

Témavezető neve: dr. Szirmay-Kalos László.

A téma címe: *Interaktív globális illumináció*

A kutatás időtartama: 4 év

A kutatási tervnek megfelelően az interaktív globális illuminációs eljárásokhoz két irányból közelítettünk.

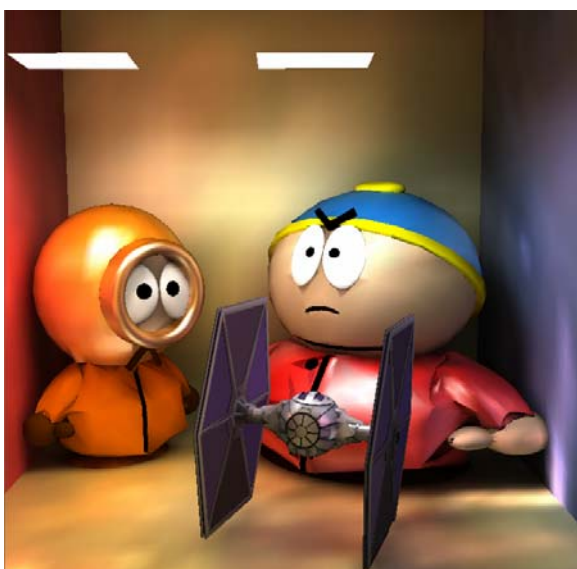
Vizsgáltuk mind a sugárkövetésen alapuló, mind pedig a hardver által támogatott sugárkötegekkel dolgozó algoritmusok hatékonyságát.

1. Sugárkövetés alapú módszerek

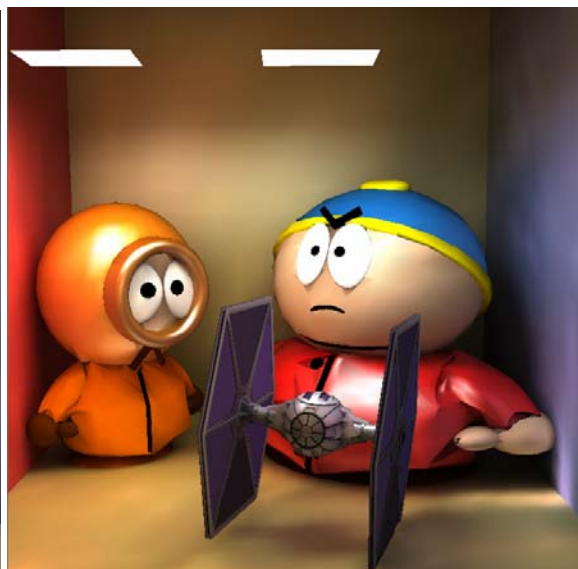
1.1. Fontosság szerinti mintavételezés

Elemeztük, hogy miként csökkenthető a számítási hibájuk a fontosság szerinti mintavételezés módszereivel. A fontosság szerinti mintavételezés legnagyobb problémája, hogy az optimális valószínűsűrsűrűség nem állítható elő explicit formában, ezért közelítésekre vagyunk utalva.

Egyrészt a *többszörös fontosság szerinti mintavételezést* vetettük be. Ez az eljárás képes két vagy több mintavételező módszer előnyeit kombinálni. Az többszörös fontosság szerinti mintavételezést a különböző sztochasztikus iterációs eljárások előnyeinek az egyesítésére alkalmaztuk, amelynek során sikerült interaktív sebességet elérni. Ezekből az eredményekből a publikációkon kívül két Ph.D. dolgozat is született.



