelijke toestemming van de promotor is eveneens vereist voor het aanwenden van de in deze masterproef beschreven (originele) methoden, producten, schakelingen en programma's voor industrieel of commercieel nut en voor de inzending van deze publicatie ter deelname aan wetenschappelijke prijzen of wedstrijden.

Voorwoord

Dit is mijn dankwoord om iedereen te danken die mij bezig gehouden heeft. Hierbij dank ik mijn promotor, mijn begeleider en de voltallige jury. Ook mijn familie heeft mij erg gesteund natuurlijk.

Jesse Hoobergs

Inhoudsopgave

Voorwoord	i
Samenvatting	iv
Lijst van figuren en tabellen	v
Lijst van afkortingen en symbolen	vi
1 Inleiding	1
1.1 Ray tracing	1
1.2 Doelstelling	1
1.3 Methodologie	1
1.4 Contributie	1
1.5 Overzicht	1
2 Voorgaand werk	3
2.1 Acceleratiestructuren	3
2.2 <i>Kd</i> Bomen	4
2.3 RBSP-bomen	4
2.4 Algemeen principe	4
2.5 Algemene BSP-Bomen in de praktijk	5
2.6 Hiërarchie	5
3 BSP_{SWEEP}	7
3.1 Algemeen idee	7
3.2 Gebaseerd op geometrische normalen	7
3.3 Gebaseerd op random richtingen	7
4 Implementatie	9
4.1 Outline BSP-algoritmes	9
4.2 <i>Kd</i> boom	9
4.3 <i>RBSP</i> boom	9
4.4 BSP_{IZE}	9
4.5 BSP_{SWEEP}	9
5 Resultaten	11
5.1 Praktische aspecten	11
5.2 Afhankelijkheid van aantal richtingen	11
5.3 Vergelijking	11

Bibliografie

13

Samenvatting

In dit **abstract** environment wordt een al dan niet uitgebreide samenvatting van het werk gegeven. De bedoeling is wel dat dit tot 1 bladzijde beperkt blijft.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Lijst van figuren en tabellen

Lijst van figuren

Lijst van tabellen

- 5.1 Statistieken over de rendertijd voor $BSP_{random+}^{Kd}$ voor verschillende waarden van K . Voor elke waarde van K is het algoritme 6 keer uitgevoerd. 11

Lijst van afkortingen en symbolen

Afkortingen

BSP	Binary Space Partitioning
BVH	Bounding Volume Hierarchy
$RBSP$	Restricted Binary Space Partitioning Tree
SA	Surface Area

Symbolen

BSP_{wn}	BSP boom die per knoop random normalen als splitsrichtingen gebruikt.
BSP_{wn+}	BSP_{wn} boom waarbij de drie richtingen volgens de hoofdassen altijd deel uitmaken van de splitsrichtingen.
BSP_{wn+}^{Kd}	BSP_{wn+} boom waarbij Kd knopen efficiënter doorkruist worden dan BSP knopen.
BSP_{wn}	BSP boom die per knoop een clustering van de normalen berekend en de centruns van deze clusters als splitsrichtingen gebruikt.
BSP_{wn+}	BSP_{wn} boom waarbij de drie richtingen volgens de hoofdassen altijd deel uitmaken van de splitsrichtingen.
BSP_{wn+}^{Kd}	BSP_{wn+} boom waarbij Kd knopen efficiënter doorkruist worden dan BSP knopen.
BSP_{random}	BSP boom die per knoop random richtingen als splitsrichtingen gebruikt.
$BSP_{random+}$	BSP_{random} boom waarbij de drie richtingen volgens de hoofdassen altijd deel uitmaken van de random splitsrichtingen.
$BSP_{random+}^{Kd}$	$BSP_{random+}$ boom waarbij Kd knopen efficiënter doorkruist worden dan BSP knopen.
$\mathcal{K}_{d,BSP}$	De kost om een BSP knoop te doorkruisen.
$\mathcal{K}_{d,Kd}$	De kost om een Kd knoop te doorkruisen.
$RBSP^{Kd}$	$RBSP$ waarbij Kd knopen efficiënter doorkruist worden dan BSP knopen.

Hoofdstuk 1

Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het werk ingeleid. Het doel wordt gedefinieerd en er wordt uitgelegd wat de te volgen weg is (beter bekend als de rode draad).

Als je niet goed weet wat een masterproef is, kan je altijd Wikipedia eens nakijken.

1.1 Ray tracing

Stralen volgen Door elke pixel één (of meerdere stralen), kleur intersectiepunt is kleur pixel -> path tracing.

Acceleratiestructuren Doel: aantal straal-driehoek intersecties verminderen.

1.2 Doelstelling

Betere Acceleratiestructuur bouwen door een algemene BSP te maken die gebruik maakt van de geometrische normalen bij het splitsen. Aantal intersecties nog doen dalen, traversals stijgen, rendertijd dalen.

