

Modelování osvětlení scény metodou sledování paprsku

Semestrální práce z předmětu KMA / MM
ZS 2013 / 2014

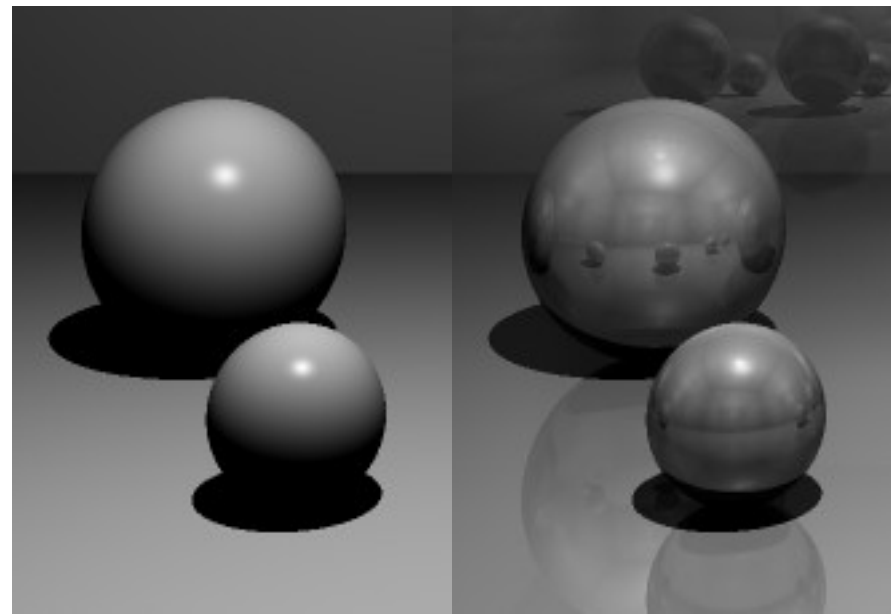
Michal Žák

Úvod

- Hledáme osvětlení scény pomocí paprsků
- Výpočet probíhá *v opačném směru*:
od průmětny směrem do scény a ke zdrojům světla
- Dává dobré výsledky pro lesklé povrchy
(symetrie paprsku)

Základní algoritmus

1. Pro každý pixel vrhneme paprsek do scény
2. Nalezneme nejbližší průsečík s tělesem
3. Vypočteme lokální osvětlení (*Phong*)
4. Nalezneme paprsek odražený a zalomený, pokračujeme rekurzivně dále
5. Vratíme součet intenzit



Výpočet průsečíků

- Paprsek = polopřímka
- Těleso = implicitní popis

- Řešíme soustavu:

$$F(\mathbf{x}) = 0$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}_A + \mathbf{s} \, t$$

Příklad implicitních vyjádření

- Rovina (v projektivním prostoru)

$$\mathbf{a}^T \mathbf{x} = 0$$

- Kvadratická plocha (koule, elipsoid...)

$$\mathbf{x}^T \mathbf{M} \mathbf{x} = 0$$

Řešíme jako kvadratickou rovnici:

$$a = \mathbf{s}^T \cdot \mathbf{M} \cdot \mathbf{s}$$

$$b = \mathbf{s}^T \cdot \mathbf{M} \cdot \mathbf{x}_A + \mathbf{x}_A^T \cdot \mathbf{M} \cdot \mathbf{s}$$

