České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra počítačové grafiky a interakce

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Karel Antonín**

Studijní program: Softwarové technologie a management
Obor: Web a multimedia

Název tématu: **Kompozice CG objektu do reálné filmové scény**

Pokyny pro vypracování:

Popište a analyzujte problémy věrohodného umístění objektů počítačové grafiky (CG) do reálné scény ve filmu. Soustřeďte se hlavně na sledování pohybu kamery, reálné osvětlení CG objektů a ovlivnění osvětlení reálné scény CG objektem. Popište stávající možnosti řešení.

Vhodné postupy demonstrujte krátkým filmem (cca 1min) ve kterém budou využity záběry s různými světelnými podmínkami (min. venkovní scéna ve dne a v noci/pološeru, scéna z interiéru, scéna s pohybujícími se zdroji světla), zhodnoťte kvalitu (věrohodnost) zakomponování CG objektu pro jednotlivé záběry a záběry porovnejte s podobnými záběry natočenými s reálnými objekty místo CG objektů.

Vybrané postupy dokumentujte formou tutoriálů vhodných pro studenty předmětu KMA, včetně ukázkových scén a podkladů.

Seznam odborné literatury:

Matchmoving: The Invisible Art of Camera Tracking, 2nd Edition. Tim Dobbert, Sybex A Wiley Brand 2012.

Digital Lighting and Rendering (3rd Edition) (Voices That Matter). Jeremy Birn, New Riders 2013.

Vedoucí: Ing. David Sedláček, Ph.D.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2015/2016

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická
Katedra počítačové grafiky a interakce

Bakalářská práce

Kompozice CG objektu do reálné filmové scény

Karel Antonín

Vedoucí práce: Ing. David Sedláček, Ph.D

Studijní program: Softwarové technologie a management

Obor: Web a multimedia

2. ledna 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v přiloženém seznamu.
Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 2.1.2015 ….....

Poděkování

Velice děkuji vedoucímu mé bakalářské práce, Ing. Davidu Sedláčkovi, Ph.D, za pomoc a cenné rady, které mi během vzniku této práce poskytl.

Abstract

This bachelor thesis is describing the process of tracking an object in a scene shot with real camera together with the process of compositing a CG object into that same scene. The task that is nowadays frequently used in multiple applications – from TV broadcasting to movie visual effects industry as well as numerous scientific projects. The output of this thesis consists of this written document as well as a short animated scene and number of tutorials. The short animated scene acts as a practical demonstration of all the principles that are described in this document.

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je popis procesu trackování pohybu bodu v reálné scéně a následné kompozice počítačem generovaného objektu do této reálné scény – procesu, který se dnes využívá v rozličných odvětvích. Od televizního vysílání přes filmové efekty až po vědecké účely. Následným výstupem je jak tento psaný dokument, tak krátká animovaná scéna, ve které jsou postupy, popsané v tomto dokumentu, aplikované v praxi.

Obsah

1. Úvod....1
2 Proces tvorby 3D scény a kompozice v teorii....2
2.1 Popis vlastností reálné kamery....2
2.1.1 FOV (field-of-view)....2
2.1.2 Ostrost....2
2.1.3 Hloubka ostrosti....3
2.1.4 Aberace....3
2.1.5 Vinětace....4
2.1.6 Šum....4
2.1.7 Blooming/lens-flare/glow....5
2.1.8 Teplota barev (teplota chromatičnosti)....6
2.1.9 Motion blur....6
2.2 Kalibrace osvětlení....6
2.2.1 Kalibrace bodových zdrojů světla....6
2.2.2 Image based lighting....7
2.2.3 Global illumination ze scény na CG objekt....7
2.2.4 Stíny / ovlivnění reálné scény CG objektem....7
2.3 Tracking (“matchmoving”) 8
2.3.2 Problémy při trackingu....8
2.3.3 Typy trackingu....9
2.4 Kompozice....9
3. Rešerše....11
3.1 Tvorba CG modelu:....11
3.1.1 Blender....11
3.1.2 Maya....11
3.1.3 3DS Max....11
3.1.4 Cinema 4D....11
3.2 Tracking:....12
3.2.1 After Effects....12
3.2.2 Boujou....12
3.2.3 Blender....12
3.2.4 Voodoo Camera Tracker....12
3.2.5 PFTrack....12
3.3 Výsledek rešerše....13
4. Praktická část....14
4.1.1 Vypracování synopse klipu....14
4.1.2 Rozpracování synopse do storyboardu....14
4.1.3 Návrh lokací / scény....14
4.1.4 Natočení materiálu....14
4.1.5 Vytvoření CG objektu....15
4.1.6 Animace....16
4.1.7 Kompozice....16
4.2 Vypracování praktické části....18
4.2.1 Synopse klipu....18
4.2.2 Rozpracování synopse do storyboardu....18
4.2.3 Návrh lokací....19
4.2.4. Sběr materiálu....19
4.2.5. Vytvoření CG objektu....20
4.2.6. Animace....20
4.2.7 Rendering....21
4.2.8 Kompozice....21

5. Závěr....23
5.1 Případná vylepšení....23
5.1.1 Použití kamery s vhodnějšími parametry....23
5.1.2 Využití HDR mapy prostředí....23
5.1.3 Tracking pohybu zástupného objektu....24
5.1.4 Výstup v HD rozlišení....24
5.1.5 Lepší umístění markerů ve scéně....24
5.1.6 Export záběrů ze 3D studia ve více průchodech....24
Literatura....25
Seznam příloh....27
Obsah přiloženého DVD....27
Příloha č.1 – storyboard praktické části bakalářské práce....28

1. Úvod

Kompozice CG objektů do reálné scény je velice rozšířený proces, se kterým se v té či oné podobě setkáváme v podstatě každý den. Ať jde o statické obrázky, televizní animace (ať už pro reklamy nebo přímo pro např. televizní noviny, kde jsou herci ze studia v reálném čase komponováni do CG pozadí) nebo filmové efekty (ilustrace 1, 2 a 3). Samotná kompozice má spoustu menších částí, které na sebe všechny musí bez chyby navazovat, aby byl výsledek v ideálním případě nerozeznatelný od reálného záběru (nebo aby na sebe v lepším případě neupozornil). Často výslednou kvalitu z velké části určuje finální krok kompozice, který vyrenderované záběry ze 3D studia (nejčastěji renderované v průchodech) spojuje dohromady s dalšími prvky (předtočenými vrstvami, reálným záběrem, vyfoceným pozadím scény). Pokud se kterýkoli z těchto kroků plně nepovede, je výsledek přinejlepším rozpačitý (viz. ilustrace 2) . Ve zbytku bakalářské práce vysvětlím hlavní kroky tohoto procesu i s vlastním praktickým příkladem jednoduché animace.

Ilustrace 1: Scéna renderovaná v reálném čase systémem Performance Capture (Hobit)

Ilustrace 2: Nedokonale komponovaný CG efekt, který se dostal až do finálního filmu (X-Men: Origins)

Ilustrace 3: Stejná scéna , jako v ilustraci č. 1, ve finálním renderu po procesu kompozice (Hobit)

2 Proces tvorby 3D scény a kompozice v teorii

2.1 Popis vlastností reálné kamery

Tato bakalářská práce se zabývá mimo jiné i částí procesu kalibrace kamery. Zatímco vlastnosti reálné kamery se odvíjí od fyzikálních jevů a s tím spojených vrozených nedostatků (odrazy světla na čočkách objektivu, přetékání nábojů v buňkách čipu snímače, atp.), počítačová kamera je v těchto ohledech dokonalá. Tudíž je nutné simulovat tyto jevy více či méně náročnými výpočty.

Mezi základní vlastnosti nebo nedostatky kamery, používané při renderu CG objektu pro posílení dojmu sjednocenosti ve scéně, patří dále popsané jevy. Pro podrobnější popis odkazuji na další zdroje [1, str. 15]

2.1.1 FOV (field-of-view)

Určuje oblast ve stupních, kterou je schopna kamera zaznamenat na optický senzor (rozdíl mezi malou a velkou hloubkou ostrosti můžete vidět v ilustraci 4 a 5). Širší rozsah odpovídá většímu záběru, avšak při projekci neúměrně širokého obsahu na neodpovídajícím zařízení dochází k viditelné deformaci (např. vlivem projekce části polokoule na rovinu při zobrazení na monitoru, plátně kina, atp.).

Při kalibraci virtuální kamery je důležité tento úhel znát a nasimulovat prostřednictvím virtuální kamery ve scéně.

Ilustrace 4: Scéna zaznamenaná objektivem s rozsahem FOV 77.5°.

Ilustrace 5: Scéna zaznamenaná objektivem s rozsahem FOV 29.38°.

2.1.2 Ostrost

Vnímání ostrosti se odvíjí od pojmu COF (Circle of cOnfusion), neboli průměru pomyslné kružnice, znázorňující body, které bude lidské oko schopné rozlišit. Jakékoli body, které mají menší velikost než COF, splynou v jeden. Naopak pokud lidské oko vidí bod s průměrem větším než COF, mozek ho vnímá jako rozmazaný (bod s menším COF se jeví jako ostrý).

