

HIERARCHICAL TECHNIQUES IN LIGHTING COMPUTATION

Jiří Ligmajer

Master Degree Programme (3), FIT VUT

E-mail: xligma00@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Jan Navrátil

E-mail: inavrati@fit.vutbr.cz

Abstract: This paper deals with description of hierarchical techniques in global lighting computation. The paper explains the importance of hierarchical techniques in lighting computation and shows method, how to use these techniques to compute dynamic area lighting in interactive speeds. These techniques also allows scenes with large area lights, including dynamic content such as video screens.

Keywords: hierarchical, lighting, direct, global, voxelization, interactive

1. ÚVOD

V současnosti se v počítačové grafice klade stále větší důraz na generování interaktivních realistických obrazů prostředí. Jedním z možných způsobů je použití hierarchických technik pro výpočet globálního osvětlení. Tyto techniky pracují kompletně s obrazem scény, který vidí pozorovatel, proto nezhazují výkon počítače na výpočet nepotřebných věcí. Další nespornou výhodou je, že jsou počítány kompletně s využitím grafické karty, jenž mají vysoký výkon a umožňují používat nové technologické vymoženosti, které výpočet těchto hierarchických technik značně urychlují. Všechny tyto výhody dovolují počítat globální osvětlení ve scéně v reálném čase. Plošná světla přidávají v aplikacích počítačové grafiky jeden z důležitých aspektů, aby výsledný obraz vypadal co nejvíce realisticky. Jejich zobrazování v reálném čase je ale velká výzva. K docílení tohoto trendu, lze použít hierarchické techniky. Nevýhodou těchto technik je, že neumí řešit viditelnost světla v jednotlivých bodech scény. Integrovaní viditelnosti i s použitím dnešních technik je velice drahá záležitost. Proto hierarchické techniky spoléhají na použití hrubé voxelizace, která poskytuje jednoduchý přístup, jak viditelnost řešit. V následující kapitole stručně vysvětlím, jak hierarchické techniky fungují, a jak lze použít voxelizaci k řešení viditelnosti.

2. PRINCIP HIERARCHICKÝCH TECHNIK

Tato kapitola se bude zabývat hierarchickou technikou, která dokáže počítat přímé osvětlení ve scéně z plošných světél v reálném čase. Tato technika využívá hierarchických datových struktur pro uložení informací během výpočtu přímého osvětlení. Tyto datové struktury jsou reprezentovány mipmapami, jelikož se dají lehce uložit do paměti grafické karty a efektivně s nimi pracovat. Mipmapa je textura, která obsahuje několik předem určených úrovní obrazu, kdy každá následující úroveň má poloviční rozlišení. Dalšími výhodami je, že se provádí pouze v obrazovém prostoru, proto nám stačí zpracovávat jednoduché textury tak, abychom dostali výsledný obraz scény. Tato nová technika, kterou v krátkosti představím, přináší tři hlavní výhody oproti již vytvořeným technikám. Jsou to:

- Můžeme počítat osvětlení scény z plošných dynamických zdrojů světla. Pokud nepoužíváme výpočet viditelnosti, potom takovýto přístup dokáže běžet v reálném čase pro difúzní i zrcadlové povrchy

- Pro výpočet viditelnosti jednotlivých ploch ve scéně můžeme použít jednoduchý a velice rychlý algoritmus zvaný voxelizace. Voxelizace jednoduše vytvoří 3D mřížku scény a určí, v kterých voxelech se nachází nějaká geometrie scény.
- Nakonec používáme inkrementální průchod hierarchické datové struktury k výpočtu osvětlení a viditelnosti.

2.1. INTERAKTIVNÍ ZOBRAZOVÁNÍ DYNAMICKÉHO OSVĚTLENÍ Z PLOŠNÝCH ZDROJŮ SVĚTEL

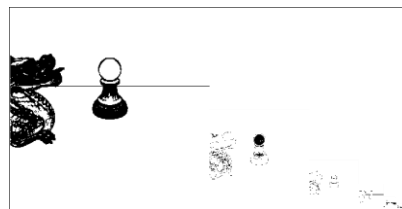
Jednou z možností, jak využít hierarchické techniky je právě k výpočtu dynamického osvětlení z plošných zdrojů světla, kdy se zbavíme náročného výpočtu integrálů a vzorkování plochy světla. Tato používaná hierarchická technika se dá rozdělit do 5 kroků, které provádějí výpočet přímého osvětlení scény bez viditelnosti.

Prvním krokem je zobrazení scény z pohledu pozorovatele a uložení jednotlivých informací o scéně do tří textur. Těmito informacemi jsou normály povrchu, vzdálenost bodů od pozorovatele, souřadnice bodů v pohledovém prostoru a barva jednotlivých povrchů.

Druhým bodem algoritmu je vytvoření hloubkových a normálových nespojitostí nad texturami, které jsme získali v prvním kroce. Hloubková nespojitost se nachází mezi dvěma sousedními body, v kterých se výrazně liší vzdálenost od pozorovatele. Můžeme říci, že sousední bod leží s největší pravděpodobností na jiné ploše ve scéně. Nadruhou stranu normálové nespojitosti určují výrazné zakřivení povrchu mezi dvěma sousedními body. Například, když normála sousedního bodu je natočena o 90 stupňů jiným směrem. Z těchto nespojitostí následně vygenerujeme mipmapy. Výpočet těchto nespojitostí je velice důležitý, protože nám říkají, v kterých bodech scény musíme znovu spočítat osvětlení, abychom dostali korektní výsledek.