$$c = \mathbf{x}_A^T \cdot \mathbf{M} \cdot \mathbf{x}_A$$

- Normála: $\text{grad}(\mathbf{x}^T \mathbf{M} \mathbf{x})$

Odraz a lom

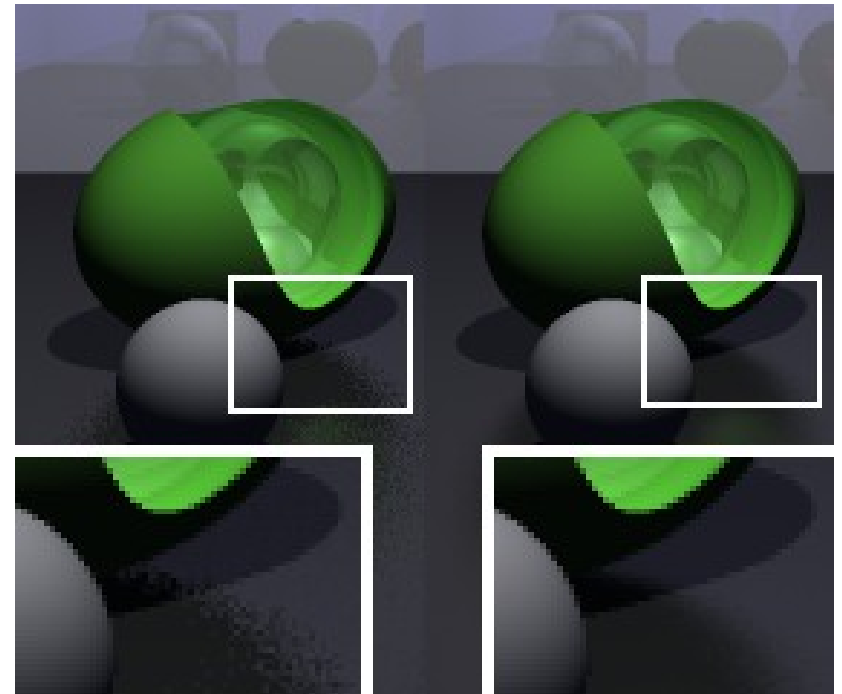
- Stále parametrické vyjádření $\mathbf{x} = \mathbf{x}_A + \mathbf{s} t$
- Získaný průsečík zvolíme jako \mathbf{x}_A
- Směrový vektor \mathbf{s} :
 - Odraz: $\mathbf{s} = \mathbf{s}_0 - 2 (\mathbf{s}_0 \cdot \hat{\mathbf{n}}) \hat{\mathbf{n}}$
 - Lom: $\mathbf{s} = \eta \mathbf{s}_0 - (\eta (\mathbf{s}_0 \cdot \hat{\mathbf{n}}) + \sqrt{k}) \hat{\mathbf{n}}$
 $k = 1 - \eta^2 (1 - (\hat{\mathbf{n}} \cdot \mathbf{s}_0)^2)$

Matný odraz

- Více odražených paprsků
- Použito gaussovské rozložení
 - Rotačně invariantní
- Počet vzorků má vliv na kvalitu

Obrázek:

1 vzorek vs. 30 vzorků



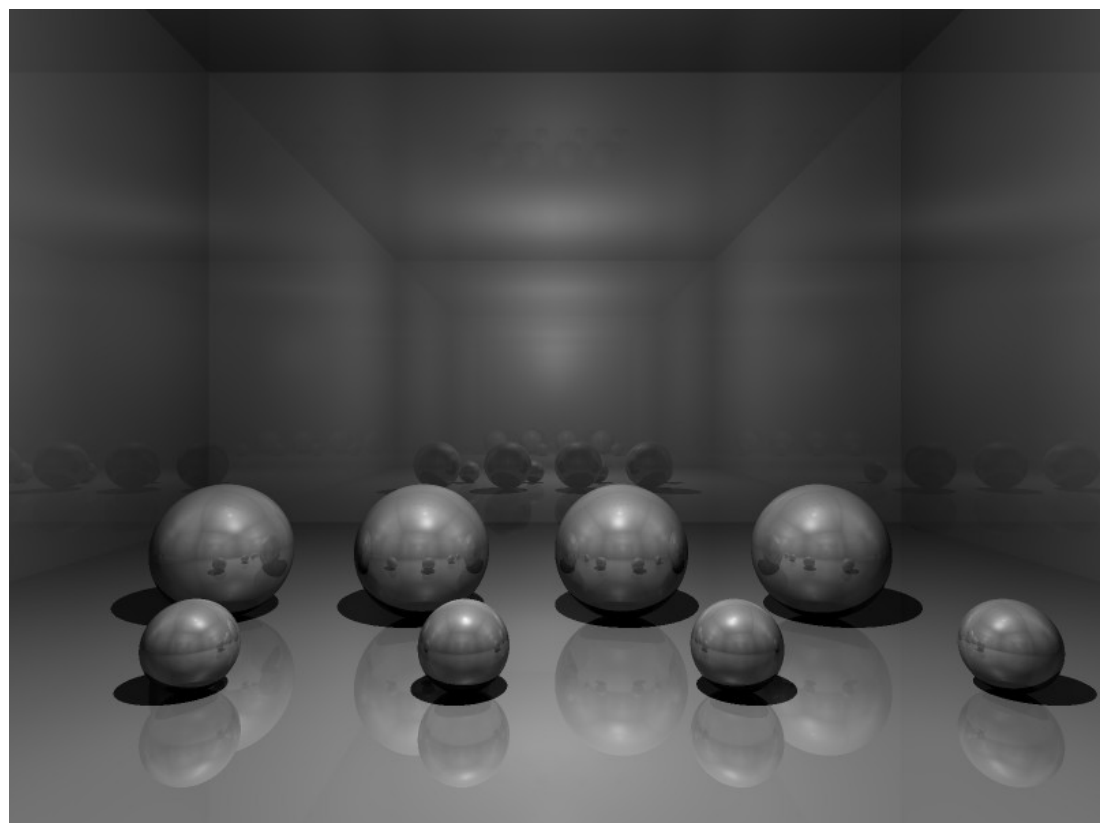
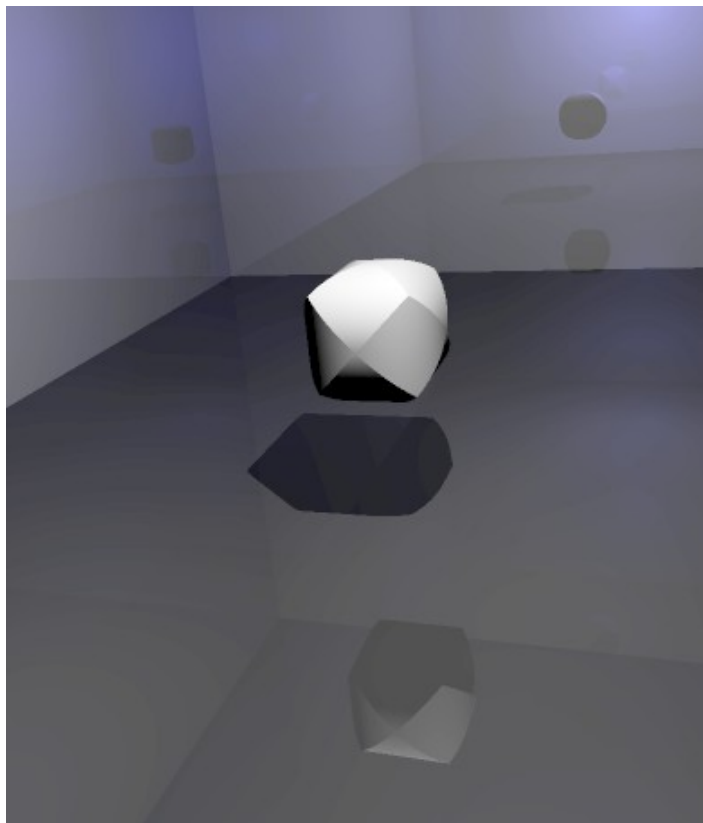
Množinové operace

- Účel: vytvoření složitých objektů kombinací jednoduchých
- Použité operace
 - Sjednocení
 - $(F_1(x) > 0 \text{ nebo } F_2(x) > 0)$
 - Průnik
 - $(F_1(x) > 0 \text{ a } F_2(x) > 0)$
 - Rozdíl
 - $(F_1(x) > 0 \text{ a } F_2(x) < 0)$

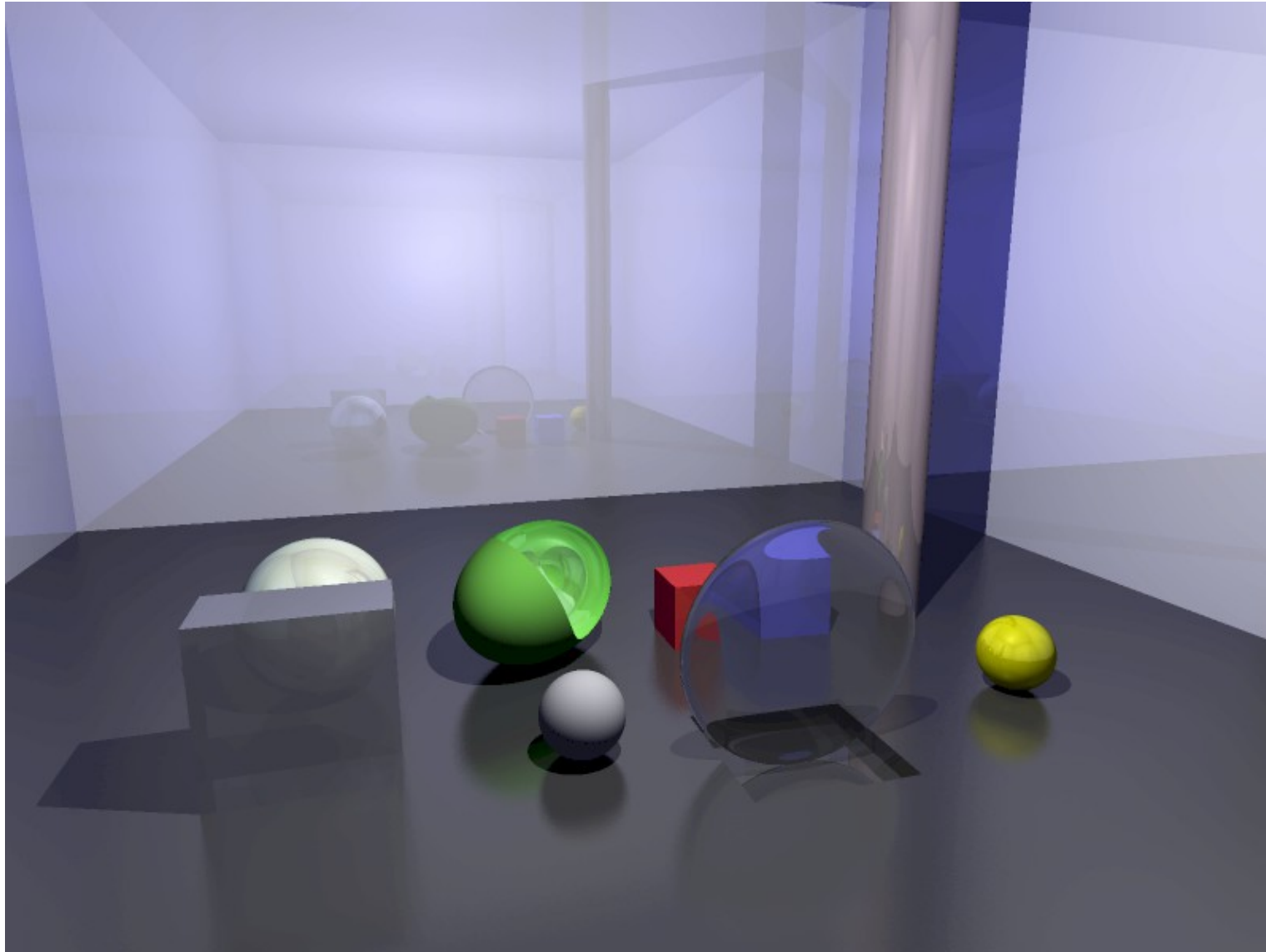
Vylepšení

- Paralelizace výpočtu
 - Jednotlivé pixely jsou na sobě nezávislé
- Supersampling
 - Pro jeden pixel se vypočte více vzorků, které jsou následně průměrovány

Ukázky



Ukázky



Děkuji za pozornost

Reference

- GPU gems 2: programming techniques for high-performance graphics and general-purpose computation. 2005. ISBN 0-321-33559-7.
- Jensen W. H. Realistic Image Synthesis Using Photon Mapping. 2001. AK Peters. ISBN 978-1568811470.
- Rost R. J.: OpenGL Shading Language. 2004. ISBN 0-321-19789-5.
- Skala V. Světlo, barvy a barevné systémy v počítačové grafice. Academia. 1993.