1.3 Methodologie

1.4 Contributie

1.5 Overzicht

Hoofdstuk 2

Voorgaand werk

Acceleratiestructuren zijn onmisbaar bij raytracing. Dit hoofdstuk start met een algemene uitleg over acceleratiestructuren.

2.1 Acceleratiestructuren

Het doel van acceleratiestructuren is om het aantal straal-driehoek intersecties te verminderen. De simpelste acceleratiestructuur bestaat uit het omhullende volume van de scene. Intersecteren met de driehoeken uit de scene gebeurt dan enkel als dit omhullende volume intersecteert met de straal. Dit kan worden uitgebreid tot een boomstructuur door dit volume recursief op te delen in kindvolumes. Binaire bomen delen elk omhullend volume op in twee nieuwe volumes, andere acceleratiestructuren zoals bijvoorbeeld octrees delen het volume op in meer dan twee volumes.

Het volume kan worden opgedeeld op twee manieren: volgens objecten of volgens ruimte. Bij opdeling volgens objecten worden de objecten binnen het volume opgedeeld in meerdere disjuncte groepen en de kindvolumes zijn de omhullende volumes van deze groepen. Na deze opdeling zit elk object in exact één van deze nieuwe volumes, maar de volumes kunnen overlappen. Een voorbeeld van een acceleratiestructuur waarbij de opdeling volgens objecten gebeurt is de *Bounding Volume Hierarchy* (*BVH*). Opdeling volgens ruimte betekent dat de ruimte in het volume wordt opgedeeld in meerdere delen. Na deze opdeling overlappen deze nieuwe volumes niet, maar een object ligt nu in minstens één (en mogelijks in meerdere) kindvolume(s). De Binary Space Partitioning (*BSP*) boom deelt de ruimte van het volume steeds op in twee kindvolumes.

Een eenvoudige acceleratiestructuur bestaat uit een asgealigneerde balk die de scene omhult. Als de straal niet intersecteert met de balk, dan raakt de straal geen enkele driehoek van de scene. Als de straal wel intersecteert met de balk, worden alle driehoeken in de omhullende balk getest voor intersectie. Deze balk kan recursief opgedeeld worden in meerdere balken om het aantal straal driehoek intersecties nog meer te verminderen. Als de straal intersecteert met de balk worden de kindbalken gecontroleerd in volgorde van hun afstand. Dit opdelingsproces heeft een aantal parameters: het aantal balken waarin een balk wordt opgedeeld, hoe de balk wordt

opgedeeld en de stopconditie.

Binaire bomen delen elke balk op in twee nieuwe balken, andere acceleratiestructuren zoals bijvoorbeeld octrees delen de balk op in meer dan twee balken. De balk kan opgedeeld worden op twee manieren: volgens object of volgens ruimte. Bij opdeling volgens objecten worden de objecten binnen de balk opgedeeld in meerdere groepen en de nieuwe balken zijn de omhullende balken van deze groepen. Na deze opdeling zit elk object in exact één van deze nieuwe balken, maar de balken kunnen overlappen. Deze acceleratiestructuur wordt *Bounding Volume Hierarchy* (*BVH*) genoemd. Opdeling volgens ruimte betekent dat de ruimte van de balk wordt opgedeeld in meerdere delen. Na deze opdeling overlappen deze nieuwe balken niet, maar een object ligt nu in minstens één (en mogelijke meerdere) van de nieuwe balken. Deze acceleratiestructuur wordt de *Kd* boom genoemd.

2.2 *Kd* Bomen

De *Kd* boom is een *BSP* boom waarbij alle splitsingsvlakken asgealigneerd zijn. Hiermee wordt bedoeld dat de splitsingsrichting (de normaal op het splitsingsvlak) evenwijdig is aan één van de drie hoofdassen. Dit zorgt ervoor dat elke knoop van de boom een asgealigneerde balk voorstelt. Het doorkruisen van een knoop uit een *Kd* boom is daardoor goedkoper dan het doorkruisen van een knoop uit een algemene *BSP* boom. De reden hiervoor is dat het goedkoper is om het intersectiepunt van een straal en een asgealigneerd vlak te vinden dan het intersectiepunt van een straal en een willekeurig vlak.

Het opbouwen van een *Kd* boom bestaat uit het recursief opdelen van het omhullend volume. In elke stap moet bepaald worden volgens welke splitsingsrichting en op welke positie er gesplitst wordt. Het doel is om de totale intersectiekost van de boom te minimaliseren. De heuristiek die dit doel probeert te bereiken is de Surface Area (SA) heuristiek. De SA heuristiek is oorspronkelijk ontwikkeld door REF voor de *BVH* en later aangepast door REF voor de *Kd* boom.