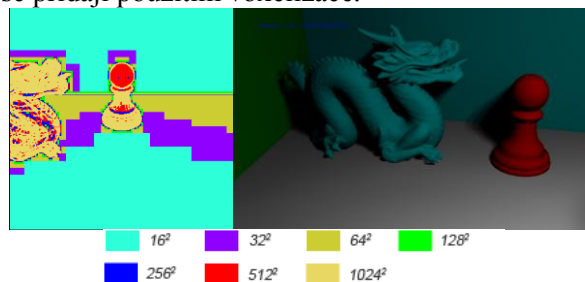
V třetím kroku vezmeme naše vygenerované mipmapy a označíme pixely, v kterých se nacházejí nespojitosti a tudíž v nich musíme spočítat osvětlení. Pixely označujeme pomocí stencil operací, které jsou umožněny provádět na grafické kartě.

V předposledním bodě algoritmu převedeme naši upravenou mipmapu, která už má vyznačené nespojitosti do tzv. Hierarchického bufferu, což je jedna velká textura, do které jsou naskládány zasebou jednotlivé úrovně mipmapy. V tomto vytvořeném hierarchickém bufferu provedeme výpočet osvětlení v bodech, které byli nastaveny stencil operací (obrázek 1).



Obrázek 1: Černě označeny pixely v hierarchickém bufferu, v kterých se spočítá osvětlení.

V posledním kroce použijeme lineární interpolaci a složíme všechny úrovně mipmapy, v hierarchickém bufferu do původního rozlišení a zobrazíme v uživatelské aplikaci. Tímto posledním bodem jsme získali obraz scény, který vidí pozorovatel. Bohužel v něm nejsou obsaženy stíny (obrázek 2). Stíny se přidávají použitím voxelizace.



Obrázek 2: Vlevo interpolovaný obraz, různé barvy označují, které rozlišení postačovalo k výpočtu osvětlení. Vpravo výsledný obrázek, v kterém je modulováno osvětlení s barvou materiálu.

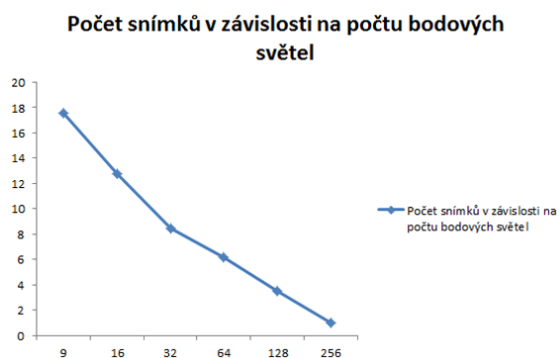
2.2. VOXELIZACE A ŘEŠENÍ VIDITELNOSTI

Voxelizace je jednoduchá technika, která vytvoří pravidelnou mřížku, kterou obalí okolo scény. Jednotlivé buňky této mřížky potom uchovávají hodnotu, zda daná buňka obsahuje geometrii nebo nikoliv. Takto vytvořená mřížka se následně použije pro výpočet viditelnosti jednotlivých bodů scény. Bod, pro který počítáme viditelnost vrhneme z jednotlivých bodů plošného světla paprsky a při průchodu paprsku mřížkou určíme, zda nezasáhl nějakou geometrii. To zjistíme tím, že paprsek projde buňkou, která obsahuje nějakou geometrii. Tímto postupem zjistíme viditelnost bodu scény. Pro průchod mřížkou můžeme použít 3DDA algoritmus. Tento algoritmus zvyšuje dobu potřebnou k určení viditelnosti, proto je lepší určit náhodně několik bodů, které leží na paprsku a pro ně určit, zda leží v buňce s nějakou geometrií.

3. ZÁVĚR

Tento dokument prezentuje hierarchickou techniku, která umožňuje počítat přímé osvětlení scény z plošných světelných zdrojů. Tato technika je relativně nová. Naproti tomu nepotřebuje dodatečné předzpracování scény a dokáže pracovat v reálném čase i s dynamickými světly, kamerou i geometrií. Samotný algoritmus pracuje pouze s daty obrazového prostoru, tedy pouze s tím co vidí pozorovatel. Tím a dalšími vylepšeními v podobě výpočtu osvětlení v pixelech, v kterých je to nezbytné, lze docílit vysoké rychlosti výpočtu, která se dá následně použít v interaktivních aplikacích. V neposlední řadě lze tuto techniku implementovat, aby se její výpočet dal akcelarovat pomocí grafické karty.

Hierarchické techniky sice neposkytují tak vysokou úroveň realismu výsledného obrazu scény. Zato dokáží tento obraz scény počítat v reálném čase, což poskytuje velmi dobrou alternativu k již zavedeným technikám jako je radiosity nebo raytracing. Na obrázku 3. Je graf, který ukazuje rychlost této hierarchické techniky. X-osa udává kolik bodových světel bylo použito k aproximaci plošného zdroje světla. Y-osa potom udává počet snímků za sekundu, při kterých se dokáže zobrazit scéna, v které se počítá globální osvětlení pomocí hierarchických technik.



Obrázek 3: Počet snímků za vteřinu v závislosti na počtu virtuálních bodových světel

REFERENCE

- [1] Nichols, G.; Shopf, J.; Wyman, C.: Hierarchical image-space rendering for dynamic area lighting. www.gregnichols.org/index.php?page=research, 2010, 1-7 s.
- [2] Eisemann, E.; Décoret, X.: Fast scene voxelization and applications. ACM SIGGRAPH, 2006, 71-78 s.
- [3] Nichols, G.; Wyman, C.: Multiresolution splatting for indirect illumination. www.gregnichols.org/index.php?page=research, 2009, 1-6 s.
- [4] Schwarzw, M.; Stamminger, M.: Bitmask soft shadows. Computer Graphics Forum 26, 2007, 515-527 s.