Egyszeres fontosság szerinti

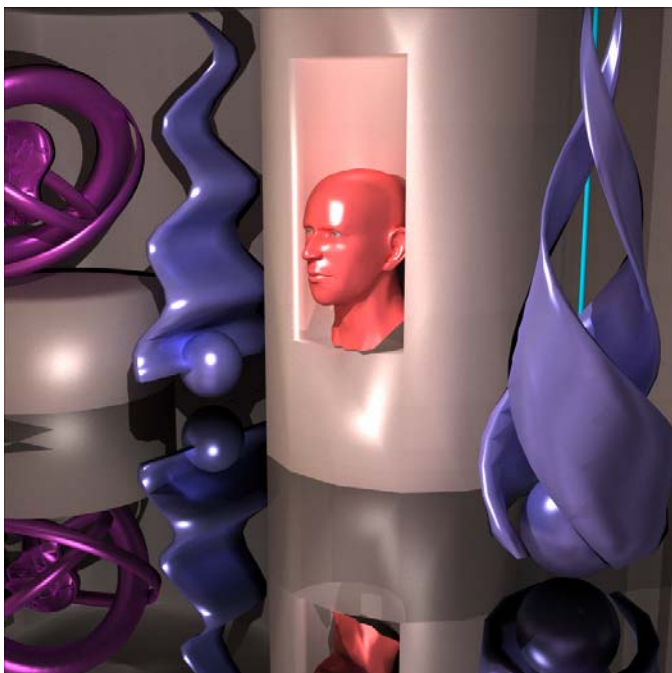


Többszörös fontosság szerinti

A fontosság szerinti mintavételezés javításának másik lehetőségét a *súlyozott fontosság szerinti mintavétel* adja, amelyet szintén sikerült adaptálnunk az árnyalási egyenlet megoldására.

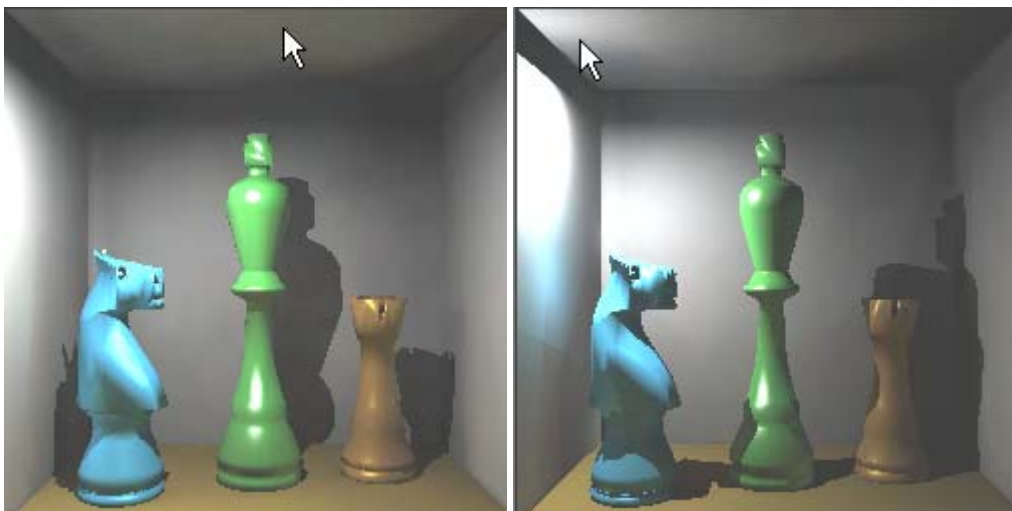


Végül a probléma egyik újabb megközelítése a *Metropolis módszerrel* lehetséges, amely egy adaptív folyamat keretében keres optimális mintavételezést. A Metropolis módszert mind véletlen bolyongásra, mind pedig (az iterációs eljárások között elsőként) sztochasztikus iterációra is alkalmaztuk. A Metropolis módszert végül nemcsak a globális illuminációs feladatra, hanem görbetervezéshez is sikerült adaptálni.



1.2. A fényutak újrahaznosítása

Az interaktív globális illumináció igényelte sebességnövekedéshez az is szükséges, hogy egy fényutat a lehetőségek szerint minél többször felhasználjunk a számítások során. A két éve napvilágot látott virtuális fényforrások (más néven indirekt foton térkép) eljárás nagyon jónak tűnik ebben a tekintetben. Azonban a klasszikus eljárás számos hiányossággal rendelkezik, és hatékonysága is még jelentősen fokozható. Ezen a területen a láthatóság számítását sikerült egy közelítő módszerrel felgyorsítani, amivel a véletlen bolyongási eljárásokkal is az interaktív sebesség közelébe kerültünk.



Az interaktív rendszerekben illetve az animációban az időbeli koherencia is lehetőséget ad a számítási idő csökkentésére, amit ugyancsak sikerült kiaknázni.

