

Informace o zkoušce z předmětu Počítačová grafika III (NPGR010)

zimní semestr 2012/13

Jaroslav Křivánek

3.10.2012

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. 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.

Svůj výběr článků mi studenti musí oznámit e-mailem nejpozději do konce třetího týdne semestru. **Za každý den prodlení bude účtováno penále -1 bod.** Články jsou k dispozici např. na adrese <http://kesen.realtimerendering.com/>.

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, mocninná 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**“.