

Informace o zkoušce z předmětu Počítačová grafika III (NPGR010)

zimní semestr 2013/14

Jaroslav Křivánek

10.10.2013

Obecné informace

Zkouška bude ústní a bude sestávat ze třech otázek. Dvě z nich se budou týkat látky ze semestru a budou vybrané z níže uvedeného seznamu (*seznam bude aktualizován na konci semestru podle skutečně probrané látky*). V rámci třetí otázky student stručně a srozumitelně vyloží obsah jedno ze třech předem vybraných odborných článků souvisejících s realistickým zobrazováním.

Zkouška začne tím, že si student vylosuje dvě otázky ze seznamu a zkoušející náhodně vybere jeden ze tří odborných článků. Student bude poté mít cca 30 minut na přípravu, po které bude následovat samotná ústní zkouška.

Předpokladem úspěchu u zkoušky je: a) skutečné pochopení látky z přednášek a vybraných odborných článků, b) schopnost vysvětlit obsah vybraného článku v omezeném časovém prostoru. Druhý bod by neměl být podceněn – důležité je vysvětlit nejen „jak“, ale také „co“, „proč“ a „co za to“ (tj. dosažené výsledky). Očekává se také, že studenti budou schopni obsah odborného článku kriticky zhodnotit.

Otázky:

1. **Radiometrie & fotometrie.** Vztah mezi radiometrickými a fotometrickými veličinami. Křivka poměrné spektrální světelné účinnosti. Model světla pro účely radiometrie, zářivá energie. Přehled radiometrických a fotometrických veličin.
2. **Radiometrické a fotometrické veličiny.** Zářivá/světlená energie, zářivý/světlený tok, ozáření/osvětlení, Lambertův kosinový zákon, intenzita vyzařování/světlení (luminozity), zářivost/svítivost, zář/jas a její vlastnosti. Příchozí a odchozí zář. Význam kosinového faktoru v definici záře.
3. **Zdroje světla a jejich popis.** Bodový zdroj, plošný zdroj. Popis záření zdrojů světla radiometrickými veličinami. Vztah mezi zářivostí a tokem pro některé základní typy bodových zdrojů. Vztah mezi emitovanou září a tokem pro plošné zdroje. Ozáření plochy způsobené bodovým a plošným zdrojem světla. Promítnutý prostorový úhel.
4. **BRDF.** Definice, vlastnosti, význam. Hemisféricko-hemisférická a hemisféricko-směrová odrazivost, typy BRDF, různé přístupy modelování odrazivých vlastností materiálů. BTDF, BSDF, SVBRDF, BTF, BSSRDF.
5. **Základní BRDF modely.** Difúzní BRDF (odrazivost, podmínky zachování energie), BRDF pro ideální zrcadlový odraz a lom. Snellův zákon, totální odraz. BRDF popisující Phongův osvětlovací model – zajištění reciprocity a zachování energie.
6. **Lokální rovnice odrazu (OVTIGRE).** Odvození z definice BRDF, význam, veličiny, které se v rovnici vyskytují.
7. **Zobrazovací rovnice.** Odvození z lokální rovnice odrazu. Rozdíl mezi lokální rovnicí odrazu a zobrazovací rovnicí. Úhlová a plošná forma zobrazovací rovnice. Odvození radiozitivní metody ze zobrazovací rovnice.
8. **Řešení zobrazovací rovnice.** Vyjádření ZR v operátorové formě. Převedení na nekonečně-dimenzionální integrál: expanze, Neumannova řada, podmínky konvergence.
9. **Monte-Carlo kvadratura.** Odhad určitého integrálu metodou Monte Carlo. Primární / sekundární estimátor. Odvození nestrannosti a rozptylu primárního a sekundárního estimátoru. Rozdíl mezi estimátorem a jeho realizací. Porovnání s deterministickými kvadraturními vzorci (rychlost konvergence). Příklady estimátorů pro jednoduché integrály ve výpočtu osvětlení.

10. **Vlastnosti Monte Carlo estimátorů.** Nestranný a konzistentní estimátor. Střední kvadratická chyba, účinnost (eficience). Příklady nestranných, konzistentních a nekonzistentních estimátorů řešení zobrazovací rovnice.
11. **Kombinace MC estimátorů** („multiple importance sampling“). Obecný vzorec. Podmínky nestrannosti kombinovaného estimátoru. Vyrovnaná, mocinná a maximální heuristika. Proč to vlastně funguje tak dobře? V jakém případě kombinovaný estimátor nepomůže? Příklady použití v zobrazování.
12. **Metody snížení rozptylu MC estimátorů.** Řídící funkce (control variates), vzorkování podle důležitosti (importance sampling), vzorkování po částech (stratified sampling – jittering), quasi-Monte Carlo metody. Definice diskrepance a její souvislost s chybou odhadu. Sekvence s nízkou diskrepancí.
13. **Generování vzorků z 1D a 2D diskrétního rozdělení** pravděpodobnosti. Vzorkování z mapy prostředí a použití v osvětlení scén obrazem („image-based lighting“).
14. **Generování vzorků z 1D a 2D spojitého rozdělení** pravděpodobnosti – transformace inverzní distribuční funkcí, zamítací metoda. Vzorkování komponent BRDF.
15. **Algoritmus „path tracing“.** Odvození algoritmu jako rekurzivního řešení zobrazovací rovnice a jako metody vzorkování v prostoru cest. Pseudokód.
16. **Optimalizace algoritmu „path tracing“.** Různé způsoby ukončení cest a jejich důsledky. Využití kombinovaného Monte Carlo estimátoru („multiple importance sampling“) pro výpočet přímého osvětlení.
17. Na příkladu v osvětlení scén obrazem („**image-based lighting**“) popište princip kombinovaného Monte Carlo estimátoru („**multiple importance sampling**“). Jaké vzorkovací strategie připadají v tomto případě v úvahu? Vysvětlete na tomto příkladě rozdíl mezi vyrovnanou („balance“) a maximální („maximum“) heuristikou pro MIS.
18. **Důležitost a dualita v zobrazování.** Měřicí rovnice. Veličina důležitosti. Propagace důležitosti scénou. Dualita důležitosti a radiance. Algoritmus „light tracing“ jakožto rekurzivní řešení rovnice propagace důležitosti.
19. **Formulace řešení zobrazovací rovnice jako integrálu přes prostor cest.** Algoritmy „path tracing“ a „light tracing“ (s a bez odhadu příští události, tj. explicitního napojování na zdroje světla / kameru) v této formulaci.

20. Algoritmus „**Bidirectional path tracing**“. Různé strategie pro vzorkování cest, jejich kombinace pomocí MIS. Praktická implementace. Porovnání s algoritmy „path tracing“, „light tracing“, a „photon mapping.“
21. Algoritmus „**Photon mapping**“. Co je jeho účelem? Jak svého účelu dosahuje? Jaké má výhody a nevýhody? Porovnání s algoritmy „path tracing“, „light tracing“, a „bidirectional path tracing.“
22. Algoritmus „**Irradiance caching**“. Co je jeho účelem? Jak svého účelu dosahuje? Jaké má výhody a nevýhody? Použití v kombinaci s algoritmem „photon mapping“.
23. „**Point-based global illumination**“.