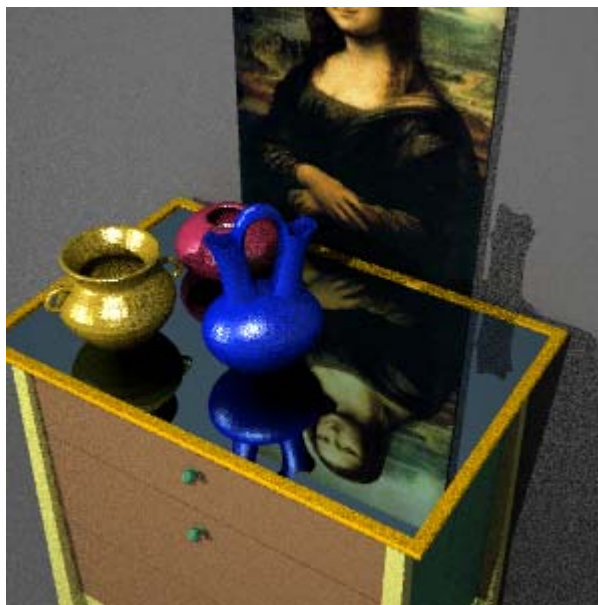
A kutatásaink során fényelnyelő anyagokkal is foglalkoztunk (pl. köd), és ezekre is sikerült interaktív sebességű megoldást találni. Ez a feladat tágabb összefüggésekben is értelmezhető, így az eredmények használhatók az orvosi vizualizációban is.

1.3. Új véletlen mintavételező eljárások

A kutatási munkát egyrészt a korábban megkezdett úton folytattuk, és új szóráscsökkentő módszereket fejlesztettünk ki. Ezek közül különösen ígéretes az a „Go with the winners” nevű megközelítés, amikor az orosz-rulettel szemben a fényutak véletlen csonkításának nem az a célja, hogy minden lépés hasonló hozzájárulású legyen, hanem az, hogy az egyes lépések hasonló mértékű hibát okozzanak.

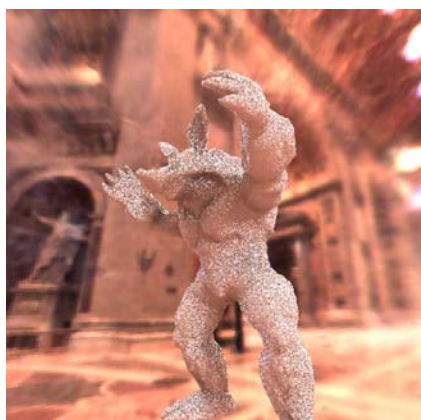


Hagyományos orosz rulett

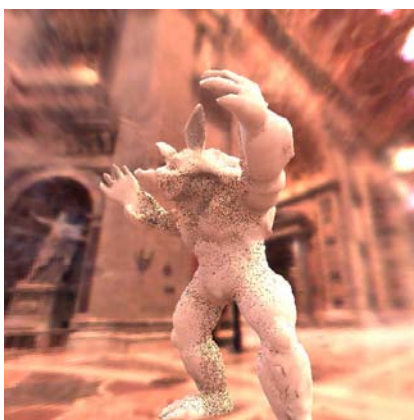


Go with the winners

Egy más jellegű megközelítésben pedig a fontosság szerinti mintavételezést a korrelált mintavételezéssel sikerült kombinálni, a két módszer előnyeit egyesíteni. Ezt a módszert sikerrel alkalmaztuk nagy területű fényforrások és környezeti égboltfény mintavételezéséhez.



