

# BSSRDF Estimation from Single Images

Martin Bulant, Čestmír Houška

Matematicko-fyzikální fakulta  
Univerzita Karlova v Praze  
Prezentace článku na Pgr3

November 2011



# Osnova

**Odhad BSSRDF**

**Kontrolované prostředí**

**Nekontrolované prostředí**

**Výsledky**



# Osnova

**Odhad BSSRDF**  
BSSRDF

Kontrolované prostředí

Nekontrolované prostředí

Výsledky



# BSSRDF

## Bidirectional Surface Scattering Reflection Distribution Function

- ▶ Co je BSSRDF?



# Osnova

## Odhad BSSRDF

### Kontrolované prostředí

Měření odrazivých vlastností materiálů

Algoritmus

Bázové funkce

Vyhlazení bázových funkcí

### Nekontrolované prostředí

### Výsledky



# Kontrolované prostředí

- ▶ Umožňuje ukázat správnost předloženého algoritmu pro odhad BSSRDF



# Současné způsoby měření

- ▶ Za použití speciálního vybavení
- ▶ S využitím mnoha fotografií ze známých úhlů při známých směrech ke zdrojům světla
- ▶ Z jedné fotografie, ovšem se znalostí tvaru objektu



# Metoda z tohoto článku

## Výhody metody

- ▶ Není třeba dalších uživatelských zásahů
- ▶ Nejsou třeba dříve naměřená data

## Charakteristiky metody

- ▶ Založeno na difúzním modelu
- ▶ Prováděno ve dvou krocích





# První fáze

- ▶ Difuzní profil je vyjádřen jako lineární kombinace po částech konstantních bázových funkcí.
- ▶ Výsledkem je soustava lineárních rovnic
- ▶ Vede ke zvýšení robustnosti ve špatně podmíněných případech.



## Druhá fáze

- ▶ Zajišťuje vyhlazení profilu odrazivostní funkce.
- ▶ Odstraňuje nespojitosti v první derivaci.
- ▶ Zajišťuje fyzikální věrnost.

Jednokroková nelineární optimalizace se ukázala jako ne příliš vhodná.

- ▶ Lokální minima.
- ▶ Ne příliš věrné výsledky



# Vstupní data

- ▶ Obrázky s vysokým dynamickým rozsahem.
  - ▶ Aby se kvantizací neztratily malé rozdíly odrazivosti.
- ▶ Bitovou masku určující, kde v obrázku je objekt s aproximovaným materiálem.
- ▶ Z obrázku se odstraní odlesky světla.
- ▶ Získáme tak množinu pixelů relevantních pro výpočet funkce odrazivosti.



# Vlastnosti materiálu

- ▶ V opticky tlustých materiálech lze zanedbat možnost, že dojde jen k jednomu rozptylu.
- ▶ Izotropická distribuce světla
- ▶ Lze použít dipólovou difúzní aproximaci.
- ▶ Díky tomu lze vyjádřit funkci odrazivosti takto:
- ▶  $L(x_{out}, \omega_{out}) = \frac{1}{\pi} F_t(\eta, \omega_{out}) \int_A R_d(\|x_{out} - x_{in}\|) E(x_{in}) dA(x_{in})$
- ▶ Hodnoty relevantních pixelů se berou jako dobrý odhad radiance  $L$



# Vlastnosti materiálu

- ▶ Rozptylové vlastnosti materiálu jsou definovány pomocí:
  - ▶ Indexu lomu  $\eta$ , který se používá standardně  $\eta = 1.3$
  - ▶ Difúzní rozptylové funkce  $R_d(\|x_{out} - x_{in}\|)$

Jedinou neznámou v našem modelu je difúzní rozptylová funkce.



# Odhad difúzní fozptylové funkce

- ▶ Rovnice pro  $L$  se přepíše do tvaru ve kterém vystupují geometrické vlastnosti objektu a scény.
- ▶ Tuto funkci je možné odhadnout pomocí standardních minimalizačních algoritmů.
- ▶ Ty ovšem potřebují specifický model pro difúzní funkci.
- ▶ Modelem je lineární kombinace bázových funkcí.



# Volba bázových funkcí

## Možnosti pro volbu bázových funkcí

- ▶ Rovnoměrně rozdělené po částech konstantní funkce.
- ▶ Gausovy křivky se střední hodnotou 0.
- ▶ Hermitovy a Legendreovy polynomy.
- ▶ Po částech lineární polynomy.