V praxi při projekci záznamu (filmového materiálu, fotografie) se vnímání ostrosti úzce odvíjí od vzdálenosti, z jaké materiál vidíme – materiál nám nebude připadat neostrý do okamžiku, kdy velikost projekce jeho jednotlivých bodů na sítnici oka nepřesáhne COF (u

lidského oka jde o hodnotu jedné úhlové minuty).

Při záznamu na filmový materiál je tedy nutné brát ohled na velikost výsledného obrazu při reprodukci a tomu proporcionálně přizpůsobit hodnotu COF pro danou velikost snímače / filmu. Např. pokud záznam promítneme z filmového políčka na oblast, která je pětinásobně větší, bude hodnota COF při natáčení záznamu na film pětinásobně menší. Pro podrobnější popis tohoto jevu odkazuji na další díla (2).

2.1.3 Hloubka ostrosti

Úzce souvisí s ostrostí. Hloubka ostrosti je veličina určující, v jaké vzdálenosti od snímače jsou objekty ostré. Se zvyšující se vzdáleností od této veličiny se body stávají více a více neostrými. U fyzické kamery se hloubka ostrosti odvíjí od ohniskové vzdálenosti, clony a vzdálenosti objektu.

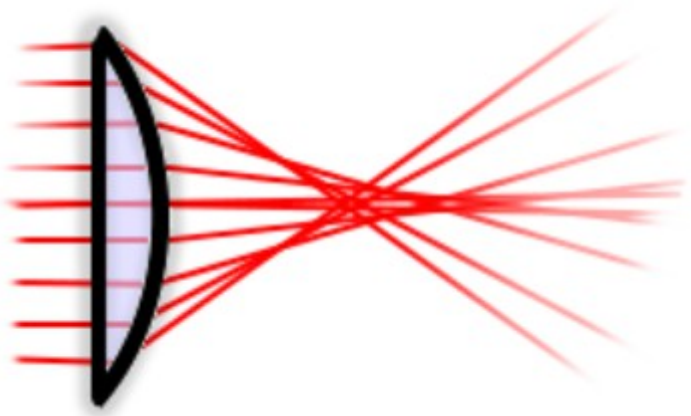
Čím menší je ohnisková vzdálenost, tím větší je hloubka ostrosti. Čím menší je průměr štěrbiny clony, která propouští světlo na snímač, tím menší je průměr “obrazu” bodu, který je zanechán na snímači. Čím vzdálenější je objekt, na který máme zaostřeno, tím větší je hloubka ostrosti.

U virtuální kamery se není nutné řídit fyzikálními omezeními, a tak je možné ovlivňovat hloubku ostrosti samu o sobě (bez ohledu na jakékoli další parametry). Proto je obzvláště nutné v případech kompozice reálného a CG objektu / scény klást důraz na reálné vztahy ohniskové vzdálenosti, clony a vzdálenosti objektu.

2.1.4 Aberace

Sférická aberace

Sférická aberace je jev související s nedokonalostí optické soustavy (popř. její části – čočky, zrcadla), kdy se paprsky, které na tuto část dopadají dále od středu, lomí/odráží s větším úhlem než paprsky, které prochází jejím středem (ilustrace 6).



Ilustrace 6: Ukázka sférické aberace při průchodu konkávní čočkou

Chromatická aberace

Chromatická aberace nastává v okamžiku, když čočka (popř. zrcadlo, optická soustava jako celek) není schopná zaostřit všechny barevné složky světelného spektra na

jeden a ten samý bod. Tento defekt se projevuje jako barevné “stíny” na ostrých přechodech v obrazu. Existují dva základní typy chromatické aberace:

Axiální aberace

Projevuje se tím, že jsou jednotlivé vlnové délky světla zaostřeny na rozdílné body na optické ose (a tím pádem v extrémním případě zatímco jeden spadá do hloubky ostrosti, další je mimo ni a tudíž je neostrý).

Transverzní aberace

Nejčastěji viditelný případ aberace. Vyskytuje se, pokud jsou jednotlivé vlnové délky zaostřeny na různé body na snímači.

2.1.5 Vinětace

Vinětace je jev charakterizovaný úbytkem jasu a saturace u paprsků, které se odrážejí blízko ke krajům čočky/čoček optické soustavy. Nejčastější příčinou bývá oslabení paprsků vlivem jejich průchodu skrz tlustší vrstvu materiálu čoček a nebo jejich zastínění konstrukcí objektivu (popř. sluneční clonou, kompendiem). Nejčastěji se projevuje jako “zatmavení” záznamu směrem k jeho okrajům.

2.1.6 Šum

Problém jak analogového, tak i digitálního materiálu, který je pozorovatelný hlavně při nižších hodnotách jasu scény (viz. ilustrace 7). Vlivem okolních rušení dochází na buňkách snímače nebo částicích filmové emulze k vytvoření nepravidelností, které ovlivňují výsledný zaznamenaný obraz. Tyto nepravidelnosti jsou vnímány jako šum, který se může lišit podle typu materiálu (strukturou, velikostí bodů, atp.). Například struktura šumu mezi digitálním (z digitálního snímače) a analogovým šumem (z filmu nebo filmového pásu) bude diametrálně odlišná.

Ilustrace 7: Ukázka digitálního šumu a glow.

2.1.7 Blooming/lens-flare/glow

Blooming, lens-flare a glow jsou nejčastěji pozorované nedostatky související (s vyjímkou bloomingu) jak s analogovým, tak s digitálním materiálem. Z velké většiny jsou to vedlejší projevy situace, kdy na snímač (popřípadě filmový materiál) dopadne světlo s vyšší intenzitou, než je schopen pokrýt svým dynamickým rozsahem.

Glow

Projevuje se jako záře na hranici světlých a tmavých objektů na záznamu (světlo "přetéká" ze světlých do tmavých částí). Je všudypřítomný (i u intenzit světla, které nezasahují za hranici možností snímače), avšak s intezitou světla jeho pozorovatelnost roste.

Lens-flare

Příčinou lens flare jsou nedokonalosti čočky nebo celé optické soustavy, které způsobují, že se v ní světlo odráží a lomí nepravidelně. Jako výsledek těchto nedokonalostí může být při oslnění soustavy silným zdrojem světla vyobrazen buďto světelný "opar" (v případě, kdy jasné světlo přichází do soustavy, avšak není přímo vidět v jejím zorném poli), popř. přímo snadno viditelný artefakt (když je zdroj jasného světla přímo v zorném poli soustavy). Jev je možné vidět na ilustraci 8.

Ilustrace 8: Ukázka lens-flare a malé hloubky ostrosti (rozostřené pozadí).

Blooming

Nedostatek projevující se vlivem konstrukce u digitálních senzorů. Dochází k němu, když silný světelný paprsek způsobí, že náboj v jedné z buněk přesáhne její kapacitu a "přeteče" do sousedních. Pokud je v tu chvíli náboj stále silný, přeteče ještě dále. Náchylnost konstrukce čipu na bloom se liší podle použité technologie:

CMOS (Complementary Metal-Oxide semiconductor)

Starší typ obrazového snímače, který se ale začal masivně používat později než CCD. Náboje jsou čtené po pixelech. Díky konstrukci není tolik citlivý na blooming.

CCD (Charged Coupled Device)

Novější typ snímače, složitější na výrobu, než CMOS. Data jsou čtena po celých řádcích (vždy se načte první řádek, poté je celý obrazový záznam o jeden řádek posunut tak, aby se mohl načíst další). Vlivem konstrukce je náchylnější na blooming (náboj přetéká do sloupce).

2.1.8 Teplota barev (teplota chromatičnosti)

Další jev, který je nutné brát v potaz během procesu kompozice, je proměnná teplota barev na scéně. Náš mozek (popř. automatické korekce v digitální kameře, filtry předsazené před objektiv “analogové” kamery) automaticky vyrovnává podle paměti vyvážení bílé tak, aby objekty, o nichž víme, že by měly být bílé, opravdu takové byly a v důsledku toho ovlivňuje barvy všech ostatních objektů ve scéně. Při kompozici musíme tedy dávat pozor na to, že i stejná světla mohou mít pro jednotlivé scény různé barvy.

2.1.9 Motion blur

Motion blur je opět (podobně jako glow) všudypřítomný jev. Je způsoben tím, že jeden snímek ve filmu neodpovídá jednomu časovému okamžiku (v reálné situaci jde o různě velký časový úsek, během kterého dopadají do buněk snímače fotony ze scény). V okamžiku, kdy dojde při sbírání fotonů ke změně ve scéně (vlivem pohybu objektu, kamery, změně osvětlení), překryje nám informace z takového nové scény scénu starou (výsledný náboj v buňce snímače bude součtem nábojů z obou scén), a tak dojde k “prolnutí” nové scény se starou (ilustrace 9 a 10).

Ilustrace 9: Scéna se statickým prvkem (bez motion bluru).

Ilustrace 10: Scéna s pohybujícím se prvkem a dlouhým časem závěrky (motion blur).