Fontosság szerinti



Korrelált



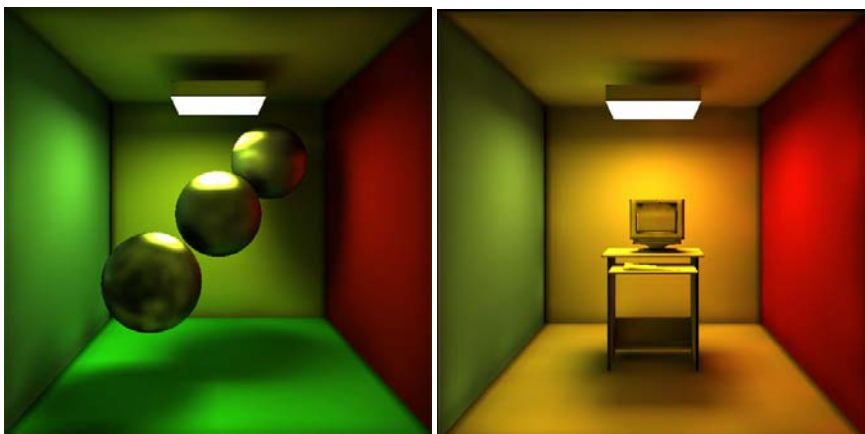
Új kombinált

2. Grafikus hardver alapú megoldások

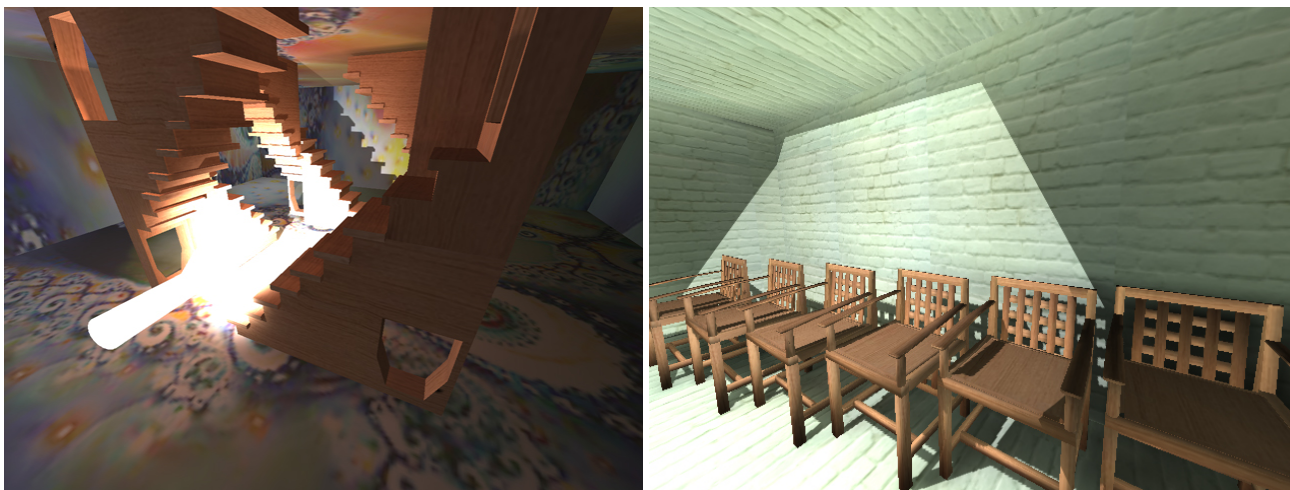
Nem hagyhattuk figyelmen kívül a grafikus hardver fejlődését sem. A legfontosabb változás az, hogy a korábbi rögzített megjelenítési csővezeték több szinten programozhatóvá vált, így olyan eljárások is implementálhatók a grafikus processzoron, amelyek a globális illuminációs számításokhoz kellenek.

A programozhatóság a 2004-ben érte el azt a szintet, hogy már a siker reményében vághatunk bele bonyolultabb algoritmusok megvalósításába is (Shader Model 3.0). Itt a kihívást az jelenti, hogy a grafikus hardverek speciális, nem Neumann architektúrájú, és nem is általános célú párhuzamos számítógépek, amelyeket nem a globális illuminációs számításokhoz fejlesztettek ki. Viszont, az óriási számítási teljesítményük miatt érdemes mégis kihasználni őket a globális illuminációs számításokban. Ezen a területen a következő algoritmusokat dolgoztuk ki:

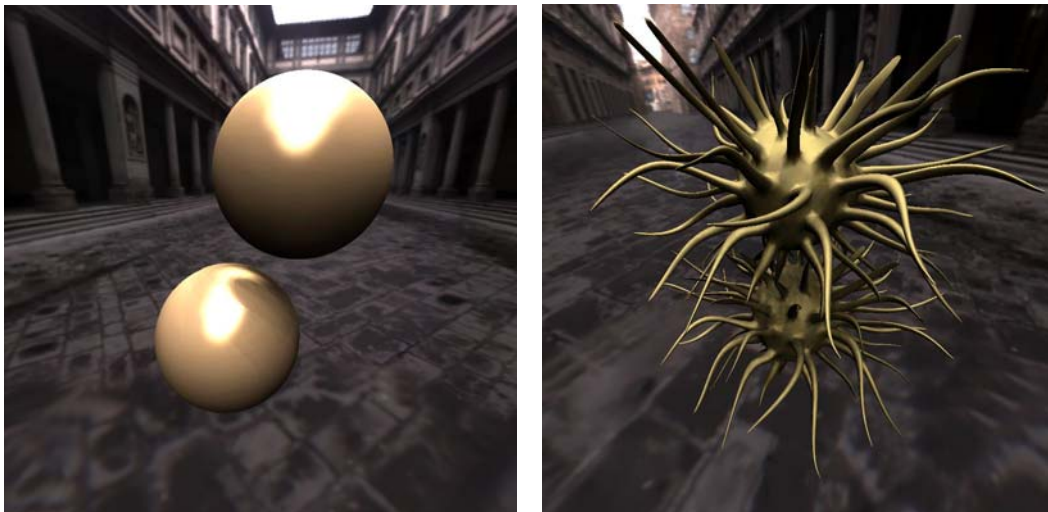
2.1. Randomizált radioiztás a GPU-n, amelyben megmutattuk, hogy hogyan lehet egy CPU-ra kidolgozott eljárást, a randomizálás alkalmazásával, a grafikus hardveren futtatni



