

Zápisky z přednášky
Many-light methods – Clamping & compensation

Tomáš Zámečník (2012)
Martin Kahoun (2011)

1 Globální osvětlení difuzní scény

1.1 Ořezávání

Z minulé přednášky víme, že použití metody VPL není nestranným odhadem globálního osvětlení scény. V okolí VPL se objevují artefakty v podobě přesvětlených míst. Těchto artefaktů se můžeme zbavit ořezáním intenzit vyšších než nějaká konstanta c .

Zobrazovací rovnice s oříznutím hodnoty odrazu:

$$L(x, \omega_o) = L_e(x, \omega_o) + \int_M L(y_k \rightarrow x) \min\{c, G(y_k \leftrightarrow x) f_r(y_k \rightarrow x \rightarrow \omega_o)\} dA_y \quad (1)$$

Problém je, že použitím globální prahové konstanty ořízneme část radiance i tam, kde by měla být zachována.

1.2 Korekce ořezané energie

Nyní si ukážeme, že radianci, ztracenou ořezáváním, lze v každém bodě přesně vyčíslit a do scény opět přidat. Přidáním této kompenzace se výpočet samozřejmě zpomalí, ale vzhled scény se značnělepší.

Výraz uvnitř integrálu v rovnici (1) upravíme pomocí vytýkání před funkci \min :

$$L \cdot \min\{c, f_r \cdot G\} = \begin{cases} L \cdot c = L \cdot f_r \cdot G \cdot \frac{c}{f_r \cdot G} \\ L \cdot f_r \cdot G \end{cases} = L \cdot f_r \cdot G \cdot \min\left\{\frac{c}{f_r \cdot G}, 1\right\} = L \cdot f_r \cdot G \cdot w_1 \quad (2)$$

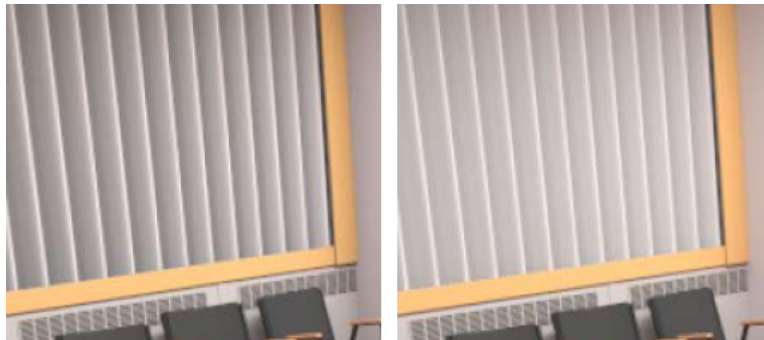
Pro zkrácení zápisu jsme si hodnotu funkce \min označili jako w_1 . Nyní vyčíslíme ztracenou radianci jako rozdíl mezi hodnotou "správné" funkce radiance a funkce upravené zavedením konstanty c :

$$\begin{aligned} L_{w'} = L_o - L_w &= \left(L_e + \int_M L \cdot G \cdot f_r \right) - \left(L_e + \int_M L \cdot G \cdot f_r \cdot w_1 \right) = \\ &= \int_M L \cdot G \cdot f_r \cdot (1 - w_1) \end{aligned} \quad (3)$$

Kde $L_{w'}$ je hodnota ztracené radiance, L_o je správná hodnota a L_w je hodnota při použití ořezávání.

Chybějící energii $L_{w'}$ vypočítáme pomocí Path tracingu a přičteme ji k L_w . Takto opravený obrázek je zproštěn chyb, vzniklých použitím VPL i ořezáváním. Z důvodu použití Path tracingu k vyčíslení $L_{w'}$, se místo zápisu (4) používá formulace s integrací přes hemisféru:

$$L_{w'} = \int_{\Omega} L \cdot \cos \theta \cdot f_r \cdot (1 - w_1) d\omega \quad (4)$$



Obrázek vlevo: VPL + ořezávání. Vpravo: Vrácení ořezané energie.

2 Globální osvětlení scény s odlesky

Při aplikaci metody VPL ve scéně s lesklými povrchy, dochází ke vzniku dalších artefaktů.

Připomeňme, že VPL slouží k výpočtu nepřímého osvětlení. Lesklá plocha může mít velký vliv na nepřímé osvětlení v určitém směru (podle zákona odrazu), přičemž v daném směru vrhá paprsky celým svým povrchem (celou plochou), kdežto VPL nám simulují tento odraz pouze v konečně mnoha bodech. Některá místa jsou přesvětlená (vlivem geometrického faktoru - stejně jako v případě difuzních povrchů), v některých zase chybí odlesk (přesněji odlesky jsou jen v izolovaných místech - bodovost VPL).



Vlevo: Scéna vykreslená Path tracingem.

Vpravo: Scéna vykreslená VPL, s přesvětlenými místy a bodovými lesklými odrazy.

2.1 Ořezávání

Použijeme-li ořezávání, jako v případě difuzních povrchů, zbavíme se opět artefaktů vyplývajících z vlivu geometrického členu. Ztratíme ale ještě více energie, neboť lesklé povrchy typicky vytvářejí velmi intenzivní odrazy, o něž ořezáváním přijdeme. Artefakty vzniklé nepřímým osvětlením lesklého bodového VPL se touto metodou nevyřeší vůbec. K tomu nám poslouží následující metoda.

2.2 Difuzní VPL

Použitím difuzních VPL, místo lesklých, se zbavíme bodových artefaktů, vzniklých maximem lesklých BRDF funkcí. Také se tím ale zbavíme velké části nepřímého osvětlení, které těmito směrovými odrazy vzniklo.

2.3 VSL

Tato kapitola se zabývá aproximativním řešením problému globálního osvětlení scény pomocí VPL s difuzními i lesklými povrchy.

2.3.1 Idea

Základní myšlenkou je nahrazení bodového virtuálního světelného zdroje světlem sférickým. Odtud i pojmenování VSL = Virtual Spherical Light.

VSL neleží jen v jednom bodě x nějaké plochy scény, ale rozprostírá se na okolí tohoto bodu. Okolí je určeno Euklidovskou vzdáleností, tzn. virtuální světlo je vrháno všemi body (na plochách scény), ležícími uvnitř koule daného poloměru se středem v x .

Cílem této úpravy je odstranit artefakty vzniklé z výpočtu nepřímého osvětlení na lesklých površích.

2.3.2 Výpočet radiance VSL

Představme si scénu, ve které chceme vyhodnotit radianci v bodě x , přicházející od virtuálního světla, ležícího v bodě p . Předpokládejme, že toto světlo vyzařuje svoji energii ze všech povrchů scény uvnitř koule o poloměru r , se středem v p . Tato energie je následně transportována do bodu

x (ve své podstatě jde o analogii fotonových map). Pak můžeme radianci v bodě x , vyzářenou VSL v bodě p , vyjádřit vzorcem:

$$L_o(x, \omega_o) = \frac{\Phi}{\pi r^2} \int_{\Omega} f_r(x, l \rightarrow \omega_o) \cos \theta_x f_r(y, \omega_i \rightarrow -l) (\|p - y\| < r) dl \quad (5)$$

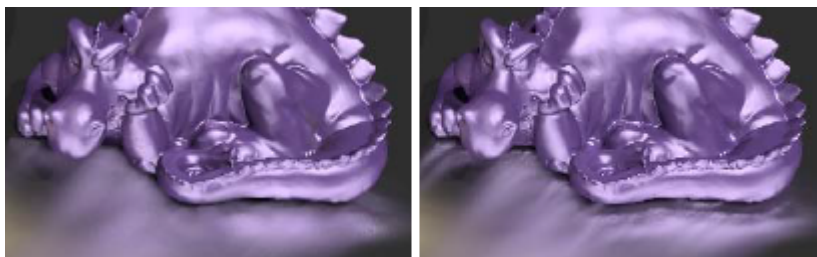
Ω zde odpovídá kuželu s vrcholem v bodě x a základnou obepínající světelnou kouli o poloměru r , se středem p . Φ je tok světla, $f_r(x, l \rightarrow \omega_o)$ je BRDF v bodě x , ze směru l (všechny směry omezené kuželem, přes které integrujeme) do směru k pozorovateli. Rovněž $f_r(y, \omega_i \rightarrow -l)$ je BRDF v bodě $y = ray(x, l)$, který se nachází na povrchu uvnitř sféry a světlo na něj dopadá ze směru ω_i (tj. ze směru incidence částice, která vygenerovala virtuální světlo) a je odráženo ve směru $-l$. θ_x odpovídá úhlu sevřenému normálou bodu x a směrovým vektorem l a konečně $(\|p - y\| < r)$ je výraz nabývající 1 nebo 0, pokud se paprsek strefí na povrch uvnitř koule nebo nikoliv.

2.3.3 Aproximace

Vyčíslení hodnoty L_o z rovnice (5) je výpočetně náročné. Zavádeme následující předpoklady, které výpočet zjednoduší:

- Viditelnost, normála povrchu i BRDF jsou v oblasti VSL konstantní (hodnoty vypočteme pouze ve středu VSL).
- Funkci $(\|p - y\| < r)$ nahradíme faktorem $\cos \theta_p$, který ošetří případy, kdy nám paprsek protne sféru, ale dopadne na povrch mimo ni.

Touto aproximací ztratíme přesnost - scéna může být v některých místech rozmazaná. Na druhou stranu metoda s rostoucím počtem světél konverguje ke správnému řešení, takže přidáním nových VSL můžeme vzhled vylepšit.



Vlevo: 5 000 VSL, odlesk na zemi je rozmazaný. Vpravo: 1 000 000 VSL, korektní odlesk.

Reference

- [1] Hašan M., Krivánek J., Walter B., Bala K., *Virtual Spherical Lights for Many-Light Rendering of Glossy Scenes*, Proc SIGGRAPH Asia '09.
- [2] Keller Alexander, *Instant radiosity*. Proc. SIGGRAPH '97.
- [3] Kollig Thomas, Keller Alexander, *Illumination in the Presence of Weak Singularities*, Monte Carlo And Quasi-monte Carlo Methods, 2004.