2.2 Kalibrace osvětlení

Kromě kalibrace parametrů kamery je také nezbytně nutné převést co možná nejvěrněji do digitální podoby samotné parametry scény, do které chceme CG objekt komponovat. Mezi základní kroky patří:

2.2.1 Kalibrace bodových zdrojů světla

V prvním kroku musíme co nejvěrněji duplikovat osvětlení reálného světa v počítači. V minulosti se toto provádělo výhradně skrz více či méně složitou síť bodových světel, která aproximovala často výrazně složitější fyzikální zákony reálného světa. Dnes

se bodová světla používají převážně k zastoupení jejich ekvivalentů v reálné scéně (světla ze žárovek, svítilen, atp.)

2.2.2 Image based lighting

Kalibraci světel na scéně je taktéž možné provést přes výpočet osvětlení, dopadajícího na scénu, ze záznamu prostředí (nejčastěji v podobě fotografie), který se různými způsoby mapuje na povrch objektů ve scéně – ať už jako odraz nebo prostřednictvím jeho přepočtu na pozici, barvu a intenzitu světel. Fotografie mapy se nejčastěji zpracovává s vyšším dynamickým rozsahem (HDR) kvůli lepšímu prokreslení tmavých a světlých míst na scéně (míst, která bývají při standardním dynamickém rozsahu fotografie mimo rozsah snímače). Dva základní typy environmentální mapy jsou:

Light probe (mip)

Záznam prostředí pořízený vyfocením jedné nebo více zrcadlových koulí umístěných ve scéně. Každá z nich nám poskytne informace o osvětlení v polorovině s hraniční přímkou procházející středem koule a pomocným bodem na souřadnicích kamery.

Environmentální mapa prostředí

Kompletní mapa prostředí zprostředkovávající nám informace o osvětlení scény v plném rozsahu – nejen v polorovině. Nejčastěji se mapuje na povrch koule, která opisuje CG scénu. Její výhodou oproti light probe je univerzálnost, která se projeví především při pohybech objektů.

2.2.3 Global illumination ze scény na CG objekt

Pojem “Global Illumination” označuje soustavu algoritmů, které při výpočtu osvětlení pro konkrétní body ve scéně berou v úvahu nejen přímé osvětlení bodu (paprsek směřující přímo od zdroje světla k bodu), ale i odražené paprsky (ty, které se po dopadu na povrch jiného objektu odrazí a poté dopadají na další povrchy) - příkladem odražených paprsků může být sluncem osvětlená červená stěna, která vrhá červené světlo na okolní objekty. Tento typ osvětlení tvoří naprosto zásadní část výsledného realistického dojmu ze scény.

Globální illuminaci můžeme buďto simulovat kompletně přes matematické výpočty, měřit přímo na scéně při jejím natáčení (skrz vhodně upravené “desky”, které rozmístíme na důležitá místa ve scéně, načež z nich v postprodukci získáme informace o osvětlení v tom daném místě) nebo kombinací obou předchozích postupů.

2.2.4 Stíny / ovlivnění reálné scény CG objektem

Pokud vyžadujeme, aby námi komponovaný CG objekt správně zapadal do výsledné scény, je nutné digitálně vytvořit nejen samotný objekt, ale i část scény, se kterou interaguje (například podlahu, na kterou vrhá stín, nebo stěnu, kterou osvětluje). Pozice a velikost předmětů, které objekt ovlivňuje, musí být přesné, ale jejich samotná složitost může být většinou razantně zjednodušena (pokud nám objekt vrhá stín na koberec, není bezpodmínečně nutné modelovat strukturu jeho povrchu). Toto obzvlášť platí, pokud se na objekt díváme z větší vzdálenosti.

2.3 Tracking ("matchmoving")

Tracking kamery zajišťuje, abychom mohli počítačem tvořený objekt transformovat v souladu s pohybem reálné kamery ve scéně. Tohoto je docíleno přes analýzu obrazu. Vstupem je již natočený materiál z jednoho či více zdrojů, výstupem pak data, která se poté používají k zajištění pohybu virtuální kamery. Cílem je přesné umístění virtuální kamery v souladu s pohybem reálné kamery při natáčení samotného záznamu.

Základním prvkem, potřebným pro jakýkoli tracking, je tzv. marker. Marker je vzor, který je možné dodatečně v postprodukci v obraze dostatečně rozpoznat na to, aby program mohl jednoznačně identifikovat jeho polohu. Tento vzor je buďto možné na scénu záměrně umístit, nebo se na scéně již přirozeně vyskytuje a je pouze dodatečně označen v postprodukci (nejčastěji hrany objektů před kontrastním pozadím – marker musí mít přesně definovatelnou rotaci a translaci). V případě úmělých markerů jde nejčastěji o tvary s ostrými rohy (různostranný trojúhelník, křížek) v barvě, která se ve scéně nevyskytuje (a kterou je tudíž jednodušší odlišit od zbytku scény). Nevýhodou úmělých markerů je nutnost je dodatečně odstraňovat v postprodukci tak, aby nebyly patrné v záběru).

Samotný proces trackingu funguje na principu inverzní projekce bodů ze scény do prostoru. Algoritmus v tomto kroku může dostat z každého jednotlivého bodu pro jeden snímek množinu možných bodů v prostoru, které mu mohou odpovídat (protože v tuto chvíli nemůže odhadnout hloubku bodu ve scéně). V okamžiku, když analyzujeme více snímků, algorytmus porovná všechny tyto body v každém jednotlivém snímku s předpokladem, že jediné, co se mezi snímky změnilo, bylo umístění kamery. Na průsečíku těchto množin (body odpovídající markeru v jednom i druhém snímku) tedy leží správná hloubka souřadnice markeru. Zároveň je možné ze změny souřadnice markeru vyčíst i pohyb kamery, který mezi snímky vykonala.

Výsledkem tohoto procesu je tedy nejen zjištění polohy kamery, ale i všech námi zvolených markerů – shluk těchto bodů (nazývaný též "point cloud") je pak možné využít pro znovuvytvoření scény v počítači (viz. Kalibrace osvětlení).

2.3.2 Problémy při trackingu

Při analýze samotného obrazu (a markerů v něm obsažených) můžeme narazit na několik základních problémů.

Nedostatek markerů

Minimální počet markerů, které potřebujeme pro úspěšnou analýzu pohybu kamery, se odvíjí od typu trackingu. Pokud dojde k poklesu počtu markerů pod tuto úroveň, nebude možné provést analýzu obrazu. Nejčastější příčina tohoto problému je špatně postavená scéna – například v situaci, kdy nutnost trackovat objekt nastane až během postprodukce (vlivem chyby při natáčení, dodatečných úprav, atp.). V tomto případě je jedinou alternativou ruční tracking.

Ztráta markerů

Přestože máme na začátku záběru potřebný počet markerů, může dojít k tomu, že v jeho průběhu o některé markery přijdeme. Ať už jen na chvíli (v důsledku jejich chvilkového zakrytí jiným objektem) nebo permanentně (nejčastěji v důsledku pohybu kamery, která již dále nezabírá místo, ve kterém byl námi potřebný marker).

Nespojitý pohyb markerů

K tomuto problému může dojít nejčastěji (mimo přičiny rozepsané v předchozím bodě) u

rychlého pohybu kamery, kdy se marker pohne mezi snímky o takovou vzdálenost, že nebude již zaregistrován jako ten samý marker (buď bude nerozpoznán, nebo se zamění s jiným). Řešením tohoto problému je buďto zvýšení snímkovací frekvence kamery (tak, aby změna pozice markeru mezi jednotlivými snímky nebyl, tak velká), nebo omezení rychlosti pohybu kamery.

Nepřesné měření pozice markeru
Tento problém nastává nejčastěji při nevhodně zvoleném markeru. Pokud není možné jeho pozici určit přesně, dojde k jeho "poskakování" mezi jednotlivými snímky (v důsledku chyby při analýze obrazu). Toto je možné eliminovat buďto zvolením jiného markeru, nebo zvolením většího počtu markerů na scéně. Výsledný pohyb kamery je pak aproximací pozice všech jednotlivých markerů. Tím pádem dojde k zmenšení celkové nepřesnosti.

2.3.3 Typy trackingu

Tracking se dělí na dva základní typy (2D a 3D). V této kapitole se věnuji těmto dvěma typům trackingu pouze letmo. Pro podrobnější informace odkazuji na další zdroje [3, str. 43].

2D

2D tracking se používá v okamžiku, když potřebujeme ze záběru analyzovat pohyb kamery pouze ve dvou základních osách (*X, Y*) bez uvažování nad pohybem kamery v hloubce. Jde o základní techniku podporovanou většinou aplikací (*After Effects, Premiere, Sony Vegas, atp.*). Je vhodná pro scény, ve kterých se nám kamera buďto v třetí dimenzi nepohybuje (kamera snímající scénu z nehybného stativu, popř. bez rotace s pohybem ve dvou osách), nebo ve scénách, kdy sledujeme pohyb objektu, na který tento pohyb kamery v třetí ose nemá vliv (např. objekt v dálce). Při sledování pohybu objektů s kamerou, pohybující se pouze na stativu (kamerou, která se pouze rotuje), stačí umístit na scénu libovolný jeden marker. Pokud chceme u kamery na stativu sledovat i její natočení, je nutné umístit na scénu nejméně dva markery, které jsou v každém okamžiku záznamu viditelné. V případě, že chceme vypočítávat i translaci kamery, je nutné tyto markery umístit do přibližně stejné vzdálenosti od kamery, jako objekt, který budeme do scény později vkládat.

3D

3D tracking je složitější varianta analýzy pohybu scény. V tomto případě dostáváme jak pozici kamery, tak i směr jejího pohledu. Takto je možné kompletně rekonstruovat pohyb kamery v prostoru. 3D tracking se využívá pro objekty, které jsou blízko kamery, která se pohybuje ve všech třech osách. Při 3D trackingu je nutné ve scéně v každém okamžiku zaznamenat minimálně tři markery.

2.4 Kompozice

Kompozice je proces, při kterém se 2D (nebo pseudo 3D) výstup z 3D studia finálně spojí se záběry z filmu – může dojít k podškálování CG záběrů, jejich barevné korekci, někdy i samotné úpravě světel a pohybového rozostření (popřípadě dalších efektů), bez toho, aby se obraz znovu renderoval. To je umožněno přes rendering obrazu ve více vrstvách (z nichž některé obsahují informace o hloubce scény, překrytí, atp.). Nejčastěji se k tomuto kroku přistupuje z důvodu mizivé časové náročnosti při práci v 2D/pseudo 3D,

narozdíl od úpravy scény přímo ve 3D (a následné nutnosti nového renderu, který může trvat i několik dní).

3. Rešerše

V oblasti kompozice CG prvků do reálné scény existuje široké množství programů. Některé z nich se specializují na úzkou část úkonů (3D tracking, modelování, kompozice), některé z nich zvládnou více částí (případně všechny části) najednou – ve většině za cenu kompenzace, buďto ze strany jejich ceny, nebo kvality výsledku, pro každou specifickou část. Výhodou tohoto přístupu, kdy používáme pouze jeden program pro všechny kroky, je v první řadě jednoduchost, v druhé pak případná úspora času.

Cílem této kapitoly je rozepsat všeobecně používáné programy pro každý jednotlivý krok (tvorba modelu, tracking, kompozice) s výpisem jejich kladných i záporných stránek (ve vztahu k tomuto konkrétnímu projektu – tvorbě krátkého demonstračního videa pro praktickou část bakalářské práce). Na konci kapitoly dojde k výběru nejvhodnějšího programu.

3.1 Tvorba CG modelu:

3.1.1 Blender

Freewarový multiplatformní volně distribuovaný software (pod licencí GNU General Public Licence). V důsledku toho je distribuován zdarma, avšak tato výhoda je částečně vykoupena méně intuitivním GUI, menší sadou nástrojů pro práci s animací a pomalejším vývojem (např. Subsurface scattering byl přidán až v roce 2012 po 10 letech vývoje).

3.1.2 Maya

Profesionální aplikace pro tvorbu 3D modelů od firmy Autodesk. Je využívána profesionály na tvorbu CG objektů pro filmy a reklamy. Většina studií si pro ni píše vlastní skripty, avšak i v základu jde o propracovaný a mocný nástroj. Nevýhodou je vysoká cena při koupi komerční licence, která činí cca. 80 000 Kč pro jednorázové zakoupení nebo 4 000 měsíčně při “propůjčování” licence. Pro studenty k nekomerčním účelům zdarma (studentská licence).

3.1.3 3DS Max

Alternativa k Maye. Jeho výhoda oproti ní byl až do nedávna jednodušší postup práce při modelování složitějších objektů. Spolu s novými verzemi se však tento rozdíl postupně ztrácí. Největší nevýhoda oproti Maye je naopak práce s animací (po stránce velikosti sady nástrojů a intuitivnosti uživatelského rozhraní). Cena je taktéž řádově podobná (včetně možnosti měsíční “výpůjčky”).

3.1.4 Cinema 4D

Profesionální, i když o něco méně rozšířená, náhrada za Mayu/3DS Max. Distribuuje se v několika různých verzích – Prime (nejnižší verze, vhodná pro designery) s cenou 23 000 Kč, Broadcast (verze, určená pro animace v TV a filmovém průmyslu) s cenou 43 000 Kč, Visualize (určená pro architektonické vizualizace) s cenou 54 000 Kč a

nejvyšší verze Studio (kombinující vše z předešlých verzí) s cenou 101 000 Kč. Mezi hlavní výhody patří jednoduchá integrace s After Effects přes rozhraní CINEWARE a poměrně nízká cena při zakoupení nižších verzí.

3.2 Tracking:

3.2.1 After Effects

Aplikace od společnosti Adobe, soustřeďující se mimo trackingu i na velkou část další obrazové postprodukce. Umožňuje práci ve vrstvách, přímý import z 3D studií (Cinema 4D) a práci s 2,5D texturami. Pro účely této bakalářské práce je její rozsah zbytečně široký. Cena se pohybuje v řádech desítek dolarů pro měsíční předplatné v rámci Adobe Cloud.

3.2.2 Boujou

Profesionální aplikace od firmy Vicon, soustřeďující se pouze na tracking, používaná profesionály z filmové oblasti. Umožňuje tracking jak kamery, tak i objektů v obraze, na jediný průchod, export dat (pozice a rotace kamery, markerů) přímo do nejrozšířenějších aplikací (Maya, 3ds Max, Cinema 4D, a tak dále). Její algoritmy jsou řádově rychlejší, než konkurence. Cena za licenci těmto schopnostem odpovídá a pohybuje se okolo 200 000 Kč, tudíž je pro účel bakalářské práce tato aplikace opět nevhodná.

3.2.3 Blender

Viz. odstavec o této aplikaci v sekci “Tvorba CG modelu”. Tracking je opět (stejně, jako v případě After Effects) jen jedna z více jeho funkcí. Kvůli své ceně je nejvhodněší kandidát pro tracking v rámci praktické části této bakalářské práce.

3.2.4 Voodoo Camera Tracker

Samostatná aplikace pro 3D/2D tracking, vyvinutá na Hannoverské univerzitě. Je poskytována zcela zdarma pro nekomerční použití. Jedná se o velice výkonný nástroj, zvládající bezproblémů všechen tracking, který je potřeba v rámci této bakalářské práce – včetně automatického nalezení markerů. Nevýhodou je poměrně velká netolerance na odchylku parametrů (ať už při zadávání parametrů kamery, tak i při samotném trackingu)

3.2.5 PFTrack

Další placený program, vytvořený pro účely trackování. Jeho výhodou je nižší cena než u většiny dalších programů (výhodou oproti zdarma poskytovaným aplikacím je možnost využít ho i pro komerční účely). Má velice rozsáhlé možnosti nastavení trackingu a úpravy obrazu. Jeho grafický interface je taktéž řádově kvalitnější, než rozhraní Voodoo Camera Trackeru.

3.3 Výsledek rešerše

Vzhledem k možnostem a ceně bude praktická část bakalářské práce vypracována v Maye 2015 (pod školní licencí), resp. Composite 2015. Tracking bude realizovaný prostřednictvím Voodoo Camera Tracker přes export v binárním formátu do Mayi.

4. Praktická část

Cílem této bakalářské práce je podrobné popsání procesu kompozice počítačem generovaných (CG – computer generated) objektů do reálné scény a následné zhodnocení jakýchkoliv problémů, které se při tomto procesu vyskytnou, spolu s návrhem jejich možného řešení. Dalším výsledkem této bakalářské práce bude praktická část řešení, která sestává z krátkého klipu demonstrujícího téma práce.

Samotný klip bude demonstrovat jeden vybraný typ trackingu pohybu kamery jak ve statické, tak v dynamické scéně, kde se ke trackingu samotné kamery přidá i sledování pohybu světel a jejich následná věrná projekce na počítačem tvořený objekt (spolu se stíny a GI jak na objektu, tak na samotné scéně). Následně se na takto vytvořené scéně demonstruje praktická ukázka compositingu, která bude mít za cíl objekt sjednotit po stránce barev se zbytkem scény. Poslední nedílnou součástí bude kalibrace kamery, jejíž hlavním cílem je do jisté míry imitovat nedostatky reálné filmové kamery (aberace, vinětace, FOV, atd.) na kameře počítačové. Dále popíši základní části procesu integrace CG objektu do reálné scény. Tento objekt bude zapadat do scény nejen po stránce jeho osvětlení zdroji světla ze scény, ale taktéž bude ovlivňovat i samotnou scénu (například dopadajícím stínem, osvětlením zdrojem světla z CG objektu). Klip bude obsahovat jak scénu ve dne (za dobrého osvětlení), tak scénu v noci. Nevýhodou scény, točené v horších světelných podmínkách, je zdůraznění nekvalit záznamového zařízení (kamery – převážně šum), které přímo ovlivňují schopnost trackovat pohyb kamery. Zároveň znesnadňují i proces kompozice, kdy je nutné tyto nedostatky kamery věrohodně napodobit.

Tvorbu praktické části bakalářské práce jsem rozdělil do několika kroků:

4.1.1 Vypracování synopse klipu

Sepsání základní myšlenky klipu. Určení, jaké objekty budou vytvořeny digitálně a jaké budou natočeny v reálné lokaci. Rozpis základní myšlenky klipu.

4.1.2 Rozpracování synopse do storyboardu

Rozkreslení jednotlivých záběru do tzv. storyboardu, který sestává z jednoduchých kreseb, znázorňující pohyb objektů, kamery a kompozici scény. Každá kresba ve většině případů odpovídá jednomu záběru.

4.1.3 Návrh lokací / scény

Předěl mezi storyboardem a samotným natáčením – cílem tohoto kroku je vytvořit lokace tak, aby odpovídaly storyboardu a zároveň byly realizovatelné vzhledem k podmínkám produkce (například po stránce umístění světel, kulis).

4.1.4 Natočení materiálu

Samotný proces natočení scény podle storyboardu v konkrétní lokaci. V tomto kroku je někdy nezbytně nutné natočit i další materiál, který využijeme v postprodukci (například mapy prostředí)

4.1.5 Vytvoření CG objektu

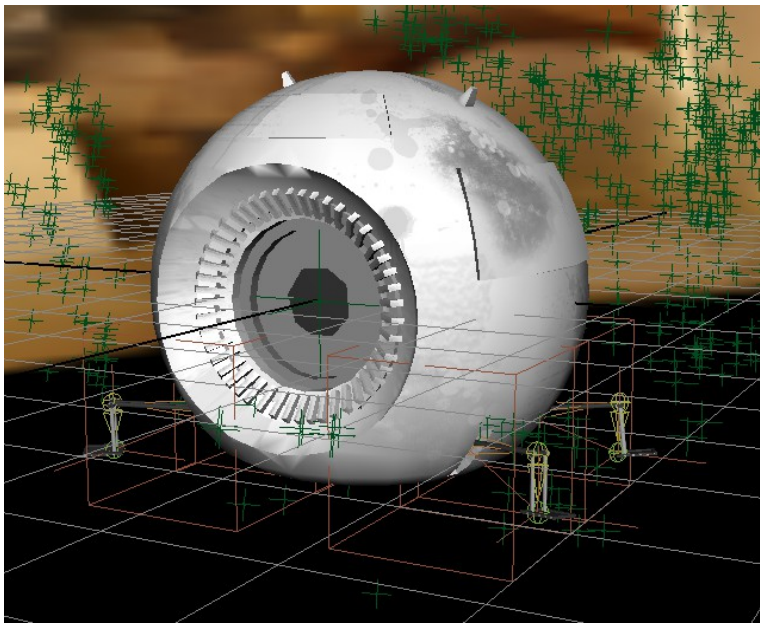
Tvorba CG objektu podle potřeb klipu – design se v tomto případě odvíjí převážně z nákresů storyboardu. Tento krok je možné dále rozdělit na modelování, texturování a rigging.

Modelování

Tvorba objektu jako takového – v tomto kroku se z bodů, primitiv nebo křivek, tvoří povrch modelu. Další částí modelování je v tomto případě i vytvoření zástupného modelu scény (který bude později přijímat stíny, světla, atd.) a rozmístění světel.

Texturování

Na povrch modelu se aplikují materiály, které dále určují jeho vzhled. Každý materiál má několik vlastností, které se dají ve většině případů nastavit pro každý bod jeho povrchu zvlášť prostřednictvím aplikování textur (2D obrázek). Mezi tyto vlastnosti patří například barva povrchu, barva odlesku, síla odlesku, průhlednost, odrazivost, index lomu světla, a tak dále (ukázka modelu z praktické části bakalářské práce je zobrazena v ilustraci 11).



Ilustrace 11: Vymodelovaný a otexturovaný model.

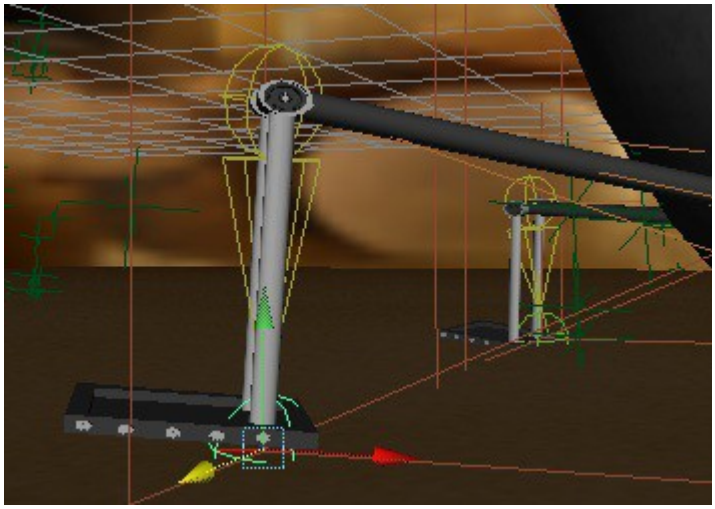
Osvětlení

V tomto kroku se na zástupný model scény a samotný model aplikují světla, která mají za cíl aproximovat reálné osvětlení v místě, ve kterém byl natočen původní filmový materiál. Pro účely bakalářské práce jsem použil kombinaci tzv. Image Based Lighting a světel ve scéně (zatímco IBL promítá světlo na objekt, světla ve scéně osvětlují z CG objektu jeho okolí).

Rigging

V rámci riggingu se na objekt z předchozích kroků, který nyní tvoří prakticky nehybnou “sochu”, aplikuje soustava kostí, kloubů a “ovladačů”, prostřednictvím kterých ho mohou animátoři dále ovládat (tato část je ilustrována na modelu z praktické části

bakalářské práce na ilustraci 12).



Ilustrace 12: Detail rigu nohy modelu.

4.1.6 Animace

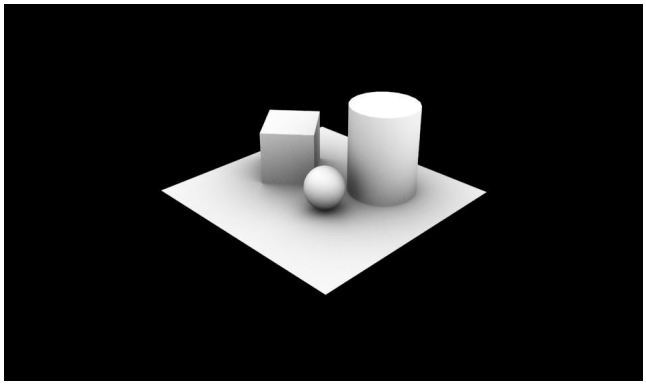
V tomto kroku se hotový model (vymodelovaný, s přiřazenými materiály a rigem) rozpohybuje tak, aby seděl ve výsledné scéně. Dalším důležitým krokem je i vysledování pohybu kamery prostřednictvím Voodoo Camera Tracker. Výstup z něj je exportován přes soubor ve formátu Maya ASCII do Mayi, kde je upraven (rozměry, pozice) tak, aby proporčně seděl k hotovému modelu. Poté je model animován podle požadavků záběru.

4.1.7 Kompozice

Dalším krokem vypracování je vlastní kompozice, která vymodelovaný, otexturovaný a riggovaný objekt zasadí věrohodným způsobem do natočené scény (aplikují se na něj barevné korekce, filtry, a tak dále). V tomto kroku je možné upravovat přímo nastavení samotné scény v 3D studiu nebo dodatečné ladit parametry v kompozičním programu, dokud nejsme spokojení s výsledkem (je znázorněný na ilustraci číslo 16). Pro tyto účely je vhodné renderovat výslednou scénu ze 3D studia ve více průchodech. Samotný obsah jednotlivých průchodů si můžeme zvolit, ale mezi nejčastější rozdělení patří:

Ambient occlusion

Průchod, ve kterém se renderují pouze ambientní okluze (viz. výše). Výsledek je znázorněn na ilustraci 13.



Ilustrace 13: AO pass

Depth pass

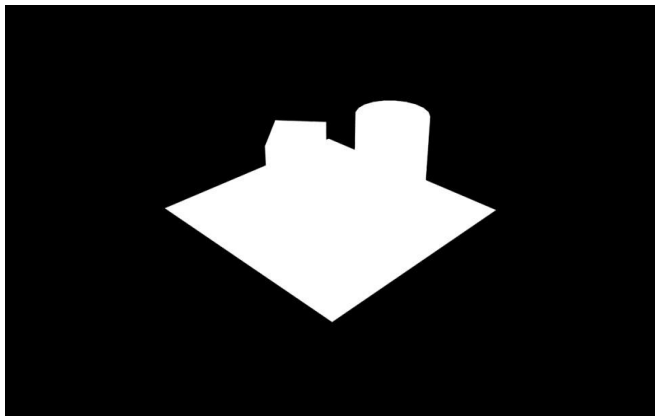
Obraz v tomto průchodu znázorňuje hloubku jednotlivých jeho bodů ve scéně. Čím je bod vzdálenější od kamery, tím je jeho barva tmavší. Prakticky se využívá při dodatečném výpočtu hloubky ostrosti, kterou je výhodnější ladit během kompozice (po renderingu).

Diffuse

Obsahuje pouze informace o barvě materiálu v konkrétních bodech (bez odlesků, stínů, odrazů, atd.). Zbylé informace je nutné vyrenderovat v dalších průchodech.

Matte

Maskovací průchod. Jednotlivé objekty jsou v něm renderované jednolitou barvou (popř. různé objekty různými barvami). To umožňuje jejich dodatečné maskování ve scéně během dalších kroků postprodukce. Výsledek průchodu je znázorněn na ilustraci 14.



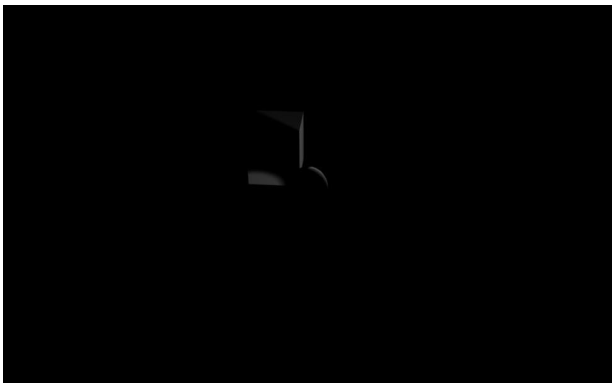
Ilustrace 14: matte pass

Reflection

Průchod, renderující pouze odrazy na objektech.)

Shadow

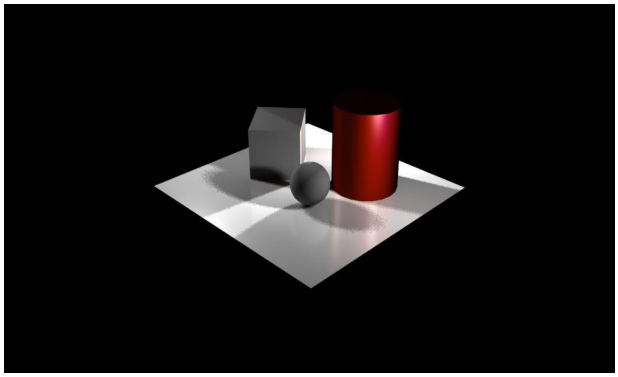
V tomto průchodu jsou vypočítány samotné stíny, které jednotlivé objekty vrhají buďto na sebe, nebo na reálnou scénu (pokud používáme zástupnou geometrii spolu s odpovídajícím nastavením studia). Výstup tohoto průchodu je znázorněn na ilustraci 15.



Ilustrace 15: shadow pass

Specular

Průchod, jehož výstup obsahuje pouze odlesky na objektech.



Ilustrace 16: finální scéna (beauty pass)

4.2 Vypracování praktické části

4.2.1 Synopse klipu

Klíčovým prvkem v tomto kroku pro mě bylo, pokud možno, co nejpřirozenějším způsobem dodržet předepsané zadání. Klip musí obsahovat scénu za dobrého osvětlení, scénu v šeru (případně v noci), venkovní scénu a scénu, ve které je vyobrazeno pohyblivé světlo, ovlivňující jak objekt, tak i jeho okolí (v tomto případě jsem si jako světlo zvolil světlomet na CG objektu).

Základní synopse bude spočívat ve vyobrazení cesty CG objektu (robota, vznášedla) skrz město. Tuto cestu uvidíme od jeho uvedení do provozu, které se odehraje ve dne v interiéru (s dobrým osvětlením). Poté přejdeme na venkovní scény, které se odehrají v noci za špatného osvětlení.

4.2.2 Rozpracování synopse do storyboardu

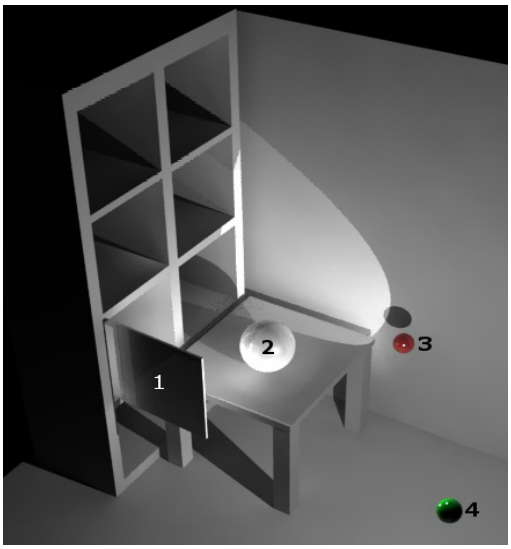
Tuto jednoduchou synopsi jsem poté rozpracoval do storyboardu, ve kterém jsou přesně vyobrazeny konkrétní scény spolu s jejich vzájemným sledem, pohybem kamery a náznakem kompozice. Storyboard přikládám jako přílohu k bakalářské práci.

4.2.3 Návrh lokací

Celý klip se odehrává na dvou lokacích:

Interiér pokoje

Lokace, zastupující interierovou scénu s dobrým osvětlením. Pro osvětlení této scény je použito tří úmělých zdrojů světla (key light, fill light, back light – viz. ilustrace 17).



Ilustrace 17: Vizualizace první lokace klipu.

Key light (1) – nejostřejší zdroj světla, přicházející z levé strany (ze předu).
Fill light (4) – zdroj, osvětlující druhou stranu objektu (2). Je méně ostrý a jasný, než key light.
Back light (3) – světlo, přicházející ze zadu. Pomáhá docílit separování objektu od pozadí.

Vzhledem k proporcím scény jsem k blízkosti key a back light k objektu použil na jejich rozptýlení odraz od světlých objektů (v případě key light šlo o stránku bílého papíru, pro back light jsem využil odraz od stěny). Podrobněji o tomto postupu pojednává kniha Digital Lighting and Rendering [4, str. 124].

V této lokaci se odehrávají tři záběry ("probuzení", představení modelu, záběr přes model na okno, vzlet, POV odlet modelu).

Exteriér ulice

Exteriér ulice zastupuje scénu se špatným osvětlením, ke kterému v tomto případě slouží pouze světla z ulice. V této scéně je taktéž vidět osvětlení předtočených reálných záběrů světlometem z CG objektu.

4.2.4. Sběr materiálu

Samotné natáčení probíhalo v několika krocích. Jako první jsem zajistil, aby scéna odpovídala potřebám trackingu – to spočívalo zejména v dodatečném přidání markerů do míst, ve kterých se ve scéně objevovaly velké jednolité plochy bez výrazných vzorů.

Dalším krokem bylo vyfocení environmentální mapy, kterou poté použiji k mapování odrazů a osvětlení scény. K tomu jsem využil digitální fotoaparát nasazený na stativu, který byl umístěn co nejblíže pozici CG objektu ve scéně. Pokud se CG model ve scéně pohybuje, pak byl stativ (tvořící střed koule, na kterou bude v postprodukci mapována environmentální mapa) umístěn nejblíže středu trajektorie CG objektu. Pro každou scénu jsem následně vyfotil přibližně třicet fotek, které jsem spojil a vytvořil z nich panorama, které bude sloužit jako textura koule.

Poté došlo na natočení vlastního materiálu, který bude sloužit jako podklad pro CG objekt a tracking pohybu kamery. Pro každý záběr jsem natočil přibližně pět pokusů – zejména kvůli nutnosti "předpovídání" pohybu CG objektu, který jsem při natáčení nemohl vidět. V tomto ohledu existují dnes již technologie, které tento problém odstraňují (například performance capture použitý během natáčení filmu Avatar, Rise of the Planet of the Apes, atp.), ale žádná z nich není k dispozici v prostředí a cenové úrovni pro projekty velikosti bakalářské práce.

Nakonec jsem ze všech těchto záběrů vybral jeden nejlepší, který postoupil do dalšího kroku.

4.2.5. Vytvoření CG objektu

V tomto kroku došlo na zpracování vlastního CG objektu, který se bude později vkládat do scény. Samotný design vznikl především jako spojení funkčnosti a jednoduchosti. Jeho základním prvkem je koule, která je doplněna o několik rysů, které mohou malou měrou znázorňovat emoce (velké "oko" v jejím středu, uzavírající se clona, barva světla, vycházejícího ze středu objektu). Objekt obsahuje reflektor, který přes "čočku" svítí na scénu – tohoto rysu bude využito ve scéně v noci, kdy reflektor osvítí ulici. Dalším prvkem CG objektu jsou čtyři nohy, na kterých stojí.

Po vymodelování objektu dochází k přiřazení materiálů. Základním prvkem je v tomto případě textura špíny, která dodává modelu reálnější charakter. Ta je přiřazena do slotu pro barvu materiálu, vytvořeného podle presetu Mayi (mia_material, matte plastic). Zároveň jsem tuto texturu upravil zvýšením kontrastu a převedením do černobílé podoby. Tento další obrázek je použit jako bump mapa. Samotný materiál je na povrch koule mapován sféricky. Dalším použitým materiálem je sklo a dva druhy kovu, které jsou použity na nohy objektu – jedná se o presety materiálu mia_material.

Dalším krokem je rigging výsledného modelu. Rig spočívá v samostatné kostře pro každou z nohou, která obsahuje dvě kosti a jeden kloub. Ty jsou ovládány inverzní kinematikou přes ikRP solver. Hybnost kostí je omezena přes limity tak, aby nemohly zasáhnout do modelu. Posledním prvkem rigu je locator, který ovládá velikost štěrbiny clony v "oku" modelu prostřednictvím Driven/Driver Key (clona je tvořena soustavou plátů, které se rotují a pohybují nezávisle na sobě – tak, jako v reálné cloně).

4.2.6. Animace

V tomto kroku bylo nutné pro klip vytvořit celkem 3 animace:

<u>Scéna 1, záběr 1</u>

Samotný model sedí na stole a nehýbe se. Pohybuje se

kamera, která je trackovaná z reálného záběru.

Scéna 1, záběr 2

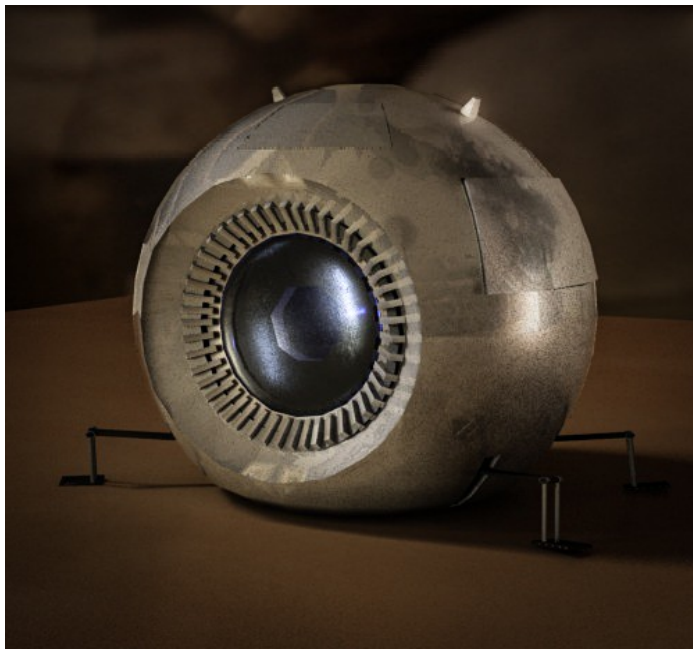
Vzlet modelu. V tomto záběru je nutné naanimovat pohyb objektu podle pohybu kamery (kvůli švenku kamery vzhůru, který musí následovat mírně opožděně za pohybem objektu).

Scéna 1, záběr 3

Objekt přilétá z dálky ke kameře, kde se na chvíli zastaví, a poté odlétá kolem kamery do dálky. Opět je, podobně jako v předchozím záběru, nutné naanimovat objekt v návaznosti na pohyb kamery.

4.2.7 Rendering

Nyní je možné objekt a všechny prvky, související s CG scénou, vyrenderovat v separátních průchodech. K renderingu využiji MentalRay (fotografii jednoho z finálních snímků animace můžete vidět na ilustraci 18). Animace je renderována při 25 fps v širokoúhlém rozlišení PALu (při zachování poměru pixelů 1:1 jde o rozlišení 1024x576 – tzn. výsledný formát bude podškálovaný v šířce obrazu) do jednotlivých snímků TGA, které mimo barevné 24 bitové informace (8 bit pro kanál) obsahují i 8 bitovou informaci o průhlednosti.



Ilustrace 18: Render CG modelu.

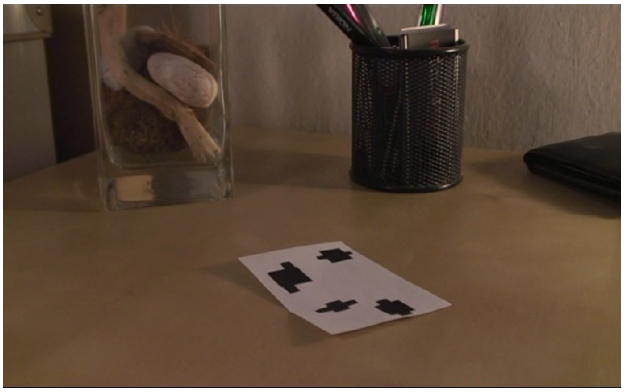
4.2.8 Kompozice

Ve finálním kroku jsou smíchány jednotlivé vrstvy CG scény s reálným záběrem za účelem dosažení co největší věrohodnosti. V rámci praktické části této bakalářské práce použiji na obě části (CG i reálnou scénu) barevné filtry (úprava teploty barev, jasu a

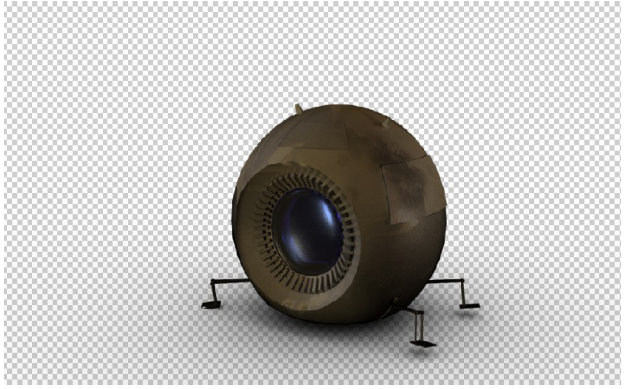
kontrastu) a softwarovou simulaci rozostření kamery. Vzhledem k tomu, že byl reálný záznam natočen na kameru s malým snímačem, nebude problém v kombinaci reálné a digitální hloubky ostrosti – díky malému snímači je hloubka ostrosti optické soustavy kamery tak velká, že není prakticky viditelná.
Jakmile budou zábery hotové, sestříhám je a vyexportuji do souboru AVI (rozlišení 1024x576, komprese x264), který je přiložen k této bakalářské práci na DVD.

Stručná ukázka procesu kompozice na jednotlivém snímku

Prvním krokem v procesu kompozice je vložení vyrenderovaného CG objektu (ilustrace 20) na reálné pozadí (ilustrace 19). Výsledkem je prvotní kompozice bez dodatečných filtrů (ilustrace 21). Po aplikování obrazových filtrů (korekce barev, šum, glow, vinětace) nám vznikne finální snímek scény (ilustrace 22).



Ilustrace 19: pozadí natočené kamerou



Ilustrace 20: CG objekt vyrenderovaný 3D studiem

Ilustrace 21: prvotní kompozice

Ilustrace 22: Finální scéna po aplikování filtrů.

5. Závěr

Výsledkem této bakalářské práce je kromě tohoto dokumentu a jeho fyzických příloh i její praktická část – konkrétně krátký, minutový klip, demonstrující kompozici počítačem vytvořeného (CG) objektu do reálné scény, natočené z ruky domácí kamerou. Dále jsou na přiloženém DVD nosiči umístěny i tutoriály, které mohou v rámci předmětu KMA studentům přiblížit proces kompozice a trackování záběru v programu Maya (verze 2014) a Voodoo Camera Tracker. Poslední částí, která je přiložená na DVD, je srovnávací video, ve kterém je za sebe složen záběr z reálné scény a jeho přesná kopie (ve které je reálný objekt – lesklé kovové závaží – vložen jako CG model).

Praktická část bakalářské práce splňuje základní požadavky na jednoduchý tracking pro nenáročné účely podle zadání. První a druhá scéna se odehrává v interiéru během dne, zatímco třetí ukazuje jak tracking při špatném osvětlení (v tomto případě v noci), tak i kompozici světla, pocházejícího z CG objektu (světlomet, který osvěcuje na začátku scény budovu).

5.1 Případná vylepšení

V práci je stále prostor pro případná vylepšení. Hlavní z nich jsou popsány v této kapitole.

5.1.1 Použití kamery s vhodnějšími parametry

Záběry reálné scény praktické části byly nahrané na entry level videokameru, která - přestože podporuje rozlišení HD (prokládaně v 1440x720 při 25 snímcích za sekundu) - nedisponuje zcela ideálními parametry pro tento typ úlohu. Vylepšení by bylo možno docílit kamerou s lepší optickou soustavou (včetně lepšího – většího, s větším dynamickým rozsahem - snímače), popřípadě vyšší snímkovací frekvencí. Vyšší snímkovací frekvence by zaručila plynulejší trackování, zatímco kvalitnější optická soustava by jednak napomohla ostřejšímu obrazu (a tím pádem i přesnějším výsledkům trackování), druhak by umožňovala díky vyšší světelnosti (případně větší velikosti samotného snímače) natáčení za horších světelných podmínek. Tím pádem by bylo možné kvalitněji trackovat záběr v noci.
Reálnou alternativou by bylo využití možnosti natáčet video přes digitální fotoaparát (ideálně v kombinaci se světelným objektivem a steadycamem).

5.1.2 Využití HDR mapy prostředí

Panoramatická mapa prostředí, která byla v rámci této práce využita pro osvětlení CG objektu, byla vytvořena pouze v 24-bitové barevné hloubce. Použitím mapy s vysokým dynamickým rozsahem by se dosáhlo reálnějšího nasvícení objektů na scéně. Toho by bylo docíleno díky umožnění výpočtu osvětlení z proměnných s větším rozsahem, než 8 bitů pro jednotlivé barevné kanály – toto omezení totiž způsobuje, že jsou ztraceny téměř všechny detaily ve světlých a tmavých částech scény díky relativně malému dynamickému rozsahu čipu fotoaparátu, kterým byla mapa prostředí focena.

5.1.3 Tracking pohybu zástupného objektu

Tracking pohybu objektu v reálném záznamu by se mohl využít nejen pro snímání pohybu kamery, ale zároveň by jím mohl být snímán i pohyb zástupného objektu, na který bude poté natrackován pohyb CG objektu. Tím pádem by se proces natáčení o něco přiblížil ideálním podmínkám, ve kterých vidíme na scéně i CG objekt (kvůli přirozenému pohybu kamery).

5.1.4 Výstup v HD rozlišení

K dalšímu vylepšení výsledku práce by došlo, pokud by se výsledný záznam renderoval do HD rozlišení (případně i do vyššího – 4k, 8k) a poté podškáloval na HD rozlišení (1920x1080 pixelů), ideálněji již spolu s natočeným reálným záznamem.

5.1.5 Lepší umístění markerů ve scéně

Lepším umístěním markerů ve scéně by se dosáhlo velkého zlepšení v oblasti stability trackingu – zejména z toho důvodu, že k trackingu záběrů v rámci této bakalářské práce jsem nepoužil žádné specifické markery (popřípadě se jednalo pouze o několik markerů v malém rozestupu od sebe, které byly navíc snímány pod velkým úhlem).

5.1.6 Export záběrů ze 3D studia ve více průchodech

Lepšího výsledku by se taktéž dosáhlo, pokud bych exportoval jednotlivé scény ve více průchodech (viz. kapitola 4.1.7). Tím bych měl ve fázi samotné kompozice více kontroly nad záběrem. Nynější postup, při kterém jsem používal k vyjádření průhlednosti vrstev scény alfakanál, není ideální.

Literatura

[1] The Art and Science of Digital Compositing, Ron Brinkmann, Morgan Kaufmann, 1999. ISBN 0121339602

[2] camridgeincolour.com [online]. [cit. 20.11.2014]. Dostupné z: http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/depth-of-field.htm

[3] Matchmoving: The Invisible Art of Camera Tracking, 2nd Edition, Tim Dobbert, Sybex A Wilem Brand, 2012. ISBN 9781118352052

[4] Digital Lighting and Rendering, 3rd Edition, Jeremy Birn, New Riders, 2013. ISBN 0321928989

Seznam ilustrací

Ilustrace 1: Scéna renderovaná v reálném čase systémem Performance Capture (Hobit).....1
Ilustrace 2: Nedokonale komponovaný CG efekt, který se dostal až do finálního filmu (X-Men: Origins).....1
Ilustrace 3: Stejná scéna , jako v ilustraci č. 1, ve finálním renderu po procesu kompozice (Hobit)...1
Ilustrace 4: Scéna zaznamenaná objektivem s rozsahem FOV 77.5°.....2
Ilustrace 5: Scéna zaznamenaná objektivem s rozsahem FOV 29.38°.....2
Ilustrace 6: Ukázka sférické aberace při průchodu konkávní čočkou.....3
Ilustrace 7: Ukázka digitálního šumu a glow.....4
Ilustrace 8: Ukázka lens-flare a malé hloubky ostrosti (rozostřené pozadí).....5
Ilustrace 9: Scéna se statickým prvkem (bez motion bluru).....6
Ilustrace 10: Scéna s pohybujícím se prvkem a dlouhým časem závěrky (motion blur).....6
Ilustrace 11: Vymodelovaný a otexturovaný model.....15
Ilustrace 12: Detail rigu nohy modelu.....16
Ilustrace 13: AO pass.....17
Ilustrace 14: matte pass.....17
Ilustrace 15: shadow pass.....18
Ilustrace 16: finální scéna (beauty pass).....18
Ilustrace 17: Vizualizace první lokace klipu.....19
Ilustrace 18: Render CG modelu.....21
Ilustrace 19: pozadí natočené kamerou.....22
Ilustrace 20: CG objekt vyrenderovaný 3D studiem.....22
Ilustrace 21: prvotní kompozice.....22
Ilustrace 22: Finální scéna po aplikování filtrů.....22

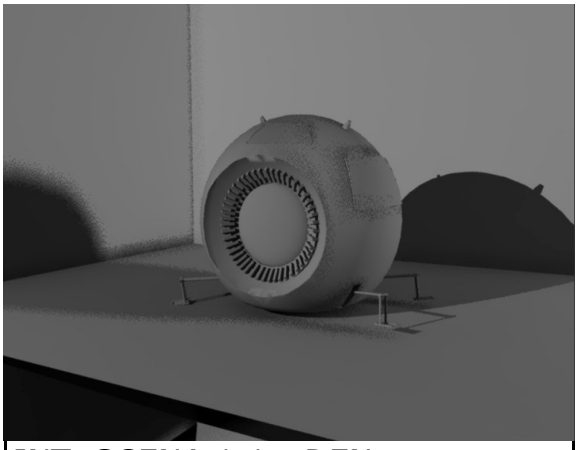
Seznam příloh

1. DVD
2. Storyboard

Obsah přiloženého DVD

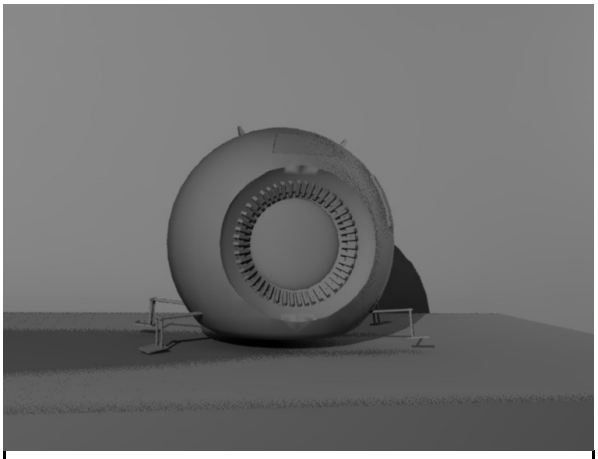
```
DVD
├── BP                    - bakalářská práce (v PDF a ODT)
├── src                   - zdrojové soubory animací
│   └── textury           - použité textury
├── tutorialy             - zdrojové soubory tutoriálů
├── video                 - krátké animované video
└── video_srovnani        - video, ve kterém je porovnán rozdíl
                            reálného a CG objektu
```

Příloha č.1 – storyboard praktické části bakalářské práce



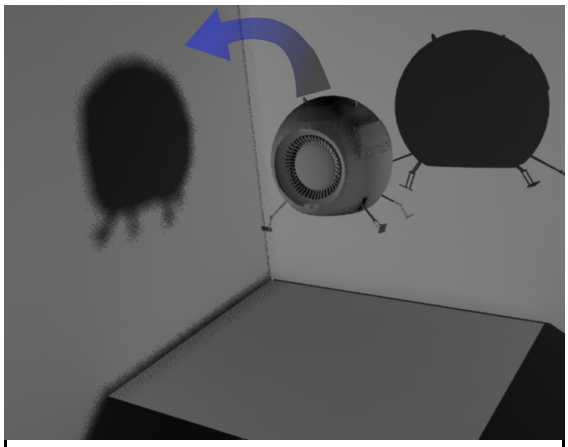
INT. SCENA 1.1 - DEN

Statická kamera z ruky, objekt sedí na místě a otevírá/zavírá clonu.



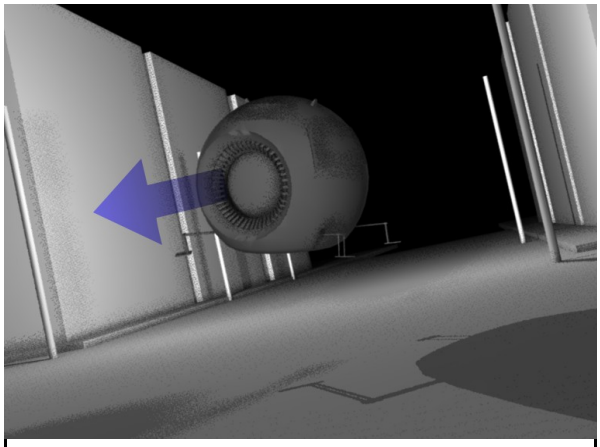
INT: SCENA 1.2 - DEN

Pohyb kamery směrem vpravo. Objekt se nehýbe.



INT. SCENA 1.3 - DEN

Odjezd kamery od stolu směrem vzhůru. Po chvíli objekt vzlétne nahoru, kde bude sekundu stát na místě. Poté odlétne vlevo od kamery. Kamera ho sleduje do okamžiku, než se zastaví na vrcholu své trajektorie.



EXT. SCENA 2.1 - NOC

Kamera sleduje objekt z úrovně ulice. Objekt přilétá ze vzdálenosti přes vrcholky domů, načež klesá a zastavuje se u kamery. Tam chvíli stojí a poté ji přelétá. Kamera ho sleduje do doby, než zmizí v dálce.