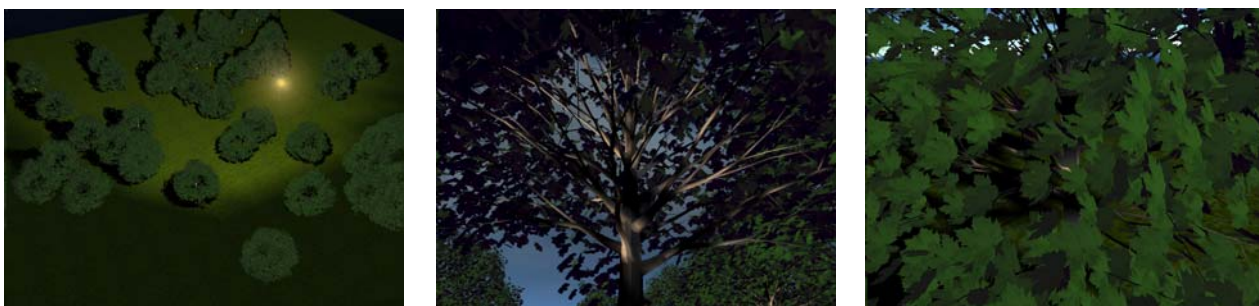
2.2. Többféle megoldás fényanimációra, azaz olyan esetekre, amikor a színtér statikus, de a fényforrások és a kamera szabadon mozoghatnak



2.3. Égbolt fényforrások hatásának valós idejű számítása



2.4. Fák, erdők interaktív megjelenítése.



2.5. A Fresnel képleteknek egy olyan egyszerűsítésére tettünk javaslatot, amely jól közelíti az eredeti képletet még fémek, azaz komplex törésmutatójú anyagok esetén is, ugyanakkor a GPU-n hatékonyan számíthatók.



réz



arany

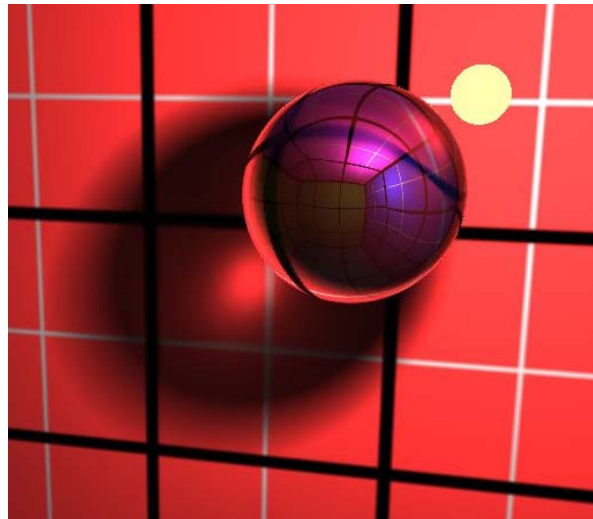
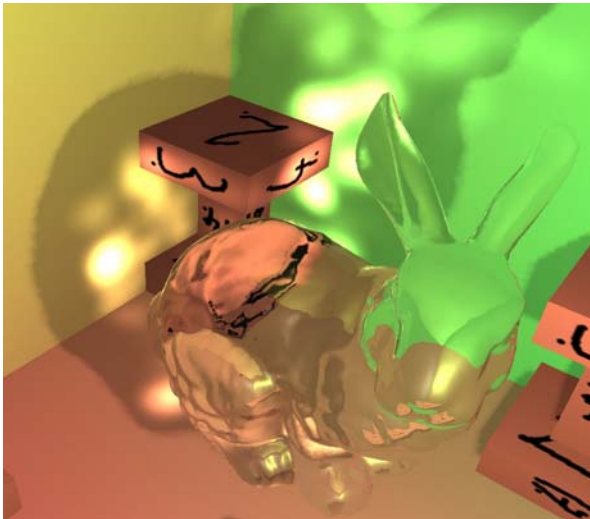
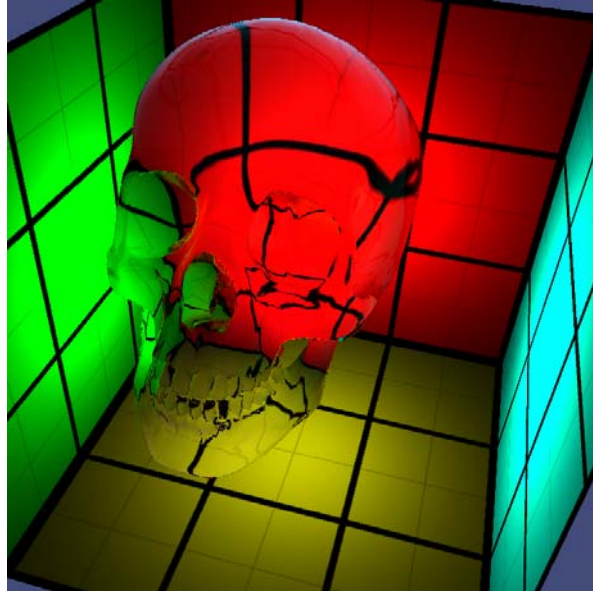
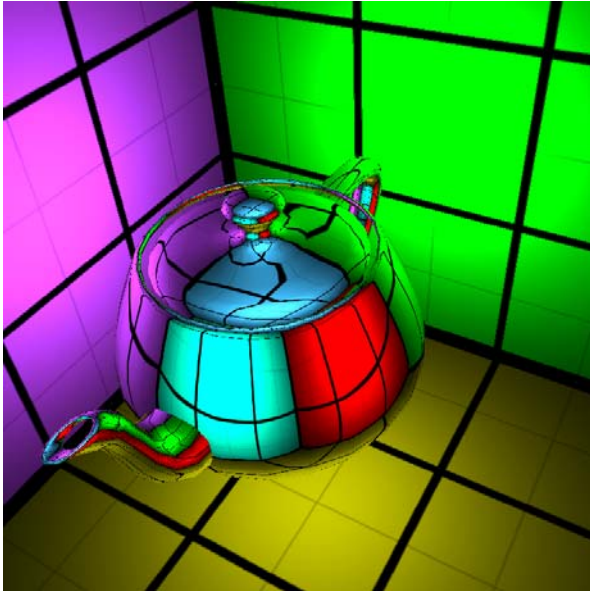


ezüst



alumínium

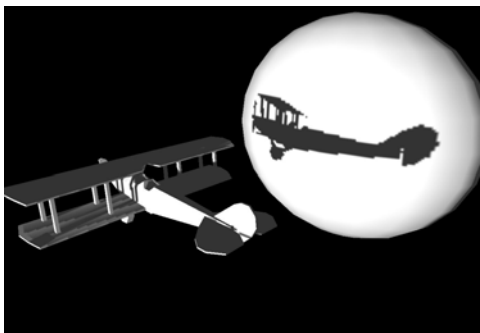
2.6. Egyszeres és többszörös tükröző és törő felületek, és kausztikus jelenségek



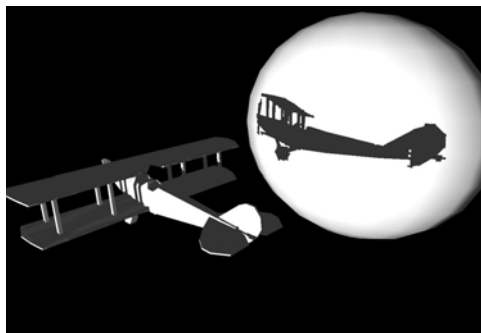
A legfontosabb eredményünknek a valószerű tükröződés, törés és kausztikus hatást elérő módszer kidolgozását tartjuk, amelyet az egyik legrangosabb számítógépes grafikai konferencián előadtunk, egy folyóirat cikk készült belőle *Approximate Ray Tracing with Distance Impostors* címmel, módosított változatát pedig egy könyvben is megjelentették (*Ray Tracing Effects without Tracing Rays*). A cikk igen nagy visszhangot keltett, alig 1 évvel a megjelenése után már több mint 20 hivatkozást kaptunk rá, több grafikával foglalkozó honlap beszámolt róla, külföldi egyetemek Ph.D. kurzusaiban kötelező téma lett.

A módszer továbbfejlesztett változatát elfogadták a téma legfontosabb könyvének számító GPU GEMS sorozat III. kötetének egy fejezeteként, amit ez évben kell elkészítenünk.

2.7. Éles árnyékok csipkézetttség nélkül (bal oldalon a hagyományos, jobb oldalon a mi módszerünk)

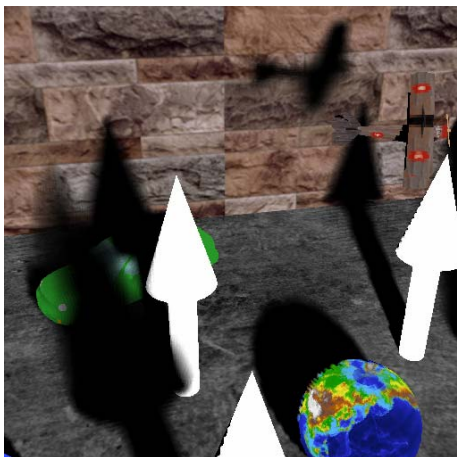


Hagyományos árnyéktérkép

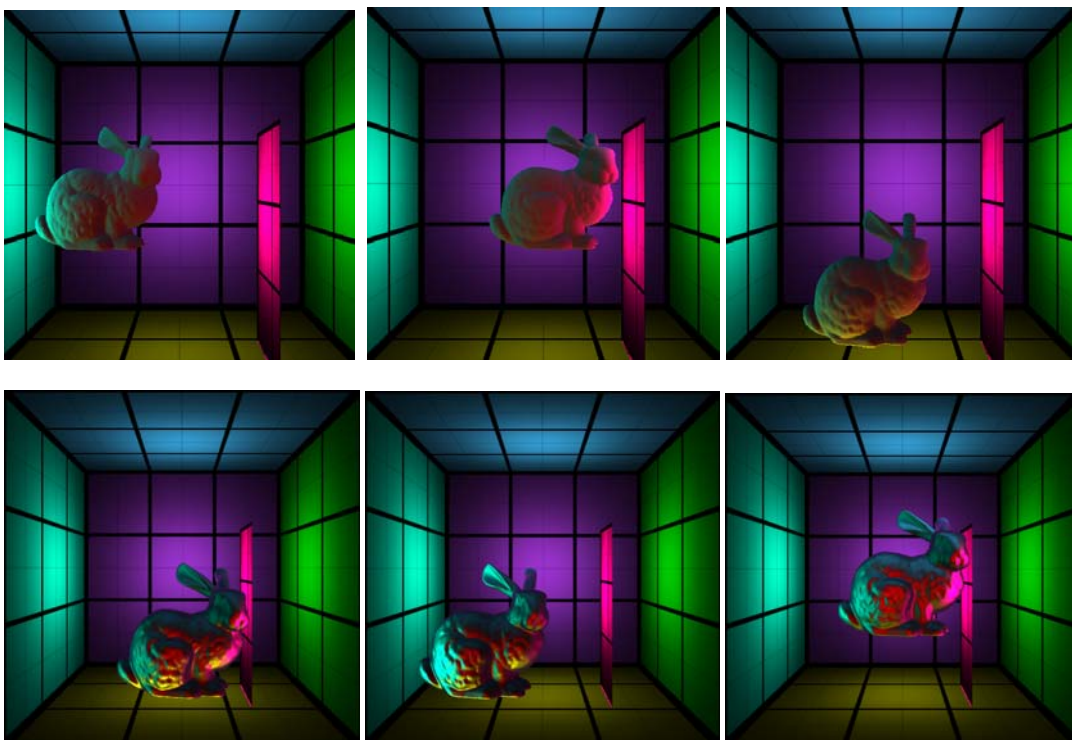


A módszerünk

2.8. Lágú árnyékok

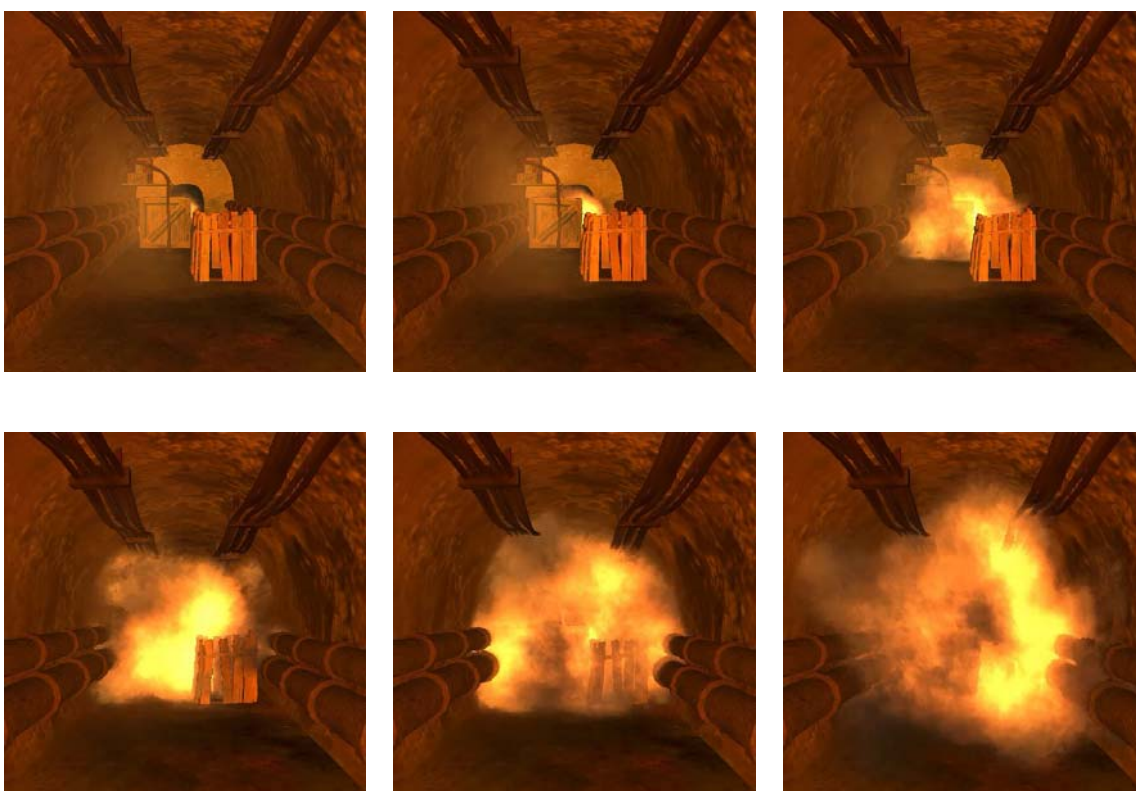
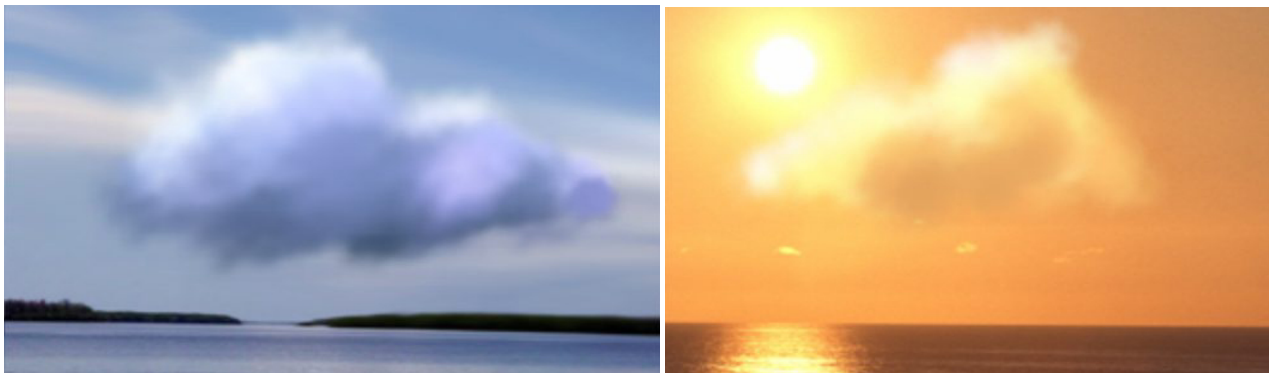


2.9. Diffúz és csillanó interreflexiók



2.10. Fényelnyelő anyagok

A kutatási munkánk másik fő iránya a fényelnyelő anyagok (felhő, tűz, stb.) globális illuminációs (multiple scattering) megjelenítése volt a GPU-n. Egy teljesen újszerű megközelítéssel sikerült a teljes megoldási folyamatot a GPU-n implementálni, így a korábbi, akár órás nagyságrendű számítási időket valós időre (25 msec) csökkenteni. Az eljárást a témakör legrangosabb konferenciáján, az EG Symposium on Rendering-en adtuk közre Real-Time Multiple Scattering in Participating Media with Illumination Networks címmel. Dinamikus jelenségek követésére kidolgozott eljárásunkat pedig az EG konferencián publikáltuk.



2.10. Színleképzés

A globális illuminációs számítások pontos, nagy dinamikájú színinformációhoz vezetnek, de a grafikus hardver még mindig csak 8 bit/színcsatorna felbontást tud kezelni. Ezért az utolsó lépésben, a szem tulajdonságainak a figyelembe vételével, úgy kell a konverziót elvégezni, hogy az információvesztés minimális legyen.



A kutatási eredmények alkalmazása fénytervező rendszerekben, játékokban és virtuális valóság rendszerekben lehetséges



Budapest, 2007. február 8.

Linnay-Kalosházi

Témavezető aláírása