Meest onderzoek naar deze en gebruikt Beperkte versie: as-gealigneerd -> balken
Voordelen: simpele intersectie splitsingsvlak SAH (inclusief nulbonus) -> sweeping

2.3 RBSP-bomen

Algemener dan Kd -> meer richtingen -> richtingen gekozen volgens kDOPs ipv balken
Praktische problemen: worst of both worlds -> trage doorkruising, houd geen rekening met geometrie, kan nog steeds niet goed splitsen

2.4 Algemeen principe

Spatiaal, opsplitsen volgens willekeurige vlakken Niet feasible geacht

2.5 Algemene BSP-Bomen in de praktijk

Paper Ize et al. 3 Kd richtingen (sweepen) plus 4 richtingen afhankelijk van geometrie
Snelle Kd traversal, aanpassing SAH Geen sweeping -> BVH als hulpstructuur

Voordelen Knopen kunnen beter worden opgesplitst Nadelen Duurder om te traversen
Duurder om te bouwen (berekening SA van veelvlak vs SA van balk) Grote zoekruimte om beste splitsingsvlak te vinden

2.6 Hiërarchie

Hoofdstuk 3

BSP_{SWEEP}

3.1 Algemeen idee

De bekeken richtingen zijn verschillend per node Richtingen kunnen rekening houden met lokale geometrie (kan niet bij RBSP, wel bij BSPize) Sweeping van richtingen Kd-richtingen + aantal richtingen of puur die richtingen Snelle traversal voor kd-richtingen

3.2 Gebaseerd op geometrische normalen

3.2.1 Willekeurige normaal

Extra richtingen door random normalen te kiezen Autopartitie van Ize maar gesweept Waarom zou dit werken ? : ...

3.2.2 Geclusterde normalen

(Extra) richtingen via K-means clustering Sweepen volgens die richtingen Waarom zou dit werken ...

3.3 Gebaseerd op random richtingen

(Extra) richtingen door random richtingen te kiezen Ter controle dat de richtingen met behulp van normalen, nuttige richtingen zijn Sweeping Waarom zou dit werken ? : Random per node itt vast bij Kd Driehoeken proberen te worden gesplitst volgens meer verschillende richtingen, Kd probeert steeds hetzelfde Kd heeft maar 3 opties, als het volgens geen kan -> nooit mogelijk Kans splitsbaar door Kd richting of random is even hoog in uniform geval. Scenes hebben wel veel asgealigneerde delen, dus daarom die extra.

Hoofdstuk 4

Implementatie

In dit hoofdstuk wordt het werk ingeleid. Het doel wordt gedefinieerd en er wordt uitgelegd wat de te volgen weg is (beter bekend als de rode draad).

Als je niet goed weet wat een masterproef is, kan je altijd Wikipedia eens nakijken.

4.1 Outline BSP-algoritmes

4.1.1 Bouwalgoritme

4.1.2 Intersectie-algoritme

4.2 *Kd* boom

4.3 *RBSP* boom

4.4 BSP_{IZE}

4.5 BSP_{SWEEP}

4.5.1 Algemeen

4.5.2 BSP_{random}

4.5.3 BSP_{wn}

4.5.4 BSP_{wn}

Hoofdstuk 5

Resultaten

In dit hoofdstuk wordt het werk ingeleid. Het doel wordt gedefinieerd en er wordt uitgelegd wat de te volgen weg is (beter bekend als de rode draad).

Als je niet goed weet wat een masterproef is, kan je altijd Wikipedia eens nakijken.

5.1 Praktische aspecten

5.2 Afhankelijkheid van aantal richtingen

5.3 Vergelijking

	Feet		Sponza		Conference Hall		Museum	
K	Mediaan	Stdev	Mediaan	Stdev	Mediaan	Stdev	Mediaan	Stdev
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

TABEL 5.1: Statistieken over de rendertijd voor $BSP_{random+}^{Kd}$ voor verschillende waarden van K. Voor elke waarde van K is het algoritme 6 keer uitgevoerd.

Bibliografie

Fiche masterproef

Student: Jesse Hoobergs

Titel: Distributiefunctie van de geometrische normalen gebruiken voor het bouwen van BSP acceleratiedatastructuren

Engelse titel: Using the distribution function of the geometric normals to build BSP acceleration data structures.

UDC: 621.3

Korte inhoud:

Hier komt een heel bondig abstract van hooguit 500 woorden. \LaTeX commando's mogen hier gebruikt worden. Blanco lijnen (of het commando `\par`) zijn wel niet toegelaten!

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Thesis voorgedragen tot het behalen van de graad van Master of Science in de ingenieurswetenschappen: computerwetenschappen, hoofdoptie Mens-machine communicatie

Promotor: Prof. dr. ir. Philip Dutré

Assessoren: Ir. W. Eetveel
W. Eetrest

Begeleiders: Ir. M. Moulin
Ir. P. Bartels