

Computer Graphics 2 - Practicum 2

Monte Carlo integratie

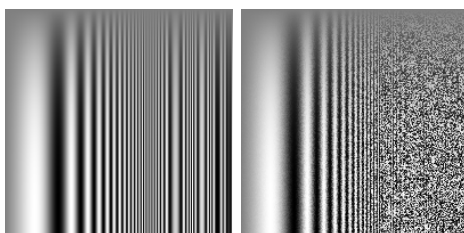
Verslag

Mathieu De Zutter

5 november 2004

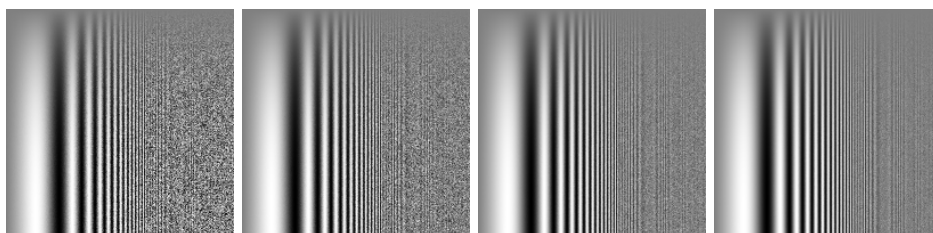
1 Probleem 1

Door telkens in het midden te evalueren, bekomt men hevige aliasing (Figuur 1). Door op een random plaats in de pixel te evalueren, voorkomt men aliasing, maar verschijnt er veel ruis.



Figuur 1: Elke pixel in het midden geëvalueerd, elke pixel random geëvalueerd.

Om deze ruis te verminderen, worden er meer random punten geëvalueerd, die dan uitgemiddeld worden (Figuur 2). De convergentie naar het juiste beeld is echter traag (volgens \sqrt{N}).

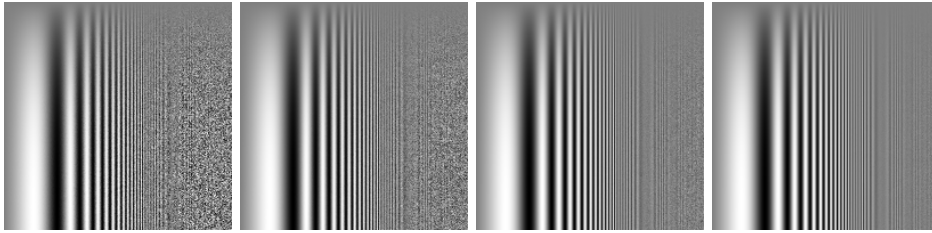


Figuur 2: Naïeve Monte Carlo integratie (4, 9, 36 en 100 samples)

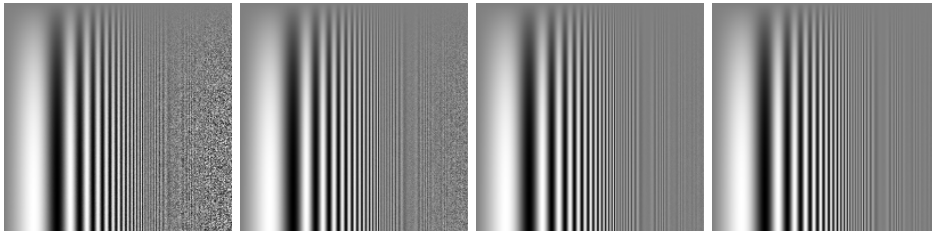
De random punten kunnen beter verdeeld worden over het pixel oppervlak door stratificatie toe te passen. De resultaat is duidelijk beter (Figuur 3).

Een alternatieve manier om de samples te verspreiden is N-Rooks. Deze methode zorgt voor een nog grotere spreiding en levert dus nog een beter resultaat op (Figuur 4). Het genereren van de evaluatiepunten is echter wat duurder.

Monte Carlo integratie is niet de enige manier. Er kan ook een eenvoudige kwadratuurformule toegepast worden. Op figuur 5 werd geëvalueerd over een regelmatig

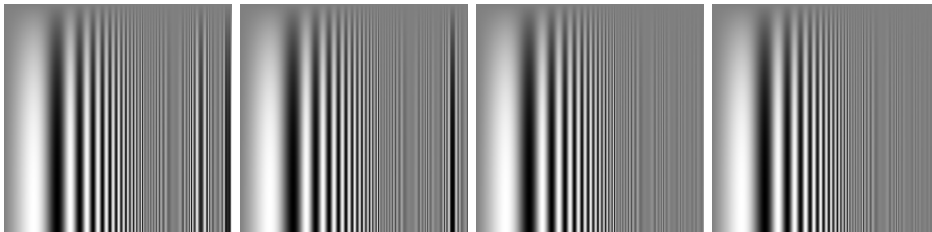


Figuur 3: Monte Carlo integratie met stratificatie (4, 9, 36 en 100 samples)



Figuur 4: Monte Carlo integratie met N-Rooks (4, 9, 36 en 100 samples)

rooster. Het is duidelijk dat hier gemakkelijk aliasing kan voorkomen, vooral bij weinig samples.



Figuur 5: Numerieke integratie met equidistante punten (4, 9, 36 en 100 samples)

2 Probleem 2

2.1 Scène

Aangezien dit practicum tijdrovend is, is hier niet veel aandacht aan besteed. De standaard scène (cornell box met twee blokken) is lichtjes aangepast: de gele kubus is naar de lichtbron verplaatst, zodat er meer schaduw valt. Meer schaduw betekent dat op die plaatsen indirect licht domineert. Dit geldt eveneens het plafond, aangezien het zich achter de lichtbron bevindt.

2.2 Figuren

De figuren kan je vinden op

<http://slicks.ulyssis.org/cg2/prac2/>

2.3 Implementatie

2.3.1 Russian roulette

Initieel had ik een vast waarde voor de russian roulette. Dit gaf echter vooral problemen bij een branching > 1 . Een bepaalde branching zorgt dat het aantal paden per stap vermeerderd. Indien de waarde voor russian roulette te laag is, zal die minder paden stoppen dan er paden aangemaakt worden, wat leidt tot oneindige recursie. Zelfs voor relatief lage branching moest de parameter bijna 1 gekozen worden, zodat de mogelijke verbetering door meerdere keren te sampelen over de hemisfeer teniet gedaan werd.

Aangezien paden van lengte 0, 1 en 2 in deze scène domineren, heb ik geopteerd voor een adaptieve parameter als volgt: tot diepte 2 is deze 0 (laat alles door), en daarna 0.99 zodat verdere dieptes nauwelijks worden onderzocht. Dit heeft echter een nadeel zoals gezien kan worden op de gerenderde beelden. Een hoge waarde zorgt voor een hoge variantie. Je ziet duidelijk felle spikkels die hier en daar voorkomen.

2.3.2 Hemisfeer samplen

Het samplen van de hemisfeer vertrekt van een paar random getallen. Deze worden dan getransformeerd naar hemisferische coördinaten. Op deze manier kunnen variantie-reducerende methodes zoals stratificatie en N-Rooks probleemloos hergebruikt worden voor het samplen van de hemisfeer.

Om het renderen toch wat te versnellen, is er gebruik gemaakt van importance sampling volgens $\cos\theta$ zoals beschreven in het boek. Aangezien de scène enkel diffuus materiaal bevat, heeft importance sampling volgens de BRDF uiteraard weinig zin.

2.3.3 Afzonderlijke bemonstering van lichtbronnen

Wanneer er zowel geopteerd wordt voor directe en indirecte belichting, zal de indirecte belichting paden op lichtbronnen afbreken. Dit introduceert een kleine fout op het beeld (na convergentie). Reflecties van licht op een lichtbron vallen namelijk weg. Aangezien er geen lichtbron is met een speculaire of glossy reflectie, is de fout te verwaarlozen.

2.4 Resultaten

2.4.1 Aantal indirecte stralen op de hemisfeer

Vooreerst, bleek het ondoenbaar om een mooie figuur met hoge branching te maken op redelijk tijd. Om het branchen te compenseren moeten namelijk de andere parameters verminderd worden, namelijk het aantal schaduwstralen en het aantal samples per pixel. Dit zorgt dan uiteindelijk voor aliasing en (indien directe belichting apart gebeurt) ruis bij schaduwovergangen. M.a.w. voor dezelfde processortijd heeft men uiteindelijk een slechter beeld.

In de figuurreeks 'hemisfeer' zie je opeenvolgend een beeld gerenderd met (samples per pixel, stralen per hemisfeer): (64,9), (9,16), (1,36). Het tweede prentje is beter dan het eerste omdat het 10 keer meer rendertijd heeft gevraagd. Het tweede en het derde zijn gelijkaardig qua tijd, maar het derde is duidelijk slechter.

Dit fenomeen kan gemakkelijk verklaard worden. Bij Monte Carlo integratie tracht men de kansdichtheidsfunctie (PDF) te laten overeenkomen met de integrand. Dit betekent dat men meer tracht te samplen uit gebieden die veel bijdragen. Hoe langer een pad loopt, hoe minder het zal bijdragen (meestal toch). Dit wil zeggen dat je best minder samplet naar langere paden toe (bijv. russian

roulette). Door echter meerdere malen over de hemisfeer te samplen geef je meer belang aan langere paden. Dit betekent meer variantie.

2.4.2 Expliciete lichtbronbemonstering

De afzonderlijke bemonstering van de lichtbronnen geeft natuurlijk een sterke verbetering. Er worden namelijk veel meer paden met een grote bijdrage (naar een lichtbron toe) gegenereerd. Zie reeks 'direct' (1 is zonder, 2 is met).

Door het aantal stralen per lichtbron verbeter je de zones tussen schaduw en direct licht, maar niet de plaatsen met enkel indirect licht. Het aantal indirecte paden en het aantal lichtstralen staan dus best in proportie. Zie reeks 'direct2': resp. 1 en 9 bemonsteringen per lichtbron. Dit is laag gehouden aangezien er reeds 64 samples per pixels zijn. Bij realistische waarden voor samples per pixel, mag dus het aantal schaduwstralen op 1 gehouden worden.

2.4.3 Stratificatie

Stratificatie zorgt voor variantiereductie en dus... bingo! een beter resultaat, maar dat wist je zelf wel. Jammer genoeg niet genoeg tijd om daar een duidelijk prentje voor te maken.

Stratificatie van de indirecte stralen is wat lastiger. Aangezien meerdere stralen over de hemisfeer slecht is, moet je proberen stratificeren met 1 punt...