# Volba bázových funkcí

## Srovnání bází

- ▶ Gausovy křivky se střední hodnotou 0, Hermitovy a Legendreovy polynomy
  - ▶ Nestabilní
  - ▶ Velké chyby
  - ▶ Nemusí zkonvergovat
- ▶ Po částech lineární polynomy.
  - ▶ Stabilní
  - ▶ Velké chyby
- ▶ Rovnoměrně rozdělené po částech konstantní funkce.
  - ▶ Stabilní
  - ▶ Nejméně chybové
  - ▶ Nejrychlejší výpočet





# Volba báзовých funkcí

## Nejvhodnější báze

- ▶ Rovnoměrně rozdělené po částech konstantní funkce.
  - ▶ Stabilita významná především pro nepřesné vstupy.
  - ▶ Nejvhodnější počet je 20 - 30 báзовých funkcí.



# Vyhlazení bázové funkce

Jak a proč vyhlazovat

Způsob vyhlazení

- ▶ Napasování po částech konstatní funkce na funkci:
  - ▶ Spojitou
  - ▶ Derivovatelnou
  - ▶ Monotonně klesající

Důvody:

- ▶ Eliminace šumu
- ▶ Odstranění nespojitostí při renderování
- ▶ Zachování fyzikální věrnosti a korektnosti funkce



# Vyhlazení bázové funkce

## Vyhlazená funkce

- ▶ Nejvhodnější by bylo použít funkci z dipólového modelu.
- ▶ Není možné - příliš málo informací.
- ▶ Použitý model.
- ▶ Po částech kubická funkce s hermitovskou interpolací.



# Vyhlazení bázové funkce

## Výpočet vyhlazené funkce

- ▶ Pomocí minimalizace jisté energetické funkce.
  - ▶ Zohledňuje rozdíl mezi hladkou funkcí a původní lineární kombinací.
  - ▶ Zajišťuje fyzikální věrnost.
  - ▶ Zajišťuje hladkost.



# Osnova

Odhad BSSRDF

Kontrolované prostředí

**Nekontrolované prostředí**

Přechod k nekontrovanému prostředí

Odhad tvaru

Bilaterální filtr

Odhad osvětlení

Výsledky



# Nekontrované prostředí

Aneb co když nevíme všechno

- ▶ Zatím víme, jak odhadovat BSSRDF v kontrolovaném prostředí
- ▶ Kontrolované prostředí = známe geometrii objektu a světlo
- ▶ Co když ale výše uvedené informace nemáme?



# Nekontrované prostředí

Stačí nám aproximovat

- ▶ Řešení: nějak tyto informace odhadnout (stačí zhruba)
- ▶ **Náš zrak neanalyzuje optické vlastnosti objektu dopodrobna. Pouze vnímáme celkový vzhled a dojem. Takže stačí pozici světla a tvar objektu vhodně aproximovat.**



# Odhad tvaru

## Předpoklady

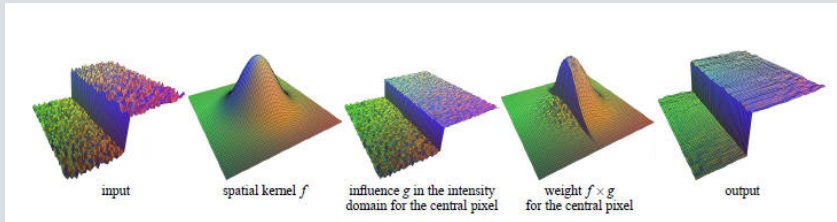
- ▶ Kontury mají hloubku  $Z = 0$
- ▶ Objekt je globálně konvexní
- ▶ Objekt je zrcadlově symetrický podle roviny  $Z = 0$





# Bilaterální filtr

ilustrace



<http://scien.stanford.edu/pages/labsite/2006/psych221/projects/06/imagescaling/bilati.html>



# Odhad tvaru









## Celý algoritmus

- ▶ Získáme základovou vrstvu a vrstvu detailů aplikací bilaterálního filtru s různým nastavením parametrů
- ▶ Hodnoty v základové vrstvě naškálujeme pomocí nelineárních spline funkcí
- ▶ Sečteme tyto vrstvy váženým součtem (autoři používají koeficienty 0.8 a 0.2)
- ▶ Pokud získáme konkávní tvar, využijeme jevu zvaného bass-relief ambiguity a hloubky invertujeme
- ▶ Zadní stranu objektu získáme zrcadlovým převrácením přední strany



# Odhad tvaru

Příklad

	<b>Extruded matte</b>	<b>Base layer</b>	<b>Base and detail</b>	<b>3D</b>	<b>Ground truth</b>
<b>Depth map</b>					
<b>Result</b>	Does not converge				



# Odhad osvětlení

## Teorie

Chceme z obrázku odhadnout, odkud při pořizování obrázku přicházelo světlo. Předpokládáme velmi vzdálené světelné zdroje  
Nevíme:

- ▶ kolik je světel
- ▶ z jakých svítí směrů
- ▶ jaké mají intenzity



# Odhad osvětlení

Praxe

Dvoukrokový algoritmus:

- ▶ Odhad počtu světél, jejich azimutů a intenzit z kontury objektu
- ▶ Odhad elevace světél ze směrových derivací intenzity



# Odhad osvětlení

- ▶ Algoritmus převzat z jiného článku, kde byl aplikován na neprůsvitné objekty
- ▶ Ukázal se jako vhodný i na průsvitné objekty (chyba pod perceptuální rozlišovací schopností)



# Osnova

Odhad BSSRDF

Kontrolované prostředí

Nekontrolované prostředí

## Výsledky

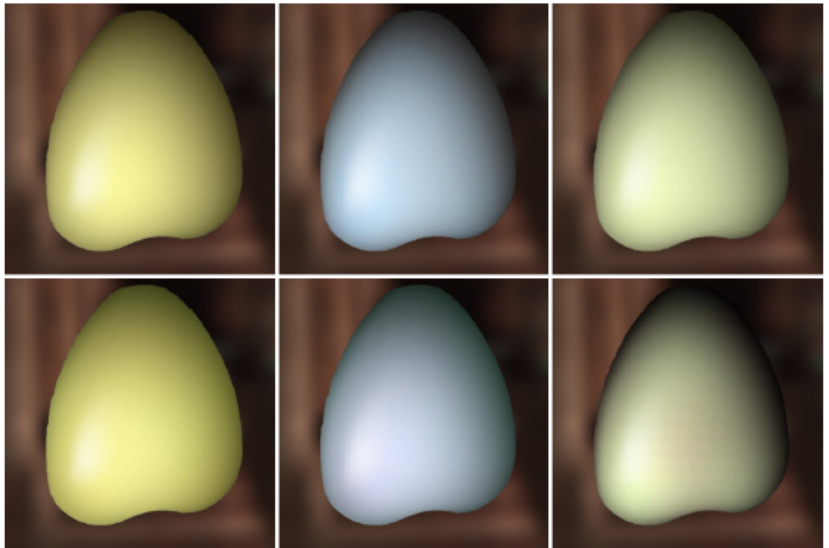
Validace

Příklad

Shrnutí a diskuze

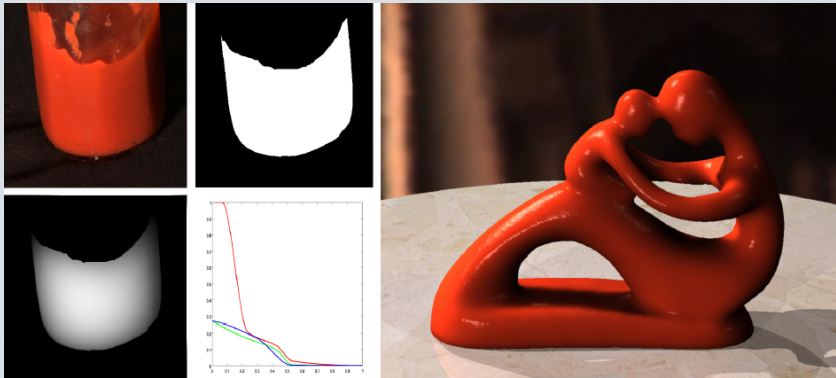


# Naměřené versus odhadnuté BSSRDF





# Příklad běhu algoritmu



# Shrnutí a diskuze

- ▶ Algoritmus pracuje pouze s informacemi v obrázku
- ▶ Chyby mohou vzniknout při velkém rozdílu rozměrů snímaného objektu a nově renderovaného objektu
- ▶ Některé obrázky obsahují málo informace (ploché osvětlení, osvětlení zezadu, titěrný objekt, ...)
- ▶ Autoři navrhují používat algoritmus pro interaktivní editování obrázků



# Reference

- ▶ BSSRDF Estimation from Single Images  
[http://giga.cps.unizar.es/~amunoz/projects/EG2011\\_bssrdf/](http://giga.cps.unizar.es/~amunoz/projects/EG2011_bssrdf/)
- ▶ KHAN E. A., REINHARD E., FLEMING R. W., BÜLTHOFF H. H.:  
Image-based material editing. *ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH) (2006)*, 654–663.
- ▶ LOPEZ-MORENO J., HADAP S., REINHARD E., GUTIERREZ D.:  
Compositing images through light source detection. *Computers & Graphics In press (2010)*.
- ▶ Bilateral Filter Introduction  
<http://scien.stanford.edu/pages/labsite/2006/psych221/projects/06/